

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-171-179>



Поступила 14.03.2023

Поступила после рецензирования 18.05.2023

Принята в печать 23.05.2023

© Нициевская К. Н., Станкевич С. В., Бородай Е. В., 2023

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКТА ИЗ ЛИШАЙНИКА *CETRÁRIA ISLÁNDICA* ПОСЛЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Нициевская К. Н., Станкевич С. В., Бородай Е. В.*

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р. п. Краснообск, Новосибирская область, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

цетрария исландская, окислительно-восстановительный потенциал, вязкость, оптическая плотность, активная кислотность

АННОТАЦИЯ

Неотъемлемой частью здорового питания является поступление в организм человека биологически активных соединений. Экстракция — важнейший этап выделения из растений различных биоактивных веществ, и эффективность их извлечения повышается в совокупности с ультразвуковой обработкой. Цель данного исследования — изучить влияние различных видов водной среды и способов обработки на цетрарию исландскую, в том числе с использованием принципов ультразвуковой обработки и методом мацерации (настаивание). Экспериментальные исследования заключались в установлении влияния активной кислотности водной среды (растворителя) и метода воздействия при проведении экстракции на ряд физико-химических и реологических показателей. Исследованы опытные образцы экстрактов по следующим показателям: активная кислотность и окислительно-восстановительный потенциал, выявленные с помощью ионометрического метода; динамическая вязкость и глубина выхода полимерных форм фенольных веществ, установленные измерением оптической плотности и коэффициента пропускания. Проведена математическая обработка данных с использованием регрессионного анализа. Результаты представлены в виде графиков, таблиц и уравнений регрессии. Установлено, что переход веществ из цетрарии исландской в экстракты из нее имели высокие результаты при pH = 7,0 и pH = 9,0 растворителя. При получении экстрактов методом настаивания количество полимерных соединений в процессе перехода в 1,3 раза превышало число мономерных форм фенольных соединений. Наибольшее значение по исследуемому показателю «динамическая вязкость» было выявлено в образце экстракта, полученном методом настаивания в щелочной среде. Выделенные экстракты могут быть применены при моделировании пищевых систем.

Received 14.03.2023

Accepted in revised 18.05.2023

Accepted for publication 23.05.2023

© Nitsievskaya K. N., Stankevich S. V., Boroday E. V., 2023

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

EXAMINATION OF THE EXTRACT FROM LICHEN (*CETRARIA ISLANDICA*) AFTER AN ULTRASONIC IMPACT

Kseniya N. Nitsievskaya, Svetlana V. Stankevich, Elena V. Boroday*

Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

KEY WORDS:

Cetraria islandica, redox potential, viscosity, optical density, active acidity

ABSTRACT

An integral part of human healthy nutrition is intake of biologically active substances. Extraction is an important stage of isolation of different bioactive substances from plants and effectiveness of their extraction increases with the use of ultrasonic treatment. The aim of this research was to study an effect of different types of aqueous media and treatment methods on *Cetraria islandica*, including the use of principles of ultrasonic treatment and maceration methods (infusion). The experimental studies consisted in detecting an effect of the active acidity of the aqueous medium (solvent) and method of impact upon extraction on several physico-chemical and rheological indicators. The experimental samples of extracts were examined by the following indicators: active acidity and redox potential detected by the ionometric technique; dynamic viscosity and the depth of output of polymeric forms of phenolic substances determined by measuring the optical density and transmission coefficient. Mathematical processing of data using the regression analysis was carried out. The results are presented as graphs, tables and regression equations. It has been established that transfer of substances from *Cetraria islandica* to its extracts had high results at pH = 7.0 and pH = 9.0 of the solvent. When obtaining extracts by the infusion method, the quantity of polymeric compounds in the transition process was 1.3 times higher than the quantity of monomeric forms of phenolic compounds. The highest value of the dynamic viscosity was revealed in the extract sample obtained by the infusion method in the alkaline medium. The extracts obtained can be used in food system modeling.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Нициевская, К. Н., Станкевич, С. В., Бородай, Е. В. (2023). Исследование экстракта из лишайника *Cetraria islandica* после ультразвукового воздействия. *Пищевые системы*, 6(2), 171-179. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-171-179>

FOR CITATION: Nitsievskaya, K. N., Stankevich, S. V., Boroday, E. V. (2023). Examination of the extract from lichen (*Cetraria islandica*) after an ultrasonic impact. *Food Systems*, 6(2), 171-179. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-171-179>

1. Введение

В условиях современного рынка актуальные научные разработки в сфере перерабатывающей промышленности должны быть значимыми в рамках стратегии государственной политики. Эта стратегия направлена на повышение качества пищевой продукции и ориентирована на обеспечение полноценного питания. При этом конкурентоспособность отечественной продукции на внутреннем и международном рынках формируется за счет продвижения товара и его гастрономических характеристик. Данный аспект базируется на развитии принципов пищевой комбинаторики с использованием модифицированных технологий производства блюд национальной кухни.

Актуальность работы основана на задачах Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года¹, заключающихся в возрождении производства пищевых ингредиентов, направленных на профилактику неинфекционных заболеваний и на разработку технологий производства пищевой продукции, основанной на продвижении принципов здорового питания.

В работе предлагается использовать потенциал растительного сырья для выявления и отбора уникальных по химическому составу продуктов местного происхождения с целью получения продуктов питания.

Заслуживает внимания практическое применение местных дикоросов (лишайников), не требующих значительных затрат на сбор. Ранее проведенные исследования показали, что такие нетрадиционные фитогенные компоненты растения обладают антимикробными, антиоксидантными и противовоспалительными свойствами. Кроме того, они оказывают стимулирующее действие на пищеварительную систему, способствуя увеличению выработки пищеварительных ферментов и улучшению работы печени [1].

Исследование проводили на экстракте из смеси сухих слоевищ цетрарии исландской. Цетрария исландская (исландский лишайник, исландский мох) — *Cetraria Islandica* (L.) Асн. семейства пармелиевых (*Parmeliaceae*). В природе представляет собой лишайник с кустистым, прямостоячим, реже — с беспорядочно распростертым слоевищем, состоящим из компактно расположенных вертикальных лопастей. В слоевище цетрарии исландской установлено высокое содержание (30–70%) углеводов [2]. Большую часть их составляет полисахарид лихенин. Кроме того, слоевища содержат 2–3% кристаллического горького вещества цетрарина (цетрариновой кислоты), 1–2% минеральных солей, небольшое количество камеди, витаминов группы В, лихестериновой, протолихестериновой, фумаропроцетраровой, аскорбиновой и фолиевой кислот [1,2]. Слизистые вещества цетрарии исландской действуют обволакивающим образом на слизистые оболочки. Ее применяют при воспалении желудочно-кишечного тракта в форме отвара; она входит в состав сборов (чаев), показана для лечения легочных заболеваний, в том числе как симптоматическое средство при туберкулезе легких, анемиях [3].

В настоящее время повышается интерес исследователей к разработке альтернативных методов существующим технологическим способам обработки пищевого сырья. Ультразвук привлекает внимание отечественных и зарубежных ученых как экономичный и перспективный способ, обладающий значительным потенциалом совершенствования технологических продуктов. При использовании ультразвука установлено нелинейное увеличение массы экстракта, а по-

ложительный эффект объясняется механизмом растяжения и сжатия, сопряженным с эффектами пульсации [4]. Обработка в условиях ультразвуковых воздействий предполагает повышение интенсивности процессов экстрагирования и турбулизации системы под действием кавитационных эффектов [5].

Ультразвук широко используется в технологии различных производств и имеет большие перспективы для дальнейшего применения с целью выделения разных групп биологически активных веществ без изменения их структуры [6]. Среди различных методов экстракции наиболее высокой эффективностью обладает ультразвуковое экстрагирование природного сырья. Применение этого метода способствует усилению проницаемости клеточных мембран и диффузных процессов, изменению концентрации водородных ионов в тканях, а также расщеплению высокомолекулярных соединений [7]. По своей физической сущности ультразвук — это упругие колебания в диапазоне частоты от 20 кГц до 1 кГц. В основе лежит принцип отражения и рассеяния звуковых волн, аналогичный световым волнам [8]. Экстрагирование ультразвуком позволяет улучшать технологические процессы, обеспечивающие качество продуктов.

С целью повышения эффективности извлечения биологически активных соединений применяют физические методы экстракции. Использование новых технологий экстракции, известных как зеленая химия, является актуальным, поскольку они сокращают время экстракции и снижают потребление энергии [9].

В зависимости от интенсивности, ультразвук используется для активации или деактивации ферментов, для смешивания и гомогенизации, эмульгирования, диспергирования, консервирования, стабилизации, растворения и кристаллизации, гидрирования, а также в качестве вспомогательного средства для твердожидкостной экстракции с целью мацерации [10].

Экстракция с помощью ультразвука позволяет извлекать биоактивные компоненты за гораздо меньший промежуток времени, при низкой температуре, с меньшими затратами энергии и растворителя. Данный метод интерпретируется как способ нетермической экстракции для сохранения функциональности биологически активных соединений. Переменные, связанные с методом — частота, мощность, температура, время, тип растворителя, соотношение среды жидкость/твердое вещество, — должны быть оптимизированы для каждого побочного продукта [11].

Среди методов нетермической обработки ультразвуковая технология, используемая отдельно или в сочетании с другими методами обработки, дает значительные положительные результаты в отношении качества пищевых продуктов. Это считается новой и многообещающей технологией, которая эффективно применяется в пищевой промышленности, что приводит к повышению производительности процесса и улучшает показатели качества пищевых продуктов [12].

Научно доказана эффективность сухого экстракта из слоевищ цетрарии исландской и лекарственных средств на их основе в терапии генерализованного туберкулеза, миокарда, мастопатии. В составе *C. islandica* обнаружено больше 10 полезных микроэлементов: активный компонент лихенин, изолихенин, сахара, воск, камедь, марганец, железо, йод, медь, титан, пигменты, лишайниковые кислоты (усниновая, лихестериновая, протолихестериновая, фумарпроцетраровая и другие). Кислоты придают растению горечь, а также обуславливают его антисептические и тонизирующие свойства. Богатый состав микроэлементов, наличие полисахаридов способствуют укреплению защитных сил организма человека [3].

¹ Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р). Электронный ресурс <https://docs.cntd.ru/document/420363999> Дата обращения 02.02.2023.

Целью данного исследования является изучение влияния различных водных сред и способов обработки, в том числе с использованием принципов ультразвуковой обработки и метода мацерации (настаивание) на получение экстрактов из сухой смеси слоевищ цетрарии исландской. В работе представлены данные физико-химических и реологических характеристик, в том числе проницаемость (оптическая плотность), активная кислотность и динамическая вязкость образцов. С помощью современных технологических приемов и оборудования полученные экстракты возможно использовать в производстве пищевых продуктов питания.

2. Объекты и методы

Объектами исследования являлись экстракты из сухой смеси слоевищ цетрарии исландской. Готовое сырье состоит из хорошо высушенных, твердых, хрящеватых, напоминающих кустики слоевищ. Цвет сверху бурый, зеленоватый или черно-бурый, снизу более светлый, в основании — киноварно-красный. Запах отсутствует, вкус горький, с ощущением слизистости. Содержание влаги не более 10%, допустимых органических примесей (хвоя, мох и др.) не более 5%, минеральных — не более 1%. В качестве контрольной группы — экстракты, полученные методом настаивания (мацерации), с использованием перемешивающего устройства типа Water bath shaker type 357 (Elpan, Польша) при температуре 55 ± 1 °C в течение 120 минут. Метод мацерации для приготовления экстракта включал получение навески слоевищ цетрарии исландской весом в 5 г, которую помещали в термоустойчивые стаканы и добавляли дистиллированную воду, объем растворителя составлял 100 мл. Кинетику экстракции изучали в течение 120 минут с отбором проб каждые 30 минут. В качестве растворителя применяли очищенную воду при pH=7,0 и температуре 20 ± 2 °C.

В качестве сравнения использовали ультразвуковую обработку, при этом готовили навески весом в 4 г (измельченного сухого растительного сырья не более Ø 10 мм и 400 мл воды), обработку проводили с применением ультразвуковой системы марки QUICK218–3560D («Элком», Россия) в непрерывном режиме при частоте воздействия 40 кГц, в условиях постепенного нагрева до температуры 55 ± 2 °C. Кинетику экстракции изучали в течение 30 минут. Пробы отбирали через равные промежутки времени в интервале 5 минут, начиная с 10 минут обработки. В качестве растворителя при моделировании пищевых систем с использованием цетрарии исландской могут выступать среды с различной pH, с этой целью в лабораторных условиях созданы буферные растворы с pH=3,9 и 9,0 ед. В качестве среды для растворения и уменьшения погрешности исследований применяли очищенную воду в диапазоне pH 3,9–9,0 при температуре 20 ± 2 °C. Кислотность водной среды регулировали с использованием 0,1N раствора соляной кислоты до pH=3,9 и 0,1N гидроксида натрия до pH=9,0.

В процессе исследования изучали образцы по следующим показателям: активная кислотность (pH) и окислительно-восстановительный потенциал (Eh, мВ) с помощью ионометрического метода с использованием pH-метра марки «Нитрон» («Биомер», Россия), который был откалиброван по стандартным показателям буфера pH с погрешностью измерений $\pm 0,03$ ед. Измерения проводили в диапазоне температуры $T=20,0 \pm 1$ °C. Температуру измеряли термометром Testo 905-T1 (Testo, Германия) с погрешностью измерений $\pm 0,2$ °C. Проводили анализ изменения показателя «динамическая вязкость», измеряли на аппарате виброскозиметре серии SV-1A (A&D, Япония) в единицах измерений mPa·s, откалиброванном согласно методике исследований с погрешностью измерений $\pm 0,3$ mPa·s. Эталонном

сравнения выступала вязкость воды 1,0 mPa·s. В качестве разделителя применяли тканевые фильтры (нейлон фильтровальный 80 мкр).

Коэффициент водопоглощения ($K_{\text{вп}}$) рассчитывают по следующей формуле, указанной в ОФС.1.5.3.0012.15² и [13]:

$$K_{\text{вп}} = \frac{V_1 - V_2}{a} \quad (1),$$

где V_1 — объем, взятый для экстракции, мл;
 V_2 — объем, полученный в процессе экстракции, мл;
 a — масса сырья, взятого для экстракции.

Коэффициент набухания (α) рассчитывали по формуле [14]:

$$\alpha = \frac{m_{\text{набух}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \quad (2),$$

где $m_{\text{набух}}$ и $m_{\text{сух}}$ — массы набухшей и сухой навески, г.

Кинетику процесса набухания изучали согласно методу, приведенному в работе авторов [15]. Степень набухания определяли по следующей формуле:

$$W_t = \frac{V}{m} \quad (3),$$

где W_t — степень набухания, мл/г;
 V — объем, занимаемый образцом, мл;
 m — вес исходного образца, г.

Глубину выхода полимерных форм фенольных веществ определяли измерением оптической плотности (D) и коэффициента пропускания (T %) полученных опытных образцов на колориметре фотоэлектрическом концентрационном КФК-2 (ЗОМЗ, Россия). Для этого использовали световой фильтр № 2 с длиной волны 440 нм и 540 нм в кювете со слоем толщиной 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали очищенную воду. Исследование коэффициента пропускания (T %) позволяет судить о прозрачности образцов, а изучение оптической плотности — о выделении красящих веществ, поскольку полученные образцы имели разную интенсивность при выражении оптической плотности. Оптическую плотность (D) определяли по формуле [16]:

$$D = A_{440,540} \times N \quad (4),$$

где $A_{440,540}$ — количественное значение при $\lambda = 440$ или 540 нм;
 N — фактор разбавления.

Из литературных данных, длина волны $\lambda = 440$ нм характеризовала содержание полимерных форм фенольных соединений в процессе обработки слоевища цетрарии, при $\lambda = 540$ нм — содержание мономерных соединений [17,18].

Математическую обработку данных с использованием регрессионного анализа проводили с помощью программ Statistica 12 и Exsel, опыты проводились в трехкратной повторности со статистической значимостью. Проверка адекватности уравнений регрессии проводилась с применением F-критерия Фишера. Значимость коэффициентов регрессии оценивали с использованием t-критерия Стьюдента. За контролируемые параметры взяты следующие показатели: активная кислотность (pH, ед.), окислительно-восстановительный потенциал (Eh, мВ), температура (t, °C), динамическая вязкость (mPa·s), коэффициент водопоглощения ($K_{\text{вп}}$), коэффициент набухания (α), степень набухания (W_t). Глубину выхода полимерных форм фенольных веществ определяли измерением оптической плотности (D) и коэффициента пропускания (T %).

² ОФС.1.5.3.0012.15 Определение коэффициента водопоглощения и расходного коэффициента лекарственного растительного сырья. Электронный ресурс <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0012-15-opredelenie-koeffitsienta-vodopoglosheniya-i-rashodnogo-koeffitsienta-lekarstvennogo-rastitelnogo-syrya/> Дата обращения 02.02.2023.



В исследовании предусматривали визуальную оценку прозрачности и цвета образцов. Качественной характеристикой образцов считали цвет. Изучаемая характеристика определялась на основании возникающего зрительного ощущения. Прозрачность образцов оценивали визуально в стеклянных пробирках в проходящем естественном свете согласно ГОСТ 6687.5–86³ на белом фоне.

Принципиальная схема экстракции приведена на Рисунке 1.

Кодировка образцов осуществлялась в следующей последовательности и представлена в Таблице 1.

Таблица 1. Кодировка образцов экстрактов (при p ≤ 0,05)
Table 1. Coding of the extract samples (at p ≤ 0.05)

Кодировка образца	Температура, T*, °C	Продолжительность, τ мин
Методом настаивания		
Растворитель — очищенная вода (pH = 7,0)		
к.0	28,1	0
к.1	55,0	30
к.2	55,0	60
к.3	55,0	90
к.4	55,0	120
Ультразвуковая обработка		
Растворитель — очищенная вода (pH = 7,0)		
1.1.	28,1	0
1.2.	40,4	10
1.3.	50,1	20
1.4.	57,1	30
Растворитель — очищенная вода (pH = 3,9)		
2.1.	30,0	0
2.2.	36,4	10
2.3.	41,0	20
2.4.	44,5	30
Растворитель — очищенная вода (pH = 9,0)		
3.1.	29,8	0
3.2.	41,7	10
3.3.	50,4	20
3.4.	57,3	30

* Примечание: при исследовании температуры методом настаивания отклонение составляет ± 1 °C, при ультразвуковой обработке — ± 2 °C

3. Результаты и обсуждение

Экстракцию проводили для анализа адсорбционных свойств при статических условиях, используя постоянные константы объема воды и навески.

Результаты исследования показателя водопоглощения, степени набухаемости и коэффициента набухания представлены в Таблице 2.

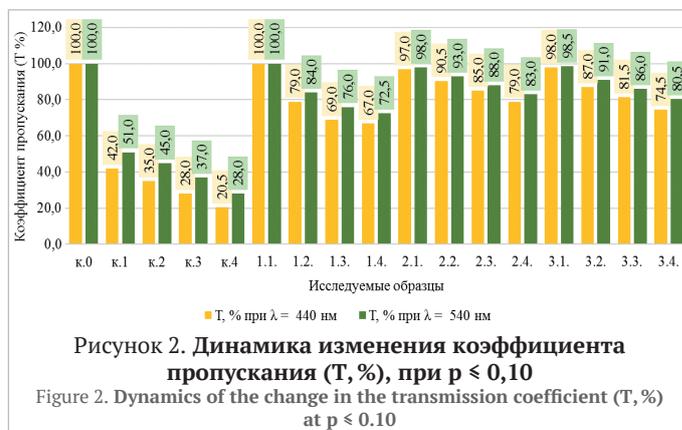
Таблица 2. Исследование показателя водопоглощения, степени набухаемости и коэффициента набухания образцов (при p ≤ 0,10)

Table 2. Determination of water absorption coefficient, degree of swelling capacity and swelling coefficient of the samples (at p ≤ 0.10)

Код образца	Коэффициент водопоглощения (Квп)	Степень набухания (W), мл/г	Коэффициент набухания (α)
к.0	0	0	0
к.1	3,6	6,52	2,07
к.2	6,4	6,00	2,34
к.3	8,0	5,94	2,37
к.4	8,8	5,93	2,37

Анализ данных Таблицы 2 указывал на повышение исследуемых показателей при увеличении продолжительности обработки (метод настаивания использовали как контрольное исследование).

Основной задачей применения ультразвуковой системы является равномерное распределение акустических волн по всему обрабатываемому объему [1]. Динамику экстракции определяли путем измерения показателя проницаемости (%) и оптической плотности (D) исследуемых растворов (Рисунки 2, 3).



Уравнение регрессии коэффициента пропускания (T, %) для выбранных растворителей имеет следующий вид (5–12):

- растворитель — очищенная вода (pH = 7,0); образцы, полученные методом настаивания: при λ = 440 нм:

$$y = 65,94 - 1,73x, R^2 = 0,51, F\text{-критерий} = 0,175 \quad (5)$$

при λ = 540 нм:

$$y = 71,64 - 1,62x, R^2 = 0,57, F\text{-критерий} = 0,142 \quad (6)$$

- растворитель — очищенная вода (pH = 7,0); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий: при λ = 440 нм:

$$y = 95,1 - 1,09x, R^2 = 0,87, F\text{-критерий} = 0,069 \quad (7)$$

при λ = 540 нм:

$$y = 96,7 - 0,91x, R^2 = 0,91, F\text{-критерий} = 0,04 \quad (8)$$

- растворитель — очищенная вода (pH = 3,9); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:

³ ГОСТ 6687.5–86 Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения органолептических показателей и объема продукции. Москва: Издательство стандартов, 1994. — 9 с.

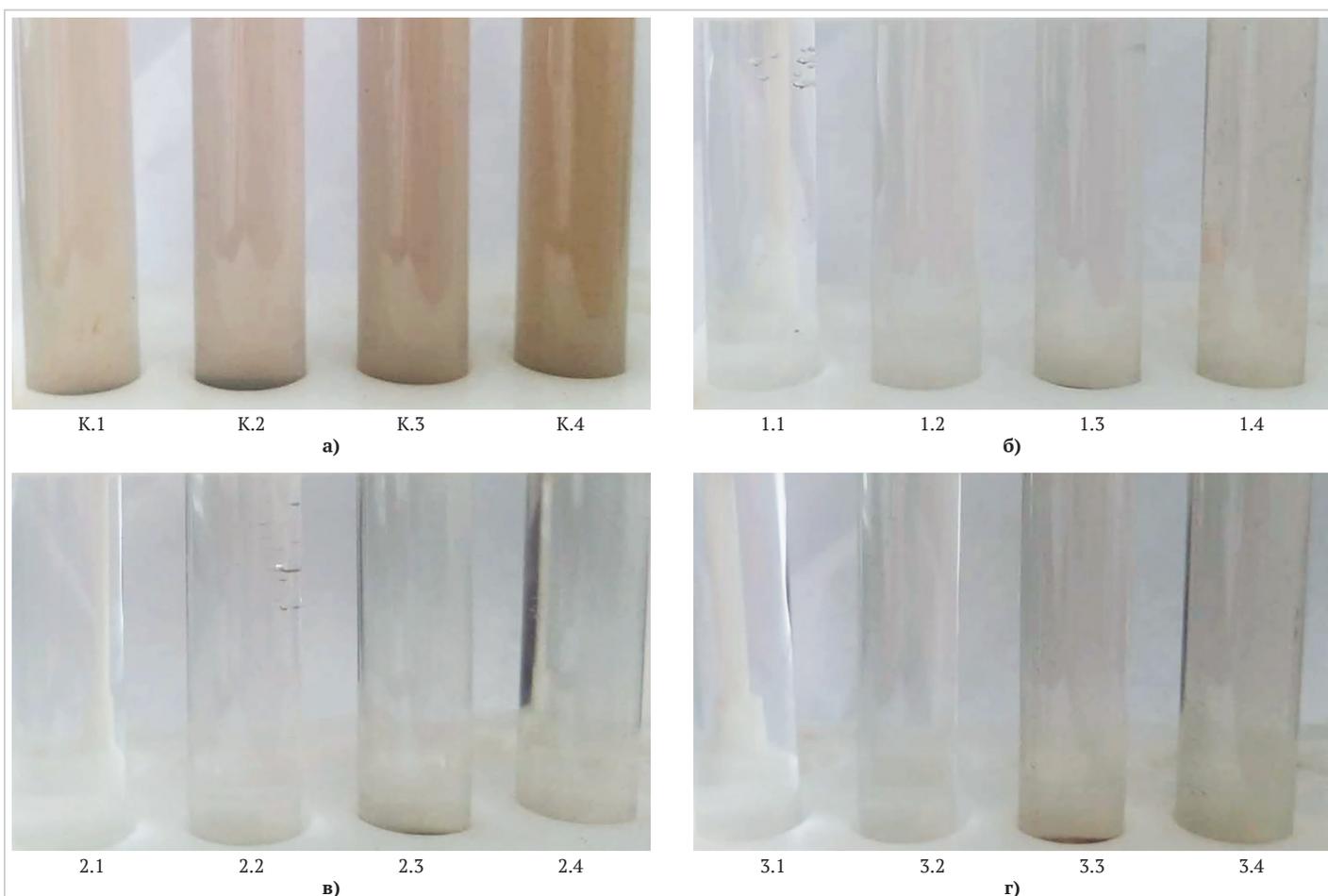


Рисунок 3. Показатели цвета образцов: а) растворитель — очищенная вода (pH = 7,0), полученные методом настаивания; б) растворитель — очищенная вода (pH = 7,0), полученные с применением ультразвуковых воздействий; в) растворитель — очищенная вода (pH = 3,9), полученные с применением ультразвуковых воздействий; г) растворитель — очищенная вода (pH = 9,0), полученные с применением ультразвуковых воздействий
 Figure 3. Color indicators of the samples: а) obtained using the infusion method, solvent — purified water (pH = 7.0); б) obtained using ultrasound impacts, solvent — purified water (pH = 7.0); в) obtained using ultrasound impacts, solvent — purified water (pH = 3.9); г) obtained using ultrasound impacts, solvent — purified water (pH = 9.0)

при $\lambda = 440$ нм:

$$y = 96,8 - 0,59x, R^2 = 0,99, F\text{-критерий} = 0,0005 \quad (9)$$

при $\lambda = 540$ нм:

$$y = 98,0 - 0,5x, R^2 = 0,99, F\text{-критерий} = 0,0005 \quad (10)$$

- растворитель — очищенная вода (pH=9,0); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:

при $\lambda = 440$ нм:

$$y = 96,65 - 0,76x, R^2 = 0,98, F\text{-критерий} = 0,011 \quad (11)$$

при $\lambda = 540$ нм:

$$y = 97,85 - 0,59x, R^2 = 0,99, F\text{-критерий} = 0,004 \quad (12)$$

Данные Рисунок 3 указывали на снижение проницаемости водной среды с увеличением времени обработки цетрарии исландской. Эти изменения выражались в трансформации цвета образцов в более коричневые тона и наиболее ярко проявлялись в процессе настаивания (Рисунок 4).

Показатели цвета образцов № 1.1–3.4, представленные на Рисунок 3, мало различимы человеческим глазом. Если проанализировать данные Рисунок 2 при $\lambda = 540$ нм (выбор данной длины волны объясняется чувствительностью к свету человеческим глазом в зеленой части спектра), можно сделать заключение об изменении насыщенности во всех образцах в связи с применением ультразвукового воздействия, также насыщенность повышается с продолжительностью времени обработки растительного сырья. Цвет выра-

жен в образцах в кислой водной среде (pH=3,9), при этом коэффициент пропускания составляет 83%; в щелочной среде этот показатель равен 80,5%, в нейтральной — 72,5%.

Данные Рисунок 4 указывают, что при использовании метода «настаивание» для получения экстрактов полимерные соединения переходят в экстракт примерно в 1,3 раза больше в сравнении с мономерными формами фенольных соединений.

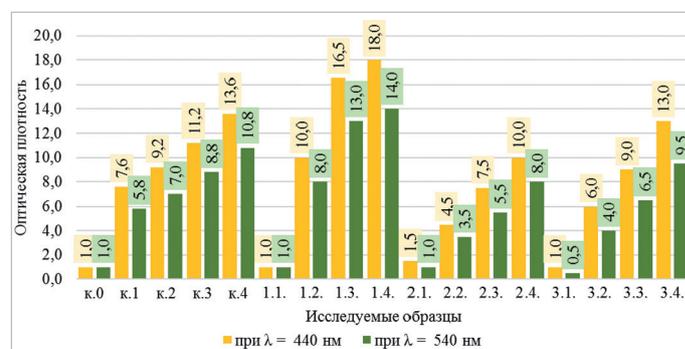


Рисунок 4. Анализ изменения оптической плотности, ед. (при $p \leq 0,10$)
 Figure 4. Analysis of the change in the optical density, units (at $p \leq 0.10$)

Однако при изменении кислотности растворителя до pH=9,0 в контрольном образце (образец № 3.1) разница увеличивается по приоритетному переходу полимерных

форм в 2 раза, в последующих образцах (образцы № 3.2–3.4) — в 1,5 раза. При сравнении образцов с одинаковым растворителем (рН=7,0) при использовании метода обработки «настаивание» в течение 120 минут (образец № к.4) содержание полимерных фенольных соединений увеличивается в 13,6 раза, мономерных — в 10,89 раза. При ультразвуковой обработке (образец № 1.4) их количество возрастает в 18 и 14 раз соответственно. Кислая среда (рН=3,9) на начальном этапе составления водной среды показывала увеличение количества фенольных соединений в 1,5 раза в сравнении с растворителем рН=7,0. При экстрагировании в кислой среде в кислой среде в образце № 2.4 максимальный переход исследуемых соединений был выше по сравнению с растворителем в 10 раз при $\lambda=440$ нм и в 8 раз — при $\lambda=540$ нм. Вероятно, это связано с выпадением в осадок фенольных форм в условиях кислой среды рН=3,9. В щелочной среде (рН=9,0) при $\lambda=440$ нм исследуемый показатель увеличился в 13 раз, а при $\lambda=540$ нм — в 9,5 раза. Переход веществ из цетрарии исландской в экстракты имели высокие результаты при рН=7,0 и рН=9,0.

Уравнение регрессии оптической плотности (D) для выбранных растворителей имеет следующий вид (13–20):

□ растворитель — очищенная вода (рН=7,0); образцы, полученные методом настаивания:
при $\lambda=440$ нм:

$$y = 4,76 \pm 0,31x, R^2 = 0,73, F\text{-критерий} = 0,064 \quad (13)$$

при $\lambda=540$ нм:

$$y = 3,69 \pm 0,24x, R^2 = 0,77, F\text{-критерий} = 0,050 \quad (14)$$

□ растворитель — очищенная вода (рН=7,0); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:
при $\lambda=440$ нм:

$$y = 2,75 \pm 0,57x, R^2 = 0,92, F\text{-критерий} = 0,040 \quad (15)$$

при $\lambda=540$ нм:

$$y = 2,4 \pm 0,44x, R^2 = 0,91, F\text{-критерий} = 0,044 \quad (16)$$

□ растворитель — очищенная вода (рН=3,9); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:
при $\lambda=440$ нм:

$$y = 1,6 \pm 0,29x, R^2 = 0,99, F\text{-критерий} = 0,0009 \quad (17)$$

при $\lambda=540$ нм:

$$y = 1,05 \pm 0,23x, R^2 = 0,99, F\text{-критерий} = 0,0009 \quad (18)$$

□ растворитель — очищенная вода (рН=9,0); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:
при $\lambda=440$ нм:

$$y = 1,4 \pm 0,39x, R^2 = 0,99, F\text{-критерий} = 0,005 \quad (19)$$

при $\lambda=540$ нм:

$$y = 0,7 \pm 0,30x, R^2 = 0,99, F\text{-критерий} = 0,002 \quad (20)$$

Исследовано изменение активной кислотности в экстрактах из цетрарии исландской с использованием растворителя в диапазоне рН=3,9; 7,0 и 9,0. Материал представлен на Рисунке 5.

Уравнение регрессии активной кислотности (рН) для выбранных растворителей имеет следующий вид (21–24):

□ растворитель — очищенная вода (рН=7,0); образцы, полученные методом настаивания:

$$y = 4,69 - 0,0031x, R^2 = 0,87, F\text{-критерий} = 0,063 \quad (21)$$

□ растворитель — очищенная вода (рН=7,0); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:

$$y = 5,08 - 0,013x, R^2 = 0,90, F\text{-критерий} = 0,049 \quad (22)$$

□ растворитель — очищенная вода (рН=3,9); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:

$$y = 4,67 \pm 0,007x, R^2 = 0,96, F\text{-критерий} = 0,018 \quad (23)$$

□ растворитель — очищенная вода (рН=9,0); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:

$$y = 6,056 - 0,04x, R^2 = 0,82, F\text{-критерий} = 0,092 \quad (24)$$

Показатель активной кислотности экстрактов из цетрарии исландской варьирует в пределах $5,0 \pm 1,0$ ед., и при использовании растворителя с уровнем рН, равным 9,0 (щелочная среда), происходит стабилизация водной среды до рН=5,0 ед.

Обобщены данные по окислительно-восстановительному потенциалу (Рисунок 6), материалы представлены в виде диаграммы.

Уравнение регрессии окислительно-восстановительного потенциала (Eh, мВ) для выбранных растворителей имеет следующий вид (25–28).

□ растворитель — очищенная вода (рН=7,0); образцы, полученные методом настаивания:

$$y = 153,5 - 0,295x, R^2 = 0,91, F\text{-критерий} = 0,044 \quad (25)$$

□ растворитель — очищенная вода (рН=7,0); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:

$$y = 96,7 - 0,305x, R^2 = 0,83, F\text{-критерий} = 0,090 \quad (26)$$

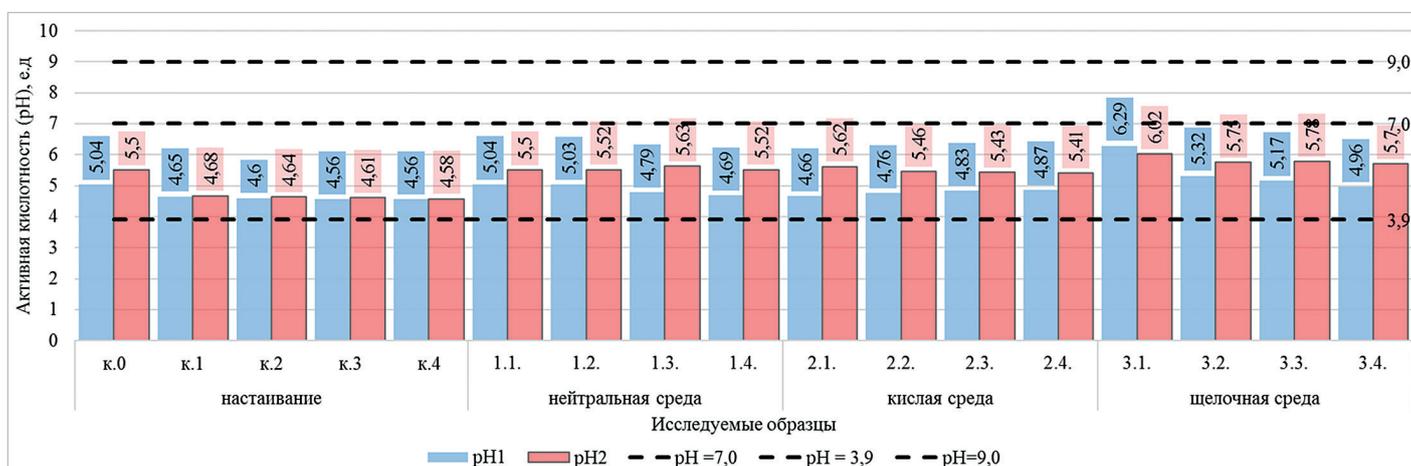


Рисунок 5. Исследования активной кислотности образцов (при $t = 20,0 \pm 1$ °C) при $p \leq 0,10$

Примечание: рН1 — исследование рН после охлаждения до температуры 20 ± 1 °C; рН2 — исследование рН после хранения в течение 30 суток при температуре 4 ± 2 °C с дальнейшим выравниванием температуры до 20 ± 1 °C

Figure 5. Examination of the active acidity of the samples (at $t = 20,0 \pm 1$ °C) at $p \leq 0,10$

Note: рН1 — рН measurement after cooling to a temperature of 20 ± 1 °C; рН2 — рН measurement after storage at a temperature of 4 ± 2 °C with the following temperature equalization up to 20 ± 1 °C

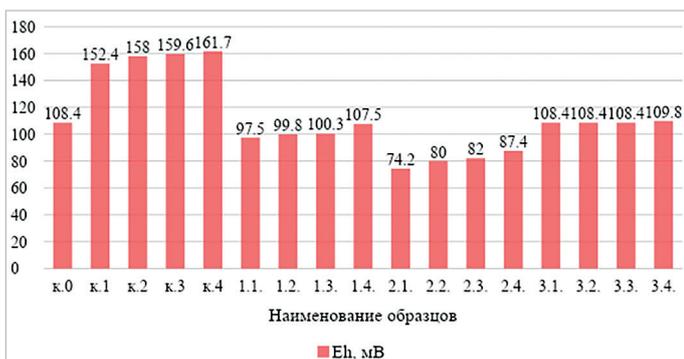


Рисунок 6. Исследование окислительно-восстановительного потенциала (Eh, мВ) при $p \leq 0,10$
 Figure 6. Investigation of the redox potential (Eh, mV) at $p \leq 0.10$

□ растворитель — очищенная вода (pH=3,9); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:
 $y = 74,6 \pm 0,416x, R^2 = 0,97, F\text{-критерий} = 0,015$ (27)

□ растворитель — очищенная вода (pH=9,0); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:
 $y = 108,12 - 0,042x, R^2 = 0,60, F\text{-критерий} = 0,225$ (28)

Обобщены данные по показателю «вязкость» (Рисунок 7). Материалы, представленные в виде диаграммы, указывают на изменения показателя вязкости во всех образцах, при этом за контроль принят показатель вязкости воды, равный 1,0 mPa·s.



Рисунок 7. Показатель динамической вязкости водной среды образцов, mPa·s, при $p \leq 0,10$
 Figure 7. Dynamic viscosity of the aqueous medium of the samples, mPa*s, at $p \leq 0.10$

Уравнение регрессии вязкости для выбранных растворителей имеет следующий вид (29–32):

□ растворитель — очищенная вода (pH=7,0); образцы, полученные методом настаивания:
 $y = 1,43 \pm 0,02x, R^2 = 0,74, F\text{-критерий} = 0,063$ (29)

□ растворитель — очищенная вода (pH=7,0); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:
 $y = 1,23 \pm 0,0006x, R^2 = 0,90, F\text{-критерий} = 0,051$ (30)

□ растворитель — очищенная вода (pH=3,9); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:
 $y = 1,11 \pm 0,012x, R^2 = 0,89, F\text{-критерий} = 0,057$ (31)

□ растворитель — очищенная вода (pH=9,0); образцы, полученные с применением ультразвуковых воздействий:
 $y = 1,41 \pm 0,006x, R^2 = 0,64, F\text{-критерий} = 0,201$ (32)

За сравнение приняты значение динамической вязкости воды при температуре $T = 20^\circ\text{C}$, равное 1 mPa·s, исследование образцов проводилось при температуре $T = 20 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Наибольшее значение по исследуемому показателю выяв-

лено в образцах № к.4 (при получении экстракта методом настаивания), № 3.4 (при использовании растворителя щелочной среды). В остальных образцах также обнаружено смещение вязкости относительно стандарта (1,0 mPa·s) с увеличением продолжительности обработки. Так, образцы № 2.4 и 3.4 имеют более высокие показатели вязкости.

Ученые считают целесообразным использование цетрарии исландской в пищевой промышленности в качестве желирующего агента и источника биологически активных веществ [19]. При моделировании пищевых систем с цетрарией исландской в лаборатории были созданы водные среды с различными уровнями pH, так как в условиях пищевой промышленности используют различные экстрагенты. Например, при проектировании состава шипучих продуктов очень важна кислотность раствора, который образуется после растворения в воде (это могут быть готовые композиции для быстрого приготовления различных минерализованных и безалкогольных напитков) [20].

На основании результатов исследований можно сделать вывод о том, что применение растворов с pH (в кислой и щелочной средах) позволяет провести экстрагирование эффективнее, чем в среде с нейтральным уровнем pH. Данная закономерность подтверждается в исследовании авторов, работающих с ЭХА-растворами, которое указывает на каталитические способности окислительной системы (кислотная среда) с pH 2–5 и восстановительной системы (щелочная среда) с pH 8–12 [21]. В нашей статье проведена оценка возможностей экстрагирования в созданных экспериментально буферных растворах с pH от 3,9 ед. до 9,0 ед., так как при этом можно судить о возможности применения цетрарии исландской в моделировании пищевых систем. Путем обобщения данных по результатам исследований были установлены оптимальные параметры экстрагирования цетрарии исландской. Экстракция с применением ультразвуковых воздействий способна разрушать материал клеточной стенки, тем самым увеличивая выход экстрактивных веществ [22]. Обработка водной среды в условиях ультразвуковых колебаний позволяет повысить интенсивность процессов экстрагирования посредством увеличения площади проницаемости клеток [2]. Методы экстракции сопровождались повышением температуры в процессе обработки (образцы № к.1–к.4). Применение ультразвука обусловлено возникновением кавитации, появляющейся в результате генерации и распространения ультразвуковых волн [9]. В растительном сырье под действием ультразвуковых колебаний возможно проявление специфических процессов, связанных с разрушающим воздействием облучения на клетки в результате термического и биологического воздействия [6]. Ультразвук вызывает локальное повышение температуры, что вызывает разрушение клеточной стенки и, следовательно, прерывает экстракцию фенольных соединений. Это объясняется минимальными изменениями показателей цветности образцов в сравнении с переходом фенольных соединений в исследуемых образцах. Ультразвук позволяет экстрагировать фенольные соединения в водную среду при минимальном переходе красящих веществ, что необходимо при создании цветности продукта с корректируемыми характеристиками. Переход фенольных веществ более выражен при использовании ультразвуковой системы марки QUICK218–3560D для технологической обработки при pH водной среды (образцы 1.3–1.4 имеют максимальные значения). При добавлении в водную среду цетрария исландская способна сдвинуть pH к значениям $5,0 \pm 0,5$ ед. и сохранить эти значения в незначительном отклонении при хранении. Данный аспект указывает на стабильность системы в процессе хранения.

В формировании оценки свойств буферных систем большое значение имеет степень активности электронов, которые характеризуют окислительно-восстановительный потенциал. Развитие окислительно-восстановительных процессов обусловлено действием не только кислорода и его активных форм, но и продуктов превращения ферментов [23,24]. Изменение окислительно-восстановительного потенциала определено в образцах при использовании метода настаивания (образцы № к.1–к.4) и объясняется насыщением кислорода водной среды в процессе продолжительной обработки. Выявлено изменение динамической вязкости, указывающее на переход желирующих агентов в водную среду, при этом отмечен лучший переход желирующих веществ при использовании водной среды с нейтральным и щелочным значениями pH.

4. Заключение

1. Практическая значимость исследований заключается в удовлетворении потребностей населения в высококачественных продуктах питания растительного происхождения с учетом национальных традиций и развития отечественного рынка пищевой продукции и отрасли гастротуризма.
2. Благодаря стабилизирующим свойствам цетрарии исландской, стало возможным создание низкокалорийных продуктов, сохраняющих органолептические характеристики традиционных аналогов. В процессе исследования выяснилось, что при использовании экстракта из смеси сухих слоевищ цетрарии исландской получается продукт с текучей гелеобразной структурой, который в дальнейшем возможно применить в производстве продуктов питания в качестве желирующего агента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Freysdottir, J., Omarsdotti, S., Ingolfsdottir, K., Vikingsson, A., Olafsdottir, E. S. (2008). *In vitro* and *in vivo* immunomodulating effects of traditionally prepared extract and purified compounds from *Cetraria islandica*. *International Immunopharmacology*, 8(3), 423–430. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2007.11.007>
2. Ingolfsdottir, K., Jurcic, K., Fischer, B., Wagner, H. (1994). Immunologically active polysaccharide from *Cetraria islandica*. *Planta Medica*, 60(6), 527–531. <https://doi.org/10.1055/s-2006-959564>
3. Shrestha, G., Clair, L. L. St., O'Neill, K. L. (2015). The immunostimulating role of lichen polysaccharides: A review. *Phytotherapy Research*, 29(3), 317–322. <https://doi.org/10.1002/ptr.5251>
4. Абрамов, В. О., Баязитов, В. М., Камлер, А. В., Федулов, И. С., Никонов, Р. В., Симоненко, С. В. и др. (2022). Исследование влияния ультразвука на процесс экстракции полифенолов из виноградных косточек. *Пищевая промышленность*, 11, 88–92. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.11.11.020>
5. Даудова, Т. Н., Истригова, Т. А., Даудова, Л. А., Омарова, М. М. (2021). Интенсификация экстракции антоциановых красителей ультразвуковой обработкой дикорастущих плодов. *Проблемы развития АПК региона*, 1(45), 160–163. https://doi.org/10.52671/20790996_2021_1_160
6. Дьякова, Н. А., Костылева, А. А. (2022). Ультразвуковая экстракция: применение и перспективы в технологии фитопрепаратов (обзор). *Традиционная медицина*, 1(67), 11–19. https://doi.org/10.54296/18186173_2022_1_11
7. Зибарева, Л. Н., Филоненко, Е. С. (2018). Влияние ультразвукового воздействия на экстракцию биологически активных соединений растений семейства Сагуровые. *Химия растительного сырья*, 2, 145–151. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018023703>
8. Bhargava, N., Mor, R. S., Kumar, K., Sharanagat, V. S. (2021). Advances in application of ultrasound in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, Article 105293. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105293>
9. Castañeda-Valbuena, D., Ayora-Talavera, T., Luján-Hidalgo, C., Álvarez-Gutiérrez, P., Martínez-Galero, N., Rocio Meza-Gordillo, R. (2021). Ultrasound extraction conditions effect on antioxidant capacity of mango by-product extracts. *Food and Bioproducts Processing*, 127, 212–224. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.03.002>
10. Gallo, M., Ferrara, L., Naviglio, D. (2018). Application of ultrasound in food science and technology: A perspective. *Foods*, 7(10), Article 164. <https://doi.org/10.3390/foods7100164>
11. Kumar, K., Srivastav, S., Sharanagat, V. S. (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, Article 105325. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105325>
12. Singla, M., Sit, N. (2021). Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 73, Article 105506. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105506>
13. Самылина, И. А., Сорокина, А. А., Молчан, Н. В., Рудакова, И. П. (2012). Коэффициенты водопоглощения и набухания лекарственного растительного сырья. *Фармация*, 4, 3–5.
14. Kryuchkov, F. A., Ivannikova, L. V. (1999). Hydroxypropylated polysaccharides: application in gel extraction. *Polymer Science, Series A*, 41(9), 948–953.
15. Дроздов, Р. А., Кожухова, М. А., Борисова, М. М., Дроздова, Т. А. (2019). Функциональные свойства пищевых волокон, полученных из продуктов переработки овощей. *Научные труды Кубанского государственного технологического университета*, 99, 50–61.
16. Зипаев, Д. В., Кожухов, А. Н., Тулина, А. А. (2020). Разработка технологии производства охмеленного лимонада. *Вестник Международной академии холода*, 1, 97–102. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2020-19-1-97-102>
17. Колдаев, В. М. (2015). Спектрофотометрические показатели извлечения из ревеня. *Тихоокеанский медицинский журнал*, 2(60), 52–54.
18. Гусев, В. П., Струкова, В. Е., Христюк, В. Т., Таланян, О. Р. (2011). Безалкогольные напитки специального назначения, обогащенные растительными биологически активными веществами. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 4, 59–62.
19. Чуб, О. П. (2021). Функциональные десертные блюда: повышение качества и безопасности, применение нетрадиционного и вторичного растительного сырья. *The Scientific Heritage*, 58–1(58), 68–75. <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-58-1-68-75>
20. Штерман, С. В. (2012). Анализ кислотно-основных взаимодействий при разработке составов быстрорастворимых (шипучих) продуктов. *Пищевая промышленность*, 9, 70–74.
21. Разумовская, Р. Г., Кассамединов, А. И., Тхи Хуе Као, Ван Хынг Нгуен, Збродова, О. В. (2011). Применение ЭХА-растворов в биотехнологии продуктов из рыбного и растительного сырья. *Вестник Астраханского государственного технического университета*, 1(51), 28–33.
22. Бакин, И. А., Мустафина, А. С., Лунин, П. Н. (2015). Совершенствование технологии экстрагирования ягодного сырья с использованием ультразвуковой обработки. *Вестник КрасГАУ*, 12(111), 91–96.
23. Патракова, И. С., Гуринович, Г. В., Мрышалава, О. М., Серегин, С. А., Патшина, М. В. (2021). Окислительно-восстановительный потенциал как показатель стабильности мясных систем. *Ползуновский вестник*, 1, 66–73. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.009>
24. Awulachew, M. T. (2021). Food product shelf stability overview of sourdough-risen flatbread. *International Journal of Food Science and Technology*, 3(3), 1–5. [https://doi.org/10.47363/IJFTNS/2021\(3\)123](https://doi.org/10.47363/IJFTNS/2021(3)123)

REFERENCES

1. Freysdottir, J., Omarsdotti, S., Ingolfsdottir, K., Vikingsson, A., Olafsdottir, E. S. (2008). *In vitro* and *in vivo* immunomodulating effects of traditionally prepared extract and purified compounds from *Cetraria islandica*. *International Immunopharmacology*, 8(3), 423–430. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2007.11.007>
2. Ingolfsdottir, K., Jurcic, K., Fischer, B., Wagner, H. (1994). Immunologically active polysaccharide from *Cetraria islandica*. *Planta Medica*, 60(6), 527–531. <https://doi.org/10.1055/s-2006-959564>
3. Shrestha, G., Clair, L. L. St., O'Neill, K. L. (2015). The immunostimulating role of lichen polysaccharides: A review. *Phytotherapy Research*, 29(3), 317–322. <https://doi.org/10.1002/ptr.5251>
4. Abramov, V. O., Bayazitov, V. M., Kamler, A. V., Fedulov, I. S., Nikonov, R. V., Simonenko, S. V. et al. (2022). Study of the influence of ultrasound on the process of extraction of polyphenols from grape seeds. *Food Industry*, 11, 88–92. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.11.11.020> (In Russian)
5. Daudova, T. N., Istrigova, T. A., Daudova, L. A., Omarova, M. M. (2021). Intensification of anthocyanin dye extraction by ultrasonic treatment of wild fruit. *Development Problems of Regional Agro-Industrial Complex*, 1(45), 160–163. https://doi.org/10.52671/20790996_2021_1_160 (In Russian)
6. Dyakova, N. A., Kostyleva, A. A. (2022). Ultrasonic extraction: Application and perspectives in phytopreparations technology (Overview). *Traditional Medicine*, 1(67), 11–19. https://doi.org/10.54296/18186173_2022_1_11 (In Russian)
7. Zibareva, L. N., Filonenko, E. S. (2018). The influence of ultrasound treatment on the extraction of biologically active compounds of plants of the

- family Caryophyllaceae. *Chemistry of Plant Raw Materials*, 2, 145–151. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018023703> (In Russian)
8. Bhargava, N., Mor, R. S., Kumar, K., Sharanagat, V.S. (2021). Advances in application of ultrasound in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, Article 105293. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105293>
 9. Castañeda-Valbuena, D., Ayora-Talavera, T., Luján-Hidalgo, C., Álvarez-Gutiérrez, P., Martínez-Galero, N., Rocío Meza-Gordillo, R. (2021). Ultrasound extraction conditions effect on antioxidant capacity of mango by-product extracts. *Food and Bioprocess Technology*, 127, 212–224. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.03.002>
 10. Gallo, M., Ferrara, L., Naviglio, D. (2018). Application of ultrasound in food science and technology: A perspective. *Foods*, 7(10), Article 164. <https://doi.org/10.3390/foods7100164>
 11. Kumar, K., Srivastav, S., Sharanagat, V. S. (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, Article 105325. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105325>
 12. Singla, M., Sit, N. (2021). Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 73, Article 105506. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105506>
 13. Samylna, I. A., Sorokina, A. A., Molchan, N. V., Rudakova, I. P. (2012). Water absorption and swelling coefficients in raw medicinal plant material. *Farmatsiya*, 4, 3–5. (In Russian)
 14. Kryuchkov, F. A., Ivannikova, L. B. (1999). Hydroxypropylated polysaccharides: application in gel extraction. *Polymer Science, Series A*, 41(9), 948–953.
 15. Drozdov, R. A., Kozhukhova, M. A., Borisova, M. M., Drozdova, T. A. (2019). Functional properties of dietary fibers derived from vegetable processing products. *Scientific Works of the Kuban State Technological University*, S9, 50–61. (In Russian)
 16. Zipaev, D. V., Kozhukhov, A. N., Tulina, A. A. (2020). Hopped lemonade production technology. *Journal of International Academy of Refrigeration*, 1, 97–102. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2020-19-1-97-102> (In Russian)
 17. Koldaev, V. M. (2015). The spectrophotometric values of extracts from rhubarb. *Pacific Medical Journal*, 2(60), 52–54. (In Russian)
 18. Gusev, V. P., Strukova, V. E., Khristyuk, V. T., Talanyan, O. R. (2011). Soft drinks special purpose rich in vegetable biologically active substances. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 4, 59–62. (In Russian)
 19. Chub, O. P. (2021). Functional dessert dishes: Ensuring the safety and quality by use of untraditional and secondary plant raw materials. *The Scientific Heritage*, 58-1(58), 68–75. <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-58-1-68-75> (In Russian)
 20. Shterman, S. V. (2012). Analysis of acid-basic interactions in formulations of instant (effervescent) products. *Food Industry*, 9, 70–74. (In Russian)
 21. Razumovskaya, R. G., Kassamedinov, A. I., Thi Khue Kao, Wang Hing Nguyen, Zbrodova, O. V. (2011). Application of ECA-solutions in biotechnology of products made from fish and plant raw material. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*, 1(51), 28–33. (In Russian)
 22. Bakin, I. A., Mustafina, A. S., Lunin, P. N. (2015). Improvement of technology of berry raw materials extracting with use of processing by ultrasound. *Bulletin of KSAU*, 12, 91–96. (In Russian)
 23. Patrakova, I. S., Gurinovich, G. V., Myshalova, O. M., Seregin, S. A., Parshina, M. V. (2021). Redox potential as an indicator of stability of meat systems. *Polzunovskiy Vestnik*, 1, 66–73. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.009> (In Russian)
 24. Awulachew, M. T. (2021). Food product shelf stability overview of sourdough-risen flatbread. *International Journal of Food Science and Technology*, 3(3), 1–5. [https://doi.org/10.47363/JFTNS/2021\(3\)123](https://doi.org/10.47363/JFTNS/2021(3)123)



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Нициевская Ксения Николаевна — кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, отдел пищевых систем и биотехнологий, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук 630501, Новосибирская обл., р. п. Краснообск, а/я 463 Тел.: +7-913-206-32-34 E-mail: nitsievskayakn@sfscs.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7302-106X</p> <p>Станкевич Светлана Владимировна — кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, отдел пищевых систем и биотехнологий, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук 630501, Новосибирская обл., р. п. Краснообск, а/я 463 Тел.: +7-923-134-85-73 E-mail: stankevichsv@sfscs.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5157-2004</p> <p>Бородай Елена Валерьевна — старший научный сотрудник, отдел пищевых систем и биотехнологий, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук 630501, Новосибирская обл., р. п. Краснообск, а/я 463 Тел.: +7-953-764-68-82 E-mail: borodayev@sfscs.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4350-085X * автор для контактов</p>	<p>Kseniya N. Nitsievskaya, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Department of Food Systems and Biotechnology, Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences Box 463, Novosibirsk region, 630501, Krasnoobsk, Russia Tel.: +7-913-206-32-34 E-mail: nitsievskayakn@sfscs.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7302-106X</p> <p>Svetlana V. Stankevich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Department of Food Systems and Biotechnology, Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences Box 463, Novosibirsk region, 630501, Krasnoobsk, Russia Tel.: +7-923-134-85-73 E-mail: stankevichsv@sfscs.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5157-2004</p> <p>Elena V. Boroday, Senior Researcher, Department of Food Systems and Biotechnology, Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences Box 463, Novosibirsk region, 630501, Krasnoobsk, Russia Tel.: +7-953-764-68-82 E-mail: borodayev@sfscs.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4350-085X * corresponding author</p>
Критерии авторства	Contribution
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.</p>	<p>Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.</p>
Конфликт интересов	Conflict of interest
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p>The authors declare no conflict of interest.</p>