

УДК 663.2.031:635.74

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ТРАВЫ ЧАБРЕЦА

Ю. С. Назарова¹, С. В. Волкова¹, Н. В. Саманкова², А. С. Харитоновна¹¹Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь²Белорусский государственный экономический университет, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Сегодня актуальным является применение экстрактов из лекарственного сырья, обладающего антиоксидантной активностью за счет значительного содержания дубильных веществ в производстве функциональных продуктов питания. Это позволит существенно расширить возможности использования альтернативных источников биологически активных веществ, улучшить натуральность готового продукта, расширить ассортиментную линейку и внести значительный вклад в развитие здорового питания населения Республики Беларусь. Научная задача исследования – оптимизировать процесс водной экстракции травы чабреца.

Материалы и методы. Титрометрический метод для определения содержания дубильных веществ, потенциометрический метод для определения окислительно-восстановительного потенциала в водных экстрактах, методы математической статистики для проведения полного факторного эксперимента и составление уравнений регрессии по результатам экспериментов.

Результаты. Исследовано влияние технологических параметров на процесс водной экстракции травы чабреца, установлено, что максимальный переход дубильных веществ в раствор, а также высокие значения окислительно-восстановительного потенциала наблюдаются при соотношении растительного сырья и экстрагента 1:10 (гидромодуль), а также продолжительности процесса экстракции 60 минут при постоянной температуре 80 °С. Полученные зависимости носят линейный характер.

Заключение. Получен водный экстракт травы чабреца, характеризующийся высоким содержанием дубильных веществ и окислительно-восстановительного потенциала, что позволяет включить его в состав фитокомпозиций для растительного сиропа, обладающего повышенной антиоксидантной активностью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: трава чабреца; экстракция; дубильные вещества; окислительно-восстановительный потенциал; полный факторный эксперимент.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Назарова, Ю. С. Оптимизация процесса экстракции дубильных веществ при получении водных экстрактов травы чабреца / Ю. С. Назарова, С. В. Волкова, Н. В. Саманкова, А. С. Харитоновна // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2024. – № 2 (37). – С. 35–43.

OPTIMIZATION OF THE EXTRACTION PROCESS OF TANNINS IN THE PRODUCTION OF AQUEOUS EXTRACTS FROM THYME HERB

Y.S. Nazarova¹, S. V. Volkova¹, N.V. Samankova², A. S. Haritonova¹¹Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus²Belarusian State Economic University, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. Today, the use of extracts from medicinal raw materials with antioxidant activity, due to their significant content of tannins, is highly relevant in the production of functional food products. This will significantly enhance the opportunities for utilizing alternative sources of biologically active compounds, improve the naturalness of the final product, expand the product line, and make a significant contribution to the promotion of a healthy diet among the population of the Republic of Belarus. The scientific objective of the study is to optimize the process of aqueous extraction from thyme herb.

Materials and methods. Titrimetric method for determining the content of tannins; potentiometric method for measuring the oxidation-reduction potential in aqueous extracts; mathematical statistics methods for

conducting a full factorial experiment and developing regression equations based on the experimental results. **Results.** The influence of technological parameters on the process of aqueous extraction from thyme herb has been investigated. It has been found that the maximum transfer of tannins into the solution, as well as high values of oxidation-reduction potential, occurs at a ratio of raw plant material to the extracting agent (hydromodule 1:10), as well as a duration of the extraction process of 60 minutes at a constant temperature of 80 °C. The obtained dependencies are linear in nature.

Conclusions. An aqueous extract from thyme herb has been obtained. It is characterized by a high content of tannins and oxidation-reduction potential, which allows it to be included in the composition of phytocompositions for plant syrup with enhanced antioxidant activity.

KEY WORDS: *thyme herb; extraction; tannins; oxidation-reduction potential; full factorial experiment.*

FOR CITATION: Nazarova, Y. S. Optimization of the extraction process of tannins in the production of aqueous extracts from thyme herb / Y. S. Nazarova, S. V. Volkova, N. V. Samankova. A. S. Haritonova // Bulletin of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2024. – No. 2 (37). – P. 35–43.

ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции развития перерабатывающего комплекса, а также общемировая нормативно-правовая практика ориентирует производителей на переход к производству продуктов, не содержащих вредных веществ, в том числе антибиотиков, пестицидов и консервантов, или на так называемую органическую продукцию [1]. Одна из важнейших задач в этом направлении – производство обогащенных и функциональных пищевых продуктов, обладающих антиоксидантной активностью [2]. Решение этой задачи может заключаться в расширении ассортимента продуктов из нетрадиционных видов растительного сырья с высоким содержанием биологически активных компонентов, что позволит повысить неспецифическую резистентность организма к неблагоприятным факторам окружающей среды.

В последнее десятилетие свободные радикалы и их роль в развитии заболеваний стали предметом многочисленных исследований. Проблемы химической регуляции окислительного стресса и поиск биологически активных веществ, обладающих антиоксидантной активностью, находятся в центре внимания ряда исследователей [3–7]. Природные антиоксиданты, как правило, подавляют реакции свободнорадикального окисления путем связывания свободных радикалов и образования стабильных химических соединений, создавая тем самым оптимальные условия для метаболизма и обеспечения нормального роста клеток и тканей.

В ряде работ отмечено, что среди природных соединений антиоксидантную активность проявляют лекарственные травы, основными активными веществами которых являются полифенолы [8, 9]. Полифенольные соединения представляют обширную группу биологически активных соединений, синтезируемых растениями, являющихся активными метаболитами клеточного обмена и выполняющих важную роль в физиологических процессах. Среди указанных веществ наибольший практический интерес представляют флавоноиды, дубильные вещества (таниды), фенолокислоты и витамины [10, 11].

Дубильные вещества – это сложная смесь близких по составу фенольных соединений, делящихся на две группы: гидролизуемые и конденсированные танины. Вместе с аскорбиновой кислотой они участвуют в ферментативных процессах окисления и восстановления благодаря присутствию большого количества OH^- – и карбоксильных групп, которые подвергаются различным биохимическим изменениям и принимают участие в ряде физиологических процессов [9].

В связи с этим сегодня актуальным является разработка фитокомпозиций для растительного сиропа, основу которого составляют экстракты местного лекарственного

сырья, обладающего антиоксидантной активностью за счет значительного содержания дубильных веществ. Это позволит существенно расширить возможности использования альтернативных источников биологически активных веществ, улучшить натуральность готового продукта, расширить ассортиментную линейку и внести значительный вклад в развитие здорового питания населения Республики Беларусь.

Предмет исследования – содержание дубильных веществ и антиоксидантной активности в водных экстрактах травы чабреца.

Цель исследования – оптимизация процесса экстракции дубильных веществ и антиоксидантной активности в водных экстрактах лекарственных растений, входящих в состав фитокомпозиции для растительного сиропа на примере травы чабреца.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служила трава чабреца, заготовленная в сентябре 2023 года и приобретенная в аптечной сети. В качестве экстрагента использовали воду. В ходе работы были исследованы следующие соотношения растительного сырья и экстрагента (гидромодуль): 1:10, 1:15, 1:20. Экстракцию проводили на водяной бане в плотно закупоренных флаконах с завинчивающейся крышкой в течение 60 минут при температуре 80 °С. После экстракции проводили фильтрацию извлечения, затем полученный фильтрат использовали для дальнейшей работы. Содержание дубильных веществ, в пересчёте на танин, определяли перманганатометрическим титриметрическим методом, базирующемся на окислении фенольных групп перманганатом калия в присутствии индикатора индигосульфокислоты [12], определение окислительно-восстановительного потенциала определяли потенциометрическим методом [13].

Для оптимизации процесса экстракции с целью изучения возможности извлечения дубильных веществ и окислительно-восстановительного потенциала в зависимости от соотношения сырья и экстрагента (гидромодуль), а также продолжительности экстракции составили матрицу ПФЭ, согласно которой приготовили 3² варианта режимов экстракции (таблица 1).

Табл. 1. Уровни варьирования компонентов среды

Table 1. Levels of variation of environmental components

Фактор	Условное обозначение фактора	Уровень			Интервал варьирования (λ)
		Нижний (-)	Средний (0)	Верхний (+)	
Продолжительность экстракции, с	B	800	2300	3800	100
Гидромодуль	A	1:10	1:15	1:20	1:10

Матрица планирования двухфакторного эксперимента по оценке влияния условий экстракции на извлечение дубильных веществ из травы чабреца представлена в таблице 2.

Табл. 2. Матрица планирования двухфакторного эксперимента при извлечении дубильных веществ

Table 2. Matrix for planning a two-factor experiment when extracting tannins

Вариант опыта	Исследуемые факторы		Содержание дубильных веществ, %
	B, (с)	A	
1	900	1:10	0,404
2	1800	1:10	0,407

Продолжение табл. 2.

3	2700	1:10	0,410
4	3600	1:10	0,412
5	900	1:15	0,210
6	1800	1:15	0,267
7	2700	1:15	0,314
8	3600	1:15	0,346
9	900	1:20	0,207
10	1800	1:20	0,233
11	2700	1:20	0,254
12	3600	1:20	0,264

Матрица ПФЭ, согласно которой приготовили 3² варианта режимов экстракции флавоноидов, идентична матрице для дубильных веществ, представленной в таблице 1, так как опыт проводился при аналогичных условиях. Матрица планирования двухфакторного эксперимента по оценке влияния режимов экстракции на содержание флавоноидов представлена в таблице 3.

Табл. 3. Матрица планирования двухфакторного эксперимента при определении окислительно-восстановительного потенциала

Table 3. Matrix for planning a two-factor experiment when determining the redox potential

Вариант опыта	Исследуемые факторы		Значение ОВП, мВ
	В, (с)	А	
1	900	1:10	317,40
2	1800	1:10	318,00
3	2700	1:10	318,60
4	3600	1:10	318,60
5	900	1:15	313,00
6	1800	1:15	314,40
7	2700	1:15	317,40
8	3600	1:15	317,60
9	900	1:20	302,40
10	1800	1:20	303,60
11	2700	1:20	304,80
12	3600	1:20	304,80

В результате статистической обработки экспериментальных данных были получены

уравнения регрессии, адекватно описывающие зависимость исследуемых функций отклика от выбранных факторов. Влияние каждого из варьируемых факторов отражали графически в виде поверхностей отклика.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что на экстракцию дубильных веществ из травы чабреца точно влияют оба фактора: соотношение растительного сырья и экстрагента (гидромодуль), а также продолжительность процесса экстракции. Максимальное содержание дубильных веществ в процессе экстрагирования было выявлено при использовании гидромодуля 1:10 и продолжительности процесса экстрагирования 60 минут (3600 с).

По результатам проведенных экспериментов получено уравнение регрессии, которое адекватно описывает зависимость содержания дубильных веществ в экстракте травы чабреца от гидромодуля и продолжительности процесса экстрагирования. После исключения из уравнения незначимых факторов оно приобрело следующий вид:

$$D=0,882 - 0,0685 \cdot A + 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot B - 4,33 \cdot 10^{-9} B^2, \quad (1)$$

где D – содержание дубильных веществ, %;

A – гидромодуль;

B – продолжительность экстракции, с.

Для определения областей, при которых эти показатели имеют наибольшее значение, построили график поверхности отклика (рисунок 1).

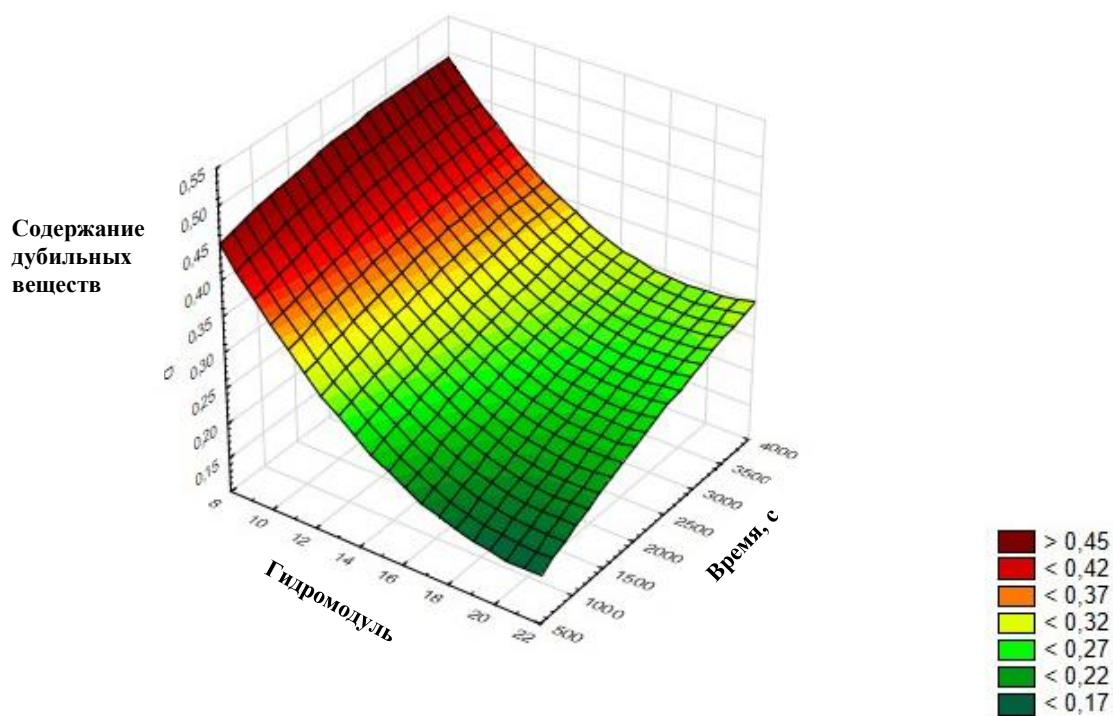


Рис. 1. Поверхность отклика, отражающая зависимость содержания дубильных веществ в экстракте чабреца от гидромодуля и времени проведения процесса

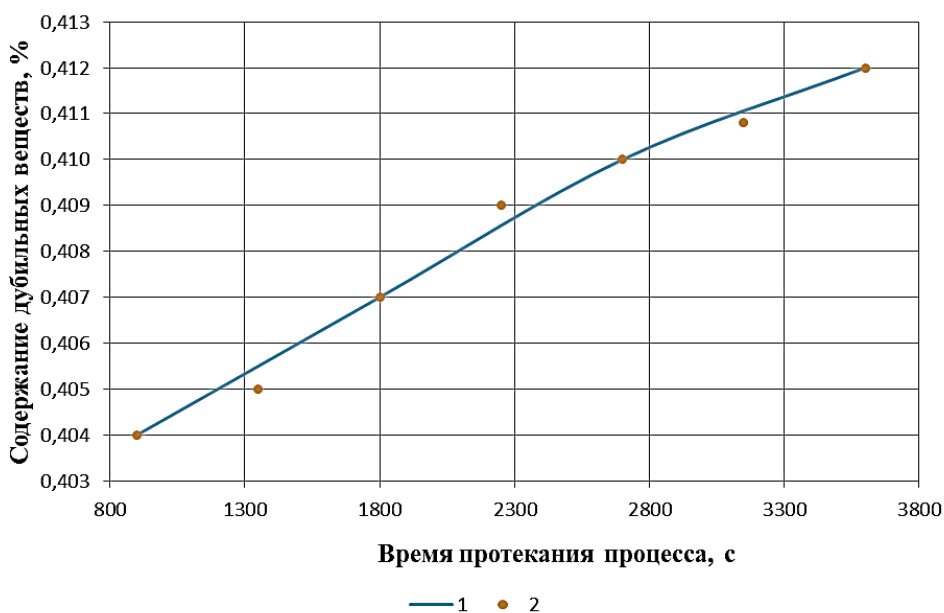
Fig. 1. Response surface reflecting the dependence of the tannin content in thyme extract on the hydromodulus and process time

Анализ зависимости, представленной на рисунке 1, показал, что при увеличении гидромодуля концентрация дубильных веществ в процессе экстракции травы чабреца

снижается. Процесс извлечения дубильных веществ идет достаточно активно до достижения равновесной концентрации в системе сырье-экстрагент, которая устанавливается, когда уравниваются количества веществ, диффундирующих из сырья в экстрагент и обратно [14, 15]. Максимальное извлечение дубильных веществ достигается при соотношении сырья и воды 1:10. Использование меньшего гидромодуля нецелесообразно, так как при снижении объема экстрагента по отношению к экстрагируемому сырью происходит сильное влагопоглощение воды сухой травой чабреца и образование кашеобразной массы, что в дальнейшем снижает выход экстракта и затрудняет фильтрацию готового экстракта [9].

Для практического применения результатов исследования установили зависимость содержания дубильных веществ в траве чабреца от времени протекания процесса экстракции. График зависимости представлен на рисунке 2.

При установлении оптимального времени экстракции проводили извлечение из сырья в течение 15, 30, 45 и 60 минут. Для наиболее полного извлечения дубильных веществ из травы чабреца целесообразно использовать экстракцию в течение 60 минут, поскольку с дальнейшим увеличением времени выход дубильных веществ не изменялся. Однако чрезмерное увеличение продолжительности экстракции ведет к значительному ухудшению качества получаемых экстрактов. При экстракции дубильных веществ наблюдается процесс конденсации, при этом за счет конденсации часть дубильных веществ переходит в класс так называемых нерастворимых и выпадает в осадок, что приводит к некоторому снижению количества дубильных веществ в экстракте.



1 – график уравнения согласно формуле (1); 2 – экспериментальные данные
Рис. 2. График зависимости содержания дубильных веществ в экстракте чабреца от времени протекания процесса экстракции

Fig. 2. Graph of the dependence of the tannin content in the thyme extract on the time of the extraction process

$$D = 3 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0,402 \quad (2)$$

где D – содержание дубильных веществ, %;
 t – время, с.

Зависимость носит линейный характер. Таким образом, полученная зависимость может быть использована для определения значения содержания дубильных веществ в конкретный период времени при проведении процесса экстракции.

Для оценки антиоксидантной активности экстрактов травы чабреца, как полифенолсодержащего растительного сырья, представляет интерес применение потенциометрического метода определения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП). На рисунке 3 представлен график поверхности отклика, при котором этот показатель имеет наибольшее значение.

Таким образом, анализируя данные, представленные на рисунке 3, можно сделать вывод, что изменение ОВП в экстракте травы чабреца зависит от параметров экстрагирования (гидромодуля и продолжительности процесса). Установлено, что наблюдается изменение антиоксидантной активности в зависимости от суммарного содержания дубильных веществ в водном экстракте травы чабреца.

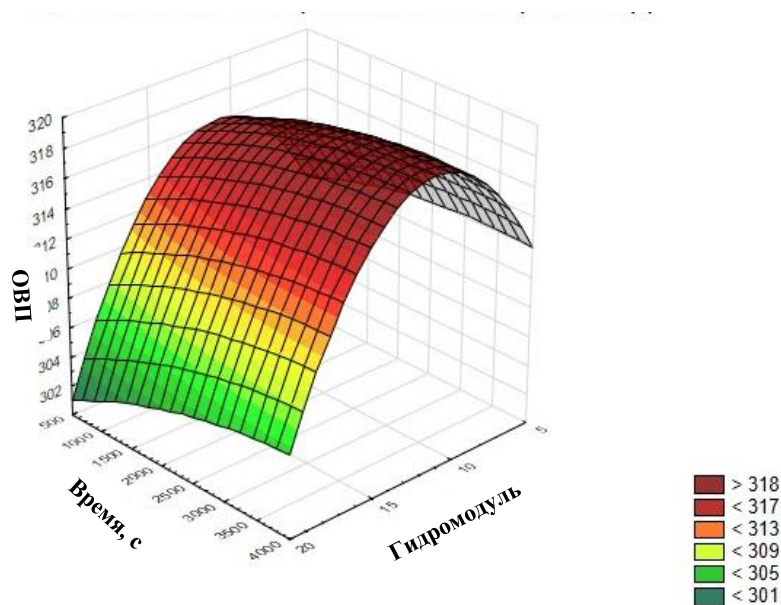


Рис. 3. Поверхность отклика, отражающая зависимость изменения окислительно-восстановительного потенциала в экстракте чабреца от гидромодуля и времени проведения процесса

Fig. 3. Response surface reflecting the dependence of the change in the oxidation-reduction potential in the thyme extract on the hydromodule and the time of the process

Интенсивность окислительно-восстановительных реакций зависит от активности электронов в водных растворах, которая характеризуется окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП). Чем выше этот параметр, тем среда «кислее», тем больше она способна к разрушению межмолекулярных связей, к окислению молекул; и наоборот: чем ниже ОВП, тем выше ее восстановительная способность [16, 17]. В полученном водном экстракте травы чабреца показатель pH находился в диапазоне 5,71 до 5,69, что соответствовало показателю ОВП 318,60 мВ, что является достаточным для проявления восстановительных свойств данного экстракта.

Между тем стоит обратить внимание на то, что исследуемые водные экстракты травы чабреца представляют собой довольно сложную многокомпонентную систему, в которой наряду с дубильными веществами, присутствуют различные полифенолы, в том числе и

флавоноиды, анализ влияния которых на ОВП не проводился, тем не менее, исходя из данных, представленных на рисунке 3, можно утверждать, что существенный вклад в общую антиоксидантную активность водных экстрактов травы чабреца вносят дубильные вещества [15, 16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, обобщая полученные данные, установлены оптимальные технологические режимы процесса водной экстракции травы чабреца, обеспечивающие максимальный переход дубильных веществ в раствор, а также высокие значения ОВП: соотношение растительного сырья и экстрагента (гидромодуль 1:10), а также продолжительность процесса экстракции 60 минут при постоянной температуре 80 °С. Также исследование влияния параметров экстракции при изучении окислительно-восстановительного потенциала показало, что результаты хорошо коррелируют с данными, по содержанию дубильных веществ в экстрактах травы чабреца.

Научно-исследовательская работа выполнялась в рамках Государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность», 2021-2025 годы (подпрограмма «Продовольственная безопасность» ГЗ 24-03) на тему «Исследование возможности получения сиропов с повышенными антиоксидантными свойствами из местного растительного сырья».

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Мистратова, Н. А. Анализ зарубежного опыта производства и реализации органической продукции сельского хозяйства / Н. А. Мистратова, А. В. Коломейцев, М. А. Янова // Вестник КрасГАУ. – 2018. – Т. 137, № 2. – С. 162–165.
- 2 Моисеева, М. В. Напитки на основе овощного сырья / М. В. Моисеева, М. К. Алтуньян [Электронный ресурс] // Молодой ученый. – 2013. – № 4. – С. 86–88. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/52/6715/>
- 3 Зенков, Н. К. Окислительный стресс: Биохимический и патофизиологический аспекты / Н. К. Зенков, В. З. Ланкин, Е. Б. Меньшикова. – М., 2001. – 343 с.
- 4 Прида, А. И. Природные антиоксиданты полифенольной природы (антирадикальные свойства и перспективы использования) / А. И. Прида, Р. И. Иванова // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2004, №2. – С. 76–78.
- 5 Яшин, А. Я. Определения содержания природных антиоксидантов в пищевых продуктах и БАДах / А. Я. Яшин, Н. И. Черноусова // Пищевая промышленность. – 2007. №5. С. 28–30.
- 6 Азарова, О. В., Флавоноиды: механизм противовоспалительного действия / О. В. Азарова, Л. П. Галактионова // Химия растительного сырья. – 2012. – № 4. – С. 61–78.
- 7 Ушакова, А. А. Разработка технологий фитокомпозиций и соусов-приправ с биологически активными веществами пряно-ароматических растений дис. ...канд. тех. наук / А. А. Ушакова – Санкт-Петербург, 2014. – 126 с.
- 8 Хасанова, С. Р. Экспериментально-теоретическое обоснование создания и стандартизации лекарственных растительных препаратов с антиоксидантной активностью дис. ...докт. фарм. наук / С. Р. Хасанова. – Самара, 2016. – 126 с.
- 9 Зибарева, Л. Н. Фитохимия. Соединения полифенольного комплекса / Л. Н. Зибарева – И.: Томский государственный университет, 2022. – 63 с.
- 10 Замбулаева, Н. Д. Исследование антиоксидантных и антимикробных свойств биопротекторов из отходов соковых производств как ингредиентов для обогащения продуктов питания / Н. Д. Замбулаева, С. Д. Жамсаранова // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2018. – Т. 8, № 1. – С. 51–58.
- 11 Skhalyakhov, A. A. Phenolic Compounds and Antioxidant Potential of Wild-Growing Plant Materials of the North Caucasus Region / A. A. Skhalyakhov, H. R. Siyukhov, Z. T. Tazova, L. V. Lunina // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). – 2019. – № 2. – P. 2249–8958.
- 12 Государственная Фармакопея Российской Федерации – 12-е изд. / «Издательство «Научный центр экспертизы средств медицинского применения», 2008. – 707 с.
- 13 Прилуцкий, В. И. Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) для характеристики противокислительной активности различных напитков и витаминных комплексов // Первый международный симпозиум, «Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности». – М., 1997.
- 14 Дымова, А. Ю. Здоровые функциональные напитки / А. Ю. Дымова // Пиво и напитки. – 2001. – № 4. –

С. 56–60.

15. Лапин, А. А. Антиоксидантные свойства продуктов растительного происхождения / А. А. Лапин, М. Ф. Борисенков, А. П. Карманов [и др.] // Химия растительного сырья. 2007. № 2. С. 79–83.

16 Применение воды с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом меньше нуля в качестве основы гелей для биологически активных добавок в виде геля: пат. RU 2568588C2 / В. А. Баранов, А. С. Меркулов. – Опубл. 20.11.2015.

17 Шелегова, Н. А. Приоритеты в моделировании специализированных напитков для больных сахарным диабетом / Н. А. Шелегова, О. Ю. Гурская // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: сб. науч. тр. – И.: Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж, 2022. – С. 215–218.

Поступила в редакцию 26.12.2024 г.

ОБ АВТОРАХ:

Назарова Юлия Станиславовна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии пищевых производств, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: juliya.nazarova2015@yandex.ru.

Волкова Светлана Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии пищевых производств, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: svetlana08@mail.ru.

Саманкова Наталья Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения непродовольственных товаров, Белорусский государственный экономический университет, e-mail: samankova@list.ru.

Харитоновна Алина Сергеевна – студент, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: mh121639@yandex.ru.

ABOUT AUTHORS:

Nazarova Yulia S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: juliya.nazarova2015@yandex.ru.

Volkova Svetlana V. – Candidate of technical sciences, associate professor of the department of food production technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: svetlana08@mail.ru.

Samankova Natalya V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Commodity Science of Non-food Products, Belarusian State Economic University, e-mail: samankova@list.ru.

Haritonova Alina S. – student, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: mh121639@yandex.ru.