

Интенсификация процесса экстракции при производстве экстракта солодкового корня

Екатерина В. Соколова ¹	k_sokolova93@mail.ru	 0000-0003-2663-1786
Юрий А. Максименко ¹	amxs1@yandex.ru	 0000-0001-7973-1903
Ольга И. Коннова ¹	okonnova88@gmail.com	 0000-0002-2146-5443

¹ Астраханский государственный технический университет, ул. Татищева, стр. 16/1, г. Астрахань, 414056, Россия

Аннотация. Солодка голая (*Glycyrrhiza glabra*) – многолетнее травянистое растение из семейства бобовых, широко известное своими лечебными свойствами. Ее корни содержат большое количество биологически активных веществ, в том числе глицирризин – соединение, придающее растению сладкий вкус и обладающее множеством полезных свойств. Экстракт солодки находит широкое применение в пищевой промышленности благодаря своим уникальным свойствам: способствует улучшению текстуры и консистенции продуктов, в качестве эмульгатора помогает смешивать несмешиваемые компоненты, а также обладает антимикробными свойствами, продлевая срок годности продуктов. Традиционные методы экстракции солодки требуют длительного времени и значительных затрат. В данной работе представлена новая технология получения экстракта солодкового корня, основанная на применении микроволнового воздействия. Исследование показало, что использование микроволновой обработки экстракционной смеси позволяет существенно сократить время экстракции и повысить выход целевых веществ. Рационализация параметров процесса, таких как мощность микроволнового излучения, температура и время обработки, позволила достичь максимальной эффективности экстракции. В результате комплексных экспериментально-аналитических исследований предложен способ получения густого экстракта солодкового корня. Механическое и циркуляционное перемешивание экстракционной смеси повышает скорость внутреннего теплообмена и массообмена на границе раздела фаз при экстрагировании, способствуя формированию развитой поверхности фазового контакта и ее обновлению посредством конвективных диффузионных процессов. Предложенная технология отличается экологической безопасностью, так как в качестве экстрагента используется вода, а применение микроволнового излучения позволяет снизить энергозатраты. Полученный экстракт соответствует требованиям государственного стандарта и обладает высокой эффективностью. Результаты проведенных исследований открывают перспективы для широкого применения данной технологии в пищевой промышленности.

Ключевые слова: солодковый корень, экстракт, микроволновая обработка, глицирризиновая кислота, перколяция, биологически активные вещества.

Intensification of the extraction process in the production of licorice root extract

Ekaterina V. Sokolova ¹	k_sokolova93@mail.ru	 0000-0003-2663-1786
Yuri A. Maksimenko ¹	amxs1@yandex.ru	 0000-0001-7973-1903
Olga I. Konnova ¹	okonnova88@gmail.com	 0000-0002-2146-5443

¹ Astrakhan State Technical University, st. Tatishcheva, building 16/1, Astrakhan, 414056, Russia

Abstract. Licorice glabra (*Glycyrrhiza glabra*) is a perennial herbaceous plant from the legume family, widely known for its medicinal properties. Its roots contain a large number of biologically active substances, including glycyrrhizin, a compound that gives the plant a sweet taste and has many useful properties. Licorice extract is widely used in the food industry due to its unique properties: It improves the texture and consistency of products, helps to mix immiscible components as an emulsifier, and also has antimicrobial properties, extending the shelf life of products. Traditional licorice extraction methods require a long time and significant costs. This paper presents a new technology for obtaining licorice root extract based on the use of microwave exposure. The study showed that the use of microwave treatment of the extraction mixture can significantly reduce the extraction time and increase the yield of target substances. The rationalization of process parameters, such as microwave power, temperature and processing time, made it possible to achieve maximum extraction efficiency. As a result of complex experimental and analytical studies, a method for obtaining a thick licorice root extract has been proposed. Mechanical and circulating mixing of the extraction mixture increases the rate of internal heat and mass transfer and mass transfer at the interface during extraction, contributing to the formation of a developed phase contact surface and its renewal through convective diffusion processes. The proposed technology is characterized by environmental safety, since water is used as an extractant, and the use of microwave radiation reduces energy consumption. The resulting extract meets the requirements of the state standard and is highly effective. The results of the conducted research open up prospects for the wide application of this technology in the food industry.

Keywords: licorice root, extract, microwave processing, glycyrrhizic acid, percolation, biologically active substances.

Для цитирования

Соколова Е.В., Максименко Ю.А., Коннова О.И. Интенсификация процесса экстракции при производстве экстракта солодкового корня // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 4. С. 185–190. doi:10.20914/2310-1202-2024-4-185-190

For citation

Sokolova E.V., Maksimenko Yu.A., Konnova O.I. Intensification of the extraction process in the production of licorice root extract. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 4. pp. 185–190. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-4-185-190

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Солодка является многолетним травянистым растением семейства бобовых [1]. Солодка растет в районах с резко континентальным климатом, с сильной жарой летом и холодом зимой и большими перепадами температур днем и ночью. Солодка может расти на песчаной почве, содержащей кальций, с сухим поверхностным слоем и глубокой влажностью почвы [2].

Корень солодки является универсальным сырьем растительного происхождения, содержащим широкий спектр биологически активных веществ, в частности, глицирризиновую кислоту, ликвиритин и ликвиритигенин [2]. Продукты переработки солодки широко используются в фармацевтической и пищевой промышленности.

В пищевых целях используется солодка голая и солодка уральская, что предусмотрено ТР ТС 029/2012 [3].

Экстракт солодкового корня применяется для производства какао, маринадов, кофе, киселей, компотов, халвы, мучных изделий, пастилы и шоколада, а также в качестве вкусо-ароматической добавки.

Существует множество методов, с помощью которых возможно получить экстракты из растительного сырья, в частности, солодкового корня (настаивание, мацерация, перколяция и др.), однако, традиционные методы требуют длительного времени, больших расходов растворителя и энергии, что приводит к высокой стоимости [4].

Большинство традиционных методов экстракции зависят от экстракционного потенциала растворителя, применения перемешивания [5], температуры, типа и концентрации субстрата, размера частиц [4].

Эффективность экстракции, параметры, стоимость обработки играют ключевую роль наряду для принятия решения о подходе к организации процесса экстракции и выходе целевых компонентов [4].

Одним из самых распространенных методов экстракции считается мацерация. В исследовании [1] для получения экстракта методом мацерации в качестве растворителя использовались различные органические экстрагенты (метанол в кислой среде, метанол, метанол в щелочной среде), процесс был осуществлен в течение 8 часов и постоянном перемешивании смеси, гидро модуль 1:40. Результаты исследования показали, что максимальный выход экстракта составил в пределах от $13,35 \pm 0,4\%$ до $15,66 \pm 0,47\%$.

В исследовании [6] также применялась мацерация, но уже с отвариванием [5] и использованием при этом других органических растворителей ($0,25\%$ раствор гидроксида аммония,

ацетон, этанол). Обосновано применение растворителей тем, что по результатам экспериментов в полученных экстрактах содержится наибольшее количество глицирризиновой кислоты, при этом содержание экстрактивных веществ составило от $21,70 \pm 1,81\%$ до $26,74 \pm 1,99\%$.

Метод производства экстракта солодки, в соответствии с патентом [7] и применением в качестве экстрагента – раствора аммиака в водном растворе ацетона, является эффективным, поскольку полученный продукт, помимо глицирризина, содержит большое количество поверхностно-активных веществ. Стоит отметить, что способ позволил сократить продолжительность экстракции за счет диффузионного сопротивления. Однако, использование раствора аммиака в водном растворе ацетона снижает его безопасность для применения в пищу.

Известен способ, ориентированный на максимальное извлечение сапонинов [8], чье фармакологическое применение является довольно обширным, поскольку сапонинсодержащие экстракты используют как противовоспалительные, гепатопротекторные, отхаркивающие и заживляющие средства, а также эти экстракты широко используются в качестве пищевых ароматизаторов. Способ основан на мацерации с использованием органического растворителя – этанола. При этом способ отличается небольшим количеством времени, которое будет затрачено на экстракцию – всего 5–7 мин при температуре $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ с использованием ультразвукового воздействия. Экстракция корня солодки этанолом также рассмотрена в исследовании китайских ученых [9].

Получение экстракта с целью извлечения глицирризиновой кислоты рассмотрено в работе [10]. Экстрагирование проводилось при высоких температурах (120 , 150 и $170\text{ }^{\circ}\text{C}$), давлении и применением растворов аммиака в воде, азотной кислоты в ацетоне и использование субкритической воды. Установлено, что эффективным способом является экстракция субкритической водой при $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление 5 МПа , скорость потока экстрагента $1,7\text{ см}^3/\text{мин}$, гидро модуль 1:7.

Способ совместной экстракции функциональных компонентов солодки [11] заключается в следующем: солодку замачивают в воде, затем отваривают, далее полученный водный экстракт подвергают спиртовому осаждению с получением спиртовой жидкости для осаждения и продукта спиртового осаждения. Температура водного отвара $95\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Количество отваров – 2–3 раза, продолжительность каждого отвара составляет 1–2 часа.

Каждый из рассмотренных способов получения экстракта солодкового корня имеет свои особенности и преимущества. Однако, использование органических реактивов может

сказаться на безопасности полученного продукта, что может сделать его небезопасным для применения в пищу и, что идет в противоречие имеющемуся и действующему ГОСТ 22840–77 Экстракт солодкового корня [12].

Таким образом, актуальны исследования, направленные на научно-практическое обоснование и разработку технологии производства экстракта солодкового корня, основанной на рациональном сочетании взаимозависимых процессов подготовки сырья, водной экстракции, фильтрации и вакуум-выпаривания.

Цель работы – разработка и рационализации технологического процесса получения экстракта солодкового корня с использованием микроволнового воздействия, направленного на повышение выхода целевых веществ (глицирризиновой кислоты), сокращение времени экстракции и обеспечение высокого качества конечного продукта.

Объекты и методы исследования

При исследовании процессов экстракции использовались корни солодки голой (*Glycyrrhiza glabra*), выращенной в Красноярском районе Астраханской области. В работе применялись как традиционные, так и экспериментальные методы исследования.

Результаты и обсуждение

В результате комплексных экспериментально-аналитических исследований предложен способ

получения густого экстракта солодкового корня. Сухой солодковый корень влажностью 8–12% измельчают дроблением до размера частиц 3–7 мм, экстрагирование проводят методом перколяции, пропуская экстрагент-воду через слой сырья в соотношении гидромодуля сырье: вода 1:8–1:12 при температуре 50–60°C в течение 4–6 часов и микроволновом воздействии на смесь частотой 2450 МГц и мощностью 600–1000 Вт при механическом перемешивании смеси со скоростью 15–30 об/мин и циркуляционном перемешивании с кратностью циркуляции 20 – 30 объемов/час, фильтрование экстракта проводят механически через фильтрующую перегородку, затем осуществляют концентрирование путем вакуум-выпаривания экстракта при температуре 55–60°C и остаточном давлении ≤ 4 кПа до содержания сухих веществ 62–68%. В качестве сырья использовался измельченный корень солодки (ГОСТ 22839–88 «Корни и корневища солодки» [13]), выращенный в Астраханской области в Красноярском районе.

Кроме лабораторных исследований проведены опытно-промышленные испытания с использованием двухкорпусной экстракционной установки с СВЧ-обработкой экстракционной смеси (рисунок 1) при различном сочетании основных факторов и получены экстрактные растворы, которые далее подвергались фильтрованию и вакуум-выпариванию.



Рисунок 1. Двухкорпусная экстракционная установка с СВЧ-обработкой экстракционной смеси
Figure 1. Double-shell extraction unit with microwave treatment of the extraction mixture

Проведены испытания рационального режима. Сухой солодковый корень массой 5 кг влажностью 10% измельчали дроблением до размера частиц 3–7 мм, далее проводилось экстрагирование методом перколяции, пропуская экстрагент-воды через слой сырья в соотношении гидромодуля сырье: вода 1:8 при температуре 60 °C в течение 4 часов и микроволновом воздействии на смесь частотой

2450 МГц и мощностью 1000 Вт при механическом перемешивании смеси со скоростью 30 об/мин и циркуляционном перемешивании с кратностью циркуляции 30 объемов/час, фильтрование экстракта проводилось механически через фильтрующую перегородку, затем проводилось концентрирование путем вакуум-выпаривания экстракта при температуре 60 °C и остаточном давлении ≤ 4 кПа до содержания

сухих веществ 65%. Из 5 кг сухого корня солодки было получено 2,44 кг густого экстракта влажностью 35%, содержащего 0,483 кг глицирризиновой кислоты, что составляет 19,8%.

В таблице 1 представлены результаты испытаний опытно-промышленной партии экстракта.

Таблица 1.

Результаты испытаний экстракта на соответствие требований
ГОСТ 22840–77 «Экстракт солодкового корня. Технические условия»

Table 1.

The results of testing the extract for compliance with the requirements of
GOST 22840-77 "Licorice root extract. Technical specifications"

Показатель Indicator	Результат Value	Норматив Norm
Органолептические показатели Organoleptic parameters		
Вкус Taste	Соответствует	Приторно-сладкий, слегка раздражающий Lusciously sweet, slightly irritating
Внешний вид Appearance		Густая однородная масса без комков и посторонних включений Thick homogeneous mass without lumps and foreign inclusions
Запах Odor		Слабый, своеобразный Faint, peculiar
Цвет Color		Темно-коричневый Dark brown
Показатели качества Quality indicators		
Глицирризиновая кислота, % Glycyrrhizic acid, %	19,8	>18
Массовая доля веществ, не растворимых в горячей воде, % Mass fraction of substances insoluble in hot water, %	2,4	<2,5
Физико-химические показатели Physico-chemical parameters		
Влажность, % Moisture, %	35	32–38
Массовая доля общей золы, % Mass fraction of total ash, %	6,1	<9

Установлено, что увеличение мощности микроволнового излучения приводит к интенсификации процесса экстракции, повышение температуры способствует увеличению скорости экстракции, увеличение скорости механического перемешивания и кратности циркуляции способствует интенсификации тепломассообмена между твердой и жидкой фазами, что положительно сказывается на эффективности экстракции, повышении выхода глицирризиновой кислоты.

За счет подвода микроволновой энергии к молекулам воды происходит колебательное движение дипольных молекул, что способствует проникновению молекул воды в поры корней солодки и диффузии экстрактивных веществ в раствор. За счет колебательного движения молекул воды, как и в других несовершенных

диэлектриках, выделяется тепловая энергия, то есть вода нагревается, что также увеличивает скорость извлечения экстрактивных веществ [14-16].

Заключение

Механическое и циркуляционное перемешивание экстракционной смеси повышает скорость внутреннего тепломассопереноса и массообмена на границе раздела фаз при экстрагировании, способствуя формированию развитой поверхности фазового контакта и ее обновлению посредством конвективных диффузионных процессов.

Предложенный метод перколяции с использованием воды в качестве экстрагента и микроволнового воздействия на экстракционную смесь является перспективным и определяет экологическую безопасность производства [17-20].

Литература

- 1 Бабич О.О., Ульрих Е.В., Ларина В.В., Бахтиярова А.Х. Исследование состава и свойств экстрактов *Glycyrrhiza Glabra*, выращенной в Калининградской области, и перспективы ее применения // *Пищевые системы*. 2022. Т. 5. № 3. С. 261–270.
- 2 Yan B., Hou J., Li W., Luo L. A review on the plant resources of important medicinal licorice // *Journal of Ethnopharmacology*. 2023. V. 301. P. 115823. doi: 10.1016/j.jep.2022.115823
- 3 ТР ТС 029/2012. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств.
- 4 Sridhar A., Vaishampayan V., Senthil Kumar P., Ponnuchamy M. Extraction techniques in food industry: Insights into process parameters and their optimization. *Food Chem Toxicol*. 2022. V. 166. P. 113207. doi: 10.1016/j.fct.2022.113207

- 5 Pavankumar R. M., Anet R. J., Shalini S. A. Green, environment-friendly and sustainable techniques for extraction of food bioactive compounds and waste valorization // *Trends in Food Science & Technology*. 2022. V. 128. P. 296–315. doi: 10.1016/j.tifs.2022.08.016
- 6 Хабибрахманова В.Р., Сысоева М.А., Халед Ш.М., Габдрахманова А.Р. Выбор экстрагента для увеличения выхода тритерпеноидных веществ и флавоноидов из сырья и шрота корня солодки (*Glycyrrhizae Radices*) // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2016. Т. 19. № 11. С. 16–21.
- 7 Пат. № 2253463, RU. Способ производства сухого экстракта солодки. Квасенков О.И., Тюрюков А.Б. № 2003128323/15; Заявл. 22.09.2003; Опубл. 10.06.2005.
- 8 Пат. № 2678840, RU. Способ получения сапонинсодержащего экстракта. Бутова С.Н., Сальникова В.А., Щеголева И.Д. № 2018114097; Заявл. 17.04.2018; Опубл. 04.02.2019.
- 9 Pat. no. 113813300, CN. Preparation method and application of glycyrrhiza glabra extract / He Fei, Xin Xuelei, Wu Tao, Cheng Zhen. no. 202111287796.X. Appl. 02.11.2021; Publ. 21.12.2021.
- 10 Павлова Л.В., Платонов И.А., Куркин В.А., Новикова Е.А. и др. Определение глицирризиновой кислоты в корнях солодки методом ВЭЖХ с субкритической экстракцией // *Аналитика и контроль*. 2018. Т. 22. № 3. С. 229–235.
- 11 Pat. no. 116554257, CN. Combined extraction method for functional factors of liquorice / Chen Jianle, Wang Qi, Ye Xingqian, Kwak Dong-Ki et al. no. 202310528544.4. Appl. 11.05.2023; Publ. 08.08.2023.
- 12 ГОСТ 22840–77 Экстракт солодкового корня. Технические условия. М: Стандартинформ, 6 с.
- 13 ГОСТ 22839–88 Корни и корневища солодки. Технические условия. М: Стандартинформ, 4 с.
- 14 Ушакова Н.Ф., Копысова Т.С., Касаткин В.В., Кудряшова А.Г. Опыт применения СВЧ-энергии при производстве пищевых продуктов // *Пищевая промышленность*. 2013. № 10. С. 30–32.
- 15 Karami Z., Emam-Djomeh Z., Mirzaee H.A., Khomeiri M. et al. Optimization of microwave assisted extraction (MAE) and soxhlet extraction of phenolic compound from licorice root // *Journal of food science and technology*. 2015. V. 52. P. 3242-3253.
- 16 Саидов С. С., Каримов Р. К., Таджибаева М. Р., Донияров Г. Т. и др. Оптимизация процесса экстракции корня солодки // *Universum: технические науки*. 2023. №6-3 (111). С. 61-66.
- 17 Лисовой В. В., Першакова Т. В., Корнен Н. Н., Ачмиз А. Д. и др. Применение ЭМП СВЧ в технологиях переработки растительного сырья и вторичных ресурсов // *Научный журнал КубГАУ*. 2016. №118. С.1350-1362.
- 18 Jang S., Lee A. Y., Lee A. R., Choi G. et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of glycyrrhizic acid from licorice using response surface methodology // *Integrative medicine research*. 2017. V. 6. №. 4. P. 388-394.
- 19 Ciganović P., Jakimiuk K., Tomczyk M., Zovko Končić M. Glycerolic licorice extracts as active cosmeceutical ingredients: Extraction optimization, chemical characterization, and biological activity // *Antioxidants*. 2019. V. 8. №. 10. P. 445.
- 20 Giah E., Jahadi M., Khosravi-Darani K. Enzyme-assisted extraction of glycyrrhizic acid from licorice roots using heat reflux and ultrasound methods // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2021. V. 33. P. 101953.

References

- 1 Babich O.O., Ulrikh E.V., Larina V.V., Bakhtiyarova A. Kh. Study of the composition and properties of Glycyrrhiza Glabra extracts grown in the Kaliningrad region and the prospects for its use // *Food Systems*. 2022. Vol. 5. no. 3. pp. 261–270. (in Russian).
- 2 Yan B., Hou J., Li W., Luo L. A review on the plant resources of important medicinal licorice // *Journal of Ethnopharmacology*. 2023. Vol. 301. pp. 115823. doi:10.1016/j.jep.2022.115823
- 3 Technical Regulations of the Customs Union TR CU 029/2012 Safety Requirements for Food Additives, Flavorings and Processing Aids. (in Russian).
- 4 Sridhar A., Vaishampayan V., Senthil Kumar P., Ponnuchamy M. Extraction techniques in food industry: Insights into process parameters and their optimization // *Food Chem Toxicol*. 2022. Vol. 166. pp. 113207. doi:10.1016/j.fct.2022.113207
- 5 Pavankumar R. M., Anet R. J., Shalini S. A. Green, environment-friendly and sustainable techniques for extraction of food bioactive compounds and waste valorization // *Trends in Food Science & Technology*. 2022. Vol. 128. pp. 296–315. doi:10.1016/j.tifs.2022.08.016
- 6 Khabibrakhmanova V.R., Sysoeva M.A., Khaled Sh. M., Gabdrakhmanova A.R. Selection of an extractant to increase the yield of triterpenoid substances and flavonoids from raw materials and licorice root meal (*Glycyrrhizae Radices*) // *Issues of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*. 2016. Vol. 19. no. 11. pp. 16–21. (in Russian).
- 7 Kvasenkov O.I., Tyuryukov A.B. Method of production of dry licorice extract. Patent RF, no. 2253463, 2005. (in Russian).
- 8 Butova S.N., Salnikova V.A., Shchegoleva I.D. Method for producing a saponin-containing extract. Patent RF, no. 2678840, 2019. (in Russian).
- 9 He Fei, Xin Xuelei, Wu Tao, Cheng Zhen et al. Preparation method and application of glycyrrhiza glabra extract. Patent CN, no. 113813300, 2021.
- 10 Pavlova L.V., Platonov I.A., Kurkin V.A., Novikova E.A. et al. Determination of glycyrrhizic acid in licorice roots by HPLC with subcritical extraction // *Analytics and control*. 2018. Vol. 22. no. 3. pp. 229–235. (in Russian).
- 11 Chen Jianle, Wang Qi, Ye Xingqian, Kwak Dong-Ki et al. Combined extraction method for functional factors of liquorice. Patent CN, no. 116554257, 2023.
- 12 State Standart 22840–77. Licorice root extract. Specifications. Moscow: Standartinform, 6 p. (in Russian).
- 13 State Standart 22839–88. Licorice roots and rhizomes. Specifications. Moscow: Standartinform, 4 p. (in Russian).
- 14 Ushakova N.F., Kopysova T.S., Kasatkin V.V., Kudryashova A.G. Experience in using microwave energy in food production // *Food industry*. 2013. no. 10. pp. 30–32. (in Russian).

- 15 Karami Z., Emam-Djomeh Z., Mirzaee H.A., Khomeiri M. et al. Optimization of microwave assisted extraction (MAE) and soxhlet extraction of phenolic compound from licorice root // *Journal of food science and technology*. 2015. Vol. 52. pp. 3242-3253.
- 16 Saidov S. S., Karimov R. K., Tadjibayeva M. R., Doniyarov G. T. et al. Optimization of licorice root extraction process // *Universum: technical sciences*. 2023. no.6-3 (111). pp. 61-66. (in Russian).
- 17 Lisovoy V. V., Pershakova T. V., Komen N. N., Achmiz A.D. et al. The use of microwave EMF in technologies for processing plant raw materials and secondary resources // *KubGAU Scientific Journal*. 2016. no.118. pp. 1350-1362. (in Russian).
- 18 Jang S., Lee A. Y., Lee A. R., Choi G. et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of glycyrrhizic acid from licorice using response surface methodology // *Integrative medicine research*. 2017. Vol. 6. no. 4. pp. 388-394.
- 19 Ciganović P., Jakimiuk K., Tomczyk M., Zovko Končić M. Glycerolic licorice extracts as active cosmeceutical ingredients: Extraction optimization, chemical characterization, and biological activity // *Antioxidants*. 2019. Vol. 8. no. 10. pp. 445.
- 20 Giah E., Jahadi M., Khosravi-Darani K. Enzyme-assisted extraction of glycyrrhizic acid from licorice roots using heat reflux and ultrasound methods // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2021. Vol. 33. pp. 101953.

Сведения об авторах

Екатерина В. Соколова ассистент, кафедра технологические машины и оборудование, Астраханский государственный технический университет, ул. Татищева, стр. 16/1, г. Астрахань, 414056, Россия, k_sokolova93@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2663-1786>

Юрий А. Максименко д.т.н., профессор, кафедра технологические машины и оборудование, Астраханский государственный технический университет, ул. Татищева, стр. 16/1, г. Астрахань, 414056, Россия, amxs1@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7973-1903>

Ольга И. Коннова ассистент, кафедра технология товаров и товароведение, Астраханский государственный технический университет, ул. Татищева, стр. 16/1, г. Астрахань, 414056, Россия, okonnova88@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2146-5443>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Ekaterina V. Sokolova assistant, Department of Technological Machines and Equipment, Astrakhan State Technical University, Tatishchev St., Bldg. 16/1, Astrakhan, Russia, 414056, k_sokolova93@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2663-1786>

Yuri A. Maksimenko Dr. Sci. (Engin.), professor, Department of Technological Machines and Equipment, Astrakhan State Technical University, Tatishchev St., Bldg. 16/1, Astrakhan, Russia, 414056, amxs1@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7973-1903>

Olga I. Konnova assistant, Department of Technology of Goods and Commodity Science, Astrakhan State Technical University, Tatishchev St., Bldg. 16/1, Astrakhan, Russia, 414056, okonnova88@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2146-5443>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/10/2024	После редакции 18/11/2024	Принята в печать 20/11/2024
Received 21/10/2024	Accepted in revised 18/11/2024	Accepted 20/11/2024