

УДК 663.051.4; 637.3.04

# Оптимизация условий экстракции для извлечения фенольных соединений и антиоксидантов из ароматических растений

Р. ХУССАЙНЕ<sup>1</sup>, канд. техн. наук Е. П. СУЧКОВА<sup>2</sup>, д-р техн. наук Т. П. АРСЕНЬЕВА<sup>1</sup>rubahussaineh@mail.ru, <sup>2</sup>silena07@bk.ru

Университет ИТМО

В работе представлены результаты научных исследований по изучению процесса получения водных растительных экстрактов из пряно-ароматических и пряно-вкусовых растений. Оценивалось влияние условий экстракции, таких как продолжительность выдерживания, температура на общее содержание фенолов и антирадикальную активность получаемых экстрактов. Использовались ароматические растения: розмарин, композиция из трав тмина и душицы. В качестве метода извлечения была применена экстракция с использованием воды в качестве растворителя. Оптимизация приготовления экстрактов осуществлялась по двум параметрам: продолжительность выдержки (10-20-30 мин), температура экстракции (40-60-80 °С). В экстрактах определяли антирадикальную активность с помощью метода (DPPH) (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil), где оптическую плотность измеряли при длине волны 517 нм, и рассчитывали антирадикальную активность. Также определяли общее содержание фенолов с использованием реагента Фолина-Чокалтеу. Оптическую плотность измеряли при длине волны 765 нм, и результаты выражали в миллиграммах эквивалентов галловой кислоты на 100 г сухого вещества. Установлено, что наивысшее значение антирадикальной активности наблюдалось при получении экстрактов из розмарина согласно следующим параметрам: 60 °С — 30 мин. Также определено, что наивысшее значение общего содержания фенолов было при получении экстрактов из розмарина при следующих параметрах: 80 °С — 30 мин. Следовательно, эти условия могут быть применены для дальнейшей экстракции с целью их использования при приготовлении обогащенных продуктов для функционального питания.

**Ключевые слова:** растительные экстракты, вкусо-ароматические растения, розмарин, тмин, душица, антиоксидантная активность, общее содержание фенолов.

## Информация о статье:

Поступила в редакцию 22.01.2024, одобрена после рецензирования 11.03.2024, принята к печати 15.03.2024

DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-2-58-63

Язык статьи — русский

## Для цитирования:

Хуссайне Р., Сучкова Е. П., Арсеньева Т. П. Оптимизация условий экстракции для извлечения фенольных соединений и антиоксидантов из ароматических растений // Вестник Международной академии холода. 2024. № 2. С. 58–63. DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-2-58-63

## Optimization of extraction conditions for the recovery of phenolic compounds and antioxidants from aromatic plants

R. HUSSAINEH<sup>1</sup>, Ph. D. E. P. SUCHKOVA<sup>2</sup>, D.Sc. T. P. ARSENYEVA<sup>1</sup>rubahussaineh@mail.ru, <sup>2</sup>silena07@bk.ru

ITMO University

The paper presents the findings of a scientific study focused on the process of extracting aqueous plant extracts from aromatic and flavor-enhancing plants. The study investigated the impact of extraction conditions, specifically time and temperature, on the total phenol content and antioxidant activity of these extracts. The aromatic plants used in the study were rosemary, cumin, and oregano, along with their compositions. Water was employed as the solvent for the extraction process with the use of solvent extraction method. The optimization of the extraction process was conducted by varying two parameters: extraction time (10, 20, and 30 minutes) and extraction temperature (40, 60, and 80° C). The antioxidant activity of the extracts was assessed using DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil) method, wherein the absorbance at 517 nm was measured and the antioxidant activity was calculated. The total phenol content was determined using the Folin-Ciocalteu reagent, and the absorbance was measured at 765 nm. The results were expressed in milligrams of gallic acid equivalents per 100 grams of dry matter. The study revealed that the highest antioxidant activity was observed in the extracts obtained from rosemary under the following parameters: 60 °C, 30 min. It was also determined that the highest value of the total phenol content was observed when obtaining extracts from rosemary with the following parameters: 80 °C — 30 min. Therefore, these conditions can be applied for further extraction in order to use them in the preparation of enriched products for functional food.

**Keywords:** plant extracts, flavoring plants, rosemary, cumin, oregano, antioxidant activity, total phenol content.

**Article info:**

Received 22/01/2024, approved after reviewing 11/03/2024, accepted 15/03/2024

DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-2-58-63

Article in Russian

**For citation:**

Hussaineh R., Suchkova E. P., Arsenyeva T. P. Optimization of extraction conditions for the recovery of phenolic compounds and antioxidants from aromatic plants. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2024. No 2. p. 58-63. DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-2-58-63

**Введение**

Стремясь уменьшить нежелательное воздействие синтетических пищевых добавок на здоровье человека, специалисты пищевой промышленности и ученые обратили внимание на натуральные вещества, обладающие консервирующим эффектом [1].

В течение многих лет пищевая промышленность проходит через инновационные изменения и развитие. Благодаря внедрению новых технологий обработки пищевых продуктов, методов упаковки и использованию новых пищевых ингредиентов и материалов, на рынке появляются новые пищевые продукты, основанные на натуральных добавках, которые ранее считались имеющими лечебные свойства. Кроме того, пищевая промышленность заметила преимущества использования ароматических растений не только в качестве усилителей вкуса, но и как натуральных консервантов, способных продлить срок годности продукции [2]–[5].

Улучшение нутрицевтических свойств пищевых продуктов также является ожидаемым положительным эффектом включения производных ароматических растений в состав пищевых продуктов. Этот факт тесно связан с полезными свойствами этих растений для здоровья [6, 7].

Следовательно, новые системы включения антимикробных и антиоксидантных препаратов для пищевых продуктов и сочетании с другими технологиями консервирования необходимы для обеспечения безопасности пищевых продуктов и повышения общего качества пищевых продуктов [8, 9].

Ароматические растения широко известны своими антиоксидантными и антимикробными свойствами, которые помогают предотвратить деградацию и изменение пищевых продуктов. Они содержат высокое количество фенольных соединений, известных как полифенолы, которые являются естественными компонентами растений и трав. Эти полифенолы играют важную роль в защите пищевых продуктов от окисления и роста микроорганизмов, что помогает продлить их срок годности и сохранить качество [10].

Антиоксиданты изначально определялись как «субстраты, в небольших количествах способные предотвратить или значительно замедлить окисление легко окисляемых питательных веществ таких как жиры» [11].

Антиоксиданты растений могут действовать как поглотители свободных радикалов, ингибиторы цепных радикальных реакции, хелаторы металлов, ингибиторы окислительных ферментов и кофакторы антиоксидантных ферментов. Следовательно, растет интерес к расширению диапазона растительных антиоксидантов, которые можно использовать в качестве пищевых ин-

гредиентов для предотвращения окисления пищевых продуктов [12].

Растительный экстракт представляет собой вещество или активное вещество, которое обладает желаемыми свойствами и извлекается из растительной ткани. Обычно это осуществляется путем обработки растительного материала с помощью растворителя для достижения определенной цели. Экстракты могут содержать различные биологически активные компоненты, такие как фитохимикалии, эфирные масла, флавоноиды или другие соединения, которые придают экстракту его специфические свойства и действие. Растительные экстракты широко используются в пищевой, косметической, фармацевтической и других отраслях промышленности.

В качестве растворителей для извлечения растительных экстрактов используются различные вещества, такие как вода, спирт, глицерин, эфир, а также их смеси. В зависимости от используемого растворителя экстракты могут быть классифицированы как водные, спиртовые, глицериновые, эфирные, водно-спиртовые, водно-глицериновые (пропиленгликоль), масляные и CO<sub>2</sub>-экстракты. Кроме того, экстракты растений могут быть представлены в сухой, жидкой или густой форме [13].

Большая группа культурных и дикорастущих растений относится к пряно-ароматическим (пряно-вкусовым) растениям, которые благодаря содержанию летучих, приятно пахнущих веществ используются для ароматизации пищевых продуктов.

Травы и специи являются подгруппами ароматических растений, такие как виноградные косточки, тимьян, рисовые отруби, белый пион, красный пион, дудник, осока, майоран, дикий майоран, тмин, экстракт базилика, имбирь, концентраты сливы, алоэ вера, орегано и экстракт розмарина, которые достаточно хорошо зарекомендовали себя как компоненты, формирующие вкусовые свойства пищевых продуктов.

Ароматические растения, которые использовались в этом исследовании: розмарин, тмин и душица (орегано). Розмарин пользуется большим спросом в пищевой промышленности и производстве напитков благодаря своим отличным органолептическим свойствам [14].

Розмарин широко используется в качестве ингредиента в пище для придания аромата и имеет известные лечебные свойства. Он известен своими полезными свойствами, такими как антибактериальное, антиоксидантное и противовоспалительное действие [15]. Кроме того, розмарин содержит наивысшую концентрацию фенольных соединений [16], поэтому считается естественным источником фенольных соединений [17].

Семена черного тмина содержат нелетучие эфирные масла, алкалоиды, белки и сапонины. Основным компо-

нентом эфирного масла является тимохинон (содержание от 24,5% до 57%), которому приписывается наибольшая биологическая активность. Другими значимыми компонентами масла являются пцимен (содержание от 10,7% до 40,3%),  $\alpha$ -туэн (содержание от 1,9% до 8,2%), карвакрол (содержание от 2,2% до 4,5%) и 4-терпинеол (1,9–4,5%) [18].

Некоторые исследования указывают на то, что орегано обладает самой высокой общей антиоксидантной способностью и содержит наибольшее количество фенолов по сравнению с другими травами, такими как тимьян, шалфей, розмарин, мята и сладкий базилик [19].

В данном исследовании, для получения растительных экстрактов была использована вода в качестве растворителя, так как вода недорогая и экологически благоприятная жидкость, невоспламеняющийся и нетоксичная, Обеспечивая возможности для чистой обработки и предотвращения загрязнения, также растительные экстракты были получены при разных параметрах (температура/продолжительность выдерживания) для сравнения, и получения наибольшего выхода экстракции, где эти параметры были приняты на основании справочных исследований, объясняющих влияние температур на значения антирадикальной активности, и общее содержание фенолов, так как выбор параметров экстракции является актуальной задачей, где он может влиять на эффективность экстракции и конечное качество получаемого экстракта. Оптимизация этих параметров может привести к повышению извлекаемости биологически активных веществ и улучшению их сохранности.

Температура является одним важным параметром. Высокая температура может способствовать быстрой экстракции, однако этот параметр должен быть выбран таким образом, чтобы сохранить устойчивость биологически активных компонентов. Низкая температура, с другой стороны, может замедлить процесс экстракции, но может помочь сохранить лабильные соединения, поэтому процесс экстракции проводился при температурах (40-60-80 °C).

Также важным параметром является время экстракции. Длительность экстракции может влиять на количество извлекаемых биологически активных компонентов. Стандартный способ определения оптимального времени экстракции — проведение экспериментов с различными временными интервалами и определение содержания активных компонентов в экстракте в зависимости от времени.

Цель данной работы заключается в оптимизации условий экстракции активных веществ из различных ароматических растений, которые обладают антиоксидантной активностью. Основной задачей является повышение выхода экстрактов и их последующее использование в пищевой промышленности.

### Объекты, материалы, и методы исследования

В данном исследовании были использованы следующие объекты: сушеные измельченные листья (розмарин — душица), сушеные семена черного тмина, водные экстракты растений.

В исследовании применялась дистиллированная вода в качестве растворителя, (DPPH) (1,1 -diphenyl-2-picryl-hydrazil) (Sigma-Aldrich, China), Фолин-Чокалтеу

(2 н) (Sigma-Aldrich, China), галловая кислота (Sigma-Aldrich, China), фильтровальная бумага (диаметр фильтра 110 мм, масса золы 1 Ф: 0.00085, ООО «РЕАКОН».

Для приготовления водных растительных экстрактов использовались розмарин и композиция трав, состоящая из тмина и душицы в соотношении 1:1 по сухому весу. Для каждого экстракта было использовано 10 г трав на 200 мл дистиллированной воды.

Травы заливались дистиллированной водой при температурах 40, 60 и 80 °C, затем емкости с травами и водой помещались в водяную баню, поддерживаемую при соответствующих температурах, и выдерживались в течение 10–30 мин. После выдержки образцы экстрактов фильтровались. Полученные фильтраты охлаждались до 20 °C, затем определялись антирадикальная активность фильтратов и общее содержание в них фенолов.

Для оценки антирадикальной активности экстрактов использовался метод DPPH (1,1-дифенил-2-пикрилгидразил) [20]. Здесь к 1 см<sup>3</sup> разбавленного экстракта добавляли 4 см<sup>3</sup> этилового спиртового раствора DPPH с концентрацией 0,1 мМ. Смесь экстракта и DPPH выдерживалась в темном месте при комнатной температуре в течение 30 мин. После выдержки измерялась оптическая плотность смеси при длине волны 517 нм, в качестве контрольного образца использовали этилового спиртового раствора DPPH. Антирадикальная активность рассчитывали по уравнению:

$$AA\% = (A_{\text{бланк}} - A_{\text{образец}} / A_{\text{бланк}}) \times 100,$$

где  $A_{\text{бланк}}$  — оптическая плотность раствора DPPH;  $A_{\text{образец}}$  — оптическая плотность образца после добавления DPPH.

Общее содержание фенолов определяли с использованием реагента Фолина-Чокалтеу [21]. К 100 см<sup>3</sup> разбавленного экстракта добавляли 1,58 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и 100 см<sup>3</sup> реагента Фолин-Чокалтеу, оставляли на 8 мин при комнатной температуре. Затем добавляли 300 см<sup>3</sup> Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (20 %). Образцы инкубировали в водяной бане в течение 30 мин при 40 °C. Оптическую плотность измеряли при (765 нм), и результаты выражали в миллиграммах эквивалентов галловой кислоты на 100 г сухого вещества, где измерения проводились на основе стандартной калибровочной кривой, которая была получена после приготовления стандартной серии растворов галловой кислоты в этаноле при концентрациях (0; 50; 150; 250; 350; 450 мг/л), затем измерялась оптическая плотность при каждой концентрации с помощью спектрофотометра «SHIMADZU UV-1800», после этого строился график зависимости оптической плотности от концентрации.

### Статистическая обработка результатов

Все эксперименты выполняли, взяв три повтора для каждого измерения, и выражая результаты на основе среднего арифметического  $\pm$  стандартное отклонение. Результаты статистически оценены с использованием ANOVA, на уровне достоверности ( $P \leq 0,05$ ) и наименьшей значимой разнице LSD был рассчитан. Если разница между двумя значениями больше значения LSD, то это означает, что разница значима, то есть статистически

значима. Но если разница между двумя значениями меньше значения LSD, то это означает, что разница несущественна.

**Результаты и их обсуждение**

В работе были определены антирадикальная активность и общее содержание фенолов для всех образцов при разных параметрах. Антирадикальная активность водных экстрактов розмарина (при 60 °С; 10-20-30 мин) показана на рис. 1, буквы (a, b, c), написанные справа от цифр, указывают, что есть значительная разница между образцами.

Данные, диаграммы на рис. 1 показывают, что при увеличении времени экстракции повышается антирадикальная активность, наиболее высокое значение антирадикальной активности было замечено при получении экстрактов (при 30 мин — 60 °С). Это согласуется с тем, что было получено Mihaylova et al., где наибольшее значение антирадикальной активности было при продолжительности выдерживания (30 мин) [22].

После определения наилучшего времени экстракции экстракты розмарина были приготовлены (при 40–80 °С) с выдержкой (30 мин) с использованием дистиллированной воды. Результаты измерения антирадикальной активности этих экстрактов показаны на рис. 2, буквы (a, b),

написанные справа от цифр, указывают, что есть значительная разница между образцами.

Представленные на рис. 2 результаты показывают, что антирадикальная активность увеличивается с повышением температуры, так как разница между значениями больше значения LSD, то это означает, что разница значима.

Общее содержание фенолов в водных экстрактах розмарина (при 60 °С, 10-20-30 мин) представлено в табл. 1.

Из данных табл. 1 можно выявить, что при увеличении времени экстракции увеличивается общее содержание фенолов в экстракте, наивысшее значение общего содержания фенолов наблюдалось при получении экстрактов (при 60 °С, 30 мин).

На основании проведенных исследований были выбраны следующие параметры получения водных экстрактов розмарина и были приготовлены образцы (при 40–80 °С, 30 мин). Результаты измерения общего содержания фенолов в этих экстрактах представлены в табл. 2.

Результаты, представленные в табл. 2, показывают, что общее содержание фенолов увеличивается с повышением температуры экстракции. Исследование, проведенное Pinto [23], подтверждает, что общее содержание фенолов увеличивается с повышением температуры экс-

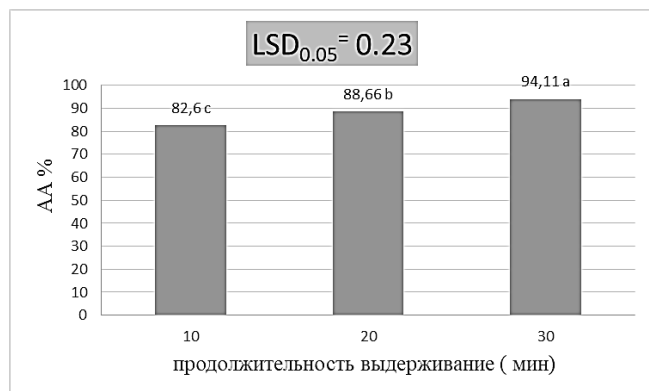


Рис. 1. Антирадикальная активность водных экстрактов розмарина (при 60 °С)

Fig. 1. Antiradical activity of water extracts of rosemary (at 60 °C)

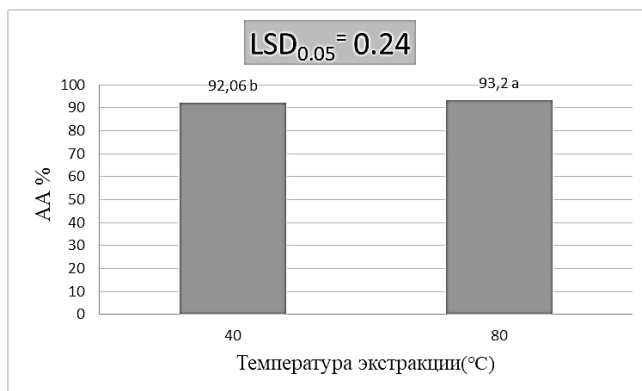


Рис. 2. Антирадикальная активность водных экстрактов розмарина (при 40–80 °С, 30 мин)

Fig. 2. Antiradical activity of water extracts of rosemary (at 40–80 °C, 30 min)

Таблица 1

**Общее содержание фенолов в водных экстрактах розмарина (при 60 °С)**

Table 1

**Total phenolic content of rosemary water extracts (at 60 °С)**

Вид растительного экстракта	Доза, г	Продолжительность выдерживания, мин	Общее содержание фенолов (мг/100 г)
Розмарин	10	10	<sup>c</sup> 60,85±0,66
Розмарин	10	20	<sup>b</sup> 78,81±0,69
Розмарин	10	30	<sup>a</sup> 87,18±0,76

Примечание: 1. Значения выражены как среднее значение ± стандартное отклонение.  
2. LSD<sub>0,05</sub>=1,4. Буквы (a, b, c), написанные над цифрами, указывают, что есть значительная разница между образцами.

Таблица 2

**Общее содержание фенолов в водных экстрактах розмарина (при 40–80 °С, 30 мин)**

Table 2

**Total phenolic content of rosemary water extracts (at 40–80 °С, 30 min)**

Вид растительного экстракта	Доза, г	Температура экстракции, °С	Общее содержание фенолов (мг/100 г)
Розмарин	10	40	<sup>b</sup> 81,87 ± 1.05
Розмарин	10	80	<sup>a</sup> 109,2 ± 1.04

Примечание: 1. Значения выражены как среднее значение ± стандартное отклонение.  
2. LSD<sub>0,05</sub>=2,144. Буквы (a, b), написанные над цифрами, указывают, что есть значительная разница между образцами.

Таблица 3

Антирадикальная активность, общее содержание фенолов в экстрактах (тмин+душица) (при 30 мин)

Table 3

## Antiradical activity and total phenolic content of the extracts (cumin+oregano) (at 30 min)

Вид растительного экстракта	Доза, г	Продолжительность выдерживания, мин	Температура экстракции, °С	Антирадикальная активность (%)	Общее содержание фенолов (мг/100 г)
5 г тмин+5 г душица	10	30	60	<sup>a</sup> 87,91±0,31	<sup>b</sup> 79,83±0,49
5 г тмин+5 г душица	10	30	80	<sup>b</sup> 85,76±0,52	<sup>a</sup> 88,2±0,57

Примечание: 1. Значения выражены как среднее значение ± стандартное отклонение.

2. LSD<sub>0,05</sub> (антирадикальная активность)=0,9. Буквы (a, b), написанные над цифрами, указывают, что есть значительная разница между образцами.

3. LSD<sub>0,05</sub> (общее содержание фенолов)=1,163. Буквы (a, b), написанные над цифрами, указывают, что есть значительная разница между образцами.

тракции. В частности, при экстракции полифенолов из розмарина было обнаружено, что более высокое значение общего содержания фенолов наблюдалось при повышении температуры экстракции. Это согласуется с предыдущими исследованиями, которые указывают на то, что общее содержание фенолов и антирадикальная активность увеличиваются при повышении температуры экстракции из-за снижения вязкости растворителя, а также усиления массопереноса и проникновения растворителя в растительную матрицу [24].

Экстракты из смеси трав (тмин+душица) были приготовлены в условиях, дающих наивысшие значения антирадикальной активности и общего содержания фенолов, определенных ранее (время экстракции: 30 мин, температура экстракции: 60–80 °С), с использованием дистиллированной воды. Результаты определения антирадикальной активности, общего содержания фенолов этих экстрактов представлены в табл. 3.

Результаты, представленные в табл. 3, свидетельствуют о том, что наивысшее значение антирадикальной активности и общего содержания фенолов было наблюденно при получении экстрактов из смеси трав (тмин+душица) при следующих параметрах: (60 °С — 30 мин), (80 °С — 30 мин) соответственно. По сравнению с предыдущим исследованием (Hossain et al), также было установлено, что общее содержание фенолов увеличивалось с повышением температуры, при получении экстрактов из душицы) [25]. С другой стороны, по сравнению с предыдущими исследованиями было замечено, что повышение температуры более чем 60 °С приводит к снижению значения антирадикальной активности, и этим объясняется, что самое высокое значение антирадикальной активности было при 60 °С, в отличие от общего содержания фенолов, значение которого увеличивалось при температуре 80 °С по сравнению с температурой 60 °С [26].

### Заключение

Проведенное исследование демонстрирует важность параметров экстракции, таких как температура и продолжительность выдерживания для получения экстрактов, обладающих высокими антиоксидантными свойствами.

Результаты показывают, что антирадикальная активность и общее содержание фенолов в растительных экстрактах увеличивается с повышением температуры и продолжительности экстракции. Тогда как значитель-

ная разница в общем содержании фенолов наблюдалась в интервале от 40 до 80 °С, это можно объяснить тем, что нагревание может размягчить растительную ткань и ослабить фенол-белковые и фенол-полисахаридные взаимодействия в растительных материалах. Следовательно, больше фенолов будет перенесено в раствор. Было определено, что наивысшие значения антирадикальной активности и общего содержания фенолов наблюдалось при получении водных экстрактов розмарина в соответствии со следующими параметрами: (60 °С — 30 мин), (80 °С — 30 мин), соответственно. Таким образом, на практике можно рекомендовать использовать температуру экстракции 60 °С, основываясь на комбинированном эффекте хорошего выхода фенольных соединений при высоких значениях антиоксидантной активности в водных экстрактах розмарина.

Полученные экстракты композиции розмарина-тмина и душицы представляют собой богатый антиоксидантами материал, который может быть полезен в качестве естественной альтернативы синтетическим антиоксидантам в пищевых и продуктах лечебного питания и могут использоваться в производстве разнообразных функциональных продуктов.

### Литература/References

- Justesen U. Composition of flavonoids in fresh herbs and calculation of flavonoid intake by use of herbs in traditional Danish dishes. *Food Chem.* 2001. Vol. 73, p. 245–250.
- Campos T., Barreto V., Queiros R., Ricardo-Rodrigues S., Felix M. R., Laranjo M. Use of essential oils in food preservation, Conservacao de morangos com utilizacao de oleosessenciais. *Agrotech Journal.* 2018. Vol. 18, p. 90–96.
- Fernandes R. P. P., Trindade M. A., Tonin F. G., Lima C. G., Pugine S. M. P., Munkata P. E. S., Lorenzo J. M., Melo M. P. Evaluation of antioxidant capacity of 13 plant extracts by three different methods: cluster analyses applied for selection of the natural extracts with higher antioxidant capacity to replace synthetic antioxidant in lamb burgers. *Journal of Food Science and Technology.* 2018. 53 (1), 451–460. DOI: 10.1007/s13197-015-1994-x. PMID:26787964.
- Antolak H., Kregiel D. Food preservatives from plants. *Food additives.* London: Intech Open. 2019.
- Giannenas I., Sidiropoulou E., Bonos E., Christaki E., Florou-Paneri P. The history of herbs, medicinal and aromatic plants, and their extracts: Past, current situation and future perspectives. *Feed additives.* London: Academic Press. 2020. P. 1–18.

6. Filipčev B. The effects of aromatic plants and their extracts in food products. In P. Florou-Paneri, E. Christaki, I. Giannenas (Eds.), *Feed additives*. 2020. P. 279–294. London: Academic Press. DOI: 10.1016/B978-0-12-814700-9.00016–9.
7. Socaci S. A., Fărcaș A. C., Tofană M. Functional ingredients derived from aromatic plants. In P. Florou-Paneri, E. Christaki, I. Giannenas (Eds.), *Feed additives*, 2020. 133–146. London: Academic Press. DOI: 10.1016/B978-0-12-814700-9.00008-X.
8. Mani-López E., Palou E., & López-Malo A. Biopreservatives as agents to prevent food spoilage. In A. M. Holban & A. M. Grumezescu (Eds.), *Microbial contamination and food degradation*. 2019. 10, 235–270. London: Academic Press. DOI: 10.1016/B978-0-12-811515-2.00008–1.
9. Birce mercanjglu taban, Elisaveth Stavropoulou, Lizziane kretli winkelstroter, & Eugenia bezirtzoglou. Value-added effects of using aromatic plants in foods and human therapy. 2022. Vol. 42, p. 30–50.
10. Tariq S., Wani S., Rasool W., Shafi K., Bhat M. A., Prabhakar A., Shalla A. H., Rather M. A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug-resistant microbial pathogens. *Microbial Pathogenesis*. 2019. Vol. 134, p. 68–74. DOI: 10.1016/j.micpath. 2019.103580.
11. Charalampos Proestos, Konstantina Lytoudi, Olga Konstantina Mavromelanidou, Panagiotis Zoumpoulakis and Vassileia J. Sinanoglou. Antioxidant Capacity of Selected Plant Extracts and Their Essential Oils, 2016. No. 2, p. 11–22.
12. Monika Skowrya, María Pilar Almajano Pablos. Antioxidant properties of extracts from selected plant materials (Caesalpinia Spinosa, Perilla frutescens, Artemisia annua, and Viola wittrockiana) in vitro and in model food systems. 2018, vol. 65, p. 40–48.
13. Leonova M. V., Klemachki U. N. Extraction methods for the manufacture of medicinal products from plant materials. 2012. 111 P.
14. Spyridoula D. Christopoulou, Chrysa Androutsopoulou, Panagiotis Hahalis, Chrysoula Kotsalou, Apostolos Vantarakis, Fotini N. Lamari. Rosemary Extract and Essential Oil as Drink Ingredients: An Evaluation of Their Chemical Composition, Genotoxicity, Antimicrobial, Antiviral, and Antioxidant Properties. 2021. Vol. 10, p. 3143.
15. Altinier G., Sosa S., Aquino R. P., Mencherini T., Loggia R. D. and Tubaro. Characterization of Topical Anti-inflammatory Compounds in Rosmarinus officinalis L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. Vol. 55, p. 1718–1723.
16. Okamura N., Haraguchi H., Hashimoto K. and Yagi. Flavonoids in Rosmarinus officinalis Leaves. *Phytochemistry*. 1994. Vol. 37, p. 1463–1466.
17. Cristina Cedeño-Pinos, Magdalena Martínez-Tomé, María Antonia Murcia, María José Jordán, Sancho Bañón. Assessment of Rosemary (Rosmarinus officinalis L.) Extract as Antioxidant in Jelly Candies Made with Fructan Fibres and Stevia. 2020. Vol. 9, p. 1289. DOI: 10.3390/antiox9121289.
18. Mohamed Fawzy Ramadan Hassani, Samir A. Mahgoub, Kahled M. El-Zahar. Soft cheese supplemented with black cummin oil: Impact on foodborne pathogens and quality during storage. 2016. Vol. 50, p. 36–37.
19. Keith Singletary. Oregano: Overview of the Literature on Health Benefits. 2010. Vol. 45, p. 129–138.
20. Brand-Williams W., Cuvelier M. E., Berset C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. 1995. No. 1, p. 25–30.
21. Pereira V. P., Knor F. J., Velloso J. C. R. Determination of phenolic compounds and antioxidant activity of green, black and white teas of Camellia sinensis (L.). Kuntze, Theaceae, Revista Brasileira de Plantas Medicines. 2017. 16 (3).
22. Dasha Mihaylova, Aneta Popova, Iordanka Alexieva. The effect of extraction time on the antioxidant activity of fresh Bulgarian Melissa officinalis L. *Journal of Bio Science and Biotechnology*. 2017. No. 5, p. 115–118.
23. Pinto E., et al. Phenolic composition and antioxidant capacity of different extracts from Rosmarinus officinalis L. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2022. No 12, p. 19–26.
24. Zengin G., et al. Effect of extraction temperature on the total phenolic content and antioxidant activity of selected aromatic plants extracts. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2019. 11 (3), 1351–1358.
25. Hossain M. B., Barry-Ryan C., Martin-Diana A. B., Brunton N. P. Optimisation of accelerated solvent extraction of antioxidant compounds from rosemary (Rosmarinus officinalis L.), marjoram (Origanum majorana L.) and oregano (Origanum vulgare L.) using response surface methodology. *Food Chem*. 2015. Vol. 126, p. 339–346.
26. Antony A., Farid M. Effect of Temperatures on Polyphenols during Extraction. *Appl. Sci*. 2022. DOI: 10.3390/app12042107.

### Сведения об авторах

#### Хуссайне Руба

Аспирант факультета экотехнологий Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, rubahussaineh@mail.ru

#### Сучкова Елена Павловна

К. т. н., доцент факультета экотехнологий Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, Silena07@bk.ru

#### Арсеньева Тамара Павловна

Д. т. н., профессор, доцент факультета биотехнологий Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, tamara-arseneva@mail.ru

### Information about authors

#### Hussaineh Ruba

Postgraduate student of the Faculty of Ecotechnologies of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, rubahussaineh@mail.ru

#### Suchkova Elena P.

Ph. D., Associate professor of the Faculty of Ecotechnologies of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, Silena07@bk.ru

#### Arsenyeva Tamara P.

D. Sc., Professor, Associate Professor of the Faculty of Biotechnologies of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, tamara-arseneva@mail.ru

