

УДК 663.031

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛОВ, ФЛАВОНОИДОВ, АНТИОКСИДАНТНОЙ СИЛЫ И АНТИРАДИКАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЛИСТЬЕВ ШАЛФЕЯ РОДА *SALVIA TESQUICOLA* (СЕМЕЙСТВА ЯСНОТКОВЫЕ)

© Н.В. Макарова, Д.Ф. Валиулина*, В.А. Кирюшина

Самарский государственный технический университет,
ул. Молодогвардейская, 244, Самара, 443100 (Россия),
e-mail: dinara-bakieva@mail.ru

В ходе работы было изучено содержание фенолов, флавоноидов, антирадикальная активность и антиоксидантная сила для экстрактов листьев шалфея рода *Salvia tesquicola* (семейства Яснотковые), полученных методами традиционного настаивания и с использованием инновационных технологий – микроволнового излучения и ультразвуковой обработки. Было установлено, что наибольшее содержание фенолов и флавоноидов наблюдается при обработке водных экстрактов листьев шалфея ультразвуковым излучением в течение 1.5 ч – 1056 мг (ГК)/100 г и 346 мг (ГК)/100 г соответственно. Наибольшее содержание сухих веществ отмечается при обработке водных экстрактов листьев шалфея ультразвуковым излучением (15.32%). Суммируя данные по трем изученным показателям, содержание сухих веществ, общее содержание фенолов и флавоноидов, можно рекомендовать использование ультразвуковой обработки как фактор, повышающий содержание изученных веществ в экстрактах листьев шалфея *Salvia tesquicola*.

Наименьшая антирадикальная активность наблюдалась у водных экстрактов листьев шалфея, полученных при 37 °С в течение 2 ч (3.6 мг/мл). Максимальное значение антиоксидантной силы по методу FRAP выявлено при получении водных экстрактов листьев шалфея с помощью ультразвукового излучения при 37 °С в течение 1.5 ч – 24.30 ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья. Анализ данных, полученных по всем изученным показателям при исследовании концентрированных экстрактов (КЭ) листьев шалфея, показал незначительные различия по сравнению с показателями, полученными при исследовании водных экстрактов листьев шалфея, а именно: содержание фенолов – 347 мг (ГК)/100 г, содержание флавоноидов – 387 мг (К)/100 г, содержание сухих веществ – 38.52%, антирадикальная активность – 2.4 мг/мл, антиоксидантная сила по методу FRAP – 9.99 ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья.

Ключевые слова: *Salvia tesquicola*, фенолы, флавоноиды, антиоксидантная активность, восстанавливающая сила, экстракты, антирадикальное действие, микроволновое излучение, ультразвуковое действие.

Работа выполнена в рамках государственного задания на фундаментальные исследования Самарского государственного технического университета № 0778-2020-0005.

Введение

Род *Salvia*, состоящий из более чем 900 видов, распространенных во всем мире, хорошо известен своими разнообразными видами использования, включая терапевтические. Ученые сообщают о противомикробной активности эфирных масел из шалфея [1]. Как и большинство представителей видов *Lamiaceae*, шалфей обыкновенный (*Salvia officinalis*) является ароматическим растением с высоким содержанием эфирных масел, которые широко используются в косметической, пищевой и фармацевтической промышленности [2]. Некоторые виды шалфея используются в традиционной медицине для лечения различных заболеваний, таких как боль в горле,

Макарова Надежда Викторовна – доктор химических наук, профессор кафедры технологии и организации общественного питания, e-mail: dinara-bakieva@mail.ru
Валиулина Динара Фанисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, e-mail: dinara-bakieva@mail.ru
Кирюшина Виктория Александровна – студент, e-mail: dinara-bakieva@mail.ru

расстройства пищеварения, простуды, а также шалфей является репеллентом насекомых [3].

В листьях шалфея содержатся витамины, фитонциды, эфирные масла, алкалоиды, флавоноиды, органические кислоты, смолистые и дубильные вещества и природные антиоксиданты. Ученые из Индии идентифицировали в общей сложности

* Автор, с которым следует вести переписку.

35 соединений, содержащихся в шалфее, что составляет от 94.21 до 99,36% от общего количества масел [4]. Диапазон основных компонентов, присутствующих в шести коллекциях шалфея, составлял: α -туион (от 21.43 до 40.10%), β -туион (от 2.06 до 7.41%), камфара (от 11.31 до 37.67%), 1,8-цинеол (от 4.47 до 9.17), α -гумулен (от 4.58 до 9.51), камфен (от 1.89 до 7.04), вирицифлорол (от 2.14 до 5.56%), α -пинен (от 1.55 до 6.17%), β -пинен (от 1.68 до 3.49%) и β -кариофиллен (от 1.06 до 5.59%). Присутствие сравнительно высокой концентрации оксигенированных соединений, главным образом, туйонов, 1,8-цинеола и камфары в маслах шалфея может служить объяснением его летучих, спазмолитических, антисептических и вяжущих свойств. Также изучением эфирных масел шалфея занимались ученые из Алабамы [5]. Анализ масел показал преобладание трех основных компонентов в составе эфирных масел шалфея: α -туион (17.2–27.4%), 1,8-цинеол (11.9–26.9%) и камфара (12.8–21.4%).

Сравнением химического состава шалфея иудейского (*Salvia judaica*) и шалфея лекарственного обыкновенного (*Salvia officinalis*) занимались ученые из Венгрии [6]. Как и ожидалось авторами, состав эфирного масла шалфея иудейского значительно отличается от состава шалфея лекарственного обыкновенного и содержит в основном β -кубинен (9.45%) и ледол (12.00%). Исследования ученых подтвердили, что существует фактическая связь между компонентами эфирных масел и конкретными генами на примере шалфея.

Немалое внимание изучению химического состава эфирного масла шалфея уделили ученые из Бразилии [7]. Целью их исследования было изучение химического состава эфирного масла из свежих листьев шалфея из Петрополиса, штат Рио-де-Жанейро, для продажи эфирных масел шалфея на мировом рынке. Основными составляющими масла являются α -туион (40.90%), камфара (26.12%), α -пинен (5.85%) и β -туион (5.62%).

Экспериментальная часть

Объектом исследования служили экстракты листьев шалфея остепненного, или сухостепного (*Salvia tesquicola*), выращенного на опытных участках Самарской области научно-исследовательского института садоводства и лекарственных растений «Жигулевские сады».

Сырье собирали в 2018 г. во второй декаде июля в фазу цветения – начала плодоношения, сушили методом воздушно-теневого сушки в хорошо проветриваемых помещениях при температуре 22–24 °С, измельчали и просеивали через сито с диаметром отверстий 2 мм. В качестве объектов исследования использовались водные экстракты листьев шалфея, полученные методом традиционного настаивания и с использованием инновационных технологий – микроволнового излучения и ультразвуковой обработки.

Метод приготовления водных экстрактов листьев шалфея. Навеску листьев шалфея 1 г (для экстракта концентрацией 0.1 г/см³) помещают в колбу с притертой пробкой, добавляют 10 мл 96%-ного этилового спирта, разбавленного водой в соотношении 1 : 1, выдерживают в термостате при 37 °С в течение 2 ч при непрерывном перемешивании. Далее отделяют прозрачный слой экстракта центрифугированием на центрифуге в течение 15 мин при скорости 3000 об./мин.

Навеску листьев шалфея 1 г (для экстракта концентрацией 0.1 г/см³) помещают в колбу с притертой пробкой, добавляют 10 мл 96%-ного этилового спирта, разбавленного водой в соотношении 1 : 1, выдерживают в микроволновой печи в течение 2 мин. Далее отделяют прозрачный слой экстракта центрифугированием на центрифуге в течение 15 мин при скорости 3000 об./мин.

Навеску листьев шалфея 1 г (для экстракта концентрацией 0.1 г/см³) помещают в колбу с притертой пробкой, добавляют 10 мл 96%-ного этилового спирта, разбавленного водой в соотношении 1 : 1, помещают в УЗИ-баню на 1.5 ч. Далее отделяют прозрачный слой экстракта центрифугированием на центрифуге в течение 15 мин при скорости 3000 об./мин.

Метод приготовления концентрированного экстракта листьев шалфея. Навеску измельченных листьев шалфея массой 200 г помещают в колбу с притертой пробкой, добавляют 2000 мл 96%-ного этилового спирта, выдерживают в термостате при 37 °С в течение 12 ч при непрерывном перемешивании. Затем отделяют прозрачный слой экстракта, концентрируют в среднем в течение 3 ч.

Метод определения общего содержания фенольных веществ. Определение фенольных веществ основано на их способности связываться с белковыми веществами, осаждаться солями металлов, окисляться и давать цветные реакции. Исследования проводились по методу [8]. Содержание фенольных веществ в прозрачном растворе определяют спектрофотометрическим методом на спектрофотометре.

Метод определения общего содержания флавоноидов. Исследования содержания флавоноидов проводят по методу [9] с модификацией для шалфея листьев. Содержание флавоноидов определяют спектрофотометрическим методом на спектрофотометре.

Метод определения общего содержания растворимых сухих веществ. Подготовка проб для физико-химических анализов заключается в получении однородной массы листьев шалфея путем их измельчения с помощью дробилки.

Содержание растворимых сухих веществ определяют рефрактометрическим методом на рефрактометре настольного типа [10].

DPPH-метод (метод определения радикалудерживающей способности с использованием реактива 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила). Одним из способов оценки антиоксидантной активности является колориметрия свободных радикалов. Данный метод основан на реакции стабильного синтетического радикала DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила), растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта, содержащегося в экстракте [11].

Колориметрию свободных радикалов 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила проводят спектрофотометрическим методом на спектрофотометре при длине волны 517 нм в кювете толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещают этиловый спирт.

FRAP-метод (метод определения железосвязывающей активности экстрактов). Исследование восстанавливающей силы было проведено по методу [12] с модификацией для шалфея листьев.

Определение железосвязывающей активности проводят спектрофотометрическим методом на спектрофотометре при длине волны 593 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм.

Обсуждение результатов

Уровень содержания фенолов является важным показателем. Самое важное свойство многих фенольных и полифенольных соединений – их участие в окислительно-восстановительных реакциях и в процессах нейтрализации активных форм кислорода [13]. Также имеются данные о наличии антимуtagenной и антиканцерогенной активностей полифенолов [14]. Образование фенолов является динамическим процессом и в значительной мере зависит от факторов окружающей среды. Главные из них – «стрессовый» и возрастной факторы, а также фактор освещенности при росте культуры [15]. Накопление фенольных веществ в различных частях и органах растений связано с их функцией в жизнедеятельности растений и фазой развития [16]. Исходя из полученных нами экспериментальных данных установлено, что наибольшее содержание фенольных веществ в экстрактах шалфея листьев (рис. 1) наблюдается в экстракте листьев шалфея, полученном с использованием ультразвукового излучения. Их количество составило 1056 мг (ГК)/100 г (ГК-галловая кислота). При получении экстрактов в термостате при 37 °С в течение 2 ч количество фенольных веществ составило 667 мг (ГК)/100 г, а для экстрактов, полученных с использованием микроволнового излучения, – 1013 мг (ГК)/100 г. Наименьшее содержание фенольных веществ наблюдается в концентрированных экстрактах листьев шалфея. Их количество составило 347 (ГК)/100 г. Полученные данные свидетельствуют о том, что для достижения в экстракте наивысшего содержания полифенольных веществ необходимо использовать ультразвуковую обработку экстракта листьев шалфея в течение 1.5 ч.

Флавоноиды являются важным классом среди фенольных соединений, так как именно этот класс веществ проявляет различные виды биологической активности [17]. Наибольшее содержание флавоноидов в водных экстрактах листьев шалфея (рис. 2) наблюдается при получении экстрактов с использованием ультразвуковой обработки. Их количество составило 346 мг (К)/100 г (К-кахетин). При получении экстрактов методом настаивания при 37 °С в течение 2 ч количество флавоноидов незначительно меньше и составляет 339 мг(К)/100 г, а для экстракта, полученного с использованием микроволнового излучения, – 308 мг (К)/100 г. Максимальное содержание флавоноидов отмечается у концентрированных экстрактов листьев шалфея. Оно составило 387 мг (К)/100 г. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что экстрагирование с использованием микроволновой обработки приводит к получению экстрактов с минимальным количеством флавоноидов.

Именно содержание сухих веществ определяет химический состав и ценность растительного сырья [18]. Наибольшее содержание сухих веществ в водных экстрактах листьев шалфея (рис. 3) наблюдается при обработке экстрактов ультразвуковым излучением. Их количество составило 15.32%. Значительное снижение содержания сухих веществ отмечается при обработке водных экстрактов листьев шалфея микроволновым облучением (7.46%). При получении экстрактов методом настаивания при 37 °С в течение 2 ч количество сухих веществ в водных экстрактах листьев шалфея составило 6.24%. Наибольшее содержание сухих веществ наблюдается в концентрированных экстрактах листьев шалфея (38.52%). Анализ полученных данных свидетельствует о том, что максимальное содержание сухих веществ наблюдается в концентрированных

экстрактах листьев шалфея, а при обработке водных экстрактов листьев шалфея ультразвуковым излучением количество сухих веществ значительно увеличивается по сравнению с обычным методом настаивания и методом микроволнового облучения.

Антиоксиданты предотвращают реакцию свободных радикалов с биомолекулами и во многом напоминают физиологические свойства пищевых продуктов [19]. Наихудшую активность по данному показателю проявили экстракты листьев шалфея (рис. 4), полученные с использованием микроволнового излучения – 146.2 мг/мл. Для водных экстрактов, полученных методом настаивания, антирадикальная активность составила 3.6 мг/мл, а при обработке экстрактов ультразвуковым излучением значение составило 2.7 мг/мл. В концентрированных экстрактах листьев шалфея антирадикальная активность увеличилась до 2.4 мг/мл. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что экстрагирование с использованием ультразвукового излучения приводит к получению водных экстрактов листьев шалфея с наибольшей антирадикальной активностью, а на получение экстрактов с максимальной антирадикальной активностью существенное влияние оказывает метод приготовления экстрактов.

Катализ ионами металлов в значительной мере ускоряет процессы окисления как в липидсодержащих системах, так и в живой клетке [20]. Уровень FRAP показателя характеризует способность тормозить катализирующее действие ионов железа в процессах окисления. Восстанавливающая сила для экстрактов листьев шалфея, полученных по разным технологиям, значительно различается (рис. 5). Максимальное значение восстанавливающей силы выявлено при воздействии на экстракт ультразвуковым излучением. Оно составляет 24.30 ммоль $Fe^{2+}/1$ кг исходного сырья. При традиционном настаивании экстрактов в термостате при 37 °С в течение 2 ч восстанавливающая сила существенно ниже (7.83 ммоль $Fe^{2+}/1$ кг исходного сырья), а при воздействии на экстракт микроволновым излучением – 8.01 ммоль $Fe^{2+}/1$ кг исходного сырья, что свидетельствует о том, что при обработке экстрактов листьев шалфея ультразвуковым излучением восстанавливающая сила достигает максимальных значений. Незначительное отличие по показателю наблюдается у концентрированных экстрактов листьев шалфея (9.99 ммоль $Fe^{2+}/1$ кг исходного сырья).

Таким образом, дополнительное введение в процесс экстрагирования ультразвукового облучения позволяет получить для экстрактов листьев шалфея максимальные значения восстанавливающей силы по методу FRAP и антирадикальной активности.

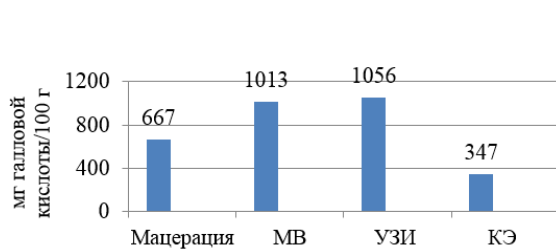


Рис. 1. Общее содержание фенольных веществ в экстрактах листьев шалфея *Salvia tesquicola*

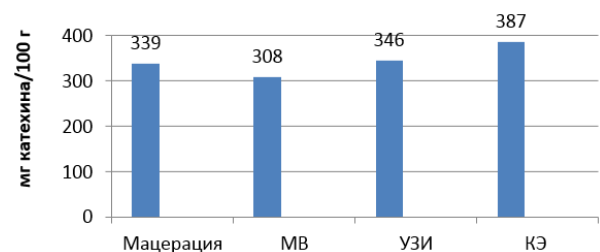


Рис. 2. Общее содержание флавоноидов в экстрактах листьев шалфея *Salvia tesquicola*

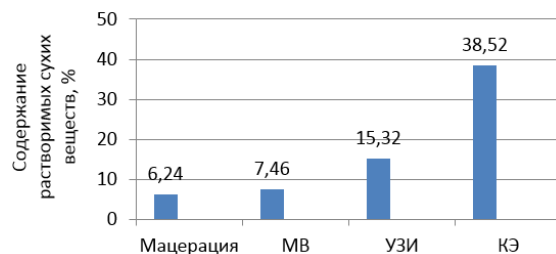


Рис. 3. Общее содержание растворимых сухих веществ в экстрактах листьев шалфея *Salvia tesquicola*

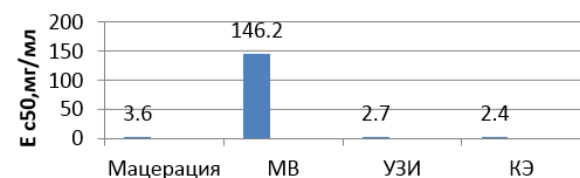


Рис. 4. Антирадикальная активность для экстрактов листьев шалфея *Salvia tesquicola*

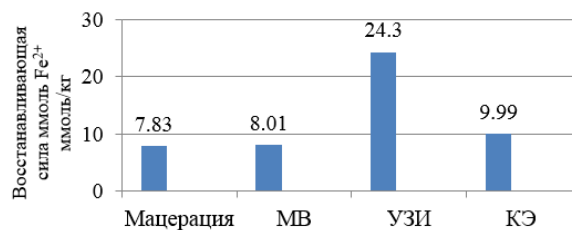


Рис. 5. Восстанавливающая сила для экстрактов листьев шалфея *Salvia tesquicola*

Выводы

Таким образом, в ходе исследования влияния трех технологий получения экстрактов листьев шалфея, а именно традиционного метода настаивания, ультразвукового излучения и микроволнового облучения, на химический состав и антиоксидантную активность можно сделать следующие выводы:

- 1) именно использование ультразвукового излучения обеспечивает наибольшие значения изученных показателей в экстрактах;
- 2) методы традиционного настаивания и микроволнового облучения менее эффективны.

В случае получения экстрактов из растительного сырья внимание технологов должно привлечь ультразвуковое облучение.

Список литературы

1. Celikel N., Kavasc G. Antimicrobial properties of some essential oils against some pathogenic microorganisms // Czech J. Food Sci. 2008. Vol. 26. N3. Pp. 174–181. DOI: 10.17221/1603-CJFS
2. Baratta M., Dorman H., Deans S., Figueiredo A., Barroso J., Ruberto G. Antimicrobial and antioxidant properties of some commercial essential oils // Flavour and Fragrance. 1998. Vol. 13. N4. Pp. 235–244.
3. Kamatou G. Indigenous *Salvia* species – an investigation of their pharmacological activities and phytochemistry: PhD thesis. University of the Witwatersrand, Johannesburg, 2006. 331 p.
4. Boszormenyi A., Hethelyi E., Farkas A., Horvath G., Papp N., Lemberkovics E., Szoke E. Chemical and genetic relationships among *Sage* (*Salvia officinalis* L.) cultivars and judean sage (*Salvia judaica* Boiss.) // J. Agric. Food Chem. 2009. Vol. 47. N11. Pp. 4663–4667. DOI: 10.1021/jf9005092.
5. Craft J., Satyal P., Setzer W. The chemotaxonomy of common *Sage* (*Salvia officinalis*) based on the volatile constituents // Medicines. 2017. Vol. 4. N3. P. 47. DOI: 10.3390/medicines4030047.
6. Raina A., Negi K., Dutta M. Variability in essential oil composition of *Sage* (*Salvia officinalis* L.) grown under North Western Himalayan Region of India // Journal of Medicinal Plants Research. 2013. Vol. 7. N11. Pp. 683–688. DOI: 10.5897/JMPR12.1003.
7. Porte A., Godoy R., Maia-Porte L. Chemical composition of sage (*Salvia officinalis* L.) essential oil from the Rio de Janeiro State (Brazil) // Rev. Bras. Pl. Med., Campinas. 2013. Vol. 15. N3. Pp. 438–441. DOI: 10.1590/S1516-05722013000300018.
8. Escobedo-Avallaneda Z., Cutiérrez-Urbe J., Valdez-Fragoso A., Torres J., Welti-Chanes J. Phytochemicals and antioxidant activity of juice, flavedo, albedo and comminuted orange // J. Funct. Foods. 2014. Vol. 6. N4. Pp. 470–481. DOI: 10.1016/j.jff.2013.11.013.
9. Vieira F., Borges G., Copetti C., Di Pietro P., Nunes E., Fett R. Phenolic compounds and antioxidant activity of the apple flesh and peel of eleven cultivars grown in Brazil // Sci. Hort. 2011. Vol. 128. N3. Pp. 261–268. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.01.032.
10. ГОСТ 28562-90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. М., 2010. 12 с.
11. Cheng V.J., Bekhit A., McConnell M., Mros S., Zhao J. Effect of extraction solvent, waste fraction and grape variety on the antimicrobial and antioxidant activities of extraction from wine residue from cool climate // Food Chem. 2012. Vol. 134. N1. Pp. 474–482.
12. Henríquez C., Almonacid S., Chiffelle I., Valenzuela T., Araya M., Cabezas L., Simpson R., Speisky H. Determination of antioxidant capacity, total phenolic content and mineral composition of different fruit tissue of five apple cultivars grown in Chile // Chil. J. Agr. Res. 2010. Vol. 70. N4. Pp. 523–536.
13. Костюк В.А., Потапович А.И. Биорадикалы и биоантиоксиданты. Минск: Изд-во БГУ, 2004. 179 с.
14. Сайтембетова А.Ж., Адекенов С.М. Природные фенольные соединения – перспективный источник антиоксидантов. Алматы: КазгосИНТИ, 2001. 165 с.
15. Мисин В.М., Сажина Н.Н., Завьялов А.Ю. Сезонная динамика изменения содержания антиоксидантов фенольного типа в листьях подорожника и одуванчика // Химия растительного сырья. 2010. №3. С. 103–106.

16. Сажина Н.Н., Мисин В.М. Измерение суммарного содержания фенольных соединений в различных частях лекарственных растений // Химия растительного сырья. 2011. №3. С. 149–152.
17. Макарова Н.В. Антиоксидантные свойства фруктов: факторы влияния, применение, готовые продукты. Самара, 2015. 471 с.
18. ГОСТ Р 54235-2010. Топливо твердое из бытовых отходов. Термины и определения. М., 2012. 18 с.
19. Olivera P., Mila J., Mladen M. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils of Twelve Spice Plants // Croatica Chemica Acta. 2006. Vol. 79. N4. Pp. 545–552.
20. Szydłowska-Czerniak A., Dianoczki C., Recseg K. Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric ion spectrophotometric methods // Talanta. 2008. Vol. 76. N4. Pp. 899–905. DOI: 10.1016/j.talanta.2008.04.055.

Поступила в редакцию 23 января 2019 г.

После переработки 26 сентября 2019 г.

Принята к публикации 22 октября 2019 г.

Для цитирования: Макарова Н.В., Валиулина Д.Ф., Кирюшина В.А. Исследование содержания фенолов, флавоноидов, антиоксидантной силы и антирадикальной активности листьев шалфея рода *Salvia tesquicola* (семейства Яснотковые) // Химия растительного сырья. 2020. №1. С. 125–131. DOI: 10.14258/jcrpm.2020015111.

*Makarova N.V., Valiulina D.F.**, Kirushina V.A. RESEARCH OF THE CONTENT OF PHENOLS, FLAVONOIDS, ANTIOXIDANT FORCE, AND ANTI-RADICAL ACTIVITY OF *SALVIA TESQUICOLA* SAGE LEAVES (*FAMILY CRYSTAL*)

*Samara State Technical University, ul. Molodogvardeyskaya, 244, Samara, 443100 (Russia),
e-mail: dinara-bakieva@mail.ru*

In the course of the work, the content of phenols, flavonoids, antiradical activity and antioxidant power were studied for extracts of sage leaves of the genus *Salvia tesquicola* (of the Clear-colored family), obtained by traditional infusion methods and using innovative technologies – microwave radiation and ultrasonic processing. It was found that the highest content of phenols and flavonoids was observed during the treatment of aqueous extracts of sage leaves with ultrasonic radiation for 1.5 hours – 1056 mg (HA)/100 g and 346 mg (K) /100 g, respectively. The highest content of dry substances is observed when treating aqueous extracts of sage leaves with ultrasonic radiation (15.32%). Summarizing the data on the three studied parameters, the solids content, the total content of phenols and flavonoids, we can recommend the use of ultrasonic treatment as a factor that increases the content of the studied substances in extracts of sage leaves *Salvia tesquicola*.

The lowest antiradical activity was observed in aqueous extracts of sage leaves, obtained at 37 °C for 2 hours (3.6 mg/ml). The maximum value of antioxidant strength according to the FRAP method was revealed when obtaining aqueous extracts of sage leaves using ultrasonic radiation at 37 °C for 1.5 h – 24.30 mmol Fe²⁺/1 kg of the feedstock. Analysis of the data obtained from all studied parameters in the study of concentrated extracts of sage leaves, showed slight differences compared with those obtained in the study of aqueous extracts of sage leaves, namely: the content of phenols - 347 mg (HA)/100 g, the content of flavonoids – 387 mg (K)/ 100 g, contains Contents solids - 38.52%, antiradical activity - 2.4 mg /ml, the antioxidant power of FRAP method – 9.99 mmol Fe²⁺/1 kg of feedstock.

Keywords: *Salvia tesquicola*, phenols, flavonoids, antioxidant activity, restoring power, extracts, antiradical effect, microwave radiation, ultrasonic effect.

* Corresponding author.

References

1. Celikel N., Kavas G. *Czech J. Food Sci.*, 2008, vol. 26, no. 3, pp. 174–181. DOI: 10.17221/1603-CJFS.
2. Baratta M., Dorman H., Deans S., Figueiredo A., Barroso J., Ruberto G. *Flavour and Fragrance*, 1998, vol. 13, no. 4, pp. 235–244.
3. Kamatou G. *Indigenous Salvia species – an investigation of their pharmacological activities and phytochemistry: PhD thesis*, University of the Witwatersrand, Johannesburg, 2006, 331 p.
4. Boszormenyi A., Hethelyi E., Farkas A., Horvath G., Papp N., Lemberkovics E., Szoke E. *J. Agric. Food Chem.*, 2009, vol. 47, no. 11, pp. 4663–4667. DOI: 10.1021/jf9005092.
5. Craft J., Satyal P., Setzer W. *Medicines*, 2017, vol. 4, no. 3, p. 47. DOI: 10.3390/medicines4030047.
6. Raina A., Negi K., Dutta M. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2013, vol. 7, no. 11, pp. 683–688. DOI: 10.5897/JMPR12.1003.
7. Porte A., Godoy R., Maia-Porte L. *Rev. Bras. Pl. Med., Campinas*, 2013, vol. 15, no. 3, pp. 438–441. DOI: 10.1590/S1516-05722013000300018.
8. Escobedo-Avallaneda Z., Cutiérriz-Urbe J., Valdez-Fragoso A., Torres J., Welti-Chanes J. *J. Funct. Foods*, 2014, vol. 6, no. 4, pp. 470–481. DOI: 10.1016/j.jff.2013.11.013.
9. Vieira F., Borges G., Copetti C., Di Pietro P., Nunes E., Fett R. *Sci. Hort.*, 2011, vol. 128, no. 3, pp. 261–268. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.01.032.
10. GOST 28562-90. *Produkty pererabotki plodov i ovoshchey. Refraktometricheskij metod opredeleniya rastvo-rimykhn sukhhikh veshchestv*. [GOST 28562-90. Products of processing fruits and vegetables. Refractometric method for the determination of soluble solids]. Moscow, 2010, 12 p. (in Russ.).
11. Cheng V.J., Bekhit A., McConnell M., Mros S., Zhao J. *Food Chem.*, 2012, vol. 134, no. 1, pp. 474–482.
12. Henríquez C., Almonacid S., Chiffelle I., Valenzuela T., Araya M., Cabezas L., Simpson R., Speisky H. *Chil. J. Agr. Res.*, 2010, vol. 70, no. 4, pp. 523–536.
13. Kostyuk V.A., Potapovich A.I. *Bioradikaly i bioantioksidanty*. [Bioradicals and bioantioxidants]. Minsk, 2004, 179 p. (in Russ.).
14. Saytembetova A.Zh., Adekenov S.M. *Prirodnyye fenol'nyye soyedineniya – perspektivnyy istochnik antioksidantov*. [Natural phenolic compounds are a promising source of antioxidants]. Almaty, 2001, 165 p. (in Russ.).
15. Misin V.M., Sazhina N.N., Zav'yalov A.Yu. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2010, no. 3, pp. 103–106. (in Russ.).
16. Sazhina N.N., Misin V.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, no. 3, pp. 149–152. (in Russ.).
17. Makarova N.V. *Antioksidantnyye svoystva fruktov: faktory vliyaniya, primeneniye, gotovyye produkty*. [Antioxidant properties of fruits: influence factors, application, finished products]. Samara, 2015, 471 p. (in Russ.).
18. GOST R 54235-2010. *Toplivo tverdoye iz bytovykh otkhodov. Terminy i opredeleniya*. [GOST R 54235-2010. Solid fuel from household waste. Terms and Definitions]. Moscow, 2012, 18 p. (in Russ.).
19. Olivera P., Mila J., Mladen M. *Croatica Chemica Acta*, 2006, vol. 79, no. 4, pp. 545–552.
20. Szydłowska-Czerniak A., Dianoczki C., Recseg K. *Talanta*, 2008, vol. 76, no. 4, pp. 899–905. DOI: 10.1016/j.talanta.2008.04.055.

Received January 23, 2019

Revised September 26, 2019

Accepted October 22, 2019

For citing: Makarova N.V., Valiulina D.F., Kirushina V.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 125–131. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020015111.

