

## **Сверхкритическая CO<sub>2</sub>-экстракция *Salvia sclarea* L. как метод получения экстрактов, обогащённых склареолом**

© Алиев<sup>1\*</sup> Аслан Мурадалиевич, Абдулагатов<sup>1,2</sup> Ильмутдин Магомедович,  
Гусейнова<sup>1</sup> Зиярат Агамирзоевна

<sup>1</sup> Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,  
ул. М. Ярагского, 75. г. Махачкала, 367003. Республика Дагестан. Россия.

Тел.: +7 928 958 5838. E-mail: aslan4848@yahoo.com

<sup>2</sup> Химический факультет. Дагестанский государственный университет. ул. Магомета Гаджиева,  
д.43-а. г. Махачкала, 367000. Республика Дагестан. Россия. E-mail: ilmutdina@gmail.com

\*Ведущий направление; +Поддерживающий переписку

**Ключевые слова:** склареол, *Salvia sclarea*, сверхкритическая флюидная экстракция, линалилацетат, зеленая химия.

### **Аннотация**

В работе изучена эффективность сверхкритической CO<sub>2</sub>-экстракции для получения экстрактов из наземной части *Salvia sclarea* L. и влияние условий произрастания на выход и химический состав целевых компонентов. Исследования проводились на 4-х образцах шалфея мускатного: 2 образца были собраны в природе; 2 образца выращены на экспериментальных участках с различными климатическими условиями, но идентичными почвенными условиями. Метод сверхкритической флюидной экстракции позволил получить экстракты с выходом от 1.188 до 2.904% от массы воздушно-сухого сырья, что существенно превышает эффективность традиционной гидродистилляции, которая не обеспечивала извлечения целевых соединений из исследуемого материала.

Хромато-масс-спектрометрический анализ показал, что основными компонентами экстрактов являются склареол, линалилацетат и гермакрен D. Содержание склареола варьировало от 60.17 до 87.02%, демонстрируя зависимость от условий произрастания. В высокогорных экспериментальных образцах (1750 м) наблюдалось увеличение доли линалилацетата и гермакрена D, тогда как максимальное содержание склареола было зафиксировано в природной популяции Чах-Чах.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что сверхкритическая флюидная экстракция является технологически предпочтительным методом получения экстрактов *Salvia sclarea*, обогащённых склареолом и другими липофильными компонентами, обеспечивая высокую эффективность процесса, сохранность термолабильных соединений и возможность регулирования компонентного состава экстрактов.

### **Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:**

Алиев А.М., Абдулагатов И.М., Гусейнова З.А. Сверхкритическая CO<sub>2</sub>-экстракция *Salvia sclarea* L. как метод получения экстрактов, обогащённых склареолом. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.85. №3. С.124-132. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-124

### **Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:**

Алиев А.М., Абдулагатов И.М., Гусейнова З.А. Сверхкритическая CO<sub>2</sub>-экстракция *Salvia sclarea* L. как метод получения экстрактов, обогащённых склареолом. *Бутлеровские сообщения В*. 2026. Т.12. №1. Id.7. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-124/ROI-jbc-RB/26-12-1-7

### **The output for citing the English online version of the article:**

Aslan M. Aliev, Ilmutdin M. Abdulagatov, Ziyarat A. Guseinova. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of *Salvia sclarea* L. as a method for obtaining sclareol. *Butlerov Communications B*. 2026. Vol.12. No.1. Id.7. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-124/ROI-jbc-B/26-12-1-7

## Литература

- [1] J.C. Caissard, T. Olivier, C. Delbecque, S. Palle, P.P. Garry, A. Audran, F. Jullien. Extracellular localization of the diterpene sclareol in clary sage (*Salvia sclarea* L., Lamiaceae). *PLoS One*. **2012**. Vol.7. No.10. P.48253. DOI: 10.1371/journal.pone.0048253
- [2] N. He, H. Yu, L. Ye. Efforts toward ambergris biosynthesis *Chem&Bio Engineering*. **2024**. Vol.1. No.2. P.91-98. DOI: 10.1021/cbe.3c00083
- [3] P.S.J. Cheetham The use of biotransformations for the production of flavours and fragrances. *Trends in Biotechnology*. **1993**. Vol.11. No.11. P.478-488. DOI: 10.1016/0167-7799(93)90081-J
- [4] A.F. Barrero, J. Altarejos, E.J. Alvarez-Manzaneda, J.M. Ramos, S. Salido. Synthesis of (±)-Ambrox from (E)-nerolidol and β-ionone via allylic alcohol[2,3]sigmatropic rearrangement. *The Journal of Organic Chemistry*. **1996**. Vol.61. No.6. P.2215-2218.
- [5] A. Selka, A. Abidli, L. Schiavo, L. Jeanmart, G. Hanquet, W.D. Lubell. Recent Advances in Sustainable Total Synthesis and Chiral Pool Strategies with Emphasis on (–) - Sclareol in Natural Products Synthesis. *European Journal of Organic Chemistry*. **2025**. Vol.28. No.8. P.1-51. DOI: 10.1002/ejoc.202400983
- [6] S. Jameel, K.A. Bhat Sclareol: isolation, structural modification, biosynthesis, and pharmacological evaluation – a review *Pharmaceutical Chemistry Journal*. **2024**. Vol.57. No.10. P.1568-1579. DOI: 10.1007/s11094-024-03050-z
- [7] Алиев А.М., Раджабов Г.К., Вагабова Ф.А., Исламова Ф.И., Горяинов С.В., Хажжар Ф., Хаммами С. Зависимость компонентного состава сверхкритического CO<sub>2</sub>-экстракта моркови дикой от условий произрастания. *Сверхкритические флюиды: Теория и практика*. **2023**. Т.18. №3. С.3-14. DOI: 10.34984/SCFTP.2023.18.3.001 [А.М. Aliev, G.K. Radzhabov, F.A. Vagabova, F.I. Islamova, S.V. Goriainov, F. Hajjar, S. Hammami. Relationship of component composition of supercritical CO<sub>2</sub> extracts of wild carrots with growing conditions. *Supercritical Fluids: Theory and Practice*. **2023**. Vol.3. P.3-14. DOI: 10.34984/SCFTP.2023.18.3.001 (Russian)]
- [8] Алиев А.М., Раджабов Г.К. Зависимость компонентного состава экстракта чабера садового от давления процесса сверхкритической CO<sub>2</sub>-экстракции. *Сверхкритические флюиды: Теория и практика*. **2022**. Т.17. №2. С.64-74. DOI: 10.34984/SCFTP.2022.17.2.005. [А.М. Aliev, G.K. Radzhabov. The dependence of the component composition of the extract of *Satureja hortensis* L. on the pressure of the process of supercritical CO<sub>2</sub> extraction. *Supercritical Fluids: Theory and Practice*. **2022**. Vol.17. No.2. P.64-74. DOI: 10.34984/SCFTP.2022.17.2.005 (Russian)]
- [9] <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=sclareol>
- [10] J. Wong, Y.F. Chiang, Y.H. Shih, C.H. Chiu, H.Y. Chen, T.M. Shieh, S.M. Hsia. *Salvia sclarea* L. Essential oil extract and its antioxidative phytochemical sclareol inhibit oxytocin-induced uterine hypercontraction dysmenorrhea model by inhibiting the ca<sup>2+</sup>-mlck-mlc<sub>20</sub> signaling cascade: An *ex vivo* and *in vivo* study. *Antioxidants*. **2020**. Vol.9. No.10. P.1-16. DOI: doi.org/10.3390/antiox9100991
- [11] J. Zhou, X. Xie, H. Tang, C. Peng, F. Peng. The bioactivities of sclareol: A mini review. *Frontiers in Pharmacology*. **2022**. Vol.13. P.1014105. DOI: 10.3389/fphar.2022.1014105
- [12] Aslan M. Aliev, Ilmutdin M. Abdulagatov, Ziyarat A. Guseinova. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of *Salvia sclarea* L. as a method for obtaining sclareol. *Butlerov Communications B*. **2026**. Vol.12. No.1. Id.7. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-124/ROI-jbc-B/26-12-1-7
- [13] Алиев А.М., Абдулагатов И.М., Гусейнова З.А. Сверхкритическая CO<sub>2</sub>-экстракция *Salvia sclarea* L. как метод получения экстрактов, обогащённых склареолом. *Бутлеровские сообщения В*. **2026**. Т.12. №1. Id.7. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-124/ROI-jbc-RB/26-12-1-7

The English version of the article has been published in the international edition of the journal

***Butlerov Communications B***  
*Advances in Chemistry & Thermophysics*

The Reference Object Identifier – ROI: jbc-B/26-12-1-7

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-124/ROI-jbc-B/26-12-1-7

**Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of *Salvia sclarea* L.  
as a method for obtaining sclareol**

**Aslan M. Aliev,<sup>1\*</sup> Ilmutdin M. Abdulagatov,<sup>1,2</sup> Ziyarat A. Guseinova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. M. Yaragsky St., 94. Makhachkala, 367003. Republic of Dagestan. Russia. Phone: +7 928 958 58 38. E-mail: aslan4848@yahoo.com

<sup>2</sup> Faculty of Chemistry. Dagestan State University. Magometa Gadzhieva St., 43-a. Makhachkala, 367000. Republic of Dagestan. Russia. E-mail: ilmutdina@gmail.com

\*Supervising author; <sup>+</sup>Corresponding author

**Keywords:** sclareol, *Salvia sclarea*, supercritical fluid extraction, linalyl acetate, green chemistry.

**Abstract**

This study investigates the efficiency of supercritical CO<sub>2</sub> extraction for obtaining extracts from the aerial parts of *Salvia sclarea* L. and examines the influence of growth conditions on the yield and chemical composition of the target components. The research was conducted on samples from two natural populations and two experimental sites with standardized soil conditions and different altitudes. The supercritical fluid extraction (SFE) method allowed for the recovery of extracts with yields ranging from 1.188 to 2.904% of the air-dried plant mass, significantly surpassing the efficiency of traditional hydrodistillation, which failed to extract the target compounds from the studied material.

Chromatography-mass spectrometry analysis revealed that the main components of the extracts were sclareol, linalyl acetate, and germacrene D. The sclareol content varied from 60.17 to 87.02%, demonstrating dependence on growth conditions. In the high-altitude experimental samples (1750 m), an increased proportion of linalyl acetate and germacrene D was observed, whereas the maximum sclareol content was recorded in the natural population from Chakh-Chakh.

The obtained results indicate that supercritical fluid extraction is a technologically preferable method for producing *Salvia sclarea* extracts enriched in sclareol and other lipophilic components, ensuring high extraction efficiency, preservation of thermolabile compounds, and the possibility of controlling the extract composition.