

УДК 615.322:543.422.3
AGRIS F60

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/120/14>

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАРОТИНОИДОВ В ТРАВЕ БУКВИЦЫ МЕТОДОМ СПЕКТРОФОТОМЕРИИ

©Курдюков Е. Е., ORCID: 0000-0001-9512-6770, SPIN-код: 2859-4063, канд. фармацевт. наук, Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия, e.e.kurdyukov@mail.ru

©Финаёнова Н. В., SPIN-код: 5361-5589, Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия, finayonova.nv@mail.ru

©Сарайкин Е. С., SPIN-код: 5534-4760, Пензенский государственный аграрный университет, г. Пенза, Россия, bio_vetsan@pgau.ru

©Кофлюк Д. Р., Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия, kofluk.com@gmail.com

QUANTITATIVE DETERMINATION OF CAROTENOIDS IN LETTER GRASS BY SPECTROPHOTOMETRY

©Kurdyukov E., ORCID: 0000-0001-9512-6770, SPIN-код: 2859-4063, Ph.D., Penza State University, Penza, Russia, e.e.kurdyukov@mail.ru

©Finayonova N., SPIN-код: 5361-5589, Penza State University, Penza, Russia, finayonova.nv@mail.ru

©Saraikin E., SPIN-code: 5534-4760, Penza State Agrarian University, Penza, Russia, bio_vetsan@pgau.ru

©Koflyuk D., Penza State University, Penza, Russia, kofluk.com@gmail.com

Аннотация. Данная статья фокусируется на оптимизации метода спектрофотометрического определения общего содержания каротиноидов в надземной части (траве) буквицы лекарственной (*Betonica officinalis*). В рамках исследования были тщательно изучены и оптимизированы параметры экстракции, влияющие на количественное извлечение каротиноидов, а именно: концентрация экстрагента, соотношение массы сырья и объема экстрагента, размер частиц измельченного сырья и продолжительность процесса экстракции. Результаты показали, что наиболее эффективная экстракция каротиноидов из травы буквицы лекарственной достигается при использовании 95% этилового спирта в качестве экстрагента, соотношении сырья к экстрагенту 1:30, степени измельчения сырья до 1 мм и времени экстракции 90 минут при однократном извлечении. Был определен характерный максимум в ультрафиолетовом спектре водно-спиртового экстракта травы буквицы, расположенный при длине волны $\lambda = 455 \pm 2$ нм. Проведенный анализ позволил установить максимальное содержание каротиноидов в исследованном образце, которое составило 10,01 мг%.

Abstract. This article focuses on optimizing the method of spectrophotometric determination of the total carotenoid content in the aboveground part (grass) of *Betonica officinalis*. As part of the study, the extraction parameters affecting the quantitative extraction of carotenoids were carefully studied and optimized, namely: the concentration of the extractant, the ratio of the mass of the raw material to the volume of the extractant, the particle size of the crushed raw materials and the duration of the extraction process. The results showed that the most effective extraction of carotenoids from the herb letter officinalis is achieved when 95% ethyl alcohol is used as an extractant, the ratio of raw materials to extractant is 1:30, the degree of grinding of raw materials is up to 1 mm and the extraction time is 90 minutes with a single extraction. A characteristic

maximum in the ultraviolet spectrum of the water-alcohol extract of the herb letter was determined, located at a wavelength of $\lambda = 455 \pm 2$ nm. The analysis made it possible to establish the maximum carotenoid content in the studied sample, which was 10.01 mg%.

Ключевые слова: каротиноиды, количественное определение, спектрофотометрия, трава, буквица лекарственная

Keywords: carotenoids, quantitative determination, spectrophotometry, herb, betonica officinalis

Буквица лекарственная (*Betonica officinalis*, сем. Яснотковые – Lamiaceae), является одним из самых древних и универсальных целебных растений, используемых в традиционной медицине. В траве буквицы содержится различный комплекс полифенольных соединений, за счет которого трава буквицы проявляет заживляющее действие, в том числе останавливает кровотечение, уменьшает воспаление, проявляет вяжущую, противогеморрагическую и противоревматическую активность, цитотоксическое и противогрибковое действия [1, 4, 5].

В связи с этим актуальным является исследование и липофильной фракции травы буквицы, а именно пигментов: каротиноидов и хлорофиллов. Каротиноиды обладают широким спектром фармакологических свойств: антиоксидантные, радиопротекторные и антиканцерогенные, которые в совокупности оказывают положительное влияние на иммунитет [9, 11, 12].

Материал и методы исследования

Объектами исследования служили образцы экстрактов из травы буквицы. Сырье заготавливалось на территории Пензенской области в 2023 г. Количественное определение суммы каротиноидов определяли методом прямой спектрофотометрии. Около 2 г травы буквицы помещали в колбу вместимостью 100 мл и экстрагировали с 60 мл экстрагента, присоединяли к обратному холодильнику, нагревали на кипящей водяной бане в течение 90 минут с момента закипания экстрагента в колбе. После охлаждения полученные извлечения фильтровали через бумажный фильтр, смоченный тем же экстрагентом (раствор А). Затем фильтровали через бумажный фильтр 5 мл извлечения в мерную колбу на 25 мл. Параллельно относительно воды очищенной измеряли оптическую плотность раствора СО калия бихромата, который готовили в соответствии с ФС-42-1730-86, а именно: 0,3600 г (точная навеска) калия бихромата растворяли в воде в мерной колбе вместимостью 1 л и доводили объем до метки водой; раствор по окраске соответствует раствору, содержащему 0,00208 мг β -каротина в 1 мл. В качестве раствора сравнения использовали воду очищенную. Определяли оптическую плотность на спектрофотометре СФ-103 при длине волны 455 нм.

Результаты и обсуждение

Наиболее распространённым методом количественного определения фенилпропаноидов является прямая спектрофотометрия [3, 6-8, 10].

Содержание суммы каротиноидов в сырье буквицы (X) в пересчете на β -каротин в мг% рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{D1 \times 0,00208 \times 60 \times 25 \times 100 \times 100}{D2 \times m \times 2 \times (100 - W)}$$

D1 – оптическая плотность испытуемого раствора; D2 – оптическая плотность сраствора СО калия бихромата; 0,00208 – количество β -каротина, мг, в растворе, соответствующем по окраске раствору СО калия бихромата; m – навеска, г; W – потеря в

массе при высушивании, %. Количественное определения суммы каротиноидов в траве буквицы проводили методом прямой спектрофотометрии [3, 10].

Анализ данных литературы показывает, что каротиноиды растворимы в спирте различных концентраций, ацетоне, гексане, хлороформе и других органических растворителях [3, 7, 8].

Электронные спектры извлечения в диапазоне длин волн 400-500 нм имеют максимум оптической плотности при 455 ± 2 нм (Рисунок). В гексане и спирте 95% основные максимумы поглощения находятся при длине волны 455 ± 2 нм, характерной для каротиноидов.

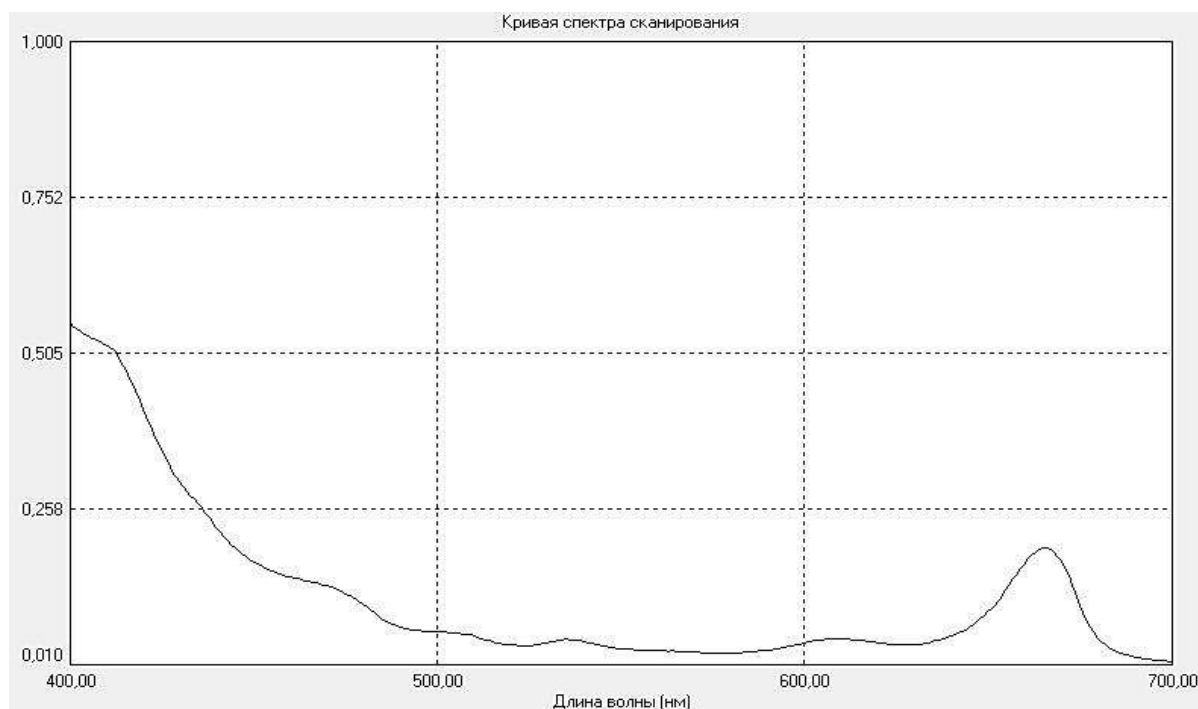


Рисунок. УФ-спектр спиртового извлечения из травы буквицы лекарственной

Таблица 1

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАГЕНТА
НА ВЫХОД КАРОТИНОИДОВ ИЗ ТРАВЫ БУКВИЦЫ

Экстрагент	Содержание суммы каротиноидов, мг%
Гексан	0,76±0,11
Ацетон	3,79±0,18
Гексан-ацетон (1:2)	4,72±0,19
Этанол 95%	5,52±0,18

При разработке методики количественного анализа каротиноидов в траве буквицы выявлены оптимальные условия экстракции: степень измельчения сырья — 1 мм, экстрагент — 95% спирт этиловый, соотношение сырья и экстрагента — 1:30, время экстракции — 90 мин на водяной бане, температура — 90°C. Для экстракции каротиноидов из травы буквицы целесообразно использование этанола 95%, так как интенсивность пиков в других экстрактах меньше, по сравнению 95%, при условии одинаковых навесок и условий экстракции. Результаты исследований по выбору оптимального соотношения «сырье-экстрагент» приведены в Таблице 1-4. Оптимальными параметрами экстракции являются: извлечение

95% этиловым спиртом на кипящей водяной бане в течение 90 минут в соотношении «сырье-экстрагент» — 1:30.

Таблица 2

ЗАВИСИМОСТЬ ВЫХОДА КАРОТИНОИДОВ ТРАВЫ БУКВИЦЫ
ОТ СООТНОШЕНИЯ «СЫРЬЕ-ЭКСТРАГЕНТ»

Соотношение «сырье-экстрагент»	Содержание суммы каротиноидов, мг/%
1:20	4,72±0,18
1:30	5,52±0,18
1:60	4,31±0,20

Таблица 3

ЗАВИСИМОСТЬ ВЫХОДА КАРОТИНОИДОВ
ТРАВЫ БУКВИЦЫ ОТ ВРЕМЕНИ НАСТАИВАНИЯ НА КИПАЮЩЕЙ ВОДЯНОЙ БАНЕ

Время настаивания на кипящей водяной бане, мин	Содержание суммы каротиноидов, мг/%
30	5,52±0,20
60	7,17±0,21
90	10,01±0,22
120	8,96±0,18

Зависимость выхода биологически активных соединений из буквицы от степени измельченности сырья представлена в таблице. Следует отметить, что, по нашим данным, степень измельчения от 0,5 до 2 мм сильного влияния на экстракцию не оказывает. Однако в качестве оптимальной нами выбрана степень измельчения 1 мм.

Таблица 4

ЗАВИСИМОСТЬ ВЫХОДА КАРОТИНОИДОВ
ТРАВ БУКВИЦЫ ОТ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕННОСТИ СЫРЬЯ

Фракции измельченного сырья, мм	Содержание суммы каротиноидов, мг/%
0,5-1,0	9,89±0,21
1,0-2,0	10,01±0,21
2,0-3,0	9,95±0,18

Выявлено, что содержание каротиноидов, при использовании в качестве экстрагента этанола 95% составляет 10,01%. Для установления метрологических характеристик методики, согласно рекомендациям [2], проводили пять параллельных определений, затем вычисляли величину стандартного отклонения ($S=0,16652$) и дисперсию ($S^2=0,02773$).

Полуширина доверительного интервала (ΔX) составила 0,099, ошибка единичного определения с доверительной вероятностью 95% составляет не более $\pm 2,06\%$ при определении суммы каротиноидов методом прямой спектрофотометрии в пересчете на β -каротин. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии систематической ошибки разработанной нами методики и позволяют предложить ее для количественного определения суммарного содержания каротиноидов в траве буквицы в пересчете на β -каротин.

Заключение

Спектрофотометрическим методом найдено, что количество суммы каротиноидов составляет 10,01 мг%. Определены параметры УФ-спектра водно-спиртового извлечения из травы буквицы максимум при $\lambda=455\pm 2$ нм. Для экстракции каротиноидов из буквицы целесообразно использование этанола 95%. Максимальное содержание каротиноидов в сырье, достигается применением подобранных условий экстракции: степень измельчения –

1,0 мм, экстрагент – 95% этанол, соотношение «сырье – экстрагент» 1:30 и экстракцией на кипящей водяной бане в течение 90 минут.

Выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда, проект №24-25-20155 «Исследование новых источников лекарственного растительного сырья и разработка комплексного фитосредства для профилактики и лечения инфекционно-воспалительных заболеваний»

Список литературы:

1. Артемьева В. В. Лекарственное сырье *Betonica officinalis* L.-источник биологически активных соединений // Фармацевтическая ботаника: современность и перспективы. 2018. С. 59-63.
2. Государственная Фармакопея Российской Федерации XIV издания. <https://femb.ru/record/pharmacopea14>
3. Ковалева Н. А., Тринеева О. В., Носова Д. К., Колотнева А. И. Определение экстрактивных веществ в листьях облепихи крушиновидной // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «Химия. Биология. Фармация. 2022. №1. С. 105-109.
4. Логвиненко Л. А. Буквица лекарственная *Betonica officinalis* L. // Растения Крыма: Прелестные соседи. 2016. №1. С. 207-208.
5. Сапарклычева С. Е., Чулкова В. В. Буквица лекарственная (*Betonica officinalis* L.) эффективное гипотензивное растение // Вестник биотехнологии. 2020. №1. С. 14-14.
6. Сливкин А. И., Селеменов В. Ф., Суховерхова Е. А. Физико-химические и биологические методы оценки качества лекарственных средств. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1999. 368 с.
7. Achour H. Y., Llamero C. B., Saadi S. A., Bouras N., Zitouni A., Señoráns J. Pressurized liquid extraction for the recovery of carotenoids and functional compounds from green and orange *Dunaliella salina* biomasses // Periodica Polytechnica Chemical Engineering. 2023. V. 67. №2. P. 278-286. <https://doi.org/10.3311/PPch.21386>
8. Georgiopoulou I., Tzima S., Louli V., Magoulas K. Process optimization of microwave-assisted extraction of chlorophyll, carotenoid and phenolic compounds from *Chlorella vulgaris* and comparison with conventional and supercritical fluid extraction // Applied Sciences. 2023. V. 13. №4. P. 2740.
9. Harrison E. H., Curley Jr R. W. Carotenoids and retinoids: nomenclature, chemistry, and analysis // The Biochemistry of Retinoid Signaling II: The Physiology of Vitamin A-Uptake, Transport, Metabolism and Signaling. 2016. P. 1-19. https://doi.org/10.1007/978-94-024-0945-1_1
10. Karnjanawipagul P., Nittayanuntawe W., Rojsanga P., Suntornsuk L. Analysis of β -carotene in carrot by spectrophotometry // Mahidol University Journal of Pharmaceutical Science. 2010. V. 37. №8. <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/4/2740#>
11. Langi P., Kiokias S., Varzakas T., Proestos C. Carotenoids: From plants to food and feed industries // Microbial carotenoids: Methods and protocols. 2018. P. 57-71.
12. Paun, G., Neagu, E., Moroeanu, V., Ungureanu, O., Cretu, R., Ionescu, E., ... & Radu, G. L. Phytochemical analysis and in vitro biological activity of *Betonica officinalis* and *Salvia officinalis* extracts // Romanian Biotechnological Letters. 2017. V. 22. №4. P. 12751-12761.

References:

1. Artem'eva, V. V. (2018). Lekarstvennoe syr'e *Betonica officinalis* L.-istochnik biologicheskii aktivnykh soedinenii. In *Farmatsevticheskaya botanika: sovremennost' i perspektivy* (pp. 59-63). (in Russian).

2. Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossiiskoi Federatsii XIV izdaniya. <https://femb.ru/record/pharmacopea14>
3. Kovaleva, N. A., Trineeva, O. V., Nosova, D. K., & Kolotneva, A. I. (2022). Opreделение ekstraktivnykh veshchestv v list'yakh oblepikhi krushinovidnoi. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, (1), 105-109. (in Russian).
4. Logvinenko, L. A. (2016). Bukvitsa lekarstvennaya *Betonica officinalis* L. *Rasteniya Kryma: Prelestnye sosed'i* (pp. 207-208). (in Russian).
5. Saparklycheva, S. E., & Chulkova, V. V. (2020). Bukvitsa lekarstvennaya (*Betonica officinalis* L.) effektivnoe gipotenzivnoe rastenie. *Vestnik biotekhnologii*, (1), 14-14. (in Russian).
6. Slivkin, A. I., Selemenov, V. F., & Sukhoverkhova, E. A. (1999). Fiziko-khimicheskie i biologicheskie metody otsenki kachestva lekarstvennykh sredstv. *Voronezh*. (in Russian).
7. Achour, H. Y., Llamero, C. B., Saadi, S. A., Bouras, N., Zitouni, A., & Señoráns, J. (2023). Pressurized liquid extraction for the recovery of carotenoids and functional compounds from green and orange *Dunaliella salina* biomasses. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 67(2), 278-286. <https://doi.org/10.3311/PPch.21386>
8. Georgiopoulou, I., Tzima, S., Louli, V., & Magoulas, K. (2023). Process optimization of microwave-assisted extraction of chlorophyll, carotenoid and phenolic compounds from *Chlorella vulgaris* and comparison with conventional and supercritical fluid extraction. *Applied Sciences*, 13(4), 2740.
9. Harrison, E. H., & Curley Jr, R. W. (2016). Carotenoids and retinoids: nomenclature, chemistry, and analysis. *The Biochemistry of Retinoid Signaling II: The Physiology of Vitamin A-Uptake, Transport, Metabolism and Signaling*, 1-19. https://doi.org/10.1007/978-94-024-0945-1_1
10. Karnjanawipagul, P., Nittayanuntawech, W., Rojsanga, P., & Suntornsuk, L. (2010). Analysis of β -carotene in carrot by spectrophotometry. *Mahidol University Journal of Pharmaceutical Science*, 37(8). <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/4/2740#>
11. Langi, P., Kiokias, S., Varzakas, T., & Proestos, C. (2018). Carotenoids: From plants to food and feed industries. *Microbial carotenoids: Methods and protocols*, 57-71. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8742-9_3
12. Paun, G., Neagu, E., Moroeanu, V., Ungureanu, O., Cretu, R., Ionescu, E., ... & Radu, G. L. (2017). Phytochemical analysis and in vitro biological activity of *Betonica officinalis* and *Salvia officinalis* extracts. *Romanian Biotechnological Letters*, 22(4), 12751-12761.

Поступила в редакцию
04.10.2025 г.

Принята к публикации
12.10.2025 г.

Ссылка для цитирования:

Курдюков Е. Е., Финаёнова Н. В., Сарайкин Е. С., Кофлюк Д. Р. Количественное определение каротиноидов в траве буквицы методом спектрофотометрии // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №11. С. 120-125. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/120/14>

Cite as (APA):

Kurdyukov, E., Finayonova, N., Saraikin, E., & Koflyuk, D. (2025). Quantitative Determination of Carotenoids in Letter Grass by Spectrophotometry. *Bulletin of Science and Practice*, 11(11), 120-125. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/120/14>