

УДК 615.322:543.422.3

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММЫ ФЕНИЛПРОПАНОИДОВ В ТРАВЕ ЛОФАНТА

© Н.Н. Глебова, Е.Е. Курдюков*, Н.В. Финаёнова, А.В. Митишев, Ю.А. Селезнева, К.А. Фриндак

Пензенский государственный университет, ул. Красная, 40, Пенза, 440026,
Россия, e.e.kurdyukov@mail.ru

В качестве объектов исследования использовали высушенную траву лофанта тибетского (*Lophanthus tibeticus*, сем. Яснотковые – *Lamiaceae*). Исследовалось сырье лофанта, выращенного в условиях Пензенского региона. Цель настоящей работы – определение содержания суммы фенилпропаноидов в траве лофанта методом спектрофотометрии.

Методом прямой спектрофотометрии в экстрактах из травы лофанта подтверждено наличие фенилпропаноидов, определены аналитические максимумы исследуемых соединений – 330 нм и плечо – 290 нм. Обоснованы оптимальные условия экстракции фенилпропаноидов из сырья данного растения (экстрагент – спирт этиловый 40%; соотношение «сырье – экстрагент» – 1 : 200; время экстракции – 90 мин; степень измельченности сырья – 1.0 мм). Определено, что средняя ошибка определения содержания фенилпропаноидов в траве лофанта с доверительной вероятностью 95% составляет $\pm 1.39\%$. Выявлено, что содержание фенилпропаноидов в траве лофанта составляет 7.49%.

Ключевые слова: *Lophanthus tibeticus*, лофант тибетский, фенилпропаноиды, спектрофотометрия, хлорогеновая кислота.

Для цитирования: Глебова Н.Н., Курдюков Е.Е., Финаёнова Н.В., Митишев А.В., Селезнева Ю.А., Фриндак К.А. Методика количественного определения суммы фенилпропаноидов в траве лофанта // Химия растительного сырья. 2025. №3. С. 151–156. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250315859>.

Введение

Литературные данные о распространении фенилпропаноидов в растительном мире свидетельствуют о том, что богатым источником биологически активных соединений являются растения семейств *Asteraceae*, *Lamiaceae*, *Crassulaceae*, *Araliaceae*, *Scrophulariaceae*, *Salicaceae*, *Plantaginaceae*, *Thymelaeaceae*, *Oleaceae* [1–3]. Одним из перспективных источников фенилпропаноидов является лофант тибетский. Для внедрения данного вида сырья необходимо разработать методики исследования, одной из которых является методика количественного определения биологически активных соединений.

Лофант тибетский является одним из перспективных растительных источников для получения фармацевтических субстанций. В экстрактах из сырья лофанта тибетского выявлены биологически активные соединения, такие как флавоноиды, эфирные масла, фенилпропаноиды, сапонины, что повышает его лекарственную ценность [4–6]. Экстракты из этого сырья обладают бактерицидным, жаропонижающим, иммуностимулирующим и общеукрепляющим действиями. Регулярное применение тибетского лофанта в виде отваров, настоев, чая или ванночек помогает укрепить иммунную защиту организма и улучшить общее самочувствие. Это растение ускоряет восстановление после длительных вирусно-инфекционных заболеваний [6, 7]. Таким образом, очевидно, что лофант тибетский – перспективное, с высоким потенциалом биологической активности лекарственное растительное сырье, которое необходимо использовать в официальной фармации в Российской Федерации.

Цель настоящего исследования – определение содержания суммы фенилпропаноидов в траве лофанта методом прямой спектрофотометрии.

Экспериментальная часть

Объектом служила высушенная трава лофанта, выращенная в условиях Пензенской области. Собранное сырье было высушено на воздухе без доступа прямых солнечных лучей.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Извлечение фенилпропаноидов из травы лофанта проводили путем однократной экстракции спиртом этиловым различной концентрацией при нагревании на кипящей водяной бане в течение 30 мин. Оптимальным экстрагентом считался тот, который позволял определить наибольшее количество суммы фенилпропаноидов в исследуемых извлечениях. Регистрировали спектры на спектрофотометре СФ-102 в кювете с толщиной слоя 10 мм (экстрагент спирт этиловый).

1.0 г измельченного сырья (точная масса) помещали в колбу со шлифом вместимостью 250 мл, приливали 200 мл экстрагента спирта этилового различной концентрации (95, 70, 40%), присоединяли к обратному холодильнику, нагревали на кипящей водяной бане в течение 90 мин с момента закипания экстрагента в колбе. После охлаждения полученные извлечения фильтровали через бумажный фильтр, смоченный тем же спиртом, отбрасывая первые 10 мл фильтрата (раствор А). Затем в мерную колбу вместимостью 50 мл помещали 1.0 мл полученного фильтрата и доводили объем экстрагентом до метки (раствор Б). Для определения оптической плотности полученный раствор Б помещали в кварцевые кюветы с толщиной слоя 10 мм и измеряли полученный раствор на спектрофотометре при длине волны 330 нм, в качестве раствора сравнения использовали спирт этиловый в концентрации, соответствующей концентрации экстрагента (95, 70 или 40%).

Влажность сырья определяли по методике ОФС.1.5.0007.15 «Определение влажности лекарственного растительного сырья» [8].

Приготовление раствора стандартного образца хлорогеновой кислоты. 0.0125 г хлорогеновой кислоты помещают в мерную колбу вместимостью 100 мл, растворяют в 70 мл 40% этилового спирта при нагревании на водяной бане. После охлаждения содержимого колбы до комнатной температуры доводят объем раствора 40% этиловым спиртом до метки (раствор А хлорогеновой кислоты). После чего 1 мл раствора А хлорогеновой кислоты помещают в мерную колбу на 25 мл, затем доводят объем раствора до метки спиртом этиловым 40%.

Содержание суммы фенилпропаноидов в пересчете на хлорогеновую кислоту и воздушно-сухое сырье в процентах (X) вычисляли по формуле

$$X = \frac{D \cdot 200 \cdot 50 \cdot 100}{497 \cdot m \cdot 1 \cdot (100 - W)},$$

где D – оптическая плотность испытуемого раствора; m – масса сырья, г; W – потеря в массе при высушивании сырья (влажность), %; 497 – удельный показатель поглощения хлорогеновой кислоты при 330 нм.

Обсуждение результатов

Ведущей группой биологически активных соединений в траве лофанта тибетского являются фенилпропаноиды, среди которых преобладает хлорогеновая кислота [4–7]. Количественное определение суммы фенилпропаноидов спектрофотометрическим методом [9–11] проводили в пересчете на хлорогеновую кислоту, дающую максимум поглощения при 330 ± 2 нм, так как хлорогеновая кислота является одним из доминирующих веществ в траве лофанта (рис.).

Количественное определение суммы фенилпропаноидов в траве лофанта методом прямой спектрофотометрии проводили в пересчете на хлорогеновую кислоту. С целью пересчета содержания фенилпропаноидов в извлечении из травы лофанта на хлорогеновую кислоту нами был использован удельный показатель поглощения хлорогеновой кислоты при $\lambda = 330$ нм для прямой спектрофотометрии [11–17]. Значение $E_{1\text{см}}^{1\%} = 497$ было включено в формулу расчета, что позволило не использовать СО хлорогеновой кислоты в последующих определениях.

При разработке методики количественного анализа фенилпропаноидов в траве лофанта выявлены оптимальные условия экстракции фенилпропаноидов: степень измельчения сырья – 1 мм, экстрагент – 40% спирт этиловый, соотношение сырья и экстрагента – 1 : 200, время экстракции – 90 мин на водяной бане, температура – 90 °С (табл. 1, 2).

Для экстракции фенилпропаноидов из травы лофанта целесообразно использование этанола 40%, так как интенсивность пиков в 70 и 95% спиртовых экстрактах меньше, по сравнению 40%, при условии одинаковых навесок и условий экстракции.

Результаты исследований по выбору оптимального соотношения «сырье – экстрагент» приведены в таблице 3. Оптимальными параметрами экстракции являются: извлечение 40% этиловым спиртом на кипящей водяной бане в течение 90 мин в соотношении «сырье-экстрагент» – 1 : 200.

Зависимость выхода биологически активных соединений из лофанта от степени измельченности сырья представлена в таблице 4. 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.

Выявлено, что содержание фенилпропаноидов при использовании в качестве экстрагента этанола 40% составляет 7.49%. Полученные результаты позволяют поставить траву лофанта по содержанию фенилпропаноидов в один ряд с известными лекарственными растениями – источниками фенилпропаноидов.

Метрологические характеристики методики количественного определения суммы фенилпропаноидов в сырье лофанта методом прямой спектрофотометрии указаны в таблице 5. Результаты статистической обработки полученных результатов свидетельствуют о том, что средняя ошибка определения с доверительной вероятностью 95% составляет не более $\pm 1.39\%$ при определении суммы фенилпропаноидов методом прямой спектрофотометрии в пересчете на хлорогеновую кислоту.

Электронный спектр
стандартного образца
хлорогеновой кислоты (1)
и извлечения из надземной части
Lophanthus tibeticus (2)

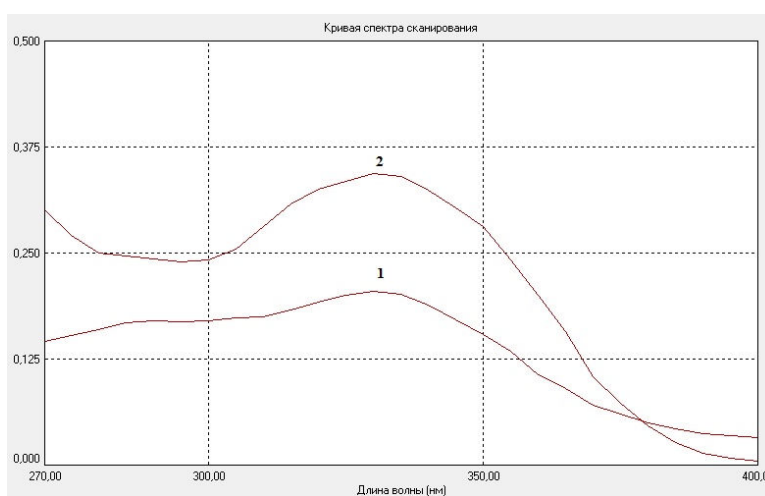


Таблица 1. Зависимость выхода БАС травы лофанта от концентрации экстрагента (этанола)

№ п/п	Концентрация этанола, %	Содержание суммы фенилпропаноидов в пересчете на абсолютно сухое сырье и хлорогеновую кислоту, %
1	20	3.02±0.09
2	40	5.41±0.08
3	70	5.30±0.07
4	95	2.65±0.11

Таблица 2. Зависимость выхода БАС травы лофанта от соотношения «сырье – экстрагент»

№ п/п	Соотношение «сырье – экстрагент»	Содержание суммы фенилпропаноидов в пересчете на абсолютно сухое сырье и хлорогеновую кислоту, %
1	1 : 50	5.41±0.08
2	1 : 100	6.18±0.09
3	1 : 200	7.08±0.10
4	1 : 300	6.83±0.08

Таблица 3. Зависимость выхода БАС травы лофанта от времени настаивания на кипящей водяной бане

№ п/п	Время настаивания на кипящей водяной бане, мин	Содержание суммы фенилпропаноидов в пересчете на абсолютно сухое сырье и хлорогеновую кислоту, %
1	30	6.58±0.10
2	60	7.08±0.10
3	90	7.49±0.11
4	120	7.25±0.09

Таблица 4. Зависимость выхода БАС травы лофанта от степени измельченности сырья

№ п/п	Размер частиц, мм	Содержание суммы фенилпропаноидов в пересчете на абсолютное сухое сырье и хлорогеновую кислоту, %
1	0.5	7.41±0.10
2	1	7.49±0.11
3	2	7.44±0.11
4	3	7.25±0.09

Таблица 5. Метрологические характеристики методики количественного определения суммы фенилпропаноидов в траве лофанта

ЛРС	F	\bar{X}	S ²	S	P, %	t (P, f)	$\Delta\bar{X}$	E, %
Трава лофанта	5	7.49	0.00707	0.08408	95	2.776	±0.01	±1.39

Выводы

Разработана концепция методики количественного определения суммы фенилпропаноидов (прямая спектрофотометрия), определены параметры УФ-спектра водно-спиртового извлечения из травы лофанта максимум при $\lambda=330\pm 2$ нм. Положение максимумов не меняется при использовании в качестве экстрагента этанола 40, 70 и 95%.

Для экстракции фенилпропаноидов из лофанта целесообразно использование этанола 40%, так как интенсивность пиков в 70 и 95%-ных спиртовых экстрактах меньше, по сравнению с 40%.

Содержание фенилпропаноидов в сырье, равное 7.49%, достигается применением подобранных условий экстракции: степень измельчения – 1 мм, экстрагент – 40% этанол, соотношение «сырье-экстрагент» – 1 : 200 и экстракцией на кипящей водяной бане в течение 90 мин.

Финансирование

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда, проект № 24-25-20155.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Запесочная Г.Г., Куркин В.А., Бойко В.П., Колхир В.К. Фенилпропаноиды – перспективные биологически активные вещества лекарственных растений // Химико-фармацевтический журнал. 1995. Т. 29, №4. С. 47–50.
2. Куркин В.А., Варина Н.Р., Авдеева Е.В., Рузаева И.В. Фенилпропаноиды как класс природных биологически активных соединений – органопротекторов // Фармация и фармакология. 2023. Т. 11, №5. С. 399–411. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2023-11-5-399-411>.
3. Куркин В.А., Дубищев А.В., Ежков В.Н., Титова И.Н. Анксиолитическая активность некоторых фитопрепаратов и фенилпропаноидов // Растительные ресурсы. 2007. Т. 43, №3. С. 130–139.
4. Петрина О.В., Чулкова В.В. Использование лофанта тибетского (*Lophanthus tibeticus*) в медицине // Ландшафтный дизайн и декоративное садоводство: сборник тезисов. Екатеринбург, 2020. С. 75–77.
5. Котугин Е.К., Карпунин М.Ю. Лофант тибетский. Лекарственная культура многопланового использования // Молодежь и наука. 2019. №9. С. 33.
6. Мадебейкин И.И., Мадебейкин И.Н. Лофант тибетский // Пчеловодство. 2024. №4. С. 22.
7. Симаков Д.А., Пояркова Н.М. Химический состав надземной биомассы лофанта тибетского (*Lophanthus tibeticus*) // Ландшафтный дизайн и декоративное садоводство: сборник тезисов. Екатеринбург, 2020. С. 42–43.
8. Государственная фармакопея РФ. XIV изд. М., 2018. Т. 1. 1814 с.
9. Куркин В.А., Авдеева Е.В., Запесочная Г.Г., Ежков В.Н. Фенилпропаноиды лекарственных растений: монография. Самара, 2005. 126 с.
10. Куркин В.А. Фенилпропаноиды лекарственных растений. Распространение, классификация, структурный анализ, биологическая активность // Химия природных соединений. 2003. №2. С. 87–110.
11. Курдюков Е.Е., Водопьянова О.А., Митишев А.В. и др. Методика количественного определения суммы фенилпропаноидов в сырье стевии // Химия растительного сырья. 2020. №3. С. 115–121. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020037141>.

12. Курдюков Е.Е., Митишев А.В., Водопьянова О.А. и др. Методика количественного определения суммы фенилпропаноидов в сырье моринги // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2021. Т. 20, №1. С. 168–174. <https://doi.org/10.37903/vsgma.2021.1.25>.
13. Ладыгина Е.Я., Сафронич Л.Н., Отрященко В.Э. и др. Химический анализ лекарственных растений. М., 1983. 176 с.
14. Самылина И.А., Баландина И.А. Пути использования лекарственного растительного сырья и его стандартизация // Фармация. 2004. №2. С. 39–41.
15. Косман В.М., Зенкевич И.Г. Количественное экстракционно-спектрофото-метрическое определение суммарного содержания фенилпропаноидов в присутствии флавоноидов в экстрактивных веществах некоторых лекарственных растений // Растительные ресурсы. 2001. №4. С. 123–129.
16. Куркин В.А., Авдеева Е.В. Проблемы стандартизации растительного сырья и препаратов, содержащих фенилпропаноиды // Фармация. 2009. №1. С. 51–54.
17. Коренская И.М., Ивановская Н.П., Измалкова И.Е., Мальцева А.А., Каракозова С.А. Фитохимический анализ лекарственного растительного сырья. Воронеж, 2012. 77 с.

Поступила в редакцию 23 сентября 2024 г.

После переработки 9 декабря 2024 г.

Принята к публикации 16 декабря 2024 г.

Glebova N.N., Kurdyukov E.E.*, Finaenova N.V., Mitishev A.V., Selezneva Yu.A., Frindak K.A. METHOD OF QUANTITATIVE DETERMINATION OF THE AMOUNT OF PHENYLPROPANOIDS IN THE RAW MATERIALS OF THE LOPHANT

Penza State University, Krasnaya St., 40, Penza, 440026, Russia, e.e.kurdyukov@mail.ru

The dried herb of the *Lophanthus tibeticus*, sem. *Lamiaceae*. The raw materials of the lophant grown in the Penza region were studied. The purpose of this work is to determine the amount of phenylpropanoids in the herb of the lophant by spectrophotometry.

The quantitative determination of the amount of phenylpropanoids in the herb of the lophant by differential spectrophotometry was carried out. The presence of phenylpropanoids was confirmed by differential spectrophotometry in extracts from the herb lophant, the analytical maxima of the compounds studied were determined 290 and 330 nm. The optimal conditions for the extraction of phenylpropanoids from the raw materials of this plant are justified (extractant – ethyl alcohol 40%; the ratio of "raw material – extractant" is 1 : 200; extraction time is 90 minutes; the degree of grinding of raw materials is 1.0 mm). It was determined that the average error in determining the content of phenylpropanoids in the herb of the lophant with a confidence probability of 95% is $\pm 1.39\%$. It was revealed that the content of phenylpropanoids in the herb of the lophant is 4.79%.

Keywords: *Lophanthus tibeticus*, phenylpropanoids, spectrophotometry, chlorogenic acid.

For citing: Glebova N.N., Kurdyukov E.E., Finaenova N.V., Mitishev A.V., Selezneva Yu.A., Frindak K.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 3, pp. 151–156. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250315859>.

References

1. Zapesochная G.G., Kurkin V.A., Boyko V.P., Kolchir V.K. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 1995, vol. 29, no. 4, pp. 47–50. (in Russ.).
2. Kurkin V.A., Varina N.R., Avdeyeva Ye.V., Ruzayeva I.V. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2023, vol. 11, no. 5, pp. 399–411. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2023-11-5-399-411>. (in Russ.).
3. Kurkin V.A., Dubishchev A.V., Yezhkov V.N., Titova I.N. *Rastitel'nyye resursy*, 2007, vol. 43, no. 3, pp. 130–139. (in Russ.).
4. Petrina O.V., Chulkova V.V. *Landshaftnyy dizayn i dekorativnoye sadovodstvo: sbornik tezisov*. [Landscape design and ornamental gardening: collection of abstracts]. Ekaterinburg, 2020, pp. 75–77. (in Russ.).
5. Kotugin Ye.K., Karpukhin M.Yu. *Molodezh' i nauka*, 2019, no. 9, p. 33. (in Russ.).
6. Madebeykin I.I., Madebeykin I.N. *Pchelovodstvo*, 2024, no. 4, p. 22. (in Russ.).
7. Simakov D.A., Poyarkova N.M. *Landshaftnyy dizayn i dekorativnoye sadovodstvo: sbornik tezisov*. [Landscape design and ornamental gardening: collection of abstracts]. Ekaterinburg, 2020, pp. 42–43. (in Russ.).

* Corresponding author.

8. *Gosudarstvennaya farmakopeya RF. XIV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV ed.]. Moscow, 2018, vol. 1, 1814 p. (in Russ.).
9. Kurkin V.A., Avdeyeva Ye.V., Zapesochaya G.G., Yezhkov V.N. *Fenilpropanoidy lekarstvennykh rasteniy: monografiya*. [Phenylpropanoids of medicinal plants: monograph]. Samara, 2005, 126 p. (in Russ.).
10. Kurkin V.A. *Khimiya prirodnikh soyedineniy*, 2003, no. 2, pp. 87–110. (in Russ.).
11. Kurdyukov Ye.Ye., Vodop'yanova O.A., Mitishev A.V. i dr. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020, no. 3, pp. 115–121. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020037141>. (in Russ.).
12. Kurdyukov Ye.Ye., Mitishev A.V., Vodop'yanova O.A. i dr. *Vestnik Smolenskoy gosudarstvennoy meditsinskoy akademii*, 2021, vol. 20, no. 1, pp. 168–174. <https://doi.org/10.37903/vsgma.2021.1.25>. (in Russ.).
13. Ladygina Ye.Ya., Safronich L.N., Otryashenkova V.E. i dr. *Khimicheskiy analiz lekarstvennykh rasteniy*. [Chemical analysis of medicinal plants]. Moscow, 1983, 176 p. (in Russ.).
14. Samylina I.A., Balandina I.A. *Farmatsiya*, 2004, no. 2, pp. 39–41. (in Russ.).
15. Kosman V.M., Zenkevich I.G. *Rastitel'nyye resursy*, 2001, no. 4, pp. 123–129. (in Russ.).
16. Kurkin V.A., Avdeyeva Ye.V. *Farmatsiya*, 2009, no. 1, pp. 51–54. (in Russ.).
17. Korenskaya I.M., Ivanovskaya N.P., Izmailova I.Ye., Mal'tseva A.A., Karakozova S.A. *Fitokhimicheskiy analiz lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya*. [Phytochemical analysis of medicinal plant materials]. Voronezh, 2012, 77 p. (in Russ.).

Received September 23, 2024

Revised December 9, 2024

Accepted December 16, 2024

Сведения об авторах

Глебова Наталья Николаевна – старший преподаватель кафедры общей и клинической фармакологии, natali.glebova@gmail.com

Курдюков Евгений Евгеньевич – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры общей и клинической фармакологии, e.e.kurdyukov@mail.ru

Финаёнова Надежда Валерьевна – аспирант, lafaso98@mail.ru

Митишев Александр Владимирович – старший преподаватель кафедры общей и клинической фармакологии, smitishev@mail.ru

Селезнева Юлия Алексеевна – студент, ulia_selezneva03@mail.ru

Фриндак Кристина Артуровна – студент, kristina_f_2002@mail.ru

Information about authors

Glebova Natalia Nikolaevna – Senior Lecturer of the Department of General and Clinical Pharmacology, natali.glebova@gmail.com

Kurdyukov Evgeny Evgenievich – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of General and Clinical Pharmacology, e.e.kurdyukov@mail.ru

Finaenova Nadezhda Valeryevna – Postgraduate Student, lafaso98@mail.ru

Mitishev Aleksandr Vladimirovich – Senior Lecturer of the Department of General and Clinical Pharmacology, smitishev@mail.ru

Selezneva Yulia Alekseevna – Student, ulia_selezneva03@mail.ru

Frindak Kristina Arturovna – Student, kristina_f_2002@mail.ru