



Идентификация и количественное определение стероидного сапогенина диосгенина методом ВЭТСХ в корневищах с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky и *Dioscorea nipponika* Makino

А. Е. Суханов¹✉, В. В. Сепп², К. С. Бакулин², А. Е. Крашенинников², С. В. Убушаев²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации [ФГБОУ ВО СГМУ (г. Архангельск) Минздрава России]. 163000, Россия, Архангельская область, г. Архангельск, пр-т Троицкий, д. 51

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации [ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)]. 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6

✉ Контактное лицо: Суханов Антон Евгеньевич. E-mail: docpharmanton@hotmail.com

ORCID: А. Е. Суханов – <https://orcid.org/0000-0002-6214-307X>;
В. В. Сепп – <https://orcid.org/0009-0009-7055-6761>;
К. С. Бакулин – <https://orcid.org/0009-0007-8138-7583>;
А. Е. Крашенинников – <https://orcid.org/0000-0002-7791-6071>;
С. В. Убушаев – <https://orcid.org/0009-0000-5323-4247>.

Статья поступила: 26.06.2025

Статья принята в печать: 18.12.2025

Статья опубликована: 19.12.2025

Резюме

Введение. В оригинальной статье представлены результаты экспериментального исследования, проведенного с использованием метода высокоэффективной тонкослойной хроматографии (ВЭТСХ), растительных образцов – корневищ с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky, *Dioscorea nipponika* Makino. Данные виды диоскорей используются в различных областях медицины в качестве фунгицидного, антимикробного, а также антисклеротического средства. Метод ВЭТСХ используется на этапе скрининга растительных образцов для предварительной идентификации и денситометрического количественного определения диосгенина в растительных экстрактах.

Цель. Разработка ВЭТСХ-методики количественной оценки содержания диосгенина после проведения кислотного гидролиза экстрактов в воздушно-сухом сырье – корневищах с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky, *Dioscorea nipponika* Makino.

Материалы и методы. Экстракты получали путем предварительного обезжиривания и депигментирования воздушно-сухого сырья корневищ с корнями изучаемых видов диоскорей дихлорметаном х.ч. с последующим двойным экстрагированием. Первое экстрагирование проводили в среде 50%-го водного раствора изопропанола х.ч. при озвучивании ультразвуком с последующим проведением кислотного гидролиза О-гликозидных связей, упариванием. Второе экстрагирование проводили путем перерастворения сухого остатка в метаноле х.ч.; очищали от взвешенных частиц фильтрованием через шприцевые фильтры с диаметром перфораций 20 мкм. ВЭТСХ осуществляли на аппаратном комплексе САМАГ (Швейцария) с использованием пластин НРТLC Aluminium sheets Silica gel 60 F254, 20 × 20 см, которые разрезали до размера 20 × 10 см.

Результаты и обсуждение. После проведения сканирующей денситометрии при 366 и 542 нм было установлено, что хроматографирование метанольных извлечений в системе растворителей толуол х.ч. – хлороформ х.ч. – ацетон х.ч. (2:8:2 по объему) позволяет удовлетворительно провести разделение и последующее денситометрическое количественное определение диосгенина. Сравнение треков растительных экстрактов корневищ с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky и *Dioscorea nipponika* Makino проводили со стандартным образцом диосгенина.

Заключение. Проведенное исследование позволило установить, что содержание стероидного сапогенина диосгенина в воздушно-сухом сырье *Dioscorea nipponika* Makino (286,4–296,3 мкг/г) незначительно преобладает над его содержанием в сырье *Dioscorea caucasica* Lipsky (257–277,1 мкг/г). Полученные количественные значения, рассчитанные отдельно по высоте и площади пиков, демонстрируют хорошую сходимость, что подтверждает корректность методики. Разработанный метод высокоэффективной тонкослойной хроматографии с денситометрическим детектированием диосгенина может быть рекомендован для рутинного количественного анализа данного соединения в растительном сырье.

Ключевые слова: диосгенин, корневища с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky и *Dioscorea nipponika* Makino, ВЭТСХ

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. А. Е. Суханов – разработка дизайна исследования, написание статьи, проведение исследования на приборном комплексе по ВЭТСХ САМАГ (Швейцария). В. В. Сепп – написание статьи. К. С. Бакулин – сбор данных, написание статьи. А. Е. Крашенинников – рецензирование и редактирование статьи. С. В. Убушаев – написание статьи.

Финансирование. Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Северного государственного медицинского университета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Для цитирования: Суханов А. Е., Сепп В. В., Бакулин К. С., Крашенинников А. Е., Убушаев С. В. Идентификация и количественное определение стероидного сапогенина диосгенина методом ВЭТСХ в корневищах с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky и *Dioscorea nipponika* Makino. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2026;15(1):115–123. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2026-15-1-2129>

Identification and quantification of the steroidal sapogenin diosgenin by HPTLC in rhizomes with roots of *Dioscorea caucasica* Lipsky and *Dioscorea nipponika* Makino

Anton E. Sukhanov¹✉, Vladislav V. Sepp², Konstantin S. Bakulin²,
Anatoliy E. Krasheninnikov², Sandji V. Ubushaev²

¹ Northern State Medical University, 51, prospekt Troitsky, Arkhangelsk, Arkhangelsk region, 163000, Russia

² Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «N. I. Pirogov Russian National Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (FSAEI HE N. I. Pirogov RNRMU MOH Russia). 1/6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia

✉ **Corresponding author:** Anton E. Sukhanov. **E-mail:** docpharmanton@hotmail.com

ORCID: Anton E. Sukhanov – <https://orcid.org/0000-0002-6214-307X>;
Vladislav V. Sepp – <https://orcid.org/0009-0009-7055-6761>;
Konstantin S. Bakulin – <https://orcid.org/0009-0007-8138-7583>;
Anatoliy E. Krasheninnikov – <https://orcid.org/0000-0002-7791-6071>;
Sandji V. Ubushaev – <https://orcid.org/0009-0000-5323-4247>.

Received: 26.06.2025

Accepted: 18.12.2025

Published: 19.12.2025

Abstract

Introduction. The original article presents the results of an experimental study conducted using the method of high-performance thin-layer chromatography (HPTLC) on plant samples – rhizomes with roots of *Dioscorea caucasica* Lipsky and *Dioscorea nipponika* Makino. These species of *Dioscorea* are used in various fields of medicine as fungicides, antimicrobials, and anti-sclerotic agents. The HPTLC method is used at the screening stage of plant samples for preliminary identification and densitometric quantitative determination of diosgenin in plant extracts.

Aim. Development of a HPTLC methodology for quantitative assessment of diosgenin content after acid hydrolysis of extracts in air-dried raw materials – rhizomes with roots of *Dioscorea caucasica* Lipsky and *Dioscorea nipponika* Makino.

Materials and methods. The extracts were obtained by preliminary degreasing and depigmentation of air-dried rhizomes with roots of the studied *Dioscorea* species using high-purity dichloromethane, followed by double extraction. The first extraction was carried out in a 50 % aqueous solution of isopropanol with ultrasonication, followed by acid hydrolysis of O-glycosidic bonds and evaporation. The second extraction was carried out by redissolving the dry residue in methanol; it was purified from suspended particles by filtration through syringe filters with a perforation diameter of 20 µm. HPTLC was performed on a «CAMAG» (Switzerland) apparatus using HPTLC Aluminum sheets Silica gel 60 F254 20 × 20 cm, which were cut to a size of 20 × 10 cm.

Results and discussion. After performing scanning densitometry at 366 and 542 nm, it was established that the chromatography of methanol extracts in a toluene-chloroform-acetone solvent system (2:8:2 v/v) allows for satisfactory separation and subsequent densitometric quantitative determination of diosgenin. The tracks of plant extracts from the rhizomes and roots of *Dioscorea caucasica* Lipsky and *Dioscorea nipponika* Makino were compared with a standard sample of diosgenin.

Conclusion. The study found that the content of the steroid sapogenin diosgenin in air-dried *Dioscorea nipponika* Makino raw material (286,4–296,3 µg/g) slightly exceeds its content in *Dioscorea caucasica* Lipsky raw material (257–277,1 µg/g). The quantitative values obtained, calculated separately for peak height and area, show good convergence, confirming the correctness of the method. The developed method of high-performance thin-layer chromatography with densitometric detection of diosgenin can be recommended for routine quantitative analysis of this compound in plant raw materials.

Keywords: diosgenin, rhizomes with roots of *Dioscorea caucasica* Lipsky and *Dioscorea nipponika* Makino, HPTLC

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Anton E. Sukhanov – development of the study design, writing the article, conducting the study on the HPTLC instrument complex CAMAG (Switzerland). Vladislav V. Sepp – article writing. Konstantin S. Bakulin – data collection, article writing. Anatoliy E. Krasheninnikov – reviewing and editing the article. Sandji V. Ubushaev – article writing.

Funding. This work was supported by the budget of the Northern State Medical University. No additional grants were received for the conduct or management of this specific study.

For citation: Sukhanov A. E., Sepp V. V., Bakulin K. S., Krasheninnikov A. E., Ubushaev S. V. Identification and quantification of the steroidal sapogenin diosgenin by HPTLC in rhizomes with roots of *Dioscorea caucasica* Lipsky and *Dioscorea nipponika* Makino. *Drug development & registration*. 2026;15(1):115–123. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2026-15-1-2129>

ВВЕДЕНИЕ

Диоскорея кавказская (*Dioscorea caucasica* Lipsky) и диоскорея ниппонская (*Dioscorea nipponika* Makino) являются растительными источниками нативного диосцина, агликоном которого является диосгенин. В ряде исследований отмечены фармакологические свойства диосгенина, такие как фунгицидные, цитотоксические и антимикробные. *Dioscorea caucasica* Lipsky является эндемичным видом Закавказья, окрестностей города Сочи в России и распространена на территории республики Абхазии. *Dioscorea nipponika* Makino является эндемичным видом Дальнего Востока России и сопредельных государств.

Целью нашего исследования была разработка ВЭТСХ-методики количественной оценки содержания диосгенина после проведения кислотного гидролиза экстрактов в воздушно-сухом сырье – корневищах с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky, *Dioscorea nipponika* Makino.

Промышленное значение среди стероидных сапогенинов имеет диосгенин, который получают из корневищ с корнями некоторых видов диоскорей [1]. Основными поставщиками корневищ с корнями видов диоскорей являются Мексика, страны Центральной Америки, Индия и Китай, где массово заготавливают данный вид сырья из производящих растений, таких как *Dioscorea composita*, *D. floribunda*, *D. tepinapensis*, *D. prazeri*, *D. sylvatica*, *D. belizensis*, *D. zingiberensis* [1]. Кроме корневищ с корнями видов диоскорей, для малотоннажного производства диосгенина используют и другие виды растительного сырья, например траву паслена, корневища с корнями ямса, семена пажитника сеного, листья и корневища с корнями видов юкк (юкка славная, юкка Треккуля, юкка узколистная, юкка сизая и т. п.). Корневища с корнями видов диоскореи, в том числе кавказской и ниппонской, широко используются в медицине. Важной характеристикой стероидных

спироаноловых гликозидов, которая лежит в основе их биологической активности, является склонность к образованию комплексов со стеринами. В просвете желудочно-кишечного тракта диосгенин способен образовывать комплексы с холестерином, поступающим с пищей. Кроме того, стероидные сапонины демонстрируют широкий спектр биологических эффектов, включая антимикробное, противоопухолевое и гемолитическое действие, купирование симптомов аутоиммунных заболеваний в эксперименте и противовоспалительное действие [1–6].

Медицинская и фармацевтическая промышленность проявляет большой интерес к диосгенину, активному вторичному метаболиту растительных клеток. В биотехнологии это соединение выступает в качестве исходного субстрата (прекурсора) для получения стероидных гормонов [7–10].

Метод ВЭТСХ является хорошей альтернативой колоночным методам хроматографии (высокоэффективной жидкостной и газо-жидкостной хроматографии), поскольку он является экономичным (отсутствие необходимости приобретать дорогостоящие колонки), экспрессным (одновременно можно анализировать несколько десятков растительных экстрактов на одной пластине), менее трудоемким по сравнению с колоночными видами хроматографии, используется в стандартизации растительных экстрактов и растительных настоек по методу «отпечатков пальцев» [11–14].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Стандарт диосгенина (чистота >99 %) был получен от PhytoLab (Германия). Растворители для экстракции и проведения ВЭТСХ, такие как изопропанол х.ч., метанол х.ч., толуол х.ч., ацетон х.ч., хлороформ х.ч., кислота серная, были приобретены у компании АО «ВЕКТОН» (Россия) и ООО «Компонент-Реактив» (Россия). Воду очищали при помощи установки для

получения воды аналитического качества УПВА-5 (ООО ПФ «Ливам», Россия). Растительный материал (корневища с корнями в рубленном виде) был приобретен у двух российских компаний: диоскореи кавказской – у ООО «Шалфей» (г. Иркутск, без серии, собранные летом 2017 года), диоскореи ниппонской – у ООО «Старослав» (г. Бердск, серия 010417, собранные летом 2016 года).

Методика экстрагирования стероидных сапонинов подробно описана в статье [15]. Методика кислотного гидролиза О-гликозидной связи, равно как и альтернативные методы экстракции стероидных сапонинов, описаны в источнике [1]. После кислотного гидролиза изопропаноловый экстракт упаривали в открытых пробирках досуха, взвешивали на аналитических весах (точная навеска), после приливали 10 мл метанола х.ч. Для удаления взвешенных частиц из полученного метанольного раствора использовали фильтры нейлоновые шприцевые Labfil 0,22 мкм диаметром 25 мм для фильтрования водных и органических растворов, серия C0000279, лот K11182SF (Labfil, Китай).

Приготовление раствора СО диосгенина. Для приготовления раствора стандарта диосгенина с концентрацией 1 мг/мл берут точную навеску 20 мг стандарта диосгенина и растворяют в 20 мл метанола. Отбирают 2,5 мл раствора с концентрацией 1 мг/мл и доводят метанолом до объема 10 мл (раствор диосгенина с концентрацией 0,25 мг/мл).

Для идентификации и количественного денситометрического определения диосгенина в растительных извлечениях диоскореи кавказской и диоскореи ниппонской была использована методика высокоэффективной тонкослойной хроматографии, которая ранее успешно применялась для определения данного соединения в растительных извлечениях других растительных организмов [16–20].

Использованы высокоэффективные пластины на алюминиевой фольге HPTLC Aluminium sheets Silica gel 60 F254, 20 × 20 см, которые нарезались на сегменты форматом 20 × 10 см. Толщина слоя силикагеля на пластинах – 150–200 мкм.

Нанесение: аппликатор Automatic TLC Sampler 4 (CAMAG, Швейцария), тип нанесения – Spray. Ширина штриха – 6 мм, отступ слева – 15 мм, отступ от нижнего края пластины – 10 мм, дистанция между треками – 10 мм, число треков – 12. Расстояние между треками – 6 мм. Техника разделения – восходящая. Раствор стандартного образца диосгенина с концентрацией 0,25 мг/мл наносился объемами 1,5; 2; 2,5 мкл.

Элюирование: автоматическая камера Automatic Developing Chamber 2 (CAMAG, Швейцария) с блоком контроля влажности при 31,5 %, температура в камере – 24 °С, насыщение (saturation) камеры – 5 мин (с фильтровальной бумагой) – 25 мл подвижной фазы, элюирование (development) – 10 мл подвижной фазы, сушка – 5 мин.

Состав подвижной фазы: толуол – хлороформ – ацетон (2:8:2 по объему). Дистанция фронта элюента – 80 мм.

Дериватизация: устройство для иммерсии Chromatogram Immersion Device III (CAMAG, Швейцария). Параметры: время – 2 с, скорость – 1. Метод дериватизации – иммерсия (погружение). Реагент – кислота серная концентрированная: вода:метанол в соотношении 20 мл – 170 мл – 10 мл соответственно. Реактивы предварительно охлаждают и смешивают при охлаждении. После иммерсии нагревание пластины проводится в течение 10 мин при температуре 105–110 °С.

Документирование: система документирования TLC Visualizer (CAMAG, Швейцария). Чистая пластина, пластина после элюирования и пластина после дериватизации фотографировалась в трех режимах: УФ254, УФ366 и white R (в режиме «белого света»).

Денситометрия: спектроденситометр TLC Scanner 4 (CAMAG, Швейцария) с программным обеспечением winCATS в режиме поглощения при 542 нм с вольфрамовой лампой, в режиме флуоресценции при 366 нм с ртутной лампой.

Количественное определение диосгенина в пробе проводили с использованием многоточечной калибровки. Для повышения точности результатов калибровочные зависимости строили отдельно по высоте и площади пиков. Выбор параметра сигнала (высота или площадь пика) проводили путем сравнения величин коэффициента корреляции и коэффициента вариации (CV) с максимальным первым и минимальным вторым коэффициентом одновременно.

Статистический анализ. Эксперименты проводились в трех повторениях, и переменные были представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения, а также для средних арифметических были рассчитаны 95 % доверительные интервалы.

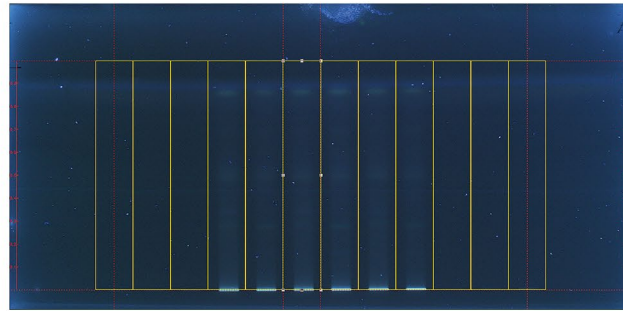
РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Расчет содержания диосгенина в экстрактах корневищ с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky и *Dioscorea nipponika* Makino.

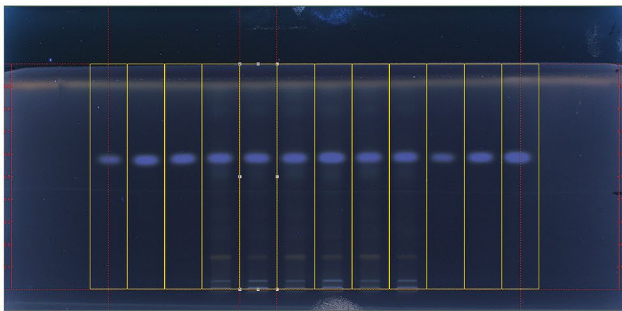
В ходе исследования фотографирование пластин осуществлялось после элюирования при 366 нм, а также после дериватизации при 366 нм и в видимой области спектра – в режиме white R (рисунок 1).

Для сравнения чистоты спектров пятен-штрихов стандартного образца диосгенина и аналогичных пятен-штрихов диосгенина в экстрактах двух видов диоскореи после дериватизации был выполнен спектральный анализ при длине волны 542 нм, который показывает, что спектры треков стандарта и образцов практически идентичны (рисунок 2).

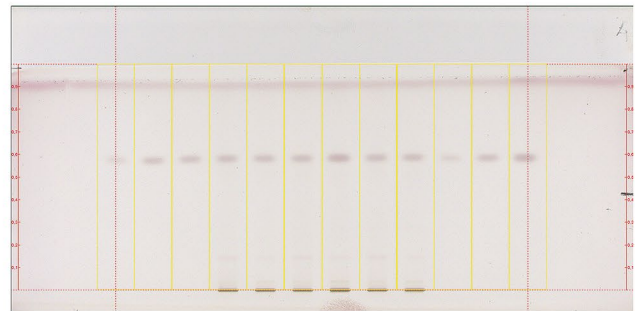
Экстремумы длин волн лежат в интервале от 541 до 545 нм. Разброс значений экстремумов объясняется различной концентрацией диосгенина в растворах стандартов с учетом объемов нанесения. При



A
A



B
B



B
C

Рисунок 1. Фотографии пластин:

A – после элюирования при 366 нм; Б – после дериватизации при 366 нм; В – после дериватизации в режиме white R

Figure 1. Photographs of plates:

A – after elution at 366 nm; B – after derivatization at 366 nm; C – after derivatization in white R mode

большем содержании диосгенина (независимо, стандарт или проба) экстремумы полос поглощения наблюдаются около 541 нм.

С целью количественного определения содержания диосгенина в корневищах с корнями двух видов диоскореи, *Dioscorea caucasica* Lipsky и *Dioscorea nipponika* Makino, были получены растительные извлечения, которые в дальнейшем подвергались кис-

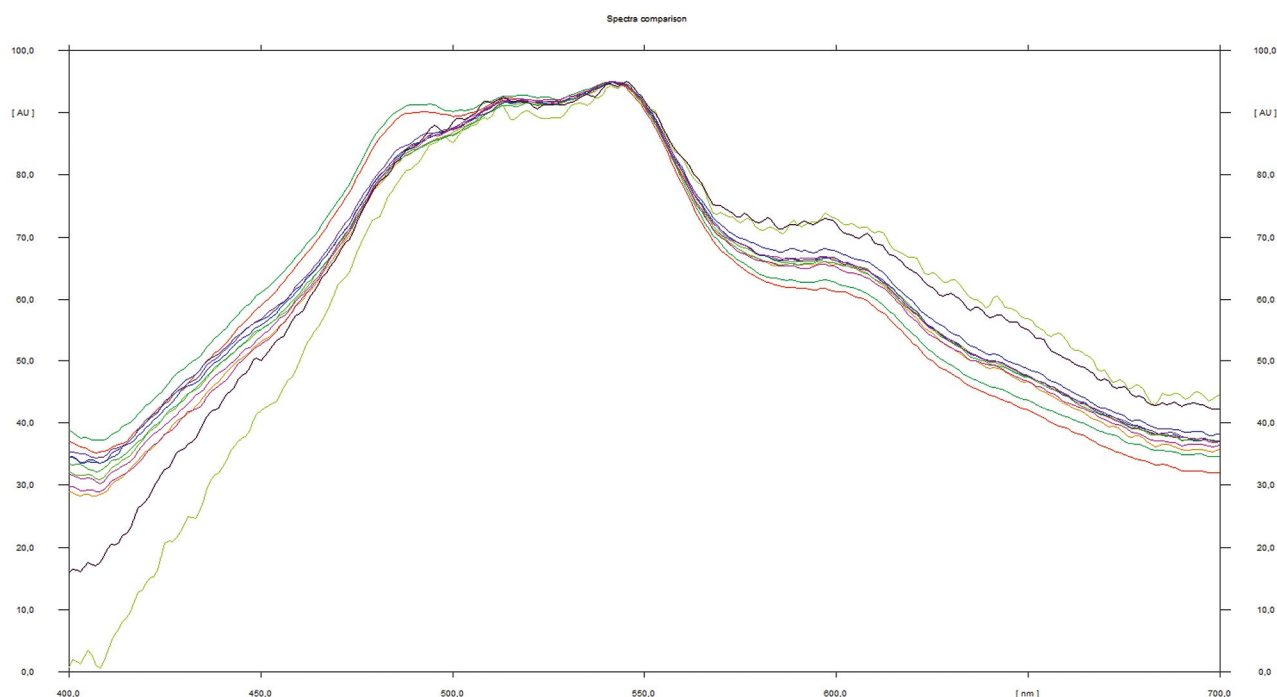
лотному гидролизу для разрыва O-гликозидных связей в молекулах стероидных гликозидов, содержащих в качестве агликонов стероидный сапогенин диосгенин [1, 2].

В таблицах 1 и 2 приведены данные денситометрии ($n=3$) для экстракта из корневищ с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky по высоте и площади пиков при длинах волн 366 нм и 542 нм соответственно.

Таблица 1. Параметры денситометрии экстракта корневищ с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky при длине волны 366 нм

Table 1. Densitometry parameters of the extract of rhizomes with roots *Dioscorea caucasica* Lipsky at a wavelength of 366 nm

Трек Track	Объем для нанесения, мкл Volume for application, μl	Высота пика, AU Peak height, AU	Расчет содержания (по высоте пика), нг/пятно Calculation of content (by peak height), ng/spot	Площадь пика, AU Peak area, AU	Расчет содержания (по площади пика), нг/пятно Calculation of content (by peak area), ng/spot
4	2	355,60	495,50	8704,04	554,30
6	2	363,13	509,12	7996,86	502,58
8	2	368,86	519,48	8534,93	541,93
M (σ)	2	362,53	508,033 (12,03) $\pm\Delta x = 478,15-537,92$	8411,94	532,94 (27,01) $\pm\Delta x = 465,84-600,04$



A
A

Track	Rf	Assigned Substance	Max. Signal	Color Hex
1	0,59	Diosgenin	80 AU @ 545 nm	
2	0,59	Diosgenin	189 AU @ 542 nm	
3	0,6	Diosgenin	190 AU @ 541 nm	
4	0,6	Diosgenin	205 AU @ 541 nm	
5	0,59	Diosgenin	194 AU @ 542 nm	
6	0,59	Diosgenin	204 AU @ 541 nm	
7	0,59	Diosgenin	272 AU @ 541 nm	
8	0,59	Diosgenin	200 AU @ 542 nm	
9	0,59	Diosgenin	184 AU @ 542 nm	
10	0,59	Diosgenin	65 AU @ 545 nm	
11	0,59	Diosgenin	176 AU @ 541 nm	
12	0,59	Diosgenin	253 AU @ 541 nm	

B
B

Рисунок 2. Спектры стандарта диосгенина и спектры диосгенина в экстрактах *Dioscorea caucasica* Lipsky и *Dioscorea nipponica* Makino при 542 нм.

A – спектральный рисунок; B – значения максимальных сигналов для каждого из треков и его цветовая маркировка. Треки 1, 2, 3, 10, 11 и 12, нанесенные в объемах 1 мкл (треки 1 и 10), 2 мкл (треки 2 и 11) и 3 мкл (треки 3 и 12), принадлежат стандартному раствору диосгенина с концентрацией 0,25 мг/мл, треки 4, 6 и 8 принадлежат диосгенину из извлечения корневищ с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky, треки 5, 7 и 9 принадлежат диосгенину из извлечения корневищ с корнями *Dioscorea nipponica* Makino

Figure 2. Spectra of the diosgenin standard and spectra of diosgenin in extracts of *Dioscorea caucasica* Lipsky and *Dioscorea nipponica* Makino at 542 nm.

A – Spectral pattern; B – maximum signal values for each track and its color coding. Tracks 1, 2, 3, 10, 11, and 12 belong to the standard diosgenin solution with a concentration of 0.25 mg/ml, applied in volumes of 1 µl (tracks 1 and 10), 2 µl (tracks 2 and 11) and 3 µl (tracks 3 and 12), tracks 4, 6, and 8 belong to diosgenin from the extract of rhizomes with roots of *Dioscorea caucasica* Lipsky, tracks 5, 7, and 9 belong to diosgenin from the extract of rhizomes with roots of *Dioscorea nipponica* Makino

Таблица 2. Параметры денситометрии экстракта корневищ с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky при длине волны 542 нм

Table 2. Densitometry parameters of the extract of rhizomes with roots *Dioscorea caucasica* Lipsky at a wavelength of 542 nm

Трек Track	Объем для нанесения, мкл Volume for application, μl	Высота пика, AU Peak height, AU	Расчет содержания (по высоте пика), нг/пятно Calculation of content (by peak height), ng/spot	Площадь пика, AU Peak area, AU	Расчет содержания (по площади пика), нг/пятно Calculation of content (by peak area), ng/spot
4	2	115,39	517,09	2680,10	552,78
6	2	116,82	524,94	2668,19	550,17
8	2	116,02	520,54	2638,82	543,76
M (σ)	2	116,08	520,86 (3,93) $\pm\Delta x = 511,10-530,62$	2662,37	548,90 (4,64) $\pm\Delta x = 537,37-560,43$

Таблица 3. Параметры денситометрии экстракта корневищ с корнями *Dioscorea nipponica* Makino при длине волны 366 нм

Table 3. Densitometry parameters of the extract of rhizomes with roots *Dioscorea nipponica* Makino at a wavelength of 366 nm

Трек Track	Объем для нанесения, мкл Volume for application, μl	Высота пика, AU Peak height, AU	Расчет содержания (по высоте пика), нг/пятно Calculation of content (by peak height), ng/spot	Площадь пика, AU Peak area, AU	Расчет содержания (по площади пика), нг/пятно Calculation of content (by peak area), ng/spot
5	2	355,84	495,93	8314,90	525,84
7	2	362,53	507,96	8382,58	530,90
9	2	369,03	519,79	8452,27	535,89
M (σ)	2	362,47	507,89 (11,93); $\pm\Delta x = 478,26-537,53$	8383,25	530,88 (5,03); $\pm\Delta x = 518,39-543,36$

В таблицах 3 и 4 приведены данные денситометрии ($n = 3$) для экстракта из корневищ с корнями *Dioscorea nipponica* Makino по высоте и площади пиков при длинах волн 366 нм и 542 нм соответственно.

Для подсчета содержания в воздушно-сухом сырье корневищ с корнями изучаемых видов диоскорей стероидного сапогенина диосгенина используют пе-

ременные: влажность сырья корневищ с корнями диоскорей кавказской – 5,05 %, корневищ с корнями диоскорей ниппонской – 11,65 %.

Содержание диосгенина в корневищах с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky с использованием точной навески высушенного сырья 0,5050 г отражено в таблице 5.

Таблица 4. Параметры денситометрии экстракта корневищ с корнями *Dioscorea nipponica* Makino при длине волны 542 нм

Table 4. Densitometry parameters of the extract of rhizomes with roots *Dioscorea nipponica* Makino at a wavelength of 542 nm

Трек Track	Объем для нанесения, мкл Volume for application, μl	Высота пика, AU Peak height, AU	Расчет содержания (по высоте пика), нг/пятно Calculation of content (by peak height), ng/spot	Площадь пика, AU Peak area, AU	Расчет содержания (по площади пика), нг/пятно Calculation of content (by peak area), ng/spot
5	2	112,82	502,94	2535,08	519,19
7	2	114,73	512,91	2526,35	518,73
9	2	114,63	508,90	2543,52	522,94
M (σ)	2	114,06	508,25 (5,02); $\pm\Delta x = 495,79-520,71$	2 534,98	520,29 (2,31); $\pm\Delta x = 514,55-526,02$

Таблица 5. Содержание диосгенина в корневищах с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky

Table 5. Diosgenin content in rhizomes with roots *Dioscorea caucasica* Lipsky

По высоте пика при 366 нм, мкг/г By peak height at 366 nm, µg/g	По площади пика при 366 нм, мкг/г By peak area at 366 nm, µg/g	По высоте пика при 542 нм, мкг/г By peak height at 542 nm, µg/g	По площади пика при 542 нм, мкг/г By peak area at 542 nm, µg/g
253,8	266,2	260,2	287,9

Среднее содержание диосгенина в воздушно-сухом сырье корневищ с корнями *Dioscorea caucasica* Lipsky по высоте пика составляет 257 мкг/г, по площади пика составляет 277,1 мкг/г.

Содержание диосгенина в корневищах с корнями *Dioscorea nipponica* Makino с использованием точной навески высушенного сырья 0,5070 г отражено в таблице 6.

Таблица 6. Содержание диосгенина в корневищах с корнями *Dioscorea nipponica* Makino

Table 6. Diosgenin content in rhizomes with roots *Dioscorea nipponica* Makino

По высоте пика при 366 нм, мкг/г By peak height at 366 nm, µg/g	По площади пика при 366 нм, мкг/г By peak area at 366 nm, µg/g	По высоте пика при 542 нм, мкг/г By peak height at 542 nm, µg/g	По площади пика при 542 нм, мкг/г By peak area at 542 nm, µg/g
286,3	299,2	286,5	293,3

Среднее содержание диосгенина в воздушно-сухом сырье корневищ с корнями *Dioscorea nipponica* Makino по высоте пика составляет 286,4 мкг/г, по площади пика составляет 296,3 мкг/г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило установить, что содержание стероидного сапогенина диосгенина в воздушно-сухом сырье *Dioscorea nipponica* Makino (286,4–296,3 мкг/г) незначительно преобладает над его содержанием в сырье *Dioscorea caucasica* Lipsky (257–277,1 мкг/г). Полученные количественные значения, рассчитанные отдельно по высоте и площади пиков, демонстрируют хорошую сходимос-ть, что подтверждает корректность методики. Разработанный метод высокоэффективной тонкослойной хроматографии с денситометрическим детектированием диосгенина может быть рекомендован для рутинного количественного анализа данного соединения в растительном сырье.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCE

- Zhang X., Zhang Y., Guo Y., Xue P., Xue Z., Zhang Y., Zhang H., Ito Y., Dou J., Guo Z. Research progress of diosgenin extraction from *Dioscorea zingiberensis* C. H. Wright: Inspiration of novel method with environmental protection and efficient characteristics. *Steroids*. 2023;192:109181. DOI: 10.1016/j.steroids.2023.109181.
- Zhou L., Luo J., Wei Y., Han L., Sun A., Zhang M., Hu D., Yang H., Tang R., Xie P., Zhao L. *Dioscorea nipponica* Makino: Unraveling multi-target mechanisms and clinical potential in autoimmune disease therapy. *Journal of ethnopharmacology*. 2025;353:120272. DOI: 10.1016/j.jep.2025.120272.
- Cai M., Mao Y., Gao W., Wang Z., Mao J., Sha R. Insights into diosgenin against inflammatory bowel disease as functional food based on network pharmacology and molecular docking. *Heliyon*. 2024;10(18):e37937. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e37937.
- Nazir R., Kumar V., Dey A., Pandey D. K. HPTLC quantification of diosgenin in *Dioscorea deltoidea*: evaluation of extraction efficacy, organ selection, drying method and seasonal variation. *South African Journal of Botany*. 2021;138:386–393. DOI: 10.1016/j.sajb.2020.12.027.
- Dangwal L. R., Chauhan A. S. *Dioscorea deltoidea* Wall. *Exgriseb*. A highly threatened himalayan medicinal plant: an overview. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2015;6(1):452–460.
- Zhou Q., Sun H. J., Liu S. M., Jiang X. H., Wang Q. Y., Zhang S., Yu D. H. Anti-inflammation effects of the total saponin fraction from *Dioscorea nipponica* Makino on rats with gouty arthritis by influencing MAPK signalling pathway. *BMC Complement Medicine and Therapies*. 2020;20(1):261. DOI: 10.1186/s12906-020-03055-7.
- Raina A. P., Misra R. C. Evaluation of diosgenin, a bioactive compound from natural source of *Dioscorea species*: a wild edible tuber plant. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020;9(1):1120–1124.
- Naseem N., Khaliq T., Jan S., Nabi S., Sultan P., Hassan Q. P., Mir F. A. An overview on pharmacological significance, phytochemical potential, traditional importance and conservation strategies of *Dioscorea deltoidea*: A high valued endangered medicinal plant. *Heliyon*. 2024;10(10):e31245. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e31245.
- Techen N., Parveen I., Khan I. A. A single molecular marker to distinguish between species of *Dioscorea*. *Genome*. 2017;60(3):201–207. DOI: 10.1139/gen-2015-0105.
- Seeman J. I. Russell earl marker and the beginning of the steroidal pharmaceutical industry. *The Chemical Records*. 2023;23(4):e202300048. DOI: 10.1002/tcr.202300048.
- Krüger S., Hüsken L., Fornasari R., Scainelli I., Morlock G. E. Effect-directed fingerprints of 77 botanical extracts via a generic high-performance thin-layer chromatography method combined with assays and mass spectrometry. *Journal of Chromatography. A*. 2017;1529:93–106. DOI: 10.1016/j.chroma.2017.10.068.
- Oellig C., Schunck J., Schwack W. Determination of caffeine, theobromine and theophylline in Mate beer and Mate soft drinks by high-performance thin-layer chromatography. *Journal of Chromatography. A*. 2018;1533:208–212. DOI: 10.1016/j.chroma.2017.12.019.

13. Pandey D. K., Kaur P. Optimization of extraction parameters of pentacyclic triterpenoids from *Swertia chirata* stem using response surface methodology. *3 Biotech.* 2018;8(3):152. DOI: 10.1007/s13205-018-1174-6.
14. Kumar A., Pandey A., Gaur N. K., Vishwakarma S. K., Dalia S. S., Tiwari P., Valavan R. Development and validation of HPTLC fingerprint method for 16 homeopathic mother tinctures lacking standards. *Biomedical Chromatography.* 2025;39(10):E70194. DOI: 10.1002/bmc.70194.
15. Суханов А. Е., Крылов И. А., Сепп В. В., Бакулин К. С. Предварительный качественный анализ растительных образцов методом высокоэффективной тонкослойной хроматографии на присутствие стероидных сапогенинов некоторых представителей семейств диоскорейные, бобовые, лютиковые, мелантьевые и норичниковые. *Разработка и регистрация лекарственных средств.* 2024;3(1):159–174. DOI: 10.33380/2305-2066-2024-13-1-1433. [Sukhanov A. E., Krylov I. A., Sepp V. V., Bakulin K. S. Preliminary qualitative analysis of plant samples by high-performance thin-layer chromatography for the presence of steroid sapogenins of some representatives of the Dioscoreaceae, Fabaceae, Ranunculaceae, Melanthiaceae, Scrophulariaceae. *Drug development & registration.* 2024;13(1):159–174. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2024-13-1-1433.]
16. Kharat S. N., Singh R., Mendhulkar V. D. Quantitative analysis for diosgenin content in *Elephantopus scaber* (Linn.) by HPTLC using successive solvent extraction method. *Der Pharmacia Letter.* 2015;7(5):236–244.
17. Król-Kogus B., Lamine K. M., Migas P., Boudjeniba M., Krauze-Baranowska M. HPTLC determination of diosgenin in fenugreek seeds. *Acta Pharmaceutica.* 2018;68:97–107. DOI: 10.2478/acph-2018-0002.
18. Salunkhe R., Gadgoli C., Naik A., Patil N. Pharmacokinetic profile and oral bioavailability of diosgenin, charantin, and hydroxychalcone from a polyherbal formulation. *Frontiers in Pharmacology.* 2021;12:629272. DOI: 10.3389/fphar.2021.629272.
19. Nagamma T., Konuri A., Bhat K. M. R., Maheshwari R., Udupa P., Nayak Y. Modulation of inflammatory markers by petroleum ether fraction of *Trigonella foenum-graecum* L. seed extract in ovariectomized rats. *Journal of Food Biochemistry.* 2021;45:E13690. DOI: 10.1111/jfbc.13690.
20. Bhat M. H., Fayaz M., Kumar A., Dar A. A., Jain A. K. Development of an efficient micropropagation system for *Dioscorea bulbifera* L. and phytochemical profile of regenerated plants. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology.* 2022;20(1):107. DOI: 10.1186/s43141-022-00382-9.