

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Биология. Химия. Том 11 (77). 2025. № 3. С. 273–282.

УДК 547.918:543.422:582.5/.9

DOI 10.29039/2413-1725-2025-11-3-273-282

ТРИТЕРПЕНОВЫЕ ГЛИКОЗИДЫ ARALIACEAE.

I. МЕТОДЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА АРАЛИЕВЫЕ

Гришковец В. И.

*Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Россия
E-mail: vladgris6@yandex.ru*

Предложены способы качественной первичной оценки растений семейства Аралиевые на содержание различных групп тритерпеновых гликозидов с помощью одномерного и двумерного ТСХ-анализа с целенаправленно выбираемыми хроматографическими системами растворителей с различными величинами pH. Показано, что наиболее эффективными являются детектирующие реагенты на основе фосфорновольфрамовой кислоты с добавками ароматических альдегидов, позволяющие на основе оценки интенсивности окраски, цвета и оттенка хроматографических зон и их изменения в процессе детектирования хроматограмм сделать предварительные выводы о природе агликонной части гликозидов. Обсуждается метод полуколичественного определения тритерпеновых гликозидов в экстрактах и растительном сырье на основе определения диаметра хроматографических зон.

Ключевые слова: Araliaceae, тритерпеновые гликозиды, двумерная хроматография, детектирующие реагенты.

ВВЕДЕНИЕ

Современная химия природных соединений изучает органические вещества, находящиеся в живых организмах – растениях, животных или микроорганизмах. Значительный качественный скачок в развитии химии природных соединений произошел в начале второй половины XX-века благодаря широкому внедрению в химическую практику разнообразных высокоэффективных хроматографических методов разделения сложных смесей природных продуктов, что привело к возможности получения целого ряда минорных соединений, совершенно недоступных ранее при использовании классических методов выделения и очистки. С другой стороны, такому прогрессу способствовало и широкое развитие физико-химических методов исследования, особенно масс-, ЯМР-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа, кардинально расширявших возможности

традиционных ИК- и УФ-спектроскопии. Использование комплекса этих методов позволило во многих случаях вообще не прибегать к химическим превращениям изучаемых соединений и устанавливать полные структуры при наличии очень малых количеств вещества.

Тriterпеновые гликозиды, или сапонины, представляют собой один из очень многочисленных классов природных соединений и относятся к вторичным метаболитам сложного, иначе, смешанного биогенеза. В растениях семейства аралиевых встречаются гликозиды тритерпеноидов следующих рядов: тетрациклических даммаранового ряда и пентациклических олеананового (β -амиринового), урсанового (α -амиринового), лупанового и 30-нор-олеананового рядов (рис. 1) [1].

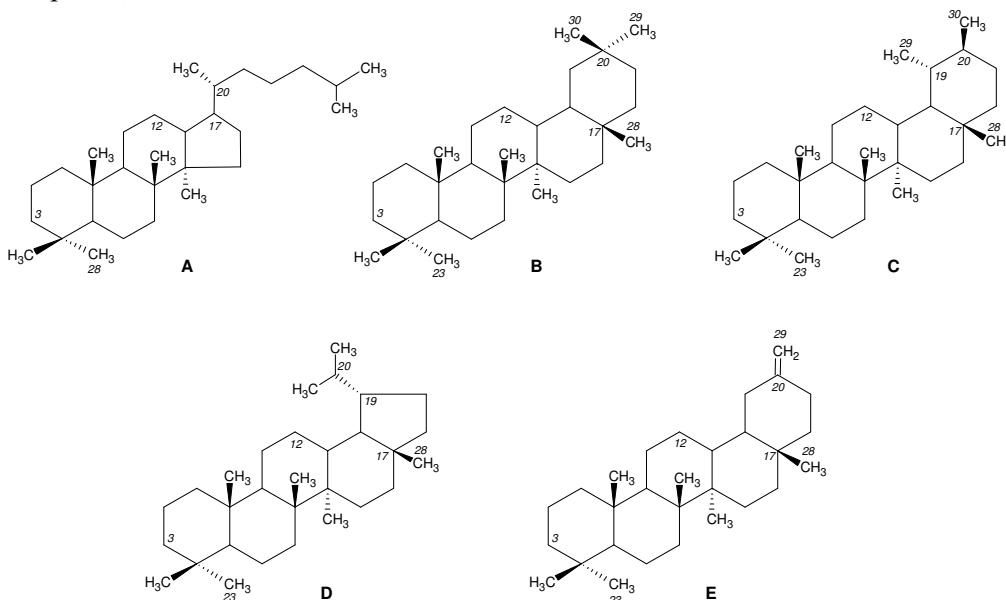


Рис. 1. Тriterпены, образующие агликоны гликозидов растений семейства аралиевых: даммарановый (А), олеанановый (В), урсановый (С), лупановый (Д) и 30-нор-олеанановый (Е) ряды.

Большой интерес к тритерпеновым гликозидам растений семейства аралиевых во многом обусловлен уже давно завоевавшими мировое признание фармакологическими, главным образом стимулирующими центральную нервную систему, и адаптогенными свойствами препаратов на основе женьшеня (*Panax ginseng*), элеутерококка (*Eleutherococcus senticosus*), заманихи (*Oplopanax elatus*), аралии (*Aralia mandshurica*), действующим началом которых по всеобщему признанию являются тритерпеновые гликозиды [2]. Разработанные в последнее время препараты «Prospan», «Hedelix», «Хедеспан», «Хедерикс+», «Бронхипрет[®]» и ряд других на основе плюща обыкновенного *Hedera helix* успешно используются при лечении острых и хронических воспалений дыхательных путей, кашля и как

спазмолитические средства. Целый ряд других растений семейства аралиевых широко применяются в народной медицине при лечении самых различных заболеваний [3], а также занимают важное место в традиционной Восточной медицине [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

TCX-анализ и контроль разделения гликозидов выполняли на пластинках "Silufol" (Чехословакия). Детектирование пятен тритерпеновых гликозидов и их агликонов на хроматограммах осуществляли 5–10 %-ным спиртовым раствором фосфорновольфрамовой кислоты, 10 %-ным спиртовым раствором фосфорновольфрамовой кислоты с добавлением 2 % *n*-оксибензальдегида или ванилина, в отдельных случаях – 5 %-ным спиртовым раствором ванилина с добавлением 0,5 % серной кислоты с последующим нагреванием хроматограмм при 100–120 °C.

Двумерный TCX-анализ экстрактов и отдельных фракций проводился на пластинках "Silufol", "Sorbosil", "Polygram" и "Merck" при использовании в направлении "1" нейтральной хроматографической системы растворителей, а в перпендикулярном направлении "2" – кислой или щелочной системы растворителей. В качестве нейтральной системы использовали смесь хлороформ-метанол-вода (100:30:5 для гликозидов с 1 – 4 сахарными остатками и 100:40:7 для гликозидов с 4-6 сахарными остатками); в качестве кислой – хлороформ-метанол-вода (100:30:5 или 100:40:7 с добавлением 3-5 % муравьиной кислоты непосредственно перед хроматографированием), и щелочной – хлороформ-метанол-25 %-ный водный аммиак (100:30:6 или 100:40:10).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первичная качественная оценка растительного сырья на наличие и состав тритерпеновых гликозидов проводится путем одномерного хроматографирования водно-спиртовых экстрактов различных органов растений на тонких слоях силикагеля в различных хроматографических системах растворителей. Наилучшее разделение достигается в системах растворителей на основе смеси хлороформа и метанола (в различных соотношениях в зависимости от полярности разделяемых соединений), насыщенной водой, водным аммиаком или водным раствором муравьиной кислоты. В нейтральной хроматографической системе наблюдается наибольшее различие в величинах относительных хроматографических подвижностей гликозидов, однако эта система малопригодна в случае наличия кислых гликозидов с остатками глюкуроновой кислоты, которые дают "размытые" хроматографические зоны с так называемыми "хвостами" ввиду их высокого сродства к адсорбенту. В основных (щелочных) хроматографических системах (с аммиаком) обычно наблюдаются наиболее узкие хроматографические зоны и наилучшее разделение в случае не очень сложных гликозидных составов, однако нередко близкие по хроматографической подвижности компоненты при многократном хроматографировании перекрываются вследствие "наползания" друг на друга. Основные хроматографические системы дают и вполне

удовлетворительное разделение кислых гликозидов, однако их наилучшее разделение достигается при использовании кислых хроматографических систем (с муравьиной кислотой).

Очень часто гликозидный состав растений семейства аралиевых представлен достаточно сложными смесями, включая и структурно изомерные гликозиды с очень близкими хроматографическими подвижностями, так что использование одномерного хроматографического анализа даже в различных хроматографических системах не позволяет добиться полного аналитического разделения всех компонентов и носит лишь предварительный характер. Для экспресс-аналитического разделения многокомпонентных природных смесей гликозидов методом тонкослойной хроматографии единственный простой путь для существенного повышения разрешающей способности – использование двумерной ТСХ с различными системами растворителей в двух направлениях. Метод двумерной ТСХ принципиально хорошо известен и широко используется в разделении многокомпонентных смесей природных соединений, в особенности фенольных гликозидов, аминокислот, алкалоидов и целого ряда других веществ [5].

При этом основная проблема чаще всего заключается в эмпирическом подборе оптимальной пары растворителей, обычно без какого-либо теоретического предсказания получаемого эффекта. Из работ по двумерной ТСХ тритерпеновых гликозидов можно отметить статью по двумерному разделению даммарановых гликозидов *Panax trifolius* [6].

С точки зрения общих структурных черт тритерпеновых гликозидов аралиевых, а также для разработки стратегии их препаративного разделения, можно, прежде всего, выделить следующие группы гликозидов: нейтральные бисдесмозидные гликозиды (гликозиды с двумя углеводными фрагментами, не содержащие остатков глюкуроновой кислоты и свободных карбоксильных групп в агликоне); монодесмозидные гликозиды со свободной карбоксильной группой (С-28) в агликоне; кислые гликозиды с остатками глюкуроновой кислоты; кислые гликозиды с остатком серной кислоты; гликозиды с ацильными (чаще всего ацетильными) группами.

Для выявления этих групп гликозидов в растительных экстрактах нами предложен и использован двумерный вариант ТСХ с целенаправленно выбираемыми (для каждого из двух перпендикулярных направлений) системами растворителей, отличающимися величиной pH – кислые, нейтральные или щелочные, аналогичные системам, используемым в одномерном варианте ТСХ.

Так, использование комбинации систем растворителей – нейтральная в направлении "1" и щелочная в направлении "2" позволяет прежде всего различить наиболее часто встречающиеся группы моно- и бисдесмозидных гликозидов. При этом гликозиды каждой из групп располагаются на линиях, исходящих из стартовой точки, но имеющих разный угол наклона, и монодесмозидные гликозиды всегда расположены по линии с меньшим углом наклона.

Использование вышеописанной комбинации систем растворителей позволяет выделить и еще одну группу гликозидов, имеющих остатки серной кислоты (кислые сульфаты). Они располагаются на линии с большим углом наклона, в сравнении с нейтральными бисдесмозидными гликозидами или их агликонами (рис. 2):

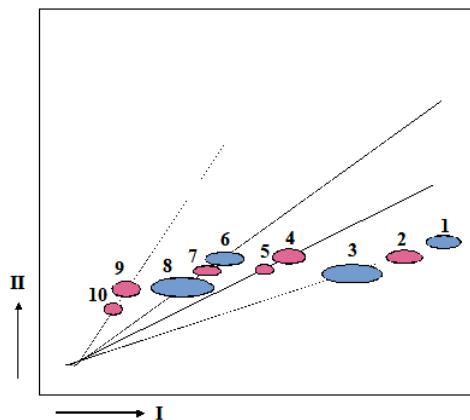


Рис. 2. Двумерная хроматограмма экстракта листьев *Hedera taurica*. Системы растворителей в направлениях: I – нейтральная, II – щелочная. Цифрами обозначены: 1 – 3-O- α -L-арабинопиранозид хедерагенина; 2 и 3 – 3-O- α -L-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 2)-O- α -L-арабинопиранозиды олеаноловой кислоты и хедерагенина, соответственно; 4 и 5 – 3-сульфаты олеаноловой и эхиоцистовой кислот, соответственно; 6–10 – 28-O- α -L-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 4)-O- β -D-глюкопиранозил-(1 \rightarrow 6)-O- β -D-глюкопиранозиловые эфиры 1–5, соответственно.

В случае кислых бисдесмозидных гликозидов с остатком глюкуроновой кислоты использование комбинации систем растворителей нейтральная – щелочная не вызывает какого-либо существенного различия в поведении этой группы гликозидов по сравнению с нейтральными бисдесмозидными гликозидами. Однако использование комбинации систем растворителей нейтральная – кислая приводит к тому, что гликозиды с уроновыми кислотами располагаются на отдельной линии с большим углом наклона, чем нейтральные гликозиды (рис. 3):

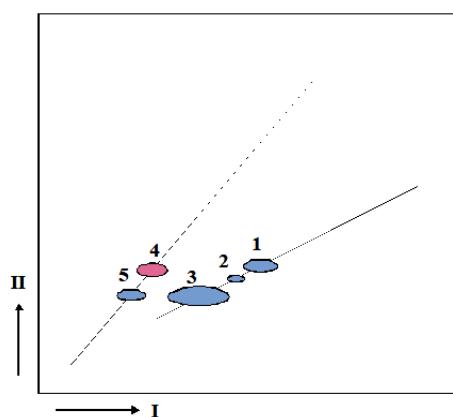


Рис. 3. Двумерная хроматограмма экстракта стеблей *Hedera taurica*. Системы растворителей в направлениях: I – нейтральная, II – кислая. Цифрами обозначены

28-O- α -L-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 4)-O- β -D-глюкопиранозил-(1 \rightarrow 6)-O- β -D-глюкопиранозиловые эфиры: 3-O- α -L-арабинопиранозида хедерагенина (1); 3-O- β -D-глюкопиранозида хедерагенина (2), 3-O- α -L-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 2)-O- α -L-арабинопиранозида хедерагенина (3); 3-O- β -D-глюкуронопиранозидов олеаноловой кислоты (4) и хедерагенина (5), соответственно.

Для обнаружения группы гликозидов с ацильными остатками, довольно часто встречающихся в растениях семейства аралиевых, наиболее удачным оказалось применение диагональной техники с хроматографированием в одном направлении, выдерживании хроматограммы в парах аммиака при комнатной температуре в течение 2–3 часов с последующим хроматографированием в другом направлении в той же системе растворителей. При этом наличие в экстракте ацилированных гликозидов легко обнаруживается по появлению дезацилированных производных, которые располагаются на линии с меньшим углом наклона по сравнению с обычными гликозидами. Положение исходных ацилированных гликозидов может быть легко определено путем сравнения двумерных хроматограмм с полным снятием ацильных групп (выдерживание в парах аммиака более двух часов) и с частичным (выдерживание около часа). При этом на диагонали двумерной хроматограммы над дезацилированными компонентами располагаются их исходные ацильные производные (рис. 4), а на одной горизонтали – соответствующие нативные гликозиды без ацильных групп, которые обычно всегда имеются в растении.

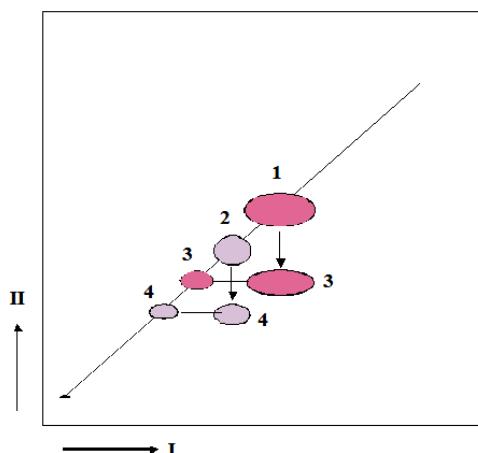


Рис. 4. Двумерная хроматограмма экстракта стеблей *Tetrapanax papyriferum*. Системы растворителей в направлениях I и II – нейтральные или кислые. Цифрами обозначены 28-O- α -L-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 4)-O-(6-O-ацетил- β -D-глюкопиранозил)-(1 \rightarrow 6)-O- β -D-глюко-пиранозиловые эфиры 3-O-[β -D-галактопиранозил-(1 \rightarrow 2)]-[β -D-глюкопиранозил-(1 \rightarrow 4)]-O- α -L-арабинопиранозидов олеаноловой (1) и эхиноцистовой (2) кислот; 28-O- α -L-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 4)-O- β -D-глюкопиранозил)-(1 \rightarrow 6)-O- β -D-глюкопиранозиловые эфиры 3-O-[β -D-

галактопиранозил-(1→2)]-[β -D-глюкопиранозил-(1→4)]-O- α -L-абинопиранозидов олеаноловой (3) и эхиноцистовой (4) кислот.

Детальные объяснения причин различий в хроматографических подвижностях гликозидов разных групп в двумерной ТСХ и целенаправленный выбор на их основе хроматографических систем описаны и опубликованы в [7].

В качестве известных специфических детектирующих реагентов для одно- и двумерного ТСХ-анализов обычно применяются спиртовые растворы серной или фосфорновольфрамовой кислоты с добавлением ароматических альдегидов (*n*-оксибензальдегида или ванилина). В ходе нашей работы выработаны наиболее предпочтительные реагенты с точки зрения низкого предела обнаружения и существенных различий в окраске хроматографических зон гликозидов с разными агликонами одной или разных групп. Это 5–10 %-ный спиртовый или спиртово-хлороформный раствор фосфорновольфрамовой кислоты с добавкой 10–25 % по отношению к кислоте *пара*-оксибензальдегида или ванилина и как вариант – добавление небольшого количества 10–20 % серной кислоты по отношению к фосфорновольфрамовой кислоте или использование водного или спиртового раствора серной кислоты с добавкой ванилина.

С этими реагентами были протестированы изучавшиеся в ходе наших многолетних работ [8] гликозиды тритерпеноидов вышеуказанных рядов – тетрациклических даммаранового ряда (в суммарных фармакопейных экстрактах корня жень-шена *Panax ginseng*) и пентациклических олеананового ряда (олеаноловой, эхиноцистовой кислот, эритродиола, хедерагенина, каулофиллогенина, гипсогенина), урсанового ряда (урсоловой кислоты, 23-гидрокси- и 27-гидроксиурсоловых кислот), лупанового ряда (23-гидрокситетулиновой кислоты и 23,27-дигидрокситетулиновой кислоты) и пентациклические 30-нор-олеананового ряда (30-норолеаноловой кислоты и 30-норхедрагенина).

Нами было замечено, что пятна гликозидов β -амиринового ряда, а именно олеаноловой, эхиноцистовой кислот и эритродиола окрашиваются в розовые цвета, тогда как пятна гликозидов хедерагенина, каулофиллогенина и гипсогенина проявляются медленнее, вначале буровато-коричневым цветом и через несколько минут приобретают устойчивую синюю или сине-фиолетовую окраску.

При анализе структурных различий этих агликонов становится ясным, что наличие кислородсодержащего заместителя у метильной группы (С-23) и приводит к смене окраски с розовой на сине-фиолетовую. Эта же закономерность прослеживается и для изученных гликозидов α -амиринового и лупанового рядов, тогда как добавление гидроксильных групп в иные положения агликонной части приводит лишь к незначительному изменению цветового оттенка пятен. Однако наличие дополнительной 20(29)-двойной связи в агликонах 30-нортритерапеноидов приводит к существенному увеличению интенсивности окраски и изменению цвета, так что гликозиды 30-норолеаноловой кислоты при проявлении имеют интенсивный пурпурный цвет, а 30-норхедрагенина – интенсивный синий. Интересной особенностью гликозидов лупанового ряда является то, что при их детектировании

хроматографические зоны вначале имеют желто-оранжевый цвет и лишь впоследствии приобретают розовые или фиолетовые оттенки.

Гликозиды тритерпеноидов α -амиринового ряда в растениях семейства аралиевых обычно присутствуют в виде изомерных по агликону пар с аналогичными гликозидами β -амиринового ряда и хроматографически практически неразделимы (выявляются при анализе спектров ^{13}C -ЯМР, где различия в химических сдвигах С-атомов кольца Е очень существенны). Но цвет хроматографические зоны этих смесей имеет явно иной оттенок, нежели индивидуальные гликозиды β -амиринового ряда, а именно пятна гликозидов урсоловой кислоты в отличие от олеаноловой приобретают хорошо заметный кирпично-красный оттенок, а гликозиды 23-гидроксиурсоловой в отличие от изомерных гликозидов хедерагенина – более интенсивный фиолетовый оттенок.

Хроматографические зоны гликозидов даммаранового ряда при проявлении реактивами на основе фосфорновольфрамовой кислоты имеют лишь розовые оттенки, так как у них, несмотря на различия в структуре агликонов, всегда отсутствует гидроксильная группа у С-23.

Таким образом, оценка интенсивности окраски и цветового оттенка хроматографических зон, а также их изменения в процессе проявления хроматограмм позволяет сделать предварительные выводы о природе агликонной части гликозидов. Детальное рассмотрение и описание использования различных детектирующих реагентов приведено в нашей публикации [9].

TCX-анализ спиртовых экстрактов различных органов растений позволяет и полуколичественно оценить и содержание отдельных компонентов. Хорошо известно, что TCX может использоваться для количественного определения компонентов хроматографируемых смесей путем оценки интенсивности окраски пятен или их площади (диаметра) [5]. Первый вариант метода точнее, но требует применения специального фотометрического оборудования. В ходе работы мы использовали второй вариант метода – оценку диаметра хроматографических пятен в стандартных условиях нанесения проб и хроматографирования.

Для исследованных нами гликозидов олеаноловой кислоты и хедерагенина удалось выявить одинаковую линейную зависимость диаметра пятен от логарифма массы пробы в диапазоне от 1 до 16 мкг: $D=3.18\cdot\lg m+2.0$, где D – диаметр пятна в мм, m – масса пробы в мкг. Или обратно $\lg m=0.341(D-2.0)$. Ошибка определения массы пробы в среднем составляет около 30% и может быть существенно уменьшена при одновременном хроматографировании шкалы сравнения (массы проб чистых гликозидов различных агликонов в 1, 2, 4, 8 и 16 мкг). Детально результаты предложенного полуколичественного метода определения содержания природных гликозидов в растительных экстрактах с помощью TCX-анализа опубликованы нами в [10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны способы качественной первичной оценки растительного материала на содержание различных групп тритерпеновых гликозидов с помощью

- одномерного и двумерного ТСХ-анализа с целенаправленно выбираемыми хроматографическими системами растворителей с различными величинами рН.
2. Показано, что наиболее эффективными являются детектирующие реагенты на основе фосфорновольфрамовой кислоты с добавками ароматических альдегидов, позволяющие на основе оценки интенсивности окраски, цвета и оттенка хроматографических зон и их изменения в процессе детектирования хроматограмм сделать предварительные выводы о природе агликонной части гликозидов.
 3. Предложен метод полуколичественного определения тритерпеновых гликозидах в экстрактах и растительном сырье на основе определения диаметра хроматографических зон.

Список литературы

1. Hostettmann K. Saponins / K. Hostettmann, A. Marston. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 548 p.
2. Муравьева Д. А. Фармакогнозия. / Муравьева Д. А. – М.: Медицина, 1978. – 656 с.
3. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства *Rutaceae-Elaeagnaceae* / АН СССР. Бот. ин-т им. В.Л. Комарова. – Л.: Наука, 1988. – 357 с.
4. Perry L. M. Medicinal plants of East and Southeast Asia. / Perry L. M., Metzger J. – Cambridge: MIT Press, 1980. – 470 p.
5. Шаршунова М. Тонкослойная хроматография в фармации и клинической биохимии. / Шаршунова М., Шварц В., Михалец Ч. – М.: Мир, 1980. – 621 с.
6. Lee T. M. Two-dimentional TLC analysis of ginsenosides from root of dwarf ginseng (*Panax trifolius* L.), *Araliaceae* / Lee T. M., Marderosian A. H. // J. Pharm. Sci. – 1981. – Vol. 70, № 1. – P. 89–91.
7. Гришковец В. И. Двумерная тонкослойная хроматография в анализе тритерпеновых гликозидов / Гришковец В. И. // Химия природ. соедин. – 2001. – № 1. – С. 53–55.
8. Гришковец В. И. Тритерпеновые гликозиды аралиевых: выделение, установление строения, биологическая активность и хемотаксономическое значение : Автореф. дис. ... д-ра хим. наук. / В. И. Гришковец. – Одесса, 2004. – 36 с.
9. Гришковец В. И. Детектирующие реагенты для тритерпеновых гликозидов растений семейства аралиевых / В. И. Гришковец, Л. А. Яковишин // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2025. – Т. 11 (77), № 2. – С. 344–351.
10. Гришковец В. И. Количественное определение содержания тритерпеновых гликозидов в плодах *Sophora japonica* / Гришковец В. И., Горбачева Л. А. // Химия природ. соедин. – 1996. – № 1. – С. 104–106.

TRITERPENE GLYCOSIDES OF ARALIACEAE.

**I. PRELIMINARY ANALYSIS METHODS OF ARALIACEAE PLANTS
TRITERPENE GLYCOSIDES**

Grishkovets V. I.

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation
E-mail: vladgri56@yandex.ru

A method for semi-quantitative determination of triterpene glycosides in extracts and plant raw materials based on the determination of the diameter of chromatographic zones was proposed. It is shown that the glycoside composition of plants of the Araliaceae family

is represented by rather complex mixtures, including structurally isomeric glycosides with very close chromatographic mobility, so that the use of one-dimensional chromatographic analysis even in different chromatographic systems does not allow to achieve a complete analytical separation of all components and is only preliminary. For the rapid analytical separation of multicomponent natural mixtures of glycosides by thin-layer chromatography, the only simple way to significantly increase the resolution is to use two-dimensional TLC using solvent systems with different pH values, namely neutral, acidic (with formic acid) and alkaline (with ammonia) in two perpendicular directions.

Methods of qualitative primary assessment of plant material for the content of various groups of triterpene glycosides using one-dimensional and two-dimensional TLC-analysis with purposefully selected chromatographic systems of solvents with different pH values were developed.

It is shown that the most effective are detection reagents based on phosphorus-tungstic acid with additives of aromatic aldehydes, which allow us to make preliminary conclusions about the nature of the aglycone part of glycosides on the basis of evaluation of color intensity, color and shade of chromatographic zones and their changes during detection of chromatograms.

Keywords: Araliaceae, triterpene glycosides, two-dimensional chromatography, detection reagents.

References

1. Hostettmann K., Marston A., *Saponins*, 548 p. (Cambridge University Press, Cambridge, 1995).
2. Muravyova D. A., *Pharmacognosy*, 656 p. (Medicine, Moscow, 1978). (in Russ.).
3. *Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Families Rutaceae-Elaeagnaceae*, 357 p. (Nauka, Leningrad, 1988). (in Russ.).
4. Perry L. M., Metzger J., *Medicinal plants of East and Southeast Asia*, 470 p. (MIT Press, Cambridge, 1980).
5. Sharshunova M., Schwartz V., Mikhalets Ch., *Thin-layer chromatography in pharmacy and clinical biochemistry*, 621 p. (Mir, Moscow, 1980). (in Russ.).
6. Lee T. M., Marderosian A. H., Two-dimensional TLC analysis of ginsenosides from root of dwarf ginseng (*Panax trifolius* L.), Araliaceae, *J. Pharm. Sci.*, **70** (1), 89 (1981).
7. Grishkovets V. I., Two-dimensional thin-layer chromatography in the analysis of triterpene glycosides, *Chemistry of natural compounds*, **(1)**, 53 (2001). (in Russ.).
8. Grishkovets V. I. *Triterpene glycosides of Araliaceae: isolation, structure determination, biological activity and chemotaxonomic significance*, Author's abstract of dissertation for academic degree of doctor of chemical sciences, 36 p. (Odessa, 2004). (in Ukr.).
9. Grishkovets V. I. Yakovishin L. A., Detecting reagents for triterpene glycosides of plants of the Araliaceae family, *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Biology. Chemistry*, **11** (2), 344 (2025). (in Russ.).
10. Grishkovets V. I., Gorbacheva L. A., Quantitative determination of the content of triterpene glycosides in the fruits of *Sophora japonica*, *Chemistry of natural compounds*, **(1)**, 104 (1996). (in Russ.).