УДК 547.972.35+615.322
DOI: 10.17223/24135542/21/2

Г.В. Ларина, А.Д. Макарюк

Горно-Алтайский государственный университет (г. Горно-Алтайск, Россия)

Содержание ряда ценных биологически активных компонентов в растительном лекарственном сырье Горного Алтая

Проведены исследования по оценке содержания ряда биологически активных веществ в лекарственных растениях, произрастающих в Горном Алтае.

Содержание аскорбиновой кислоты в окрашенных экстрактах исследуемого растительного сырья определяли колориметрическим методом с 2,6-дихлорфенолиндофенолом. Определение содержания дубильных веществ в растительном сырье проводили титриметрическим методом в пересчете на танин. Сумму флавоноидов в растительном сырье определяли методом дифференциальной спектрофотометрии с $AlCl_3$ в пересчете на рутин.

Метод определения флавоноидов и дубильных веществ модифицирован в части отделения экстракта от растительного остатка, что ощутимо сокращает время пробоподготовки анализируемых проб.

В результате проведенных исследований получены новые данные по содержанию биологически активных соединений в ряде лекарственных растений, произрастающих в природных условиях Северного и Центрального Алтая. Приведены данные по общему содержанию флавоноидов в аналогичных ботанических видах и семействах других регионов России. Влияние различных биоклиматических условий произрастания представителей лекарственной флоры находит отражение в широком диапазоне содержания суммы флавоноидов.

Ключевые слова: *вторичные метаболиты, перманганатометрия, дифференциальная спектрофотометрия.*

Введение

Республика Алтай традиционно является источником богатого разнообразия дикорастущего сырья для интенсивно развивающегося рынка пищевых, биологически активных добавок, ингредиентов для продукции пищевой промышленности, медицины и фармацевтики Западно-Сибирского региона.

Значительные запасы и большое разнообразие растительного сырья Горного Алтая определяют перспективность исследования отдельных видов на содержание ценных биологически активных компонентов с целью их последующего вовлечения в переработку. В связи этим актуальным для Республики Алтай является изучение основных групп БАВ растительного сырья различных физико-географических провинций Горного Алтая для последующего установления технологических параметров глубокой переработки растительного сырья горного региона.

Сложная пространственная структура растительного покрова, обусловленная высокой степенью дифференциации климатических и экологических условий горных систем [1], обуславливает специфику обменных процессов в растениях, что находит отражение в различном количественном содержании отдельных групп БАВ в лекарственных растениях, произрастающих в различных регионах Горного Алтая. Проведенными исследованиями выявлено, что горные регионы с разнообразными экологическими условиями характеризуются неоднородным качественным и количественным составом ряда БАВ в лекарственных растениях. Выявление уровней содержания указанных биологически активных веществ в лекарственном растительном сырье является актуальным для различных физико-географических провинций Горного Алтая, так как общеизвестна зависимость содержания флавоноидов и дубильных веществ от видовой принадлежности, высоты местности, механического состава почвы, климатических условий, вегетационного периода [2–4].

Цель проводимых исследований – изучить количественное содержание дубильных веществ, аскорбиновой кислоты и флавоноидов в ряде лекарственных растений Северного и Центрального Алтая, привести сравнительную характеристику указанных биологически активных компонентов лекарственных растений Горного Алтая и аналогичных видов других регионов России.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являются: листья крапивы двудомной, ферментированные листья бадана толстолистного, цветки ромашки аптечной, цветки календулы лекарственной, соцветия и листья лабазника вязолистного, листья малины обыкновенной, соцветия липы сердцевидной. Растительный материал собран в период массового цветения (цветы, соцветия и листья) в местах естественного произрастания в Майминском районе, окрестностях г. Горно-Алтайска, в южной части Шебалинского района (Республика Алтай) в период 2019–2020 гг., листья бадана собраны в 2018–2019 гг. (октябрь). Сырье сушили воздушно-теневым способом.

Сухие образцы сырья измельчали, просеивали через сито с диаметром отверстий 2 мм. Пробу для исследований отбирали представительную. Содержание аскорбиновой кислоты в окрашенных экстрактах исследуемого растительного сырья определяли колориметрическим методом с 2,6-дихлорфенолиндофенолом при $\lambda = 540$ нм [5]. В качестве экстрагента использовали 2%-ный раствор HCl, определение проводили в ацетатном буферном растворе с pH = 5,0. В качестве стандарта использовали раствор х.ч. аскорбиновой кислоты (АК). Метод определения основан на редуцирующих свойствах аскорбиновой кислоты: раствор 2,6-дихлорфенолиндофенола синего цвета восстанавливается в бесцветное соединение за счет окисления аскорбиновой кислоты, содержащейся в извлечениях. При избытке реагента в условиях ацетатного буфера (pH 5) кислотные вытяжки из растений приобретают розоватую окраску.

Определение содержания дубильных веществ в воздушно-сухом растительном сырье проводили титриметрическим методом в пересчете на танин [6]. В качестве титранта использовали 0,02 М раствор KMnO_4 , индикатор – раствор индигосульфокислоты. Метод основан на способности дубильных веществ окисляться перманганатом калия в кислой среде в процессе прямого титрования.

За основу определения суммарного содержания флавоноидов в растительном сырье взят метод дифференциальной спектрофотометрии с AlCl_3 в пересчете на рутин [7], в основе которого лежит определение оптической плотности окрашенных растворов комплексов флавоноидов с реагентом AlCl_3 . Метод основан на реакции комплексообразования флавоноидов с раствором хлорида алюминия.

Измерение оптической плотности проводили через 40 мин на спектрофотометре ЮНИКО 1201 при $\lambda = 410$ нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. Параллельно измеряли оптическую плотность раствора ГСО рутина. Суммарное содержание флавоноидов рассчитывали в воздушно-сухом сырье в пересчете на стандарт в процентах.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью Microsoft Office Excel 2007. Достоверность полученных различий определяли по t-критерию Стьюдента при степени значимости $\alpha \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

Исследуемое растительное лекарственное сырье является источником различных биологически активных веществ: фенольных соединений, флавоноидов, органических кислот, дубильных веществ, антоцианов и др., которые участвуют в различных биохимических процессах, проявляя при этом антиоксидантные свойства [8]. Природные дубильные вещества и флавоноиды характеризуются структурным многообразием, высокой и разносторонней активностью и малой токсичностью. Многочисленные исследования показали, что в экспериментальных и биологических системах дубильные вещества, аскорбиновая кислота, флавоноиды проявляют антирадикальное и антиокислительное действие [9]. Подтверждено положительное влияние растительных антиоксидантов и общее оздоравливающее (органопротекторное) действие на организм человека за счет адаптогенных, антиоксидантных и тонизирующих свойств [10].

Дубильные вещества являются производными многоатомных фенолов разнообразной химической структуры. Указанные полифенольные вторичные метаболиты вырабатываются растениями в процессе их жизнедеятельности. Аскорбиновая кислота – один из сильнейших антиоксидантов и активный антидот свободнорадикальных механизмов, благодаря чему регулируются окислительно-восстановительные процессы в организме. Аскорбиновая кислота относится к эндогенным оксидантам и как восстанавливающий агент, наряду с витамином Е, каротиноидами, флавоноидами, способна предохранять человеческий организм от оксидативного стресса [11].

Флавоноиды составляют особую группу бензопиранов и представляют собой производные флавана (согласно положениям систематической номенклатуры ИЮПАК – 2-фенил-замещенного хромана). Оксопроизводными флавана являются флаванон и его ненасыщенный аналог флаван:

Производные флаванона и флавана представляют основную группу флавоноидов, количество которых достигает порядка 8 000. Существующее многообразие флавоноидов определяется степенью окисленности гетерокольца, характером сочленения ароматических колец, степенью их конденсации, природой и количеством заместителей, их положением, наличием оптически активных форм. Присущая им высокая биологическая активность обусловлена наличием в молекуле фенольных гидроксильных и карбонильных групп, которые, подвергаясь различным биохимическим изменениям, принимают участие в ряде физиологических процессов [8, 12].

Методика пробоподготовки при определении флавоноидов была нами усовершенствована в части замены традиционного процесса фильтрования через бумажный фильтр отделением экстракта от растительного остатка с помощью мембранного газового насоса (KNF Neuberger, Германия). Аналогичный прием использовали для отделения экстракта дубильных веществ от измельченных остатков растительного сырья.

Предварительно были выявлены условия извлечения флавоноидов из сырья: установлена оптимальная концентрация водно-спиртового раствора – 70%; соотношение сырья и общего объема экстрагента составило 1:100.

По измеряемой величине оптической плотности раствора определили время установления равновесия процессов комплексообразования суммы флавоноидов с раствором $AlCl_3$ для каждого вида растительного сырья – 1 час для ферментированного листа бадана, листьев малины, листьев крапивы; для оставшихся представителей из анализируемого перечня – 40 минут.

На диаграммах (рис. 1–3) представлены результаты исследований. Относительная ошибка определения дубильных веществ перманганатометрическим методом составляет 1,3–5,8%; для аскорбиновой кислоты, определенной колориметрическим методом, погрешность находится в интервале 3,2–6,7%; относительная погрешность определения флавоноидов методом дифференциальной спектрофотометрии составляет 6,9–8,7%. В таблице приведено содержание исследуемых групп БАВ и аскорбиновой кислоты в аналогичных представителях, произрастающих в различных регионах России.

Рис. 1. Содержание аскорбиновой кислоты в лекарственном растительном сырье, мг/100 г

Рис. 2. Содержание дубильных веществ в лекарственном растительном сырье, %

Рис. 3. Содержание флавоноидов в лекарственном растительном сырье, %

Общее содержание основных групп биологически активных веществ в цветках и листьях растений, произрастающих в разных регионах России

Перечень лекарственных растений	Регион произрастания	Дубильные вещества (танины), %	Флавоноиды, %	Аскорбиновая кислота, мг/% или мг/100 г
1. Цветки и листья видов рода Лабазник	Зап. Сибирь [13, 14]; Новосиб. обл. [15]; ЕЧ России [16, 17]; Д. Восток [18]; Урал [19]	28,9–50,5 [15]; 13,3–35,46 [16, 17]; 19,2–58,4 [19]	1,0–9,8 [13, 14] флавонолы: 2,3–12,9% [19]	250–376 [16]; 21–30 [18]
2. Ромашка аптечная, цветки	Россия (СССР)	2,25 [20]	1,66 ± 0,02)– (1,84 ± 0,03)% [22]; 1,18% [20]; 1,74 ± 0,06% [23]	258 [21]
3. Крапива двудомная, листья	Омская обл. [20]; Хакасия [23]; Сибирский регион [24]	2,0 [24]; 0,44 [25]; 1830 мг% [26]	4,50 мг % [25] (1,5519 ± 0,034)% [27]	2,83 [25]; 185,3 [26]; 270 [28]
4. Календула лекарственная	Кубань [29]; Вост. Сибирь [30]; Центр. Россия [31]	(4,2–6,8) [29]; (3,28 ± 0,01) [30]	(1,8–3,1) [29]; (2,35 ± 0,01) [30]; (4,37% ± 0,04) [31]	(1,42 ± 0,01) [30]
5. Бадан толстолистный, черные листья	Республика Бурятия [32]; Алтайский край и Горный Алтай [33]	(16,88 ± 1,54) г / 100 г [32]; (14,19 ± 0,41) [33]	(2,18 ± 0,04) г/100 г [32]	(76,5 ± 0,027) мг/100 г [32]
6. Липа сердцевидная, соцветия	Самарский рег. [34] Зап. Сибирь [26]	1 700 мг % [26]	251 мг катехина/100 г [34]	78,05 [26]
7. Малина обыкновенная, листья	Россия	60 мг % [35]; (6,36 ± 0,03) % [36]	1,8 ± 0,07 [37]; (1,82–3,20) [36]	до 300 [38]; до 50 [35]

Выявлено высокое содержание аскорбиновой кислоты (АК) в цветках календулы лекарственной – 46,98 мг % относительно календулы Восточной Сибири – 1,42 мг %. Хорошо сопоставимы данные по АК в соцветиях липы Горного Алтая – 82,12 мг % и Западной Сибири – 78,05 мг %. Пониженное содержание АК установлено в ферментированных листьях бадана Горного Алтая – 53,82 мг % относительно аналогичного сырья Республики Бурятия – 76,3 мг %. Определено низкое содержание АК в цветках региональной ромашки аптечной: 40,50 мг % относительно 258 мг % в ромашке аптечной Центральной части России. В листьях малины и соцветиях лабазника указанный показатель согласуется с нижними уровнями выявленных диапазонов содержания АК по литературным источникам: 50 мг % (Центральная часть России) и 21–30 мг % (Дальний Восток) (см. таблицу).

При использовании перманганатометрического метода определения количества дубильных веществ (ДВ) в пересчете на танин нами выявлены высокие содержания ДВ в региональных представителях: соцветия липы (24,52%), цветки ромашки (13,72%), листья малины (37,21%), листья крапивы (9,98%). Повышенное количество ДВ содержится в ферментирован-

ных листьях бадана Горного Алтая – 39,91% относительно диапазона содержания ДВ 14,19–16,88% в бадане, произрастающем в Республике Бурятия, Алтайском крае и Горном Алтае [32, 33]. Количество дубильных веществ в цветках календулы и надземной части лабазника горного региона сопоставимо с верхними границами содержания ДВ в аналогичных видах других регионов России: 3,28–6,8 и 13,3–58,4% соответственно.

Следует отметить, что используемый метод перманганатометрии рекомендован Государственной фармакопеей XI издания как основной метод определения дубильных веществ. При этом метод имеет ряд недостатков: неспецифичность, так как перманганат калия, являясь сильным окислителем, реагирует помимо дубильных веществ и с другими соединениями, и недостаточная четкость установления конечной точки титрования [39]. Тем не менее, по мнению авторов [39], использование титриметрического метода «Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье» для ГФ XIII является обоснованным, так как этот метод имеет ряд достоинств: он дешев, прост, кроме того, нормы содержания ДВ, включенные в фармакопейные статьи на лекарственное растительное сырье и лекарственные растительные препараты, были установлены с использованием этого метода. Указанные методы находят широкое применение для предварительного анализа растительного материала [12].

Выявлено значительное содержание флавоноидов в листьях малины (5,59%) и цветках ромашки (6,24%), которые в 2 и 3 раза превышают средние показатели для Европейской части России (см таблицу). Содержание флавоноидов в листьях бадана Горного Алтая и Республики Бурятия близки между собой: 2,34 и 2,18% соответственно. Количество флавоноидов в листьях и цветках лабазника (3%) и в листьях крапивы (1,2%) входят в интервалы, установленные по литературным данным. Низкое содержание флавоноидов выявлено нами в цветках календулы – 0,95% относительно аналогичных показателей других регионов России.

Исследованиями ряда авторов показано, что распределение флавоноидов по органам растений отличается значительной пластичностью [2, 14, 40]. Указанные метаболиты имеют сложную и малопредсказуемую динамику накопления. На основе проведенных исследований авторами [4] установлено, что в регионах с высокой контрастностью условий произрастания растения накапливают большое разнообразие флавоноидов, что характерно для горных регионов. Проведенные нами исследования представителей флоры Горного Алтая являются подтверждением этого.

Заключение

Метод определения флавоноидов и метод определения дубильных веществ модифицированы в части отделения экстракта от растительного остатка, что ощутимо сокращает время пробоподготовки анализируемых проб.

В результате проведенных исследований получены новые данные по содержанию биологически активных соединений в ряде лекарственных

растений, произрастающих в природных условиях Северного и Центрального Алтая. Получены количественные показатели содержания дубильных веществ, флавоноидов и аскорбиновой кислоты в листьях крапивы двудомной, ферментированных листьях бадана толстолистного, цветках ромашки аптечной, цветках календулы лекарственной, соцветиях и листьях лабазника вязолистного, листьях малины обыкновенной, соцветиях липы сердцевидной.

Дана краткая сравнительная характеристика количества указанных биологически активных компонентов в растительном сырье Горного Алтая и других регионов России.

Полученные результаты необходимы для установления параметров УЗ экстрагирования основных групп БАВ с целью глубокой переработки регионального растительного сырья.

Исследование выполнено в рамках регионального гранта (проект № 20-416-040005 p_a) «Разработка способов получения экстрактов, обогащенных биологически активными компонентами, являющихся основой профилактических средств наружного применения из регионального растительного сырья».

Литература

1. Огуреева Г.Н. Ботаническая география Алтая. М. : Наука, 1980. 188 с.
2. Храмова Е.П., Кукушкина Т.А., Шалдаева Т.М., Сыева С.Я. Сравнительное исследование биологически активных веществ *Dasiphora fruticosa* и *Comarum Salesovianum* из Горного Алтая // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 189–197.
3. Минаева В.Г. Лекарственные растения Сибири. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1991. 431 с.
4. Щербаков А.В., Чистякова М.В., Рахманкулова З.Ф., Усманов И.Ю. Физиологические аспекты регуляции пластичности накопления флавоноидов на Южном Урале // Вестник Башкирского университета. 2012. № 17 (2). С. 931–942.
5. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. М. : Фед. центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 240 с.
6. Государственная Фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М., 2018. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopoea.php> (дата обращения: 25.04.2021).
7. Куркин В.А., Правдивцева О.Е., Морозова Т.В., Куркина А.В., Шайхутдинов И.Х., Кретьева А.А. Разработка методики количественного определения суммы флавоноидов в цветках боярышника полумягкого // Химия растительного сырья. 2019. № 3. С. 137–144.
8. Коруткин Д.Ю., Абилов Ж.А., Музычкина Р.А., Толстиков Г.А. Природные флавоноиды. Новосибирск : Гео, 2007. 232 с.
9. Лубсандоржиева П.Б. Антиоксидантная активность экстрактов из *Bergenia crassifolia* Fritsch (L.) и *Vaccinium vitis-idaea* L. in vitro // Химия растительного сырья. 2006. № 4. С. 45–48.
10. Авдеева Е.Ю., Краснов Е.А., Шилова И.В. Компонентный состав фракции *Filipendula ulmaria* с высокой антиоксидантной активностью // Химия растительного сырья. 2008. № 3. С. 115–118.
11. Косман В.М., Пожарицкая О.Н., Шиков А.Н., Макаров В.Г. Сравнительное изучение содержания флавоноидов и кумаринов в некоторых препаратах ромашки аптечной // Химия растительного сырья. 2015. № 1. С. 107–112.

12. Запрометов М.Н. Основы биохимии фенольных соединений. М. : Высш. школа, 1974. 213 с.
13. Краснов Е.А., Авдеева Е.Ю. Химический состав растений рода *Filipendula* (обзор) // Химия растительного сырья. 2012. № 4. С. 5–12.
14. Авдеева Е.Ю., Краснов Е.А., Шилова И.В. Динамика содержания флавоноидов и фенолоксилов в наземной части *Filipendula ulmaria* (Rosaceae) // Растительные ресурсы. 2009. № 45 (1). С. 107–112.
15. Высочина Г.И., Кукушкина Т.А., Шалдаева Т.М. Содержание основных групп биологически активных веществ в растениях сибирских видов. *Filipendula* Mill // Химия растительного сырья. 2014. № 2. С. 129–135.
16. Морева Т.А. Некоторые морфологические и биологические особенности видов лабазника, выращиваемых на Севере // Растительное сырье : сб. тр. БИН им. В.Л. Комарова. 1961. Сер. 5, вып. 7. С. 183–219.
17. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства Hydrangeaceae – Haloragaceae. Л. : Наука, 1987. Т. 3. 328 с.
18. Горкова М.А., Кучинская Н.С., Толокнева А.З. Фармакологическое и фармакогностическое изучение *Filipendula palmate* // Вопросы фармации Дальнего Востока. 1977. № 2. С. 182–184.
19. Высочина Г.И., Костинова В.А., Васфилова Е.С. Фенольные соединения *Filipendula ulmaria* (Rosaceae) и близкородственных таксонов с различной экологической приуроченностью // Растительный мир Азиатской России. 2016. № 4 (24). С. 63–71.
20. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейство Asteraceae (Compositae). СПб. : Наука, 1993. 352 с.
21. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР / под ред. И.В. Ларина. М. ; Л. : Гос. изд-во с.-х. лит., 1956. Т. 3: Двудольные (гераниевые-сложноцветные). Общие выводы и заключение. 879 с.
22. Высочина Г.И. Фенольные соединения в систематика и филогении семейства гречишных. Новосибирск : Наука, 2004. 240 с.
23. Загоруйко Е.Ю. Влияние нагрева на выход флавоноидов при ультразвуковом экстрагировании цветков ромашки аптечной // Сборник материалов VII Всероссийской научной конференции студентов и аспирантов с международным участием «Молодая фармация – потенциал будущего». Санкт-Петербург, 24–25 апреля 2017 г. СПб. : Изд-во СПХФА, 2017. С. 520–521.
24. Алехина Е.А., Ефремов А.Н., Емельянова О.А. Растения семейства Hydrocharitaceae – новый источник дубильных веществ? // Химия растительного сырья. 2018. № 3. С. 179–184.
25. Ушанова В.М., Лебедева О.И., Репях С.М. Исследование влияния условий производства на химический состав крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) // Химия растительного сырья. 2001. № 3. С. 97–104.
26. Лупинская С.М., Орехова С.В., Васильева О.Г. Изучение БАВ липы, крапивы и душицы, и сывороточных экстрактов на их основе // Химия растительного сырья. 2010. № 3. С. 143–145.
27. Тринеева О.В., Сливкин А.И., Воропаева С.С. Разработка и валидация методики количественного определения флавоноидов в листьях крапивы двудомной // Вестник ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2014. № 1. С. 138–144.
28. Лекарственное растительное сырье растительного и животного происхождения. Фармакогнозия : учеб. пособие / под ред. Г.П. Яковлева. СПб. : СпецЛит, 2006. 845 с.
29. Темердашев З.А., Фролова Н.А., Цюпко Т.Г., Чупрынина Д.А. Оценка стабильности фенольных соединений и флавоноидов в лекарственных растениях в процессе их хранения // Химия растительного сырья. 2011. № 4. С. 193–198.
30. Лубсандоржиева П.Б. Антиоксидантная активность экстрактов *Calendula officinalis* L. // Химия растительного сырья. 2009. № 4. С. 123–126.

31. Афанасьева П.В., Куркина А.В. Перспективы комплексного использования календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.) // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. № 14 (52). С. 980–982.
32. Цырендоржиева С.В., Хамаганова И.В. Использование черных листьев бадана в производстве пищевых продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2017. № 45 (2). С. 81–86.
33. Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.)), произрастающего на Алтае // Химия растительного сырья. 2005. № 3. С. 45–50.
34. Алексашина С.А., Макарова Н.В. Сравнительное изучение антиоксидантной активности фенольных соединений и флавоноидов цветков липы сердцевидной, шалфея лекарственного, донника лекарственного, листьев смородины, земляники лесной, винограда, произрастающих в Самарском регионе // Химия растительного сырья. 2019. № 3. С. 153–159.
35. Петрова В.П. Дикорастущие плоды и ягоды. М. : Лес. пром., 1987. С. 149–151.
36. Величко В.В., Макарова Д.Л. Сравнительный фармакогностический анализ листьев и плодов малины обыкновенной // Медицина и образование в Сибири. 2015. № 4. С. 16–19.
37. Казначеева Е.В. Фармакогностическое изучение и стандартизация листа малины (*Rubus idaeus* L.) и сухого экстракта : автореф. ... канд. фарм. наук. М., 2011. 23 с.
38. Дергачева Ж.М., Гурина Н.С., Мушкина О.В. Фитохимический анализ листьев малины обыкновенной (*Rubi Idaeus Folia*) // Рецепт. 2015. № 6 (104). С. 64–74.
39. Антонова Н.П., Калинин А.М., Прохвятилова С.С., Шефер Е.П., Матвеевкова Т.Е. Оценка эквивалентности методов определения дубильных веществ, используемых для анализа лекарственного растительного сырья // Ведомости НЦЭСМП. 2015. № 1. С. 11–15.
40. Щербаков А.В., Бускунова Г.Г., Аминева А.А., Иванов С.П., Усманов И.Ю. Вариативность содержания вторичных метаболитов у *Achillea nobilis* L. в условиях Южного Урала // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. № 11 (1). С. 198–204.

Информация об авторах:

Ларина Галина Васильевна, канд. хим. наук, доцент Горно-Алтайского государственного университета (Горно-Алтайск, Россия). E-mail: gal29977787@yandex.ru

Макарьук Ангелина Денисовна, студент Горно-Алтайского государственного университета (Горно-Алтайск, Россия). E-mail: makaryuk_a09@bk.ru

---

Tomsk State University Journal of Chemistry, 2021, 21, 18–31. DOI: 10.17223/24135542/21/2

G.V. Larina, A.D. Makaryuk

Gorno-Altai State University (Gorno-Altai, Russia)

Biologically active components in herbal medicinal raw materials of Gorny Altai

Research has been carried out to estimate the content of several biologically active substances in medical plants growing in Gorny Altai.

The content of ascorbic acid in the colored extracts of the medical plant material has been determined by the colorimetric method by 2,6-dichlorophenolindophenol. Determination of the content of tannins in plant raw materials has been carried out by the titrimetric method in terms of tannin. The total content of flavonoids in the medi-

cal plant material has been determined by differential spectrophotometry with AlCl_3 in terms of rutin.

The method for the determination of flavonoids and tannins has been modified in terms of separating the extract from the medical plant residue. This modification significantly reduces the sample preparation time for the analysis.

A new data has been obtained on the content of biologically active compounds in medical plants growing in the natural conditions of the Northern and Central Altai as a result.

The paper presents data on the total content of flavonoids in similar botanical species and families of other regions of Russia. The influence of different bioclimatic conditions of growth of representatives of the medical flora is reflected in a wide range of the content of the total content of flavonoids.

Key words: secondary metabolites, permanganatometry, differential spectrophotometry.

This paper presents the research which has been carried out to assess the content of some biologically active substances in medical plants growing in Gorny Altai.

Using standard methods of analysis, the amount of ascorbic acid and tannins in the samples under study of Northern and North-Eastern Altai was identified. The study presents the data on the total content of flavonoids in similar botanical species and families of other regions of Russia. The influence of different bioclimatic growing conditions of representatives of the medicinal flora is reflected in a wide range of the content of the sum of flavonoids.

Keywords: secondary metabolites, permanganatometry, differential spectrophotometry.

References

1. Ogureeva G.N. Botanicheskaya geografiya Altaya [Botanical geography of Altai]. Moskva: Nauka. 1980, 188. In Russian
2. Hramova E.P.; Kukushkina T.A.; Shaldaeva T.M.; Syeva P.YA. Sravnitelnoe issledovanie biologicheskikh aktivnykh veshchestv Dasiphora fruticosa i Comarum Salesovianum iz Gornogo Altaya [Comparative study of biologically active substances Dasiphora fruticosa and Comarum Salesovianum from Gorny Altai]. Himiya rastitelnogo syrya. 2020, 1, 189–197. In Russian
3. Minaeva V.G. Lekarstvennyye rasteniya Sibiri [Medicinal plants of Siberia]. N.: Nauka. Sib. otdelenie, 1991. 431, In Russian
4. Shcherbakov A.V.; Chistyakova M.V.; Rahmankulova Z.F.; Usmanov I.Yu. Fiziologicheskie aspekty regulatsii plastichnosti nakopleniya flavonoidov na Yuzhnom Urale [Physiological aspects of regulation of flavonoid accumulation plasticity in the South Ural]. Vestnik Bashkirskogo universiteta. 2012. T. 17, 2, 931–942. In Russian
5. Rukovodstvo po metodam kontrolya kachestva i bezopasnosti biologicheskikh aktivnykh dobavok k pishche [Guidelines for quality control and safety of dietary supplements]. Moskva: Federalnyy tsentr gosnadzora Minzdrava Rossii, 2004. 240, In Russian
6. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV edition. Moscow, 2018. [Electronic resource]. Access mode: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (date of access 25.04.2021). In Russian
7. Kurkin V.A.; Pravdivceva O.E.; Morozova T.V.; Kurkina A.V.; Shajhutdinov I.H.; Kretova A.A. Razrabotka metodiki kolichestvennogo opredeleniya summy flavonoidov v cvetkakh boyaryshnika polum'yagkogo [Development of a method for quantitative determination of the amount of flavonoids in flowers of semi-soft hawthorn]. Himiya rastitelnogo syrya. 2019, 3, 137–144. In Russian
8. Korulkin D.YU.; Abilov ZH.A.; Muzychkina R.A.; Tolstikov G.A. Prirodnye flavonoidy [Natural flavonoids]. Novosibirsk: Akademicheskoe izd-vo «Geo», 2007. 232, In Russian

9. Lubsandorzhieva P.B. Antioksidantnaya aktivnost ekstraktov iz *Bergenia crassifolia* Fritsch (L.) i *Vaccinium vitis-idaea* L. in vitro [Antioxidant activity of extracts from *Bergenia crassifolia* Fritsch (L.) b *Vaccinium vitis-idaea* L. in vitro]. *Himiya rastitelnogo syrya*. 2006. №4, 45–48. In Russian
10. Avdeeva E.Yu.; Krasnov E.A.; SHilova I.V. Komponentnyj sostav frakcii *Filipendula ulmaria* s vysokoj antioksidantnoj aktivnostyu [Component composition of the *Filipendula ulmaria* fraction with high antioxidant activity]. *Himiya rastitelnogo syrya*. 2008, 3, 115–118. In Russian
11. Kosman V.M.; Pozharickaya O.N.; SHikov A.N.; Makarov V.G. Sravnitelnoe izuchenie soderzhaniya flavonoidov i kumarinov v nekotoryh preparatah romashki aptechnoj [Comparative study of the content of flavonoids and coumarins in some preparations of chamomile]. *Himiya rastitelnogo syrya*. 2015. №1, 107–112. In Russian
12. Zaprometov M.N. Osnovy biohimii fenolnyh soedinenij [Fundamentals of the biochemistry of phenolic compounds]. M, 1974. 212 p.
13. Krasnov E.A.; Avdeeva E.Yu. Himicheskij sostav rastenij roda *Filipendula* (Obzor) [Chemical composition of plants of the genus *Filipendula* (Review)]. *Himiya rastitelnogo syrya*. 2012, 4, 5–12. In Russian
14. Avdeeva E. Yu.; Krasnov E.A.; Shilova I.V. Dinamika soderzhaniya flavonoidov i fenolokislot v nadzemnoj chasti *Filipendula ulmaria* (Rosaceae) [Dynamics of the content of flavonoids and phenolic acids in the aboveground part of *Filipendula ulmaria* (Rosaceae)]. *Rastitelnye resursy*. 2009, 45(1), 107–112. In Russian
15. Vysochina G.I.; Kukushkina T.A.; Shaldaeva T.M. Soderzhanie osnovnyh grupp biologicheskij aktivnyh veshchestv v rasteniyah sibirskih vidov. *Filipendula* Mill [Content of the main groups of biologically active substances in plants of Siberian species of *Filipendula* Mill]. *Himiya rastit syrya*. 2014, 2, 129–135. In Russian
16. Moreva T.A. Nekotorye morfologicheskie i biologicheskie osobennosti vidov labaznika, vyrashchiyaemyh na Severe [Some morphological and biological features of meadow-sweet (*Filipendula*) species grown in the North]. *Rastitelnoe syrye* (sb. tr. BIN im. Komarova V.L.). 1961, 5(7), 183–219. In Russian
17. Rastitelnye resursy SSSR: Cvetkovye rasteniya, ih himicheskij sostav, ispolzovanie. Semejstva Hydrangeaceae – Haloragaceae [Flowering plants, their chemical composition, use. Family Hydrangeaceae - Haloragaceae]. Leningrad: Nauka. 1987, 3, 328. In Russian
18. Gorkova M.A.; Kuchinskaya N.S.; Tolokneva A.Z. Farmakologicheskoe i farmakognosticheskoe izuchenie *Filipendula palmate* [Pharmacological and pharmacognostic study of *Filipendula palmate*]. *Voprosy farmacii Dalnego Vostoka*. 1977, 2, 182–184. In Russian
19. Vysochina G.I.; Kostikova V.A.; Vasilova E.S. Fenolnye soedineniya *Filipendula ulmaria* (Rosaceae) i blizkorodstvennyh taksonov s razlichnoj ekologicheskoj priurochennostyu [Phenolic compounds of *Filipendula ulmaria* (Rosaceae) and closely related taxa with different ecological confinedness]. *Rastitelnyj mir Aziatskoj Rossii*. 2016, 4(24), 63–71. In Russian
20. Rastitelnye resursy SSSR: Cvetkovye rasteniya, ih himicheskij sostav, ispolzovanie; Semejstvo Asteraceae (Compositae) [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Family Asteraceae (Compositae)]. SPb.: Nauka. 1993, 352. In Russian
21. Larin I.V. (ed.) Kormovye rasteniya senokosov i pastbishch SSSR. T. 3. Dvudolnye. Obshchie vyvody i zaklyuchenie [Forage plants of hayfields and pastures in the USSR. Volume 3. Dicotyledons. General review and conclusions]. M., L.: Gos. izd-vo sel'sko-hozyajstvennoj literatury, 1956, 464–465. In Russian
22. Vysochina G.I. Fenolnye soedineniya v sistematika i filogenii semejstva grechishnyh [Phenolic compounds in the taxonomy and phylogeny of the buckwheat family]. – Novosibirsk: Nauka, 2004, 240. In Russian

23. Zagorulko E.Yu. Vliyanie nagreva na vyhod flavonoidov pri ultrazvukovom ekstragirovanii cvetkov romashki aptechnoj [Effect of heating on the yield of flavonoids during ultrasonic extraction of chamomile flowers]. Sbornik materialov VII Vserossijskoj nauchnoj konferencii studentov i aspirantov s mezhdunarodnym uchastiem «Molodaya farmaciya – potencial budushchego». Sankt-Peterburg, 24–25 aprelya 2017 g. SPb. Izd-vo SPHFA. 2017, 520–521. In Russian
24. Alekhina E.A.; Efremov A.N.; Emelyanova O.A. Rasteniya semeystva Hydrocharitaceae - novyy istochnik dubilnyh veshchestv? [Are plants of the Hydrocharitaceae family a new source of tannins?]. Himiya rastitelnogo syrya. 2018, 3, 179–184. In Russian
25. Ushanova V.M.; Lebedeva O.I.; Repyah p.M. Issledovanie vliyaniya uslovij proizrastaniya na himicheskij sostav krapivy dvudomnoj (*Urtica dioica* L.) [Study of the influence of growing conditions on the chemical composition of stinging nettle (*Urtica dioica* L.)]. Himiya rastitelnogo syrya. 2001, 3, 97–104. In Russian
26. Lupinskaya p.M.; Orekhova p.V.; Vasileva O.G. Izuchenie BAV lipy, krapivy i dushicy, i syvorotochnykh ekstraktov na ih osnove [Study of biologically active substances of linden, nettle and oregano, and serum extracts based on them]. Himiya rastitelnogo syrya. 2010, 3, 143–145. In Russian
27. Trineeva O.V.; Slivkin A.I.; Voropaeva P.S. Razrabotka i validaciya metodiki kolichestvennogo opredeleniya flavonoidov v listyah krapivy dvudomnoj [Development and validation of a method for the quantitative determination of flavonoids in the leaves of stinging nettle]. Vestnik VGU, Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya. 2014, 1, 138–144. In Russian
28. Lekarstvennoe rastitelnoe syre rastitelnogo i zhivotnogo proiskhozhdeniya. [Medicinal plant raw materials of plant and animal origin]. Farmakognosiya: uchebnoe posobie / pod red. YAKovleva G.P. SPb.: SpecLit, 2006. 845. In Russian
20. Temerdashev Z.A.; Frolova N.A.; Cyupko T.G.; Chuprynina D.A. Ocenka stabilnosti fenolnyh soedinenij i flavonoidov v lekarstvennyh rasteniyah v processe ih hraneniya [Evaluation of the stability of phenolic compounds and flavonoids in medicinal plants during storage]. Himiya rastitelnogo syrya. 2011, 4, 193–198. In Russian
30. Lubsandorzhieva P.B. Antioksidantnaya aktivnost ekstraktov *Calendula officinalis* L. [Antioxidant activity of extracts of *Calendula officinalis* L.]. Himiya rastitelnogo syrya. 2009, 4, 123–126. In Russian
31. Afanaseva P.V.; Kurkina A.V. Perspektivy kompleksnogo ispolzovaniya kalenduly lekarstvennoj (*Calendula officinalis* L.) [Prospects for the complex use of *Calendula officinalis*]. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2014, 14(52), 980–982. In Russian
32. Cyrendorzhieva p.V.; Hamaganova I.V. Ispolzovanie chernyh listev badana v proizvodstve pishchevyh produktov [The use of black leaves of *Bergenia* in food production]. Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv. 2017, 45(2), 81–86. In Russian
33. Fedoseeva L.M. Izuchenie dubilnyh veshchestv podzemnyh i nadzemnyh vegetativnyh organov badana tolstolistnogo (*Bergenia crassifolia* (L.)), proizrastayushchego na Altai [Study of tannins of underground and aboveground vegetative organs of *Bergenia crassifolia* (L.) fitsch.) growing in Altai]. Himiya rastitelnogo syrya. 2005, 3, 45–50. In Russian
34. Aleksashina p.A.; Makarova N.V. Sravnitelnoe izuchenie antioksidantnoj aktivnosti fenolnyh soedinenij i flavonoidov cvetkov lipy serdcevidnoj, shalfeya lekarstvennogo, donnika lekarstvennogo, listev smorodiny, zemlyaniki lesnoj, vinograda, proizrastayushchih v Samarskom regione [Comparative study of the antioxidant activity of phenolic compounds and flavonoids of flowers of linden, medicinal sage, sweet clover, currant leaves, wild strawberries, and grapes growing in the Samara region]. Himiya rastitelnogo syrya. 2019, 3, 153–159. In Russian
35. Petrova V.P. Dikorastushchie plody i yagody [Wild fruits and berries]. Moskva: Lesnaya promyshlennost. 1987, 149–151. In Russian

36. Velichko V.V.; Makarova D. L. Sravnitelnyj farmakognosticheskiy analiz listev i plodov maliny obyknovennoj [Comparative pharmacognostic analysis of leaves and fruits of common raspberry]. *Medicina i obrazovanie v Sibiri*. 2015, 4, 16–19. In Russian
37. Kaznacheeva E.V. Farmakognosticheskoe izuchenie i standartizaciya lista maliny (*Rubus idaeus* L.) i suhogo ekstrakta [Pharmacognostic study and standardization of raspberry leaf (*Rubus idaeus* L.) and narrow extract]: avtoref. ... kand. farm. nauk. M. 2011, 23. In Russian
38. Dergacheva Zh.M.; Gurina N.S.; Mushkina O.V. Fitohimicheskiy analiz listev maliny obyknovennoj (*Rubi Idaeus Folia*) [Phytochemical Analysis of Raspberry Leaves (*Rubi Idaeus Folia*)]. *Recept*. 2015, 6 (104), 64–74. In Russian
39. Antonova N.P.; Kalinin A.M.; Prohvatilova P.S.; Shefer E.P.; Matveenkova T.E. Ocenka ekvivalentnosti metodov opredeleniya dubilnyh veshchestv, ispolzuemyh dlya analiza lekarstvennogo rastitelnogo syrya [Evaluation of the equivalence of methods for the determination of tannins used for the analysis of medicinal plant materials]. *Vedomosti NCESMP*. 2015, 1, 11–15. In Russian
40. Shcherbakov A.V.; Buskunova G.G.; Amineva A.A.; Ivanov p.P.; Usmanov I.Yu. Variabelnost sodержaniya vtorichnyh metabolitov u *Achillea nobilis* L. v usloviyah Yuzhnogo Urala [Variability of the content of secondary metabolites in *Achillea nobilis* L. under the conditions of the Southern Urals]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN*. 2009, 1, 198–204. In Russian

Information about the authors:

Larina Galina Vasilievna, PhD, assistant professor, Gorno-Altai State University (Gorno-Altai, Russia). E-mail: gal29977787@yandex.ru

Makaryuk Angelina Denisovna, student, Gorno-Altai State University (Gorno-Altai, Russia). E-mail: makaryuk_a09@bk.ru