

УДК615.322:582.547.913

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЛОДАХ *RHUS TYPHINA*(L.)*

© В.Н. Леонова**, И.В. Попов, О.И. Попова, В.П. Зайцев

Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО
ВолеГМУ Минздрава России, пр. Калинина, 11, Пятигорск, 357532 (Россия),
e-mail: sheryfka@mail.ru

Род сумач *Rhus* семейства *Anacardiaceae* включает около 120–150 видов небольших деревьев, кустарников, лиан. Химический состав сумача пушистого *Rhus typhina* (L.) почти не изучен. Ранее в плодах растения идентифицированы некоторые фенольные соединения (рутин, кверцетин, гиперозид, танин, кислота галловая). Для количественного определения суммы фенольных соединений в исследуемом сырье была выбрана методика, основанная на реакции комплексообразования фенольных соединений с фосфорномолибденово-вольфрамовым реактивом (реактив Фолина-Дениса) в щелочной среде. Подобраны оптимальные условия проведения реакции комплексообразования: соотношение раствора кислоты галловой и реактива Дениса-Фолина – 0.06 мг/1.6 мл соответственно. Для проведения количественного определения суммы фенольных соединений к водному извлечению плодов сумача пушистого необходимо прибавлять 1.1 мл реактива Дениса-Фолина, к спирто-водному извлечению – 1.2 мл реактива Фолина-Дениса. Максимальное значение оптической плотности в водном и спирто-водном извлечениях наблюдается при длине волны 720 нм. В спирто-водное извлечение переходит больше фенольных соединений ($A=0.8683$), чем в водное ($A=0.6346$). Используемая методика валидна и может применяться для количественного определения суммы фенольных соединений в плодах сумача пушистого. Для оценки линейности рассчитаны уравнение регрессии $y = 941.67x + 0.0725$ и коэффициент корреляции $r=0.9895$. Концентрацию фенольных соединений в спирто-водном извлечении определяли по градуировочному графику. Среднее содержание суммы фенольных соединений в пересчете на кислоту галловую в спирто-водном извлечении составило $10.04 \pm 0.17\%$. Относительное стандартное отклонение (RSD) равно 2.61%.

Ключевые слова: сумач пушистый, плоды, дубильные вещества, спектрофотометрия, реактив Фолина-Дениса, кислота галловая.

Введение

Род сумач (*Rhus*) семейства *Anacardiaceae* включает до 150 видов, представляющих собой невысокие листопадные или вечнозеленые деревья, встречаются кустарники и лианы. Родиной почти всех видов сумача является тропический и субтропический пояс Старого и Нового Света, однако некоторые виды могут заходить и в умеренный пояс [1].

В официальной медицине используется сумач дубильный – *Rhus coriaria* L. [2]. Это невысокое листопадное дерево с красивой кроной. В естественных условиях произрастает в странах Средиземноморья.

Леонова Виктория Нодарьевна – кандидат фармацевтических наук, старший преподаватель кафедры аналитической химии, e-mail: sheryfka@mail.ru
Попов Иван Викторович – кандидат фармацевтических наук, преподаватель кафедры фармакогнозии и ботаники, e-mail: beegeeslover@mail.ru
Попова Ольга Ивановна – доктор фармацевтических наук, профессор, профессор кафедры фармакогнозии и ботаники, e-mail: beegeeslover@mail.ru
Зайцев Владимир Павлович – кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой аналитической химии, e-mail: analitika-pgfa@mail.ru

На территории СНГ обнаружен на южных склонах Кавказского хребта, но достаточно редок. В листьях *Rhus coriaria* накапливается до 70% гидролизуемых дубильных веществ. Используется для промышленного получения танина (вяжущее, противовоспалительное, антисептическое, спазмолитическое, анти-токсическое, желчегонное действие), который входит в состав некоторых препаратов: Нео-Анузол (свечи противогеморроидальные), Тансал (таблетки), Танальбин (таблетки)[3, 4]. Показано возмож-

* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprm.2019014038s.

** Автор, с которым следует вести переписку.

ное применение фенольных соединений, в том числе дубильных веществ, в качестве противодиабетических, противораковых, противовоспалительных средств и при сердечно-сосудистых и нейродегенеративных заболеваниях, бактериальных инфекциях [5–11].

В нашей стране введение в культуру в промышленных масштабах *Rhus coriaria* невозможно, так как данное растение не переносит длительных морозов. В последние годы в нашей стране начал широко культивироваться сумах пушистый (оленерогий) – *Rhus typhina*L. Родиной сумаха пушистого является восточный регион Северной Америки с умеренным климатом. Отличается *Rhus typhina* своей высокой зимостойкостью в сравнении с другими видами рода: при подмерзании быстро восстанавливается весной. Листопадное дерево высотой около 10 м, с раскидистой кроной, характерной особенностью которой является то, что каждая ветка в определенном месте раздваивается под строго определенным углом, – это создает необыкновенную красоту и оригинальность данного растения. У *Rhus typhina* большие конусовидные соплодия ярко красного цвета, которые сохраняются на дереве до весны. Данный вид устойчив к засухе, к загрязнению воздуха, в целом неприхотлив [12, 13]. *Rhus typhina* используется в народной медицине как вяжущее, кровоостанавливающее средство в виде настоев и отваров [14–17].

Химический состав *Rhus typhina* практически не изучен. Ранее с помощью качественных реакций определено наличие в плодах сумаха пушистого некоторых фенольных соединений разных групп. Методом тонкослойной хроматографии в сырье идентифицированы рутин, кверцетин, гиперозид, танин, кислота галловая [18]. Неприхотливые условия выращивания делают сумах пушистый ценным культивируемым растением. В свою очередь, отсутствие достаточных данных о химическом составе *Rhus typhina*, его использование в народной медицине, невозможность культивирования *Rhus coriaria* даже на юге России, создают основу для более детального изучения сумаха пушистого как источника фенольных соединений и в целом для фармации.

Для определения суммы фенольных соединений в растениях описано довольно много различных методов [19–25]. Отсутствие выраженного максимума в УФ-спектре анализируемого извлечения из плодов *Rhus typhina* не позволяет использовать наиболее простой в исполнении метод прямой фотометрии. Поэтому для количественного определения суммы фенольных соединений в исследуемом сырье была выбрана методика, основанная на образовании окрашенных продуктов окисления фенольных соединений с фосфорномолибденово-вольфрамовым реактивом (реактив Фолина-Дениса) в щелочной среде, создаваемой насыщенным раствором натрия карбоната. Кроме того, предлагаемая методика является высокоспецифичной, она включена в ГФ РФ XIII изд. и рекомендована для количественного определения суммы дубильных веществ многих видов лекарственного растительного сырья [26].

Цель экспериментальной работы – разработка и валидация методики количественного определения суммы фенольных соединений в плодах сумаха пушистого. Для реализации поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: 1) определить оптимальные условия проведения реакции комплексообразования (соотношение извлечение – реактив Фолина-Дениса); 2) определить наилучшие условия экстракции (водная или водно-спиртовая); 3) провести количественное определение фенольных соединений в сырье и валидацию предлагаемой методики.

Экспериментальная часть

Плоды *Rhus typhina*L. были собраны в ботаническом саду Пятигорского медико-фармацевтического института в фазу созревания в сентябре 2017 г. Сушили плоды воздушно-теневым способом.

Определение суммы фенольных соединений в сырье проводили в пересчете на стандартный образец (СО) кислоты галловой.

На первоначальном этапе необходимо было подобрать условия проведения реакции. Выбрать оптимальное соотношение реактива и раствора стандарта, а затем соотношение реактива и исследуемого извлечения из растительного сырья.

В колбах мерных вместимостью 25 мл была приготовлена серия разведений, включающая раствор кислоты галловой (см. приложение 1), взятый в количестве 200 мкл, и реактив Фолина-Дениса (см. приложение 2) в пределах от 0.5 до 10-кратного объема (от 100 до 2000 мкл соответственно). Затем в колбы прибавляли по 2.5 мл насыщенного раствора натрия карбоната, доводили водой до метки и перемешивали. Измеряли оптическую плотность полученных растворов на спектрофотометре СФ-2000 при длине волны 720 нм. В качестве раствора сравнения использовали воду. Требуемое количество фосфорно-

молибденово-вольфрамового реактива для проведения реакции комплексообразования с раствором кислоты галловой определяли по максимальному значению оптической плотности.

Далее необходимо было определить соотношение исследуемого извлечения из растительного сырья и реактива. Для этого около 1 г (точная навеска) измельченного сырья, просеянного сквозь сито с диаметром отверстий 3 мм, помещали в колбу коническую со шлифом вместимостью 100 мл, прибавляли 50 мл воды и нагревали на водяной бане в течение 1 ч. После охлаждения извлечение фильтровали в колбу мерную вместимостью 50 мл, доводили водой до метки, перемешивали. В колбах мерных вместимостью 25 мл была приготовлена серия разведений полученного извлечения в количестве 100 мкл. При этом количество прибавляемого реактива Дениса-Фолина варьировалось от 0.5 до 15-ти кратного объема (от 50 до 1500 мкл соответственно). После прибавляли по 2.5 мл насыщенного раствора натрия карбоната, доводили объем раствора в колбах до метки водой и перемешивали. Измеряли оптическую плотность при длине волны 720 нм. Раствором сравнения служила вода очищенная. Требуемое количество фосфорномолибденово-вольфрамового реактива так же, как и в случае с кислотой галловой, определяли по максимальному значению оптической плотности.

Для количественного определения многих биологически активных веществ (БАВ) используются физико-химические методы, в которых в качестве анализируемых растворов предпочтительнее использование спирто-водных извлечений. Кроме того, предварительные исследования подтвердили, что наибольшее количество экстрактивных веществ извлекается при использовании спирта этилового 70% [18]. Поэтому для дальнейших исследований сумаха пушистого плодов использовали их спирто-водное извлечение.

Для определения соотношения исследуемого спирто-водного извлечения и реактива Фолина-Дениса около 1 г измельченного сырья (точная навеска) помещали в колбу коническую со шлифом вместимостью 100 мл, прибавляли 50 мл спирта этилового 70% и нагревали на водяной бане в течение 1 ч. После охлаждения полученное извлечение фильтровали в колбу мерную вместимостью 50 мл, доводили спиртом этиловым 70% до метки, перемешивали (раствор А). Затем в колбах мерных вместимостью 25 мл была приготовлена серия разведений полученного извлечения (раствора А) в количестве 100 мкл. Далее поступали также, как в исследовании водного извлечения плодов сумаха пушистого.

Валидацию разрабатываемой методики проводили по показателям: линейность, прецизионность [26, 27].

Линейность. Для определения линейности строили градуировочный график кислоты галловой (см. приложение 3), который использовали для расчета содержания фенольных соединений в анализируемом извлечении.

Для оценки линейности рассчитывали уравнение регрессии и коэффициент корреляции.

Прецизионность (воспроизводимость) позволяет установить наличие случайных ошибок. Данный валидационный показатель бывает трех уровней: повторяемость (сходимость), внутрилабораторная и межлабораторная воспроизводимость. Для фармацевтического анализа достаточно оценить повторяемость (сходимость) [26, 27].

Для установления повторяемости разработанной методики проводили 12 параллельных определений количественного содержания суммы фенольных соединений в пересчете на кислотугалловую.

Для этого готовили спирто-водное извлечение (см. выше приготовления раствора А), затем в 6 мерных колб вместимостью 25 мл прибавляли по 100 мкл приготовленного извлечения, по 1.2 мл реактива Фолина-Дениса, по 2.5 мл натрия карбоната насыщенного раствора, доводили объем раствора в колбах до метки водой очищенной и перемешивали. Измерение оптической плотности проводили на спектрофотометре при длине волны 720 нм. В качестве раствора сравнения была использована вода очищенная.

Концентрацию фенольных соединений в пересчете на кислоту галловую в анализируемом растворе определяли по градуировочному графику, а содержание в процентах (X) в пересчете на абсолютно сухое сырье рассчитывали по формуле

$$X, \% = \frac{C \cdot W_1 \cdot W_2 \cdot 100}{a \cdot V_a \cdot (100 - Bl)}$$

где C – концентрация фенольных соединений в анализируемом растворе (рассчитывается по градуировочному графику), %; W_1 , W_2 – объемы мерных колб, использованных для приготовления анализируемого раствора, мл; a – навеска сырья, г; V_a – объем аликвоты, мл; Bl – потеря в массе при высушивании, %.

Обсуждение результатов

Из данных таблицы 1 следует, что максимальное значение оптической плотности для кислоты галловой ($A=0.4820$) наблюдалось при использовании объема фосфорномолибденово-вольфрамового реактива (реактива Фолина-Дениса) равного 1.6 мл.

Как следует из представленных в таблице 2 данных, при проведении реакции комплексообразования в водном извлечении из плодов сумаха пушистого максимальное значение оптической плотности ($A=0.6346$) было получено при использовании реактива Фолина-Дениса в объеме 1.1 мл. В спирто-водном извлечении плодов максимальное значение оптической плотности $A=0.8683$, объем реактива Фолина-Дениса 1.2 мл.

Сравнивая полученные в эксперименте оптические плотности, можно сделать вывод, что в спирто-водное извлечение переходит больше фенольных соединений ($A=0.8683$), чем в водное ($A=0.6346$). Поэтому для дальнейших исследований использовали спирто-водное извлечение.

Спектр продукта окисления суммы фенольных соединений спирто-водного извлечения сумаха пушистого плодов с фосфорномолибденово-вольфрамовым реактивом (реактивом Фолина-Дениса) представлен на рисунке 1. Максимальное значение оптической плотности наблюдается при длине волны 720 нм.

Градуировочный график продукта взаимодействия кислоты галловой с реактивом Фолина-Дениса представлен на рисунке 2.

По данным градуировочного графика наблюдается прямо пропорциональное соотношение между концентрацией суммы фенольных соединений (галловой кислотой) в измеряемой пробе и аналитическим сигналом (оптической плотностью) в выбранном диапазоне применения методики. О линейном характере градуировочного графика свидетельствует также коэффициент корреляции $r=0.9895$. Таким образом, полученный график можно использовать для количественного определения суммы фенольных соединений.

Из данных таблицы 3 следует, что среднее содержание суммы фенольных соединений в сырье составляет $10.04 \pm 0.17\%$ в пересчете на кислоту галловую. Относительное стандартное отклонение (RSD) равно 2.61%, что соответствует рекомендациям [26, 27], предъявляемым к прецизионности методик, и не превышает 2.8%.

Таблица 1. Условия проведения реакции комплексообразования суммы фенольных соединений с фосфорномолибденово-вольфрамовым реактивом для СО кислоты галловой ($a_{cm}=0.0526$ г)

Объем реактива Фолина-Дениса, мл	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Значение оптической плотности, А	0.1732	0.2638	0.2928	0.2966	0.3058	0.3145	0.3374	0.3447	0.3481	0.3548
Объем реактива Фолина-Дениса, мл	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
Значение оптической плотности, А	0.3606	0.3669	0.3944	0.3953	0.4351	0.4820	0.3856	0.3769	0.3488	0.3335

Таблица 2. Определение оптимального объема фосфорномолибденово-вольфрамового реактива для проведения реакции комплексообразования в водном и водно-спиртовом извлечениях из плодов сумаха пушистого ($a_{x \text{ водное извлечение}}=1.0032$ г; $a_{x \text{ спирто-водное извлечение}}=1.0010$ г)

Объем реактива Фолина-Дениса, мл	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
Значение оптической плотности (А), водное извлечение	0.1028	0.1688	0.2751	0.3463	0.4165	0.4662	0.5314	0.5390
Значение оптической плотности (А), спирто-водное извлечение	0.1078	0.1899	0.3041	0.3990	0.4831	0.5727	0.6118	0.6761
Объем реактива Фолина-Дениса, мл	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Значение оптической плотности (А), водное извлечение	0.5534	0.5754	0.5856	0.6346	0.6213	0.6091	0.5904	0.5792
Значение оптической плотности (А), спирто-водное извлечение	0.6831	0.6923	0.7130	0.7323	0.8683	0.8157	0.7576	0.7380

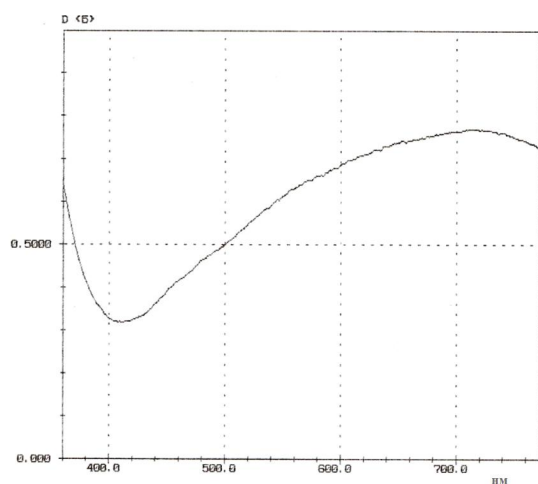


Рис. 1. Спектр продукта окисления суммы фенольных соединений спирто-водного извлечения сумаха пушистого плодов с фосфорномолибденово-вольфрамовым реактивом (реактивом Фолина-Дениса)

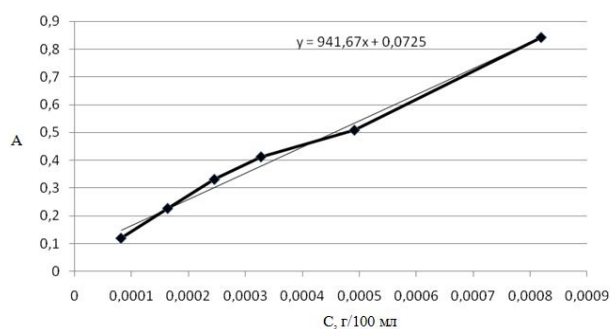


Рис. 2. Градуировочный график продукта взаимодействия кислоты галловой с реактивом Фолина-Дениса

Таблица 3. Результаты метрологической оценки методики количественного определения суммы фенольных соединений в плодах сумаха пушистого (спирто-водное извлечение) с реактивом Фолина-Дениса в пересчете на кислоту галловую ($a_x=1.0010$ г, $V_l=8.50\%$)

№ п/п	Оптическая плотность (A_x)	Результат анализа X, %	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	Метрологические характеристики
1	0.7685	10.09	0.05	0.0025	$\bar{X} = 10.04\%$ $\Delta X = 0.1662$ $SD = 0.2616$ $RSD = 2.61\%$
2	0.7768	10.21	0.17	0.0289	
3	0.7892	10.38	0.34	0.1156	
4	0.7474	9.78	-0.26	0.0676	
5	0.7443	9.74	-0.30	0.0900	
6	0.7552	9.89	-0.15	0.0225	
7	0.7487	9.77	-0.27	0.0729	
8	0.7728	10.12	0.08	0.0064	
9	0.7977	10.48	0.44	0.1936	
10	0.7549	9.86	-0.18	0.0324	
11	0.7494	9.78	-0.26	0.0676	
12	0.7832	10.27	0.23	0.0529	

Выводы

На основании результатов экспериментальных исследований подобраны оптимальные условия проведения реакции комплексообразования: соотношение раствора кислоты галловой и фосфорномолибденово-вольфрамового реактива (реактива Фолина-Дениса) – 0.06 мг/1.6 мл соответственно. Объемы реактива Фолина-Дениса для проведения количественного определения суммы фенольных соединений в водном и спирто-водном извлечениях плодов сумаха пушистого составляют соответственно 1.1 и 1.2 мл, при этом установлено, что в спирто-водное извлечение переходит больше фенольных соединений ($A=0.8683$), чем в водное ($A=0.6346$).

Проведено количественное определение суммы фенольных соединений спирто-водного извлечения из плодов сумаха пушистого. Содержание суммы фенольных соединений составило $10.04 \pm 0.17\%$ в пересчете на кислоту галловую.

Изучены валидационные характеристики: линейность, прецизионность (повторяемость) и показано, что предложенная методика может применяться для количественного определения суммы фенольных соединений в плодах сумаха пушистого.

Электронный дополнительный материал

В качестве приложения к статье в электронном дополнительном материале приведены некоторые методики, использованные в настоящей статье.

Список литературы

1. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Rutaceae – Elaeagnaceae. Л., 1988. 357 с.
2. ФС 42-1965-83. Листья сумаха дубильного (*Folia Rhus coriaria*).
3. Маматкулова Н.М., Хидырова Н.К., Мамадрахимов А.А., Шахидоятгов Х.М. Полифенолы листьев *Rhus coriaria* // Химия природных соединений. 2014. №5. С. 723–726.
4. Ильина И.Г., Рудакова И.П., Самылина И.А. Антиоксиданты: фармацевтические и биохимические аспекты применения // Фармация. 2013. №8. С. 3–7.
5. de la Iglesia R., Milagro F.I., Campion J., Boque N., Martinez J.A. Healthy properties of proanthocyanidins // Bio-Factors. 2010. Vol. 36 (3). Pp. 159–168. DOI:10.1002/biof.79.
6. Kotas M.E., Medzhitov R. Homeostasis, inflammation and disease susceptibility // Cell. 2015. Vol. 160 (5). Pp. 816–827. DOI:10.1016/j.cell.2015.02.010.
7. Chillar R., Dhigra D. Antidepressant-like activity of gallic acid in mice subjected to unpredictable chronic mild stress // Fundamental and Clinical pharmacology. 2013. Vol. 27 (4). Pp. 409–418. DOI: 10.1111/j.1472-8206.2012.01040.x
8. Lu Y., Katakovsky M, Jiang F. Gallic acid suppresses cell viability, proliferation, invasion and angiogenesis in human, glioma cells // European Journal of Pharmacology. 2010. Vol. 641 (2–3). Pp. 102–107. DOI: 10.1016/j.ejphar.2010.05.043.
9. Verma S., Singh A., Mishra A.A. Gallic acid: molecular rival of cancer // Environmental Toxicology and Pharmacology. 2013. Vol. 35 (3). Pp. 473–485. DOI: 10.1016/j.etap.2013.02.011.
10. Xiao J., Ni X., Kai G., Chen X. A review on structure-activity relationship of dietary polyphenols inhibiting α -amylase // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2013. Vol. 53 (5). Pp. 497–506. DOI: 10.1080/10408398.2010.548108.
11. Смит А. Теоретические аспекты биорегуляционной медицины // Фармация. 2016. Т. 65. №8. С. 53–56.
12. Петрова А.А., Попов И.В. Обоснование фармакогностического изучения рода сумах, культивируемых на территории России // Чтения молодых ученых: материалы международной научно-практической конференции. Серия «Научный вестник». 2016. С. 126–128.
13. Wei Z.P., Liu J.J. *Rhus typhina*, a good tree species for protection forest // Protection Forest Science and Technology. 2001. Vol. 3. P. 81.
14. Коренькин Д.Ю., Абилов Ж.А., Музыкакина Р.А., Толстиков Г.А. Природные флавоноиды. Новосибирск, 2007. 229 с.
15. Wang S., Zhu F. Chemical composition and biological activity of staghorn sumac (*Rhus typhina*) // Food Chemistry. 2017. Vol. 237. Pp. 431–443. DOI:10.1016/j.foodchem.2017.05.111.
16. Kossah R., Zhang H., Chen W. Antimicrobial and antioxidant activities of Chinese sumac (*Rhus typhina* L.) fruit extract // Food Control. 2011. Vol. 22 (1). Pp. 128–132. DOI:10.1016/j.foodcont.2010.06.002.
17. Olchowik E., Sciepek A., Mavlyanov S., Abdullajanova N., Zamaraeva M. Antioxidant capacities of polyphenols from Sumac (*Rhus typhina* L.) leaves in protection of erythrocytes against oxidative damage // Biomedicine and Preventive Nutrition. 2012. Vol. 2. N2. Pp. 99–105. DOI:10.1016/j.bionut.2011.06.008.
18. Гончарова В.Е., Попова О.И., Леонова В.Н. Фитохимическое исследование плодов сумаха пушистого (*Rhus typhina* L.) // Беликовские чтения: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. Пятигорск, 2018. С. 145–150.
19. Калинин А.М., Антонова Н.П., Боконикова Т.Н., Прохвятилова С.С., Шефер Е.П. Дифференцированный подход к анализу лекарственного растительного сырья и лекарственных препаратов, содержащих дубильные вещества // Химико-фармацевтический журнал. 2017. Т. 51. №12. С. 17–20. DOI:10.30906/0023-1134-2017-51-12-17-20.
20. Гриценко А.И., Губанова Л.Б., Попова О.И. Применение различных методов при определении дубильных веществ в листьях скумпии кожевенной (*Cotinus coggygria* Scop.) // Современные проблемы науки и образования. 2015. №1 (1). URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=18495>.
21. Марахова А.И., Станишевский Я.М., Потапов В.И., Сорокина А.А. Разработка и валидация методики потенциометрического определения суммы дубильных веществ в траве зверобоя // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2014. №8. С. 138–141.
22. Тринеева О.В., Сливкин А.И. Применение различных методов при определении дубильных веществ в листьях крапивы // Фармация. 2014. №1. С. 16–19.
23. Попов И.В., Чумакова В.В., Попова О.И., Леонова В.Н. Определение дубильных веществ в траве душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сборник научных трудов. 2017. С. 68–71.
24. Попов И.В., Андреева И.Н., Гаврилин М.В. Определение танина в сырье и препаратах кровохлебки лекарственной методом ВЭЖХ // Химико-фармацевтический журнал. 2003. Т. 37. №7. С. 24–26.
25. Khasnabis J., Rai C., Roy A. Determination of tannin content by titrimetric method from different types of tea // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 2015. Vol. 7 (6). Pp. 238–241.

26. Государственная фармакопея РФ XIII издания. М., 2015. Т. 2. URL: http://193.232.7.120/feml/clinical_ref/pha-гмасороеа_2/HTML#408.
27. AOAC Peer Verified methods Program, Manual on policies and procedures, Arlington, VA, 1993. Development Pharmaceuticals and Process Validation: Directive 75/318/EEC. 1998.

Поступила в редакцию 27 апреля 2018 г.

После переработки 7 июля 2018 г.

Принята к публикации 31 августа 2018 г.

Для цитирования: Леонова В.Н., Попов И.В., Попова О.И., Зайцев В.П. Количественное определение суммы фенольных соединений в плодах *Rhus typhina*(L.) // Химия растительного сырья. 2019. №1. С. 225–232. DOI: 10.14258/jcrpm.2019014038.

*Leonova V.N.**, *Popov I.V.*, *Popova O.I.*, *Zaitsev V.P.* QUANTITATIVE DETERMINATION OF THE SUM OF PHENOLIC COMPOUNDS IN FRUIT OF *RHUS TYPHINA*(L.)

Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of the Federal State Educational Establishment of the Volga Federal Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, pr. Kalinina, 11, Pyatigorsk, 357532 (Russia), e-mail: sheryfka@mail.ru

The genus *Rhus* of the Anacardiaceae family includes about 120–150 species of small trees, bushes, and lianas. The chemical composition of the sumac fluffy *Rhus typhina* (L.) is almost unknown. Previously, some phenolic compounds (rutin, quercetin, hyperoside, tannin, gallic acid) were identified in the fruits of the plant. To quantify the amount of phenolic compounds in the raw materials studied, a method based on the complexation reaction of phenolic compounds with a phosphomolybdic-tungsten reagent (Folin-Denis reagent) in an alkaline medium was chosen. The optimal conditions for the complexation reaction are selected: the ratio of the solution of gallic acid and Denis-Folin reagent is 0.06 mg / 1.6 ml, respectively. For the quantitative determination of the amount of phenolic compounds for the aqueous extraction of sumac fluffy must be added 1.1 ml of Denis-Folin reagent, to alcohol-water extraction – 1.2 ml of Folin-Denis reagent. The maximum value of optical density in aqueous and alcohol-aqueous extractions is observed at a wavelength of 720 nm. In alcohol-water extraction, more phenolic compounds ($A = 0.8683$) pass into the alcoholic water than to the aqueous one ($A = 0.6346$). The method used is valid and can be used for quantitative determination of the amount of phenolic compounds in fruits of sumac fluffy. To evaluate the linearity, the regression equation is calculated $y = 941.67x + 0.0725$ and the correlation coefficient $r = 0.9895$. The concentration of phenolic compounds in alcohol-water extraction was determined from the calibration graph. The average content of the sum of the phenolic compounds in terms of the gallic acid in the alcohol- water extraction was $10.04 \pm 0.17\%$. The relative standard deviation (RSD) is 2.61%.

Keywords: sumac fluffy, fruits, tannins, spectrophotometry, Folin-Denis reagent, gallic acid.

*Corresponding author.

References

1. *Rastitel'nyye resursy SSSR: Tsvetkovyye rasteniya, ikh khimicheskiy sostav, ispol'zovaniye; Semeystva Rutaceae – Elaegnaceae*. [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Rutaceae families – Elaegnaceae]. Leningrad, 1988, 357 p. (in Russ.).
2. *FS 42-1965-83. List'ya sumakha dubil'nogo (Folia Rhus coriaria)*. [FS 42-1965-83. Tannery sumac leaves (Folia Rhus coriaria)]. (in Russ.).
3. Mamatkulova N.M., Khidyrova N.K., Mamadrakhimov A.A., Shakhidoyatov Kh.M. *Khimiya prirodnikh soyedineniy*, 2014, no. 5, pp. 723–726. (in Russ.).
4. Il'ina I.G., Rudakova I.P., Samylina I.A. *Farmatsiya*, 2013, no. 8, pp. 3–7. (in Russ.).
5. de la Iglesia R., Milagro F.I., Campion J., Boque N., Martinez J.A. *Bio-Factors*, 2010, vol. 36 (3), pp. 159–168, DOI: 10.1002/biof.79.
6. Kotas M.E., Medzhitov R. *Cell*, 2015, vol. 160 (5), pp. 816–827, DOI: 10.1016/j.cell.2015.02.010.
7. Chillar R., Dhigra D. *Fundamental and Clinical pharmacology*, 2013, vol. 27 (4), pp. 409–418, DOI: 10.1111/j.1472-8206.2012.01040.x.
8. Lu Y., Katakovsky M., Jiang F. *European Journal of Pharmacology*, 2010, vol. 641 (2–3), pp. 102–107, DOI: 10.1016/j.ejphar.2010.05.043.
9. Verma S., Singh A., Mishra A.A. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 2013, vol. 35 (3), pp. 473–485, DOI: 10.1016/j.etap.2013.02.011.
10. Xiao J., Ni X., Kai G., Chen X. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2013, vol. 53 (5), pp. 497–506, DOI: 10.1080/10408398.2010.548108.
11. Smit A. *Farmatsiya*, 2016, vol. 65, no. 8, pp. 53–56. (in Russ.).
12. Petrova A.A., Popov I.V. *Cheniya molodykh uchenykh: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Seriya «Nauchnyy vestnik»*. [Readings of young scientists: materials of the international scientific-practical conference. Series "Scientific Bulletin"]. 2016, pp. 126–128. (in Russ.).
13. Wei Z.P., Liu J.J. *Protection Forest Science and Technology*, 2001, vol. 3, p. 81.
14. Korul'kin D.Yu., Abilov Zh.A., Muzychkina R.A., Tolstikov G.A. *Prirodnyye flavonoidy*. [Natural flavonoids]. Novosibirsk, 2007, 229 p. (in Russ.).
15. Wang S., Zhu F. *Food Chemistry*, 2017, vol. 237, pp. 431–443, DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.05.111.
16. Kossah R., Zhang H., Chen W. *Food Control*, 2011, vol. 22 (1), pp. 128–132, DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.06.002.
17. Olchowik E., Sciepuk A., Mavlyanov S., Abdullajanova N., Zamaraeva M. *Biomedicine and Preventive Nutrition*, 2012, vol. 2, no. 2, pp. 99–105, DOI: 10.1016/j.bionut.2011.06.008.
18. Goncharova V.Ye., Popova O.I., Leonova V.N. *Belikovskiy cheniya: materialy VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Belikovskiy readings: proceedings of the VIth All-Russian Scientific-Practical Conference]. Pyatigorsk, 2018, pp. 145–150. (in Russ.).
19. Kalinin A.M., Antonova N.P., Bokovikova T.N., Prokhvatilova S.S., Shefer Ye.P. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2017, vol. 51, no. 12, pp. 17–20, DOI: 10.30906/0023-1134-2017-51-12-17-20 (in Russ.).
20. Gritsenko A.I., Gubanova L.B., Popova O.I. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 1 (1), URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=18495> (in Russ.).
21. Marakhova A.I., Stanishevskiy YA.M., Potapov V.I., Sorokina A.A. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2014, no. 8, pp. 138–141. (in Russ.).
22. Trineyeva O.V., Slivkin A.I. *Farmatsiya*, 2014, no. 1, pp. 16–19. (in Russ.).
23. Popov I.V., Chumakova V.V., Popova O.I., Leonova V.N. *Razrabotka, issledovaniye i marketing novoy farmatsevticheskoy produktsii: sbornik nauchnykh trudov* [Development, research and marketing of new pharmaceutical products: a collection of scientific papers]. 2017, pp. 68–71. (in Russ.).
24. Popov I.V., Andreyeva I.N., Gavrilin M.V. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2003, vol. 37, no. 7, pp. 24–26. (in Russ.).
25. Khasnabis J., Rai C., Roy A. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2015, vol. 7 (6), pp. 238–241.
26. *Gosudarstvennaya farmakopeya RF XIII izdaniya* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIII edition]. Moscow, 2015, vol. 2, URL: http://193.232.7.120/feml/clinical_ref/pharmacopoea_2/HTML#408 (in Russ.).
27. *AOAC Peer Verified methods Program, Manual on policies and procedures*, Arlington, VA, 1993. Development Pharmaceuticals and Process Validation: Directive 75/318/EEC - 1998.

Received April 27, 2018

Revised July 7, 2018

Accepted August 31, 2018

For citing: Leonova V.N., Popov I.V., Popova O.I., Zaitsev V.P. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 1, pp. 225–232. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2019014038.