

УДК 615.074; 543.42.062; 543.421/424
<https://www.doi.org/10.34907/JPQAI.2025.49.97.004>

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММЫ ФЛАВОНОИДОВ В СЫРЬЕ РОДОДЕНДРОНА ЖЕЛТОГО (*RHODODENDRON LUTEUM SWEET.*) И РОДОДЕНДРОНА КАВКАЗСКОГО (*RHODODENDRON CAUCASICUM PALL.*)

А.Н. Тишина, соискатель кафедры фармацевтической химии, Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, г. Пятигорск
 al.tishisnatishina@yandex.ru

А.Г. Курегян, доктор фармацевтических наук, доцент, профессор кафедры фармацевтической химии, Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, г. Пятигорск

С.В. Печинский, канд. фарм. наук, доцент, доцент кафедры фармацевтической химии, Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, г. Пятигорск

В связи с тем, что рододендрон желтый и рододендрон кавказский могут являться перспективными сырьевыми источниками флавоноидов, была поставлена цель исследования – разработать унифицированную методику количественного определения суммы флавоноидов в сырье рододендрона желтого и рододендрона кавказского. Объектами исследования являются листья, цветки, плоды и побеги рододендрона желтого и рододендрона кавказского. В результате исследования разработана методика количественного определения флавоноидов в сырье рододендронов. Показано, что для рододендрона желтого источником флавоноидов могут служить листья (около 2%) и плоды (около 1,3%), для рододендрона кавказского – листья (до 4%) и цветки (до 4,5%). Для обоих изучаемых видов побеги признаны неперспективным сырьем (менее 1%). Разработанную методику можно рассматривать как исходную для включения в фармакопейные статьи на изучаемое сырье.

Ключевые слова: *Rhododendron luteum*, *Rhododendron caucasicum*, флавоноиды, спектрофотометрия, количественное содержание

Флавоноиды являются одной из самых обширных групп растительных вторичных метаболитов, обладающих высоким биологическим потенциалом, прежде всего противовоспалительным и антиоксидантным действиями [1–3]. Это непосредственно связано с их биологической функцией, в частности, с обеспечением устойчивости растений к биотическому и абиотическому стрессу [3,4].

В связи с этим изучение каждого конкретного вида растений, как правило, всегда предполагает изучение его флавоноидного состава.

Рододендрон желтый (*Rhododendron luteum Sweet.*) и рододендрон кавказский (*Rhododendron caucasicum Pall.*) являются представителями флоры Российской Федерации [5,6] и культивируются на территории нашей страны в качестве декоративных растений [7–9]. При этом изучение флавоноидного состава позволит рассматривать их и как перспективные источники биологически активных соединений. Вместе с этим фармацевтическое исследование рододендрона желтого и рододендрона кавказского как источников флавоноидов невозможно без оценки уровня накопления этих соединений в сырье, в качестве которого можно рассматривать листья, цветки, плоды и побеги.

Необходимо отметить, что в настоящее время в открытых источниках сведения о методике определения суммы флавоноидов в сырье рододендрона желтого и рододендрона кавказского отсутствуют, а информация по количественному содержанию флавоноидов крайне скудная. Так, согласно литературным данным, суммарное содержание флавоноидов в листьях рододендрона желтого достигает 1,5%, а в цветках – 0,16% [10–12]. В рододендроне кавказском сумма флавоноидов в пересчете на гиперозид, по данным Э.Т. Оганесяна, составляет около 8% [11]. Жаворонковой М.Е. с соавторами установлено, что в цветках рододендрона кавказского содержится до 4% флавоноидов [10].

В связи с тем, что рододендрон желтый и рододендрон кавказский могут являться перспективным сырьевыми источниками флавоноидов [13–16], была поставлена цель исследования – разработать унифицированную методику количественного определения суммы флавоноидов в сырье рододендрона желтого и рододендрона кавказского.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись листья, цветки, плоды, побеги рододендрона желтого (*Rhododendron luteum* Sweet.) и рододендрона кавказского (*Rhododendron caucasicum* Pall.). Листья обоих растений заготовлены до начала цветения, цветки – в период цветения, побеги – в фазу созревания плодов, плоды – в период полного созревания в 2022, 2023 и 2024 годах. Сыре высушили воздушно-теневым способом.

Спектры регистрировали на спектрофотометре «УФ-Виз» (№23-1814-01-0041) с интервалом длин волн от 200 до 450 нм в кюветах с толщиной рабочего слоя 10 мм.

Методика количественного определения флавоноидов. Около 5,0 г (точная навеска) измельченного сырья помещают в термостойкую круглодонную колбу со шлифом вместимостью 250 мл, прибавляют 100 мл спирта этилового 70%, взвешивают колбу с сырьем и экстрагентом с точностью до $\pm 0,01$ г. Колбу присоединяют к обратному холодильнику и экстрагируют при нагревании на водяной бане в течение 60 минут. Далее колбу охлаждают до комнатной температуры, содержимое фильтруют в мерную колбу вместимостью 100 мл через бумажный фильтр и доводят объем раствора до метки спиртом этиловым 70% (испытуемый раствор А).

1 мл испытуемого раствора А переносят в мерную колбу вместимостью 25 мл, добавляют 2 мл 2% раствора алюминия хлорида в спирте этиловом 96%, 0,05 мл 30% раствора уксусной кислоты, доводят объем раствора в колбе до метки спиртом этиловым 96% (испытуемый раствор Б).

Спустя 40 минут регистрируют оптическую плотность испытуемого раствора Б при длине волны 411 ± 2 нм.

В качестве раствора сравнения используют раствор, состоящий из 1 мл испытуемого раствора А, 0,05 мл 30% раствора уксусной кислоты, доведенный до метки в мерной колбе вместимостью 25 мл спиртом этиловым 96%.

Приготовление стандартного образца рутина. Точную навеску стандартного образца (СО) рутина (CAS 153-18-4, ООО «Фитопанацея» или аналогичный) массой 0,025 г помещают в мерную колбу вместимостью 50 мл, растворяют в 30 мл спирта этилового 70% при нагревании на водяной бане. После охлаждения до комнатной температуры содержимое колбы доводят спиртом этиловым 70% до метки (раствор А СО рутина).

1,0 мл раствора А СО рутина помещают в мерную колбу вместимостью 25 мл, прибавляют 1 мл 2% раствора алюминия хлорида в спирте этиловом 96% и 0,05 мл раствора 30% уксусной кислоты, доводят до метки спиртом этиловым 96% и перемешивают (раствор Б СО рутина).

В качестве раствора сравнения для раствора СО рутина используют раствор, содержащий 1 мл раствора А СО рутина, 0,05 мл 30% раствора уксусной кислоты, доведенный до метки спиртом этиловым 96% в мерной колбе вместимостью 25 мл.

Расчет количественного содержания суммы флавоноидов (%) проводят по формуле:

$$X = \frac{A_x \cdot a_0 \cdot 100 \cdot 25 \cdot 1 \cdot P \cdot 100}{A_0 \cdot a_x \cdot 1 \cdot 50 \cdot 25 \cdot (100 - w)} = \\ = \frac{A_x \cdot a_0 \cdot 2 \cdot P \cdot 100}{A_0 \cdot a_x \cdot (100 - w)},$$

где A_x – оптическая плотность раствора Б испытуемого образца; A_0 – оптическая плотность раствора Б СО рутина; a_x – навеска сырья, г; a_0 – навеска СО рутина, г; Р – содержание рутина в СО, 99,9%; w – влажность сырья, %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В связи с отсутствием общей фармакопейной статьи по оценке содержания флавоноидов в лекарственном растительном сырье (ЛРС), которую можно было бы адаптировать к изучаемым нами видам сырья рододендронов, был проведен анализ действующих фармакопейных статей (ФС) на ЛРС, включенных в ГФ РФ [17].

Выявлено, что 18 ФС на ЛРС регламентирует определение содержания суммы флавоноидов методом дифференциальной спектрофотометрии по реакции комплексообразования с алюминия хлоридом (**табл. 1**). При этом 13 ФС предписывают проводить определение суммы флавоноидов в пересчете на рутин, 2 ФС – на лютеолин, по 1 ФС – на лютеолин-7-гликозид, гиперозид

и изосалипурпозид. Ранее нами проведены предварительные исследования по изучению качественного состава флавоноидов рододендрона желтого и рододендрона кавказского и установлено, что во всех видах сырья присутствует рутин [18,19]. В связи с этим мы посчитали допустимым в качестве СО флавоноида, на который будет проводиться пересчет, использовать рутин.

Для выбора оптимальных условий экстракции флавоноидов из сырья рододендронов проведен анализ параметров методик количественного определения суммы флавоноидов в действующих ФС на ЛРС [17]. Установлено, что в 13 из 18 ФС в качестве экстрагента рекомендован спирт этиловый 70%. Соотношение сырья и экстрагента, которое используется для получения испытуемого раствора при суммарном определении флавоноидов в ЛРС, колеблется от 1:20 до 1:105, а время получения экстракта – от 30 до 120 мин. (**табл. 1**). Нами экспериментально установлено, что оптимальное соотношение для получения экстрактов из сырья рододендронов составляет 1:20, экстрагентом является спирт этиловый 70%, а время экстракции составляет 60 мин. [18,19], поэтому эти параметры были выбраны нами как исходные для разработки методики.

На процесс образования комплекса флавоноидов с раствором алюминия хлорида оказывают влияние соотношение испытуемого раствора и раствора алюминия хлорида, его концентрация; концентрация и объем уксусной кислоты; время экспозиции раствора, необходимое для стабилизации положения максимума поглощения комплекса. Из 18 ФС в 11 ФС рекомендуется использовать 1 мл испытуемого раствора, объем, равный 2,0 мл, – в 4 ФС, в 3 ФС встречаются объемы 3 и 5 мл (**табл. 1**). В матрицу дальнейшего эксперимента нами были внесены три варианта объема испытуемого раствора – 1 мл, 2 мл и 3 мл (**табл. 2**). Параметром, влияющим на интенсивность оптической плотности и положение максимума поглощения комплекса рутина с алюминия хлоридом, является концентрация последнего. Анализ ФС показал, что для получения комплекса алюминия хлорида с флавоноидами используются его 1%, 2%, 3%, 5% и 10% растворы. В подавляющем числе методик – в 13 ФС – используется 2% раствор алюминия хлорида. Что касается объема раствора алюминия хлорида, то в 5 ФС рекомендуется использовать 1 мл раствора алюминия хлорида, а в 6 ФС – 2 мл. Причем в 12 ФС эти объемы связаны с концентрацией алюминия хлорида 2% (**табл. 1**), поэтому в матрицу эксперимента включили 2%

раствор алюминия хлорида и его объемы – 1 мл и 2 мл (**табл. 2**).

Другим варьируемым параметром в методиках действующих ФС является концентрация и объем уксусной кислоты, которая необходима для образования комплекса флавоноида и алюминия хлорида. В 11 ФС ее концентрация составляет 30%, а объем колеблется от 0,05 мл до 0,1 мл. Эти параметры были взяты как исходные для экспериментального определения оптимальных условий разрабатываемой методики (**табл. 2**).

Важным фактором, влияющим на положение максимума, является время экспозиции раствора перед регистрацией спектра или измерением оптической плотности в максимуме поглощения. В анализируемых ФС это время составляет 30 мин. (10 ФС) и 40 мин. (8 ФС). В связи с этим в эксперименте планировалось измерять оптические плотности и регистрировать максимумы поглощения через 25, 30, 40, 45 мин. экспозиции, охватывая временной интервал согласно действующим ФС (**табл. 2**).

Следует отметить, что в проанализированных ФС интервал положений максимумов светопоглощения комплекса флавоноидов с алюминия хлоридом составляет от 398 нм до 415 нм (**табл. 1**). Этот параметр методики предполагалось установить экспериментально, параллельно с определением оптимального времени экспозиции комплекса.

В качестве модельного объекта для разработки методики количественного определения флавоноидов были выбраны листья рододендрона желтого. Учитывая результаты проведенного теоретического анализа действующих ФС, была составлена матрица для экспериментального скрининга параметров методики количественного определения флавоноидов и проведены испытания в условиях, представленных в **табл. 2**.

Результаты скринингового анализа показали, что положение максимума поглощения в условиях опытов № 1–8 находилось при 411 ± 2 нм, в испытаниях № 9–12 положение максимума было нестабильным (**табл. 2**).

Оптическая плотность в опытах № 1–4 имела приемлемое значение и находилась в интервале от 0,737 до 0,761, при этом наблюдалось подчинение основному закону светопоглощения, а максимальное содержание флавоноидов было определено при использовании 2 мл 2% раствора алюминия хлорида и 0,05 мл 30% раствора уксусной кислоты (опыт № 1). Оптическая плотность в опытах № 5–8 превысила 1,0, в опытах № 9–12

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФАРМАКОПЕЙНЫХ МЕТОДИК КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММЫ ФЛАВОНОИДОВ В ЛЕКАРСТВЕННОМ РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ ПО РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ С АЛЮМИНИЯ ХЛОРИДОМ [17]

№	ЛРС, номер ФС	CO флавоноида	Habekka cypipa, Bpema	Ogrem cumpa 3tirobora, Kohlethpaulina	Ogrem nchimyemoro pacrbopa, m-	Ogrem arhominina arhominina Kohlethpaulina	Ogrem pacrbopa, m-	Ogrem arhominina arhominina Kohlethpaulina	Ogrem nchimyemoro pacrbopa, m-	Ogrem arhominina arhominina Kohlethpaulina	Bpema 3kctpauinn, mnh.	Bpema 3kctpauinn, mnh.	Bpema 3kctpauinn, mnh.	Marknmym normotlehing, m-	
1	ФС.2.5.0005.15 Березы листья	гиперозид	1,0	50%, 100 мл	120	1,0	2	1,0	30%, 0,05 мл	30	410				
2	ФС.2.5.0006.15 Березы почки	лютеолин	1,0	70%, 40 мл	60	1,0	2	1,0	30%, 0,05 мл	30	400				
3	ФС.2.5.0007 Бессмертника песчаного цветка	изосали- пурпозид	1,0	70%, 50 мл	60	1,0	2	2,0	30%, 0,05 мл	30	418				
4	ФС.2.5.0008.15 Бузины черной цветки	рутина	1,0	70%, 105 мл	60	5,0	10	1,5	30%, 0,5 мл	30	408				
5	ФС.2.5.0010.15 Гинкго двулистного листья	рутина	1,0	70%, 30 мл	60	1,0	2	2,0	30%, 0,05 мл	40	406				
6	ФС.2.5.0067.18 Горца перечного трава	рутина	1,0	90%, 90 мл	90	2,0	1	1,0	30%, 0,5 мл	30	408				
7	ФС.2.5.0068.18 Горца почечуйного трава	рутина	1,0	70%, 50 мл	60	1,0	2	1,0	30%, 0,5 мл	40	408				
8	ФС.2.5.0012 Душицы обыкновенной трава	лютеолин	0,8	60%, 50 мл	90	1,0	2	3,0	99%, 0,1 мл	40	400				
9	ФС.2.5.0015.15 Зверобоя трава	рутина	1,0	50%, 90 мл	90	1,0	2	2,0	—	40	415				

№	ЛРС, номер ФС	СО фармонаца	Характериза ции производо- ра, Брема	Брема актпакунн, мнх.								
10	ФС.2.5.0016.15 Земляники лесной листья	рутин	1,0	70%, 100 мл	90	2,0	5	5,0	3%, 1 мл	30	410	
11	ФС.2.5.0030.15 Календулы лекарственной цветки	рутин	1,0	70%, 50 мл	120	1,0	2	5,0	99%, 0,1 мл	40	408	
12	ФС.2.5.0090.18 Пастушьей сумки обыкновенной трава	рутин	0,5	70%, 50 мл	45	1,0	2	1,0	—	40	405	
13	ФС.2.5.0033.15 Полыни горькой трава	рутин	1,0	70%, 60 мл	30	5,0	2	4,0	30%, 0,05 мл	30	410	
14	ФС.2.5.0037.15 Ромашки аптечной цветки	рутин	1,0	70%, 100 мл	45	3,0	5	5,0	30%, 0,1 мл	30	415	
15	ФС.2.5.0097.18 Тимьяна обыкновенного трава	лютеолин- 7-гликозид	1,0	70%, 30 мл	60	2,0	2	2,0	30%, 0,05 мл	30	398	
16	ФС.2.5.0044.15 Фиалки трава	рутин	1,0	70%, 100 мл	45	2,0	5	5	3%, 1 мл	30	410	
17	ФС.2.5.0046.15 Хмеля обыкновенного соплодия	рутин	1,0	70%, 25 мл	30	1,0	2	2,0	98%, 0,1 мл	40	410	
18	ФС.2.5.0054.15 Эрвя шерстистой трава	рутин	1,0	96%, 50 мл	120	1,0	2	2	30%, 0,1 мл	40	410	

Таблица 2

**УСЛОВИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ СКРИНИНГОВОГО АНАЛИЗА МЕТОДИКИ
КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФЛАВОНОИДОВ ПО РЕАКЦИИ
КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ С РАСТВОРОМ АЛЮМИНИЯ ХЛОРИДА***

№ опыта	Объем испытуемого раствора Б/В, взятый на анализ, мл			Объем 2% раствора алюминия хлорида, мл		Объем 30% раствора уксусной кислоты, мл		Время экспозиции комплекса, мин., положение максимума, нм				Оптическая плотность
	1	2	3	1	2	0,05	0,1	25	30	40	45	
1	+				+	+		409	410	411	411	0,761
2	+			+		+		408	410	411	411	0,748
3	+				+		+	409	411	411	412	0,737
4	+			+			+	409	410	411	411	0,744
5		+			+	+		410	411	412	412	оптическая плотность превышала 1,0, методика не линейна
6		+		+		+		411	411	412	413	
7		+			+		+	411	412	413	413	
8		+		+			+	410	411	411	412	
9			+		+	+		положение максимума было нестабильным				оптическая плот- ность нестабильна и превышала 1,5, методика не линейна
10			+	+		+						
11			+		+		+					
12			+	+			+					

* В эксперименте использовали растворы сравнения с соответствующими количествами испытуемого раствора и уксусной кислоты без добавления раствора алюминия хлорида

оптическая плотность превышала 1,5. В условиях опытов № 5–12 отсутствовало подчинение зако-ну Бугера – Ламберта – Бера, т. е. методики были не линейны. Для получения удовлетворительного профиля спектра поглощения в условиях опытов № 5–12 испытуемый раствор Б разбавляли в 2 (испытания № 5–8) и 2,5 раза (испытания № 9–12), получая испытуемый раствор В, который далее использовали для получения комплекса с алюминием хлоридом.

Для образцов 1–8 максимальное количественное содержание флавоноидов фиксировалось при добавлении 0,05 мл 30% раствора уксусной кислоты и 2 мл 2% раствора алюминия хлорида. Добавление 0,05 мл кислоты и 1 мл алюминия хлорида приводило к незначительному снижению количественного содержания, вероятно, 1 мл раствора алюминия хлорида недостаточно для образования устойчивого комплекса. Добавление 0,1 мл 30% уксусной кислоты

приводило к снижению количественного содер-жания, по-видимому, создавалась более кислая среда, разрушающая комплекс алюминия хлорида и рутину (**табл. 2**).

Таким образом, в условия методики были включены следующие постоянные параметры: 2 мл 2% раствора алюминия хлорида, 0,05 мл 30% раствора уксусной кислоты и положение максимума поглощения 411 ± 2 нм. Чтобы установить, какую навеску испытуемого раствора следует использо-вать для получения комплекса с раствором алю-миния хлорида, провели определение содержания флавоноидов в условиях испытания опытов № 1, 5, 9 на трех сериях сырья в шести повторностях (**табл. 3**).

В условиях опыта № 1 было определено мак-симальное содержание флавоноидов – около 2% с относительной погрешностью определе-ния, не превышающей 1,5%. Эксперимент для ус-ловий опыта № 5 показал содержание суммы

Таблица 3

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУММЫ ФЛАВОНОИДОВ
В УСЛОВИЯХ ИСПЫТАНИЯ ОПЫТОВ № 1, 5, 9**

Количественное содержание flavonoidов, %						
№	Образец № 1	Метрологические характеристики	Образец № 5	Метрологические характеристики	Образец № 9	Метрологические характеристики
Серия 2022 года (влажность – 9,76%)						
1	1,990	$\bar{X} = 2,01$ $SD = 0,0191$ $RSD = 0,99\%$	1,948	$\bar{X} = 1,91$ $SD = 0,0282$ $RSD = 1,55\%$	1,697	$\bar{X} = 1,57$ $SD = 0,0753$ $RSD = 5,06\%$
2	1,995		1,920		1,539	
3	1,998		1,878		1,611	
4	2,022		1,901		1,532	
5	2,027		1,881		1,512	
6	2,035		1,932		1,500	
Серия 2023 года (влажность – 9,78%)						
1	2,055	$\bar{X} = 2,02$ $SD = 0,0282$ $RSD = 1,46\%$	1,948	$\bar{X} = 1,89$ $SD = 0,0406$ $RSD = 2,25\%$	1,597	$\bar{X} = 1,47$ $SD = 0,07511$ $RSD = 5,38\%$
2	2,051		1,922		1,439	
3	2,040		1,875		1,511	
4	1,998		1,904		1,432	
5	1,997		1,879		1,412	
6	1,999		1,832		1,401	
Серия 2024 года (влажность – 9,82%)						
1	2,052	$\bar{X} = 2,03$ $SD = 0,0205$ $RSD = 1,06\%$	1,927	$\bar{X} = 1,90$ $SD = 0,0367$ $RSD = 2,03\%$	1,573	$\bar{X} = 1,59$ $SD = 0,1031$ $RSD = 6,49\%$
2	2,056		1,911		1,587	
3	2,048		1,895		1,425	
4	2,021		1,901		1,613	
5	2,013		1,931		1,732	
6	2,012		1,830		1,602	

флавоноидов на уровне 1,9%, с погрешностью определения, не превышающей 2,2%. Однако для условий опыта № 5 требовалось дополнительное разведение испытуемого раствора, при этом относительное стандартное отклонение не превысило 2,5%. Использование объема экстракта 3 мл (условия опыта № 9), взятого на анализ, приводило к заниженному содержанию флавоноидов по сравнению с навесками в 1 или 2 мл. Возможно, это связано с тем, что 1–2 мл раствора алюминия хлорида недостаточно для образования стабильного комплекса при таком объеме экстракта. Для условий опыта № 9 также требовалось

дополнительное разведение испытуемого раствора. Кроме того, статистическая обработка результатов в условиях опыта № 9 показала низкую воспроизводимость методики, т. к. погрешность определения превышала 5%.

Учитывая результаты проведенного эксперимента и его статистическую обработку, были выбраны следующие параметры методики количественного определения суммы флавоноидов в пересчете на рутин: навеска сырья – 5,0, экстрагент – 100 мл спирта этилового 70%, время экстракции – 60 мин., объем испытуемого раствора А – 1 мл, объем 2% раствора алюминия

Таблица 4

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СУММЫ ФЛАВОНОИДОВ
В СЫРЬЕ РОДОДЕНДРОНА ЖЕЛОГО И РОДОДЕНДРОНА КАВКАЗСКОГО**

№	Содержание флавоноидов, %	Метрологические характеристики	Содержание флавоноидов, %	Метрологические характеристики		
1	2	3	4	5		
Рододендрон желтый						
	<i>листья (влажность – 9,76%)</i>		<i>цветки (влажность – 3,91%)</i>			
1	1,990	$\bar{X} = 2,01$ $SD = 0,019\ 073$ $RSD = 0,99\%$	0,364	$\bar{X} = 0,363$ $SD = 0,003\ 615$ $RSD = 1,04\%$		
2	1,995		0,362			
3	1,998		0,361			
4	2,022		0,365			
5	2,027		0,360			
6	2,035		0,370			
	<i>плоды (влажность – 16,40%)</i>		<i> побеги (влажность – 14,55%)</i>			
1	1,291	$\bar{X} = 1,29$ $SD = 0,013\ 253$ $RSD = 1,08\%$	0,230	$\bar{X} = 0,23$ $SD = 0,003\ 724$ $RSD = 1,69\%$		
2	1,294		0,231			
3	1,275		0,238			
4	1,297		0,234			
5	1,312		0,229			
6	1,279		0,228			
Рододендрон кавказский						
	<i>листья (влажность – 10,48%)</i>		<i>цветки (влажность – 4,87%)</i>			
1	4,382	$\bar{x}=4,35$ $SD = 0,04\ 159$ $RSD = 1,00\%$	4,662	$\bar{x}=4,68$ $SD = 0,0417$ $RSD = 0,93\%$		
2	4,386		4,699			
3	4,372		4,636			
4	4,378		4,689			
5	4,311		4,629			
6	4,229		4,739			
	<i>плоды (влажность – 13,90%)</i>		<i> побеги (влажность – 13,20%)</i>			
1	1,273	$\bar{X} = 1,28$ $SD = 0,0132$ $RSD = 1,09\%$	0,918	$\bar{X} = 0,92\%$ $SD = 0,00\ 925$ $RSD = 1,06\%$		
2	1,279		0,907			
3	1,289		0,911			
4	1,269		0,906			
5	1,295		0,923			
6	1,259		0,929			

хлорида – 2 мл, объем 30% уксусной кислоты – 0,05 мл, время экспозиции раствора – 40 мин., максимум поглощения – 411 ± 2 нм.

Далее по разработанной методике было проведено количественное определение суммы флавоноидов в 4 видах сырья рододендрона желтого и рододендрона кавказского (табл. 4).

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика количественного определения суммы флавоноидов в сырье рододендрона желтого и рододендрона кавказского.

2. Показано, что для рододендрона желтого источником флавоноидов могут служить листья (около 2%) и плоды (около 1,3%), для рододендрона кавказского – листья (до 4%) и цветки (до 4,5%).

3. Для обоих изучаемых видов побеги признаны неперспективным сырьем (менее 1%).

4. Разработанную методику можно рассматривать как исходную для включения в фармакопейные статьи на изучаемое сырье.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Alizadeh S.R. *Quercetin derivatives: Drug design, development, and biological activities, a review* / S.R. Alizadeh, M.A. Ebrahimzadeh // European journal of medicinal chemistry. – 2022. – Vol. 229. – P. 114068. DOI: 10.1016/j.ejmech.2021.114068.
2. Juca M.M. *Flavonoids: biological activities and therapeutic potential. Natural product research* / M.M. Juca, F.M. S. CysneFilho, J. C. de Almeida et al. // Natural product research. – 2020. – Vol. 34. – №5. – P. 692–705. DOI: 10.1080/14786419.2018.1493588.
3. Chen S. *A review of classification, biosynthesis, biological activities and potential applications of flavonoids* / S. Chen, X. Wang, Y. Cheng et al. // Molecules. – 2023. – Vol. 28. – №13. – P. 4982–5009. DOI: 10.3390/molecules28134982.
4. Singh P. *The role of quercetin in plants* / P. Singh, Y. Arif, A. Bajguz, S. Hayat // Plant Physiology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 166. – P. 10–19. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.05.023.
5. Буданцев А.Л. *Растительные ресурсы России: дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Семейства Actinidiaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae*. 2009. – СПб., Т. 2. – 513 с.
6. Ладыженская О.В. *Влияние различных препаратов на всхожесть семян рододендрона кавказского (Rhododendron caucasicum Pall.) и рододендрона желтого (Rhododendron luteum Sweet.)* / О.В. Ладыженская, В.А. Крючкова, В.Г. Донских // АгроЭкоИнфо. – 2022. – №3. – С. 51–59.
7. Михович Ж.Э. *Оценка регенерационной способности Rhododendron luteum Sweet. в культуре in vitro* / Ж.Э. Михович, О.В. Скроцкая, А.Н. Смирнова // Самарский научный вестник. – 2024. – Т. 13. – №2. – С. 60–66.
8. Батчаева А.А. *Первичные результаты интродукции рододендрона кавказского в климатических условиях Северного Кавказа* / А.А. Батчаева, С.Г. Яковлева / Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции / Сборник научных трудов. – 2023. Т. 78. – С. 278–280.
9. Ажам Б. *История представителей рода Rhododendron L. и перспективы их использования* / Б. Ажам // АгроЭкоИнфо. – 2024. – №4. – С. 64–74.
10. Жаворонкова М.Е. *Сравнительное фармакогностическое изучение европейских и азиатских видов рода Rhododendron L. флоры России* / Дис.... канд. фарм. наук – Пермская государственная фармацевтическая академия. – Пермь, 2012.
11. Оганесян Э.Т. *О количественном содержании флавоноидов некоторых видов рода Рододендрон* / Э.Т. Оганесян // Вопросы курортологии. – 1967. – С. 340.
12. Оганесян Э.Т. *Исследование тритерпеноидов и флавоноидов Rhododendron caucasicum Pull.* / Э.Т. Оганесян // Растительные ресурсы. – 1968. – Т. 4. – №2. – С. 240–243.
13. Yeşil T. *Major components of Rhododendron luteum leaves* / T. Yeşil, Y. Akgül // Natural Product Research. – 2023 – Vol. 37. – №15. – P. 2608–2612. DOI: 10.1080/14786419.2022.2055015.
14. Lyko L. *LC-ESI-MS/MS characterization of concentrated polyphenolic fractions from Rhododendron luteum and their anti-inflammatory and antioxidant activities* / L. Lyko, M. Olech, R. Nowak // Molecules. – 2022. – Vol. 27. – №3. – P. 827–843. DOI: 10.3390/molecules27030827.
15. Gvachliania V. *On the issue of industrial use of Rhododendron caucasicum Pall. and Rhododendron pontificum L.* / V. Gvachliania // Annals of agrarian science. – 2021. – Vol. 19. – P. 63–67.
16. Гагиева Л.Ч. *Перспективы использования рододендрона в качестве лекарственного растительного сырья* / Л.Ч. Гагиева, В.Б. Цугкиева,

- С.А. Гревцова и др. // *Известия Горского государственного аграрного университета*. – 2024. – Т. 61. – №2. – С. 109–114.
17. Государственная фармакопея Российской Федерации. <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/> (дата обращения: 25.08.2025).
18. Тишина А.Н. Плоды рододендрона кавказского: определение диагностических признаков и состава полифенольных соединений / А.Н. Тишина, А.Г. Курегян, М.П. Глушко, С.В. Печинский, И.А. Антонян // Журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2024. – №8. С. 73–78.
19. Тишина А.Н. Изучение химического состава листьев и цветков рододендрона желтого (*Rhododendron luteum* Sweet.) и рододендрона кавказского (*Rhododendron caucasicum* Pall.) / А.Н. Тишина // Достижения и перспективы создания новых лекарственных средств растительного происхождения: сб. матер. междунаучно-практ. конференции. – Москва, 2024. – С. 186–190.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR THE QUANTITATIVE DETERMINATION OF THE AMOUNT OF FLAVONOIDS IN THE RAW MATERIALS OF YELLOW RHODODENDRON (*RHODODENDRON LUTEUM* SWEET.) AND CAUCASIAN RHODODENDRON (*RHODODENDRON CAUCASICUM* PALL.)

A.N. Tishina, A.G. Kuregyan, S.V. Pechinsky

Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education VolgGMU of the Ministry of Health of Russia, Pyatigorsk, Russia

Given that yellow rhododendron and Caucasian rhododendron may be promising sources of flavonoids. The aim of this study was to develop a standardized method for the quantitative determination of flavonoid levels in yellow rhododendron and Caucasian rhododendron raw materials. The objects of the study were the leaves, flowers, fruits, and shoots of yellow rhododendron and Caucasian rhododendron. As a result of the study, a method for the quantitative determination of flavonoids in rhododendron raw materials was developed. It was shown that for yellow rhododendron, the source of flavonoids can be leaves (approximately 2%) and fruits (approximately 1.3%), while for Caucasian rhododendron, the source is leaves (up to 4%) and flowers (up to 4.5%). For both studied species, shoots are recognized as unpromising raw materials (less than 1%). The developed method can be considered as a starting point for inclusion in pharmacopoeial monographs for the studied raw materials.

Keywords: *Rhododendron luteum*, *Rhododendron caucasicum*, flavonoids, spectrophotometry, quantitative content