

УДК 582.998.1:615.322

ИЗУЧЕНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРЕХ ВИДОВ РОДА *TANACETUM* L. В УСЛОВИЯХ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

© К.А. Пупыкина¹, И.Е. Анищенко², Е.В. Красюк¹, О.Ю. Жигунов^{2*}, З.Х. Шигапов²

¹ Башкирский государственный медицинский университет, ул. Ленина, 3, Уфа, 450008, Россия

² Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра РАН, ул. Менделеева, 195/3, Уфа, 450080, Россия, zhigunov2007@yandex.ru

Эфиромасличные растения рода *Tanacetum* L. (*Asteraceae*) содержат богатый набор биологически активных веществ (эфирные масла, флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, дубильные вещества, витамины, органические кислоты и др.), обладающие широким спектром фармакологической активности – противовоспалительной, желчегонной, противоглистной, антибактериальной, антиоксидантной. В последнее время выявляются новые виды биологической активности растений рода *Tanacetum*, что делает актуальным изучение близкородственных видов как дополнительных источников лекарственного растительного сырья.

Цель настоящей работы – сравнительное изучение качественного состава и количественного содержания некоторых фенольных соединений трех видов рода *Tanacetum* – *T. vulgare* L., *T. balsamita* L. и *T. balsamitoides* Sch.Bip.

Для анализа использовали цветки исследуемых образцов: *T. vulgare* дикорастущего вида, заготовленного в Уфимском районе Республики Башкортостан, а также цветки двух видов (*T. balsamita* и *T. balsamitoides*), культивируемых в Южно-Уральском ботаническом саду-институте УФИЦ РАН. В результате исследования установлено, что образцы дикорастущего вида *T. vulgare* содержат большее количество флавоноидов ($2.70 \pm 0.10\%$) и гидроксикоричных кислот ($3.05 \pm 0.12\%$), но при этом малоизученные близкородственные виды *T. balsamita* и *T. balsamitoides* незначительно уступают по содержанию флавоноидов (2.53 ± 0.12 и $2.14 \pm 0.09\%$) и гидроксикоричных кислот (2.74 ± 0.11 и $2.38 \pm 0.08\%$) фармакопейному виду – *T. vulgare*, поэтому являются перспективными для дальнейшего изучения, как потенциальные источники ценных биологически активных веществ и для расширения сырьевой базы лекарственного растительного сырья.

Ключевые слова: виды рода *Tanacetum*, фенольные соединения, качественный, количественный анализ.

Для цитирования: Пупыкина К.А., Анищенко И.Е., Красюк Е.В., Жигунов О.Ю., Шигапов З.Х. Изучение фенольных соединений трех видов рода *Tanacetum* L. в условиях Башкирского Предуралья // Химия растительного сырья. 2024. №4. С. 161–169. DOI: 10.14258/jcprm.20240414039.

Введение

В настоящее время перспективным направлением фармакогнозии является изучение близкородственных видов уже известных и широко применяемых в научной медицине лекарственных растений с целью расширения сырьевой базы лекарственного растительного сырья и ассортимента лекарственных препаратов растительного происхождения [1]. Интересными для изучения в этом плане являются эфиромасличные растения рода *Tanacetum*, содержащие эфирные масла группы бициклических монотерпенов, главными компонентами которых являются α -туйон, β -туйон, туйол, пинен, камфора, п-цимол, борнеол, камфен, лимонен [2, 3]. Важную роль в общем фармакологическом эффекте видов *Tanacetum* играют также флавоноиды, такие как лютеолин, апигенин, акацетин, кверцетин, изорамнетин, цинарозид, эупатилин, яцеидин, тилианин, яцеозидин, скутелларин и их производные [4–7]. Кроме того, данные растения богаты и другими ценными биологически активными веществами (витамины, органические кислоты, фенолкарбоновые и гидроксикоричные кислоты, горечи, дубильные вещества) [8–11]. *T. vulgare* является фармакопейным растением, включенным в фармакопеи Российской Федерации, Республики Беларусь, Бельгии, Финляндии, Португалии, у

* Автор, с которым следует вести переписку.

которого в качестве сырья используют цветки (*Flores Tanacetii*), собранные в начале цветения и высушенные отдельные цветочные корзинки или щитки с цветоносом длиной не более 4 см [12, 13]. *T. vulgare* издавна применяется в научной и народной медицине как желчегонное, противовоспалительное, спазмолитическое, противомикробное, противоглистное средство, а также проявляет антиоксидантную активность, замедляя реакции свободно-радикального окисления, защищая клеточные мембраны от разрушения [14–18].

Большое внимание отечественных и зарубежных ученых в последние десятилетия привлекают другие представители рода *Tanacetum* как дополнительные источники лекарственного растительного сырья. Проведено сравнительное изучение фенольных соединений *T. vulgare* и *T. balsamita*, однако недостаточно изучен химический состав *T. balsamitoides* [19]. С использованием современных методов исследования изучены флавоноиды, фенолкарбоновые и гидроксикоричные кислоты, эфирные масла, макро- и микроэлементы в цветках *T. vulgare* [20–23]. Также в статьях, опубликованных за последние годы, приводятся интересные результаты изучения биологической активности *Tanacetum*. Ученые Национального института Сербии и Белградского университета изучали химический состав и биологическую активность дикорастущих и культивируемых (*in vitro*) видов *Tanacetum*, которые показали выраженную антиоксидантную и антимикробную активность. Особое внимание было уделено его противоопухолевым свойствам, и результаты *in vitro* показали высокий антипролиферативный эффект на клетки аденокарциномы шейки матки (HeLa) человека [24]. Болгарскими учеными изучен экстракт *T. vulgare*, который продемонстрировал низкую цитотоксичность и значительное противовирусное, антиоксидантное действие [25]. Исследователями Государственного университета Маринга (Бразилия) изучена противогерпетическая активность экстракта *T. vulgare* и партенолида, выделенного из надземной части растения [26]. В Университете естественных наук (Люблин, Польша) изучали экстракт *T. vulgare* и установили, что он проявляет антипротозойное действие в отношении *Ichthyophthirius multifiliis* [27]. Были проведены совместные исследования турецких и итальянских ученых по изучению химического состава и биологической активности экстрактов *T. vulgare*, полученных с использованием различных экстрагентов. Фармакотоксикологические исследования позволили выявить пределы биосовместимости, антиоксидантного, нейромодулирующего эффектов в клетках гипоталамуса НуроЕ22 и был проведен биоинформатический анализ для выявления предполагаемых белков-мишеней наблюдаемых биологических эффектов [28]. Учеными фармацевтического факультета Медицинского университета Болгарии была проанализирована антиоксидантная активность эфирного масла *T. vulgare* и показана его нетоксичность при пероральном приеме [29]. Таким образом, сравнительное изучение других видов рода *Tanacetum* как дополнительных источников биологически активных веществ, проявляющих разнообразную фармакологическую активность, представляется актуальным.

Цель настоящей работы – сравнительное изучение качественного состава и количественного содержания некоторых фенольных соединений трех видов рода *Tanacetum* – *T. vulgare*, *T. balsamita* и *T. balsamitoides*.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования использовали цветки трех видов пижмы, заготовленные в 2022–2023 гг.: *T. vulgare* – дикорастущий вид, заготовленный в Уфимском районе Республики Башкортостан, *T. balsamita* и *T. balsamitoides*, культивируемых в Южно-Уральском ботаническом саду-институте УФИЦ РАН в коллекции пряно-ароматических растений [30, 31]. Заготовке подвергали корзинки и части сложных щитковидных соцветий пижмы с общим цветоносом не более 4 см, перед сушкой из сырья удаляли возможные примеси и цветоносы длиннее 4 см. Сырье сушили в хорошо проветриваемом помещении без доступа света, раскладывая тонким слоем при температуре 35–40 °С, осторожно переворачивали, чтобы не вызывать осыпания. Все изучаемые виды пижмы произрастали в сходных климатических условиях (Башкирское Предуралье, северная лесостепь). Для региона характерен умеренно континентальный климат. Почвы серые лесные. Среднегодовая температура воздуха составляет +3.8 °С, сумма осадков – 590 мм, отрицательные средние месячные температуры – 5 месяцев в году, средняя январская температура –14.5 °С, абсолютный минимум –55 °С, средняя температура июля равна 19 °С, абсолютный максимум достигает 40 °С, безморозный период в среднем составляет 135 дней [30–32].

T. vulgare – многолетнее травянистое растение высотой до 150 см, с длинным горизонтальным корневищем. Стебли прямостоячие, бороздчатые, ветвистые, слегка опушенные или голые, обильно облиственные. Прикорневые листья быстро отмирающие, стеблевые – перисто-рассеченные на длинных черешках,

расширенных у основания с перистолопастными сегментами, конечные доли линейно-ланцетные, по краю зубчатые или цельнокрайние, верхние – сидячие, очередные, коротко заостренные, цвет листьев с верхней стороны – темно-зеленый, с нижней – зеленый с железистыми точками. Цветочные корзинки из желтых трубчатых цветков полушаровидной формы, собранные в сложное густое щитковидное соцветие [8, 12].

T. balsamita – многолетнее травянистое растение, длиннокорневищное, высотой более 100 см. Стебли немногочисленные, прямостоячие, ребристые, в нижней части сильно облиственные, в верхней – разветвленные. Крупная прикорневая розетка листьев, стеблевые листья цельные, эллиптические, мелкозубчатые, черешковые серовато-зеленого цвета, на генеративных побегах – сидячие. Соцветие – плотный щиток, состоящий из небольших корзиночек бледно-желтых трубчатых цветков, расположенных на коротких черешках [8, 33].

T. balsamitoides – низкорослое многолетнее травянистое растение высотой до 70 см с ветвистым ползучим корневищем, с серебристыми овальными мелкозубчатыми опушенными листьями. Соцветие – рыхлый щиток, состоящий из корзиночек желтых трубчатых и белых язычковых цветков [32].

Качественное обнаружение флавоноидов и гидроксикоричных кислот проводили с помощью качественных реакций и метода хроматографического анализа [7, 34]. Для обнаружения флавоноидов проводили качественные реакции со спиртовым извлечением из исследуемых образцов пижмы: реакция со спиртовым раствором алюминия хлорида; цианидиновая проба проводилась в присутствии концентрированной кислоты хлористоводородной и металлического цинка; реакция с раствором ацетата свинца среднего [12, 34]. Для хроматографического анализа флавоноидов и гидроксикоричных кислот исследуемых образцов пижмы использовали метод восходящей хроматографии в тонком слое сорбента [7, 34]. Хроматографический анализ проводили на пластинах с алюминиевой подложкой марки «*Sorbfil* ПТСХ-П-А-УФ» в системах: этилацетат – кислота муравьиная – вода (14 : 3 : 3), *n*-бутанол – кислота уксусная – вода (4 : 1 : 5) и этилацетат – кислота уксусная – вода (5 : 1 : 1). В качестве детектора использовали 5% спиртовый раствор алюминия хлорида. Хроматографическому разделению подвергали 10% спиртовый раствор из исследуемых образцов *Tanacetum*. Зоны адсорбции фенольных соединений просматривали в видимом и УФ-свете (при $\lambda = 254$ и 365 нм) до и после обработки проявляющим реактивом в сравнении со стандартными образцами веществ-свидетелей: лютеолин (CAS № 658042-95-6, Acros Organics), хлорогеновая кислота (Sigma, кат. №3878). Спектральные исследования проводили на спектрофотометре марки «*Shimadzu UV-1800*».

Количественное определение флавоноидов проводили методом дифференциальной спектрофотометрии с подбором оптимальных условий экстракции: аналитическая проба сырья массой 1.0 г; экстрагент – спирт этиловый 70%; соотношение сырья и экстрагента 1 : 100; измельченность сырья – 2 мм; однократная экстракция на кипящей водяной бане – 60 мин; комплексообразователь – 2% спиртовый раствор алюминия хлорида в количестве 2 мл, реакция комплексообразования развивается в течение 30 мин и комплексы остаются стабильными в течение 1 ч. Аналитическая длина волны – 395 нм. Для количественного определения гидроксикоричных кислот использовали метод прямой спектрофотометрии при экспериментально подобранных условиях: аналитическая проба сырья массой 1.0 г, измельченного до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий размером 2 мм; экстрагент – спирт этиловый 70%; соотношение сырья и экстрагента 1 : 100; время экстракции – 60 мин на кипящей водяной бане; аналитическая длина волны – 327 нм.

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли в соответствии с требованиями ГФ РФ XV издания, ОФС.1.1.0013 «Статистическая обработка результатов физических, физико-химических и химических испытаний» [12].

Обсуждение результатов

В результате проведения качественных реакций со спиртовым извлечением из исследуемых образцов *Tanacetum* наблюдали характерное окрашивание и образование осадка, которые свидетельствовали о наличии флавоноидов группы флавона, флавонола (табл. 1).

В ходе хроматографического анализа наилучшее разделение фенольных соединений наблюдалось в системе *n*-бутанол – кислота уксусная – вода (4 : 1 : 5). Результаты анализа оценивали по окраске пятен до и после проявления спиртовым раствором алюминия хлорида в видимом и УФ-свете, по значению *R_f* и в сравнении со стандартными образцами веществ-свидетелей (табл. 2). На хроматограмме наблюдалось четыре зоны адсорбции, три из которых имели бледно-желтую окраску пятен в видимом свете и ярко-желтую в УФ-свете после обработки проявляющим реактивом, характерную для флавоноидов. Одна зона имела ярко-голубую флюоресценцию, характерную для гидроксикоричных кислот (табл. 2). При сравнении со

стандартными образцами веществ-свидетелей одна из зон адсорбции со значением $R_f = 0.91$ совпадала со стандартным образцом флавоноида лютеолина, а зона адсорбции с голубой флюоресценцией совпадала со стандартным образцом хлорогеновой кислоты ($R_f = 0.71$).

Следующим этапом исследований было проведение спектрального анализа спиртовых извлечений из исследуемых образцов *Tanacetum*. На рисунке 1 представлены спектры поглощения спиртовых растворов *Flores Tanacetii* при добавлении комплексообразующей добавки раствора алюминия хлорида, с которым флавоноиды образуют комплексы и наблюдается батохромный сдвиг. При сопоставлении длин волн, соответствующих максимумам поглощения комплексов флавоноидов с алюминия хлоридом исследуемых извлечений со стандартными образцами флавоноидов, было установлено, что они имеют близкий максимум поглощения к спектру флавоноида – лютеолина ($\lambda_{max} = 395 \pm 2$ нм).

При сопоставлении спектральных характеристик спиртовых извлечений *Flores Tanacetii* со стандартными образцами гидроксикоричных кислот было установлено, что они имеют близкий максимум поглощения со стандартным образцом кислоты хлорогеновой – $\lambda_{max} = 327 \pm 2$ нм (рис. 2).

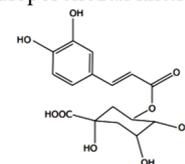
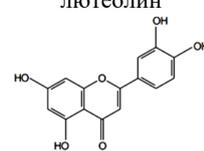
Флавоноиды обладают разнообразным спектром фармакологической активности – желчегонной, гепатопротекторной, противовоспалительной, противоаллергической, регенерирующей и поэтому было важно определить данную группу биологически активных веществ [8, 9, 34]. Результаты количественного определения суммы флавоноидов в пересчете на лютеолин представлены в таблице 1. Гидроксикоричные кислоты и, в частности, хлорогеновая кислота характеризуются антиоксидантными, антибактериальными, противовоспалительными свойствами, оказывают влияние на систему мозгового кровообращения, способствуют нормализации обмена веществ [8, 9, 35]. Результаты количественного определения гидроксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту представлены в таблице 3.

Таблица 1. Результаты обнаружения флавоноидов в исследуемых образцах пижмы

№	Исследуемый образец	Условия проведения и аналитические эффекты реакций		
		Реакция с 2% спиртовым раствором хлорида алюминия	Реакция с 5–7 каплями конц. кислоты хлористоводородной и 10–15 мг металлического цинка (60 °С, 2–3 мин)	Реакция с раствором ацетата свинца среднего
1	<i>Flores T. vulgare</i>	желто-зеленое окрашивание	красное окрашивание	образование осадка желтого цвета
2	<i>Flores T. balsamita</i>	желто-зеленое окрашивание	красное окрашивание	образование осадка желтого цвета
3	<i>Flores T. balsamitoides</i>	желто-зеленое окрашивание	красное окрашивание	образование осадка желтого цвета

Таблица 2. Результаты хроматографического анализа фенольных соединений в цветках пижмы

Условия хроматографирования	Исследуемые образцы	Окраска зоны адсорбции		Значение R_f	Обнаруженные соединения
		в УФ-свете до обработки реактивом	в УФ-свете после обработки		
<p><i>Система:</i> n-бутанол – кислота уксусная – вода (4 : 1 : 5) <i>Сорбент:</i> пластинка «Sorbfil ПТСХ-П-А-УФ» <i>Детектор:</i> 5% спиртовый раствор алюминия хлорида</p>	<p>Flores: <i>T. vulgare</i>, <i>T. balsamita</i>, <i>T. balsamitoides</i></p>	желтая	ярко-желтая	0.91±0.01	лютеолин
		бледно-желтая	желтая	0.89±0.01	не идентифицировано
		желтая	ярко-желтая	0.82±0.02	не идентифицировано
		голубая	ярко-голубая	0.71±0.01	хлорогеновая кислота



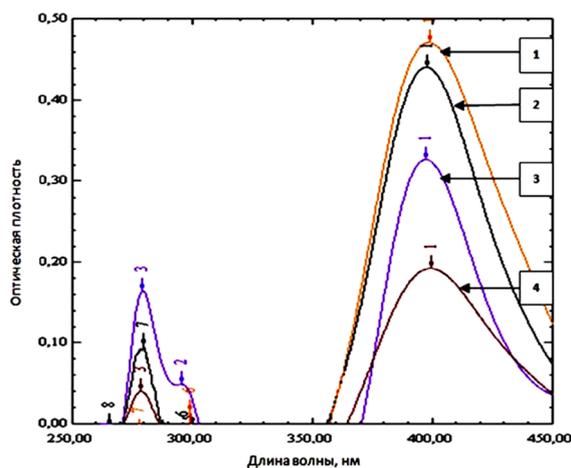


Рис. 1. УФ-спектры поглощения спиртовых извлечений Flores *Tanaceti* в сравнении со стандартным образцом (СО) лютеолином с добавлением алюминия хлорида: 1 – СО лютеолина; 2 – *T. vulgare*; 3 – *T. balsamita*; 4 – *T. balsamitoides*

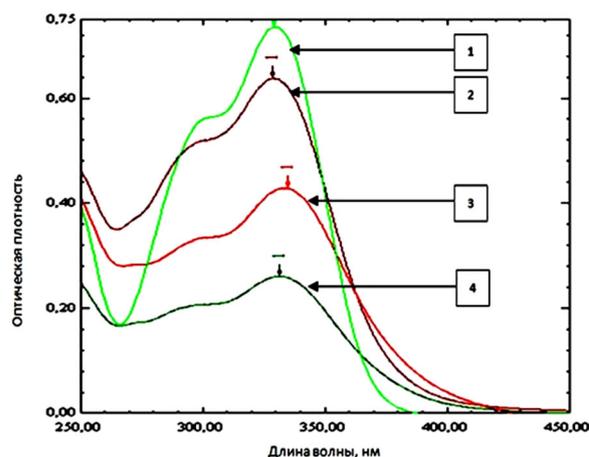


Рис. 2. УФ-спектры поглощения спиртовых извлечений Flores *Tanaceti* в сравнении со стандартным образцом (СО) хлорогеновой кислоты: 1 – СО хлорогеновой кислоты; 2 – *T. vulgare*; 3 – *T. balsamita*; 4 – *T. balsamitoides*

Таблица 3. Показатели содержания флавоноидов и гидроксикоричных кислот в исследуемых образцах Flores *Tanaceti* (2022–2023 гг.)

Лекарственное растительное сырье	Флавоноиды в пересчете на лютеолин, %	Гидроксикоричные кислоты, %
<i>T. vulgare</i>	2.70±0.10	3.05±0.12
<i>T. balsamita</i>	2.53±0.12	2.74±0.11
<i>T. balsamitoides</i>	2.14±0.09	2.38±0.08

На основании полученных результатов сравнительной оценки содержания фенольных соединений в *T. vulgare*, *T. balsamita* и *T. balsamitoides* было установлено, что более высокое содержание флавоноидов отмечалось в цветках дикорастущего вида *T. vulgare* L. (2.70±0.10%) и культивируемого вида *T. balsamita* (2.53±0.12%), меньшее – в цветках культивируемого вида *T. balsamitoides* (2.14±0.09%). Гидроксикоричные кислоты также в большем количестве содержались в цветках *T. vulgare* L. (3.05±0.12%), несколько меньшее их содержание наблюдалось в культивируемых образцах: в *T. balsamita* (2.74±0.11%) и в *T. balsamitoides* (2.38±0.08%). Таким образом, исследуемые близкородственные образцы *T. balsamita* и *T. balsamitoides* незначительно уступают по содержанию флавоноидов и гидроксикоричных кислот *T. vulgare* и поэтому дальнейшее изучение их химического состава является целесообразным с целью расширения сырьевой базы лекарственного растительного сырья.

Выводы

Изучен качественный состав и количественное содержание фенольных соединений трех видов рода *Tanacetum* – дикорастущего вида *T. vulgare* и культивируемых в условиях Башкирского Предуралья *T. balsamita* и *T. balsamitoides*. Установлено, что образцы дикорастущего вида *T. vulgare* содержат большее количество флавоноидов (2.70±0.10%) и гидроксикоричных кислот (3.05±0.12%), но при этом малоизученные близкородственные виды *T. balsamita* и *T. balsamitoides* незначительно уступают по содержанию флавоноидов (2.53±0.12 и 2.14±0.09%) и гидроксикоричных кислот (2.74±0.11 и 2.38±0.08%) фармакопейному виду – *T. vulgare*, поэтому являются перспективными для дальнейшего изучения, как дополнительные источники биологически активных веществ и для расширения сырьевой базы лекарственного растительного сырья.

Финансирование

Работа выполнена в рамках программы «Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования» № 122033100041-9.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Пупыкина К.А., Красиок Е.В., Шайдуллина Г.Г. Сравнительное изучение фенольных соединений некоторых представителей семейства *Lamiaceae* // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты: сборник материалов XI Международного симпозиума. Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН. М., 2022. С. 14.
2. Чебышев Н.В., Стреляева А.В., Сологова С.С., Кузнецов Р.М., Кривда Я.В., Сологова Д.И. Изучение химического состава эфирного масла пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare*) // Медицинское образование и ВУЗовская наука. 2018. №3–4(13–14). С. 147–152.
3. Яковлева А.И., Семенова В.В. Биологически активные вещества пижмы обыкновенной *Tanacetum vulgare* L., произрастающей в центральной Якутии // Химия растительного сырья. 2010. №3. С. 147–152.
4. Половецкая О.С., Никишина М.Б., Тимохина А.В., Толоконцева Е.О., Жоглова К.Н. Химический анализ флавоноидных соединений пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) // Научный форум: Медицина, биология и химия: сборник статей по материалам IV международной заочной научно-практической конференции. 2017. С. 52–57.
5. Яковлева А.И., Миронова Г.Е. Флавоноидные вещества пижмы обыкновенной *Tanacetum vulgare* L., произрастающей в Центральной Якутии // Техноконгресс: сборник материалов XI Международной научной конференции. 2017. С. 4.
6. Куркина А.В. Исследование флавоноидного состава цветков пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) // Химия растительного сырья. 2011. №4. С. 209–212.
7. Стоянова Я.В., Кузнецов Р.М., Зутулина В.А. Изучение флавоноидов в лекарственном растительном сырье траве пижмы обыкновенной // Приоритетные направления развития науки в современном мире: сборник научных статей по материалам VII Международной научно-практической конференции. Уфа, 2022. С. 93–97.
8. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейство Asteraceae (Compositae) / под ред. П.Д. Соколова. СПб, 1993. С. 190–192.
9. Хусаинова А.И. Фармакогностическое исследование пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.): дис. ... канд. фарм. наук. Самара, 2015. 206 с.
10. Чебышев Н.В., Черкас В.В., Стреляев Н.Д., Кузнецов Р.М., Сологова Д.И., Давосыр Е.П. Изучение химического состава спиртового извлечения пижмы бальзамической // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2018. №2(23). С. 116–119.
11. Платонов В.В., Сухих Г.Т., Дунаев В.А., Хадарцев А.А., Яркова Т.А., Датиева Ф.С. Химический состав этанольного экстракта пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L., семейство астровые – *Asteraceae*) // Вестник новых медицинских технологий. 2021. Т. 15, №3. С. 113–142. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2021-3-3-8>
12. Государственная фармакопея Российской Федерации XIV изд. М., 2018. URL: <https://pharmacopoeia.ru/gosudarstvennaya-farmakopeya-14-izdaniya>.
13. Государственная фармакопея Республики Беларусь. Минск, 2007. Т. 2. 471 с.
14. Егорова А.В., Нигматуллина А.Ф., Калининкова Т.Б. Изучение антигельминтной активности пижмы обыкновенной *Tanacetum vulgare* в экспериментах с *Caenorhabditiselegans* // Наука без границ. 2020. №5(45). С. 21–28.
15. Ермакова С.А., Кисилёва А.Н., Коган Е.Г. Фитохимический анализ и исследование антиоксидантной активности настоек на основе *Aronia melanocarpa* fructus и *Tanacetum vulgare* flores // Смоленский медицинский альманах. 2016. №1. С. 84–87.
16. Кароматов И.Д., Абдувохидов А.Т. Применение пижмы в народной и научной медицине // Биология и интегративная медицина. 2018. №9(26). С. 72–83.
17. Bączek K.B., Kosakowska O., Przybył J.L., Pióro-Jabrucka E., Węglarz Z., Gniewosz M., Synowiec A., Costa R., Mondello L. Antibacterial and antioxidant activity of essential oils and extracts from costmary (*Tanacetum balsamita* L.) and tansy (*Tanacetum vulgare* L.) // Industrial Crops and Products. 2017. Vol. 102. Pp. 154–163.
18. Mot C.A., Lupitu A.I., Bangau S., Ovan C.I., Copolovici D.M., Purza L., Melinte C.E., Copolovici L. Composition and antioxidant activity of aqueous extracts obtained from herb of tansy (*Tanacetum vulgare* L.) // Revista de Chimie. 2018. Vol. 69, no. 5. Pp. 1041–1044. <https://doi.org/10.37358/RC.18.5.6257>.
19. Черкас В.В., Стреляева А.В., Кузнецов Р.М. Сравнительное изучение химического состава спиртового извлечения пижмы обыкновенной и пижмы бальзамической // Современные аспекты использования растительного сырья и сырья природного происхождения в медицине: V научно-практическая конференция. М., 2017. С. 244–247.

20. Дьякова Н.А., Сливкин А.И. Особенности накопления макро- и микроэлементов в цветках пижмы обыкновенной флоры Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2022. №3. С. 69–74. <https://doi.org/10.21626/vestnik/2022-2/09>.
21. Стоянова Я.В., Стреляева А.В., Кузнецов Р.М., Стреляев Н.Д. Изучение химического состава эфирного масла сырья травы пижмы обыкновенной, полученного разными методами гидроdistилляции // Медико-фармацевтический журнал Пульс. 2022. Т. 24, №5. С. 29–36. <https://doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2022-24-5-29-36>.
22. Черных Е.А., Посохина А.А. Выбор оптимальных условий получения настойки из цветков пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare*) // Природные соединения и здоровье человека: сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием. Иркутск, 2023. С. 191–195.
23. Дьякова Н.А. Эколого-гигиеническая оценка качества цветков пижмы обыкновенной агро- и урбоценозов Воронежской области // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2023. Т. 26, №5. С. 38–42. <https://doi.org/10.29296/25877313-2023-05-06>.
24. Devrnja N., KrstićMilošević D., Janošević D. et al. *In vitro* cultivation of tansy (*Tanacetum vulgare* L.): a tool for the production of potent pharmaceutical agents // Protoplasma. 2021. Vol. 258(3). Pp. 587–599. <https://doi.org/10.1007/s00709-020-01588-9>.
25. Vilhelmova N., Simeonova L., Nikolova N. et al. Antiviral, Cytotoxic and Antioxidant Effects of *Tanacetum vulgare* L. Crude Extract In Vitro // Folia Med. 2020. Vol. 62(1). Pp. 172–179. <https://doi.org/10.3897/folmed.62.e49370>.
26. Onozato T., Nakamura C.V., Cortez D.A., Dias Filho B., Ueda-Nakamura T. *Tanacetum vulgare*: antiherpes virus activity of crude extract and the purified compound parthenolide // Phytotherapy Research. 2009. Vol. 23, no. 6. Pp. 791–796. <https://doi.org/10.1002/ptr.2638>.
27. Puk K., Guz L. Parasiticidal effects of *Tanacetum vulgare* extract against *Ichthyophthirius multifiliis* // Pol. J. Vet. Sci. 2021. Vol. 24(1). Pp. 159–161. <https://doi.org/10.24425/pjvs.2021.136805>.
28. Ak G., Gevrenova R., Sinan K.I. et al. *Tanacetum vulgare* L. (Tansy) as an effective bioresource with promising pharmacological effects from natural arsenal // Food Chem. Toxicol. 2021. Vol. 153. 112268. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112268>.
29. Karcheva-Bahchevanska D., Benbassat N., Georgieva Y. et al. A Study of the Chemical Composition, Antioxidant Potential, and Acute Toxicity of Bulgarian *Tanacetum vulgare* L. Essential Oil // Molecules. 2023. Vol. 28. 6155. <https://doi.org/10.3390/molecules28166155>.
30. Анищенко И.Е., Жигунов О.Ю. Интродукция двух видов рода *Tanacetum* L. в Башкирском Предуралье // Аграрная Россия. 2020. №7. С. 17–20. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-7-17-20>.
31. Растения Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН. Уфа, 2019. 304 с.
32. Атлас Республики Башкортостан. Уфа, 2005. 420 с.
33. Грязнов М.Ю., Тоцкая С.А. Биологические особенности *Tanacetum balsamita* L. в Нечерноземной зоне России // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине». М., 2016. С. 206–207.
34. Кудашкина Н.В., Хасанова С.Р., Мещерякова С.А. Фитохимический анализ. Уфа, 2019. 192 с.
35. Левицкий А.П., Вертикова Е.К., Селиванская И.А. Хлорогеновая кислота: биохимия и физиология // Мікробіологія і біотехнологія. 2010. №2. С. 6–20.

Поступила в редакцию 14 ноября 2023 г.

После переработки 28 марта 2024 г.

Принята к публикации 25 июня 2024 г.

Pupykina K.A.¹, Anishchenko I.E.², Krasnyuk E.V.¹, Zhigunov O.Yu.^{2*}, Shigapov Z.Kh.² THE STUDY OF PHENOLIC COMPOUNDS OF THREE TYPES OF THE GENUS *TANACETUM* L. IN THE CONDITIONS OF THE BASHKIR CISURALS

¹ Bashkir State Medical University, Lenina st., 3, Ufa, 450008, Russia

² South-Ural Botanical Garden-Institute – Sub-division of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Mendeleeva st., 195/3, Ufa, 450080, Russia, zhigunov2007@yandex.ru

Essential oil plants of the genus *Tanacetum* L. (*Asteraceae*) contain a rich set of biologically active substances (essential oils, flavonoids, hydroxycinnamic acids, tannins, vitamins, organic acids, etc.) with a wide range of pharmacological activity – anti-inflammatory, choleric, anthelmintic, antibacterial, antioxidant. Recently, new types of biological activity of plants of the genus *Tanacetum* have been identified, which makes it relevant to study closely related species as additional sources of medicinal plant raw materials.

The purpose of this work is a comparative study of the qualitative composition and quantitative content of some phenolic compounds of three species of the genus *Tanacetum* L. – *T. vulgare*, *T. balsamita* and *T. balsamitoides*.

The flowers of the studied samples were used for analysis: *T. vulgare*, a wild species harvested in the Ufa region of the Republic of Bashkortostan, as well as flowers of two species (*T. balsamita* and *T. balsamitoides*) cultivated in the South Ural Botanical Garden-Institute of the UFIC RAS. As a result of the study, it was found that samples of the wild species *T. vulgare* contain a higher amount of flavonoids (2.70±0.10%) and hydroxycinnamic acids (3.05±0.12%), but poorly studied closely related species *T. balsamita* and *T. balsamitoides* are slightly inferior in the content of flavonoids (2.53±0.12 and 2.14±0.09%) and hydroxycinnamic acids (2.74±0.11 and 2.38±0.08%) to the pharmacopoeial species – *T. vulgare*, therefore they are promising for further study as potential sources of valuable biologically active substances and for expanding the raw material base of medicinal plant raw materials.

Keywords: species of the genus *Tanacetum*, phenolic compounds, qualitative, quantitative analysis.

For citing: Pupykina K.A., Anishchenko I.E., Krasnyuk E.V., Zhigunov O.Yu., Shigapov Z.Kh. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 4, pp. 161–169. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240414039.

References

- Pupykina K.A., Krasnyuk Ye.V., Shaydullina G.G. *Fenol'nyye soyedineniya: fundamental'nyye i prikladnyye aspekty: sbornik materialov XI Mezhdunarodnogo simpoziuma. Institut fiziologii rasteniy im. K.A. Timiryazeva RAN*. [Phenolic compounds: fundamental and applied aspects: collection of materials of the XI International Symposium. Timiryazev Institute of Plant Physiology of the Russian Academy of Sciences]. Moscow, 2022, p. 14. (in Russ.).
- Chebyshev N.V., Strelyayeva A.V., Sologova S.S., Kuznetsov R.M., Krivda Ya.V., Sologova D.I. *Meditinskoye obrazovaniye i VUZovskaya nauka*, 2018, no. 3–4(13–14), pp. 147–152. (in Russ.).
- Yakovleva A.I., Semenova V.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2010, no. 3, pp. 147–152. (in Russ.).
- Polovetskaya O.S., Nikishina M.B., Timokhina A.V., Tolokontseva Ye.O., Zhoglova K.N. *Nauchnyy forum: Meditsina, biologiya i khimiya: sbornik statey po materialam IV mezhdunarodnoy zaachnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Scientific forum: Medicine, biology and chemistry. Collection of articles based on the materials of the IV international correspondence scientific and practical conference]. 2017, pp. 52–57. (in Russ.).
- Yakovleva A.I., Mironova G.Ye. *Tekhnokongress: sbornik materialov XI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii*. [Technocongress: collection of materials of the XI International scientific conference]. 2017, p. 4. (in Russ.).
- Kurkina A.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, no. 4, pp. 209–212. (in Russ.).
- Stoyanova Ya.V., Kuznetsov R.M., Zutulina V.A. *Prioritetnyye napravleniya razvitiya nauki v sovremennom mire: sbornik nauchnykh statey po materialam VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Priority directions of development of science in the modern world: collection of scientific articles based on the materials of the VII International scientific and practical conference]. Ufa, 2022, pp. 93–97. (in Russ.).
- Rastitel'nyye resursy SSSR: Tsvetkovyye rasteniya, ikh khimicheskiy sostav, ispol'zovaniye; Semeystvo Asteraceae (Compositae)* [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Asteraceae family (Compositae)], ed. P.D. Sokolov. St. Petersburg, 1993, pp. 190–192. (in Russ.).
- Khusainova A.I. *Farmakognosticheskoye issledovaniye pizhmy obyknovennoy (Tanacetum vulgare L.): dis. ... kand. farm. nauk*. [Pharmacognostic study of common tansy (*Tanacetum vulgare* L.): diss. ... candidate of pharmaceutical sciences]. Samara, 2015, 206 p. (in Russ.).
- Chebyshev N.V., Cherkas V.V., Strelyayev N.D., Kuznetsov R.M., Sologova D.I., Davosyr Ye.P. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2018, no. 2(23), pp. 116–119. (in Russ.).
- Platonov V.V., Sukhikh G.T., Dunayev V.A., Khadartsev A.A., Yarkova T.A., Datiyeva F.S. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*, 2021, vol. 15, no. 3, pp. 113–142. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2021-3-3-8>. (in Russ.).
- Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii XIV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV edition]. Moscow, 2018. URL: <https://pharmacopoeia.ru/gosudarstvennaya-farmakopeya-14-izdaniya>. (in Russ.).
- Gosudarstvennaya Farmakopeya Respubliki Belarus'*. [State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus]. Minsk, 2007, vol. 2, 471 p. (in Russ.).
- Yegorova A.V., Nigmatullina A.F., Kalinnikova T.B. *Nauka bez granits*, 2020, no. 5(45), pp. 21–28. (in Russ.).
- Yermakova S.A., Kisilova A.N., Kogan Ye.G. *Smolenskiy meditsinskiy al'manakh*, 2016, no. 1, pp. 84–87. (in Russ.).
- Karomatov I.D., Abduvokhidov A.T. *Biologiya i integrativnaya meditsina*, 2018, no. 9(26), pp. 72–83. (in Russ.).
- Bączek K.B., Kosakowska O., Przybył J.L., Pióro-Jabrucka E., Węglarz Z., Gniewosz M., Synowiec A., Costa R., Mondello L. *Industrial Crops and Products*, 2017, vol. 102, pp. 154–163.

* Corresponding author.

18. Mot C.A., Lupitu A.I., Bangau S., Ovan C.I., Copolovici D.M., Purza L., Melinte C.E., Copolovici L. *Revista de Chimie*, 2018, vol. 69, no. 5, pp. 1041–1044. <https://doi.org/10.37358/RC.18.5.6257>.
19. Cherkas V.V., Strelyayeva A.V., Kuznetsov R.M. *Sovremennyye aspekty ispol'zovaniya rastitel'nogo syr'ya i syr'ya prirodnogo proiskhozhdeniya v meditsine: V nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. [Modern aspects of the use of plant raw materials and raw materials of natural origin in medicine: V scientific and practical conference]. Moscow, 2017, pp. 244–247. (in Russ.).
20. D'yakova N.A., Slivkin A.I. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya*, 2022, no. 3, pp. 69–74. <https://doi.org/10.21626/vestnik/2022-2/09>. (in Russ.).
21. Stoyanova Ya.V., Strelyayeva A.V., Kuznetsov R.M., Strelyayev N.D. *Mediko-farmatsevticheskiy zhurnal Pul's*, 2022, vol. 24, no. 5, pp. 29–36. <https://doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2022-24-5-29-36>. (in Russ.).
22. Chernykh Ye.A., Posokhina A.A. *Prirodnyye soyedineniya i zdorov'ye cheloveka: sbornik nauchnykh statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiyem*. [Natural compounds and human health: collection of scientific articles of the All-Russian scientific and practical conference of students and young scientists with international participation]. Irkutsk, 2023, pp. 191–195. (in Russ.).
23. D'yakova N.A. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2023, vol. 26, no. 5, pp. 38–42. <https://doi.org/10.29296/25877313-2023-05-06>. (in Russ.).
24. Devrnja N., KrstićMilošević D., Janošević D. et al. *Protoplasma*, 2021, vol. 258(3), pp. 587–599. <https://doi.org/10.1007/s00709-020-01588-9>.
25. Vilhelmova N., Simeonova L., Nikolova N. et al. *Folia Med.*, 2020, vol. 62(1), pp. 172–179. <https://doi.org/10.3897/folmed.62.e49370>.
26. Onozato T., Nakamura C.V., Cortez D.A., Dias Filho B., Ueda-Nakamura T. *Phytotherapy Research*, 2009, vol. 23, no. 6, pp. 791–796. <https://doi.org/10.1002/ptr.2638>.
27. Puk K., Guz L. *Pol. J. Vet. Sci.*, 2021, vol. 24(1), pp. 159–161. <https://doi.org/10.24425/pjvs.2021.136805>.
28. Ak G., Gevrenova R., Sinan K.I. et al. *Food Chem. Toxicol.*, 2021, vol. 153, 112268. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112268>.
29. Karcheva-Bahchevanska D., Benbassat N., Georgieva Y. et al. *Molecules*, 2023, vol. 28, 6155. <https://doi.org/10.3390/molecules28166155>.
30. Anishchenko I.Ye., Zhigunov O.Yu. *Agrarnaya Rossiya*, 2020, no. 7, pp. 17–20. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-7-17-20>. (in Russ.).
31. *Rasteniya Yuzhno-Ural'skogo botanicheskogo sada-instituta UFITS RAN*. [Plants of the South Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences]. Ufa, 2019, 304 p. (in Russ.).
32. *Atlas Respubliki Bashkortostan*. [Atlas of the Republic of Bashkortostan]. Ufa, 2005, 420 p. (in Russ.).
33. Gryaznov M.Yu., Totskaya S.A. *Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Biologicheskkiye osobennosti lekarstvennykh i aromaticeskikh rasteniy i ikh rol' v meditsine»*. [Collection of scientific papers of the international scientific and practical conference "Biological features of medicinal and aromatic plants and their role in medicine"]. Moscow, 2016, pp. 206–207. (in Russ.).
34. Kudashkina N.V., Khasanova S.R., Meshcheryakova S.A. *Fitokhimicheskiy analiz*. [Phytochemical analysis]. Ufa, 2019, 192 p. (in Russ.).
35. Levitskiy A.P., Vertikova Ye.K., Selivanskaya I.A. *Mikrobiologiya i biotekhnologiya*, 2010, no. 2, pp. 6–20. (in Russ.).

Received November 14, 2023

Revised March 28, 2024

Accepted June 25, 2024

Сведения об авторах

Пуцыкина Кира Александровна – доктор фармацевтических наук, профессор кафедры фармакогнозии с курсом ботаники и основ фитотерапии, pupykinaka@gmail.com

Анищенко Ирина Евгеньевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории флоры и растительности, irina6106@mail.ru

Красюк Екатерина Васильевна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакогнозии с курсом ботаники и основ фитотерапии, medicekv91@yandex.ru

Жигунов Олег Юрьевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории флоры и растительности, zhigunov2007@yandex.ru

Шигапов Зиннур Хайдарович – доктор биологических наук, директор, botsad@anrb.ru

Information about authors

Pupykina Kira Aleksandrovna – Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of the Department of Pharmacognosy with a Course in Botany and Fundamentals of Phytotherapy, pupykinaka@gmail.com

Anishchenko Irina Evgenyevna – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Flora and Vegetation, irina6106@mail.ru

Krasyuk Ekaterina Vasilyevna – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of Pharmacognosy with a Course in Botany and Fundamentals of Phytotherapy, medicekv91@yandex.ru

Zhigunov Oleg Yuryevich – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Flora and Vegetation, zhigunov2007@yandex.ru

Shigapov Zinnur Khaidarovich – Doctor of Biological Sciences, Director, botsad@anrb.ru