

УДК 581.19 : 582.711

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА *ASTERACEA*

© Т.М. Шалдаева*, Т.А. Кукушкина, Ю.А. Пшеничкина, Е.П. Храмова

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская,
101, Новосибирск, 630090 (Россия), e-mail: tshaldaeva@yandex.ru

Проведено изучение содержания биологически активных веществ и антиоксидантной активности в листьях и соцветиях растений *Centaurea cyanus* (василек синий), *Centaurea macrocephala* (гроссгеймия крупноголовчатая), *Rhaphonticum carthamoides* (левзея сафлоровидная), выращиваемых в условиях интродукции Центрального сибирского ботанического сада. В образцах обнаружены фенольные соединения (флавонолы, флаваны (катехины), танины), полисахариды (пектины, протопектины), тетратерпены (каротиноиды). Установлено, что в листьях и соцветиях *R. carthamoides* отмечено более высокое содержание флавонолов (до 4.93%), в листьях – танинов (до 27.7%) по сравнению с представителями рода *Centaurea*. По высокому содержанию катехинов (до 140.2 мг%) выделяются растения *C. macrocephala*. Каротиноиды преимущественно накапливаются в листьях *R. carthamoides* (51.73 мг%) и соцветиях у *C. macrocephala* (11.86 мг%). Наибольшее содержание пектинов отмечено в листьях и соцветиях *C. cyanus* (1.7% и 2.6%), протопектинов – в листьях (до 10.54%). Более высокую антиоксидантную (ССА=0.72 мг/г) и антирадикальную (IC₅₀=0.58–0.77 мг/г) активность проявили водно-этанольные экстракты *C. macrocephala*. Низкую антирадикальную активность имеет *C. cyanus* (IC₅₀=4.43–8.13 мг/г).

Ключевые слова: *Centaurea cyanus*, *Centaurea macrocephala*, *Rhaphonticum carthamoides*, флавоноиды, катехины, танины, пектины, каротиноиды, антиоксидантная активность, DPPH.

Работа выполнена в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН по проекту АААА-А21-121011290025-2 «Анализ биоразнообразия, сохранение и восстановление редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов», АААА-А21-121011290027-6 «Теоретические и прикладные аспекты изучения генофондов природных популяций растений и сохранения растительного разнообразия вне типичной среды обитания (ex situ)». При подготовке публикации использовались материалы биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН, УНУ «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте», USU 440534 УНУ

Введение

Семейство астровые (сложноцветные) *Asteraceae* Dumort. (*Compositae* Giseke) включает более 24000 видов, принадлежащих к 1400 родам, это одно из крупнейших семейств растений [1]. Сложноцветные распространены по всему земному шару. Многие из них известны как лекарственные и хозяйственно-полезные растения, в том числе представители родов *Cynareae* и *Rhaphonticum*. Лекарственные свойства растений этих родов обусловлены присутствием различных групп биологически активных веществ (БАВ), таких как флавоноиды, кумарины, тритерпеноиды, алкалоиды, экидстероиды, иридоиды и многие другие [2]. В связи с тем, что в последнее время все больше внимания уделяется биологически активным препаратам исследова-

Шалдаева Татьяна Михайловна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории фитохимии, e-mail: tshaldaeva@yandex.ru

Кукушкина Татьяна Абдулхаировна – старший научный сотрудник, e-mail: kukushkina-phyto@yandex.ru

Пшеничкина Юлия Анатольевна – старший научный сотрудник, e-mail: scutel@yandex.ru

Храмова Елена Петровна – ведущий научный сотрудник, e-mail: khramova@ngs.ru

ние новых видов растительного сырья, введение их в официальную медицину в виде лекарственных средств и биологически активных пищевых добавок становится своевременным и востребованным.

Род *Centaurea* L. – василек, является одним из самых крупных в семействе *Asteraceae* и насчитывает около 800 видов [3]. На территории Сибири

* Автор, с которым следует вести переписку.

и Дальнего Востока произрастает 14 видов василька. В некоторой степени изучены *C. ruthenica* Lam. (василек русский), *C. jacea* L. (василек луговой), *C. sibirica* L. (василек сибирский), *C. scabiosa* L. (василек шероховатый) [4, 5]. *Centaurea phyllopada* Pjin (василек черешковый), *C. modesti* Fed. (василек Модеста), *C. gontscharovii* Pjin (василек Гончарова) (Кастерова). Другие виды остаются практически неизученными. Многие фармакологические эффекты растительных экстрактов некоторых видов рода – диуретическое, гипотензивное, антирадикальное, гипогликемическое, противоопухолевое, антифунгальное, антибактериальное действие [6–8]. Вид *Centaurea cyanus* L. (василек синий) является официальным фармакопейным растением, его цветки применяются в качестве мочегонного средства [9].

Род *Rhaponticum* Hill (*Stemmacantha*, *Leuzea* DC) – левзея, представлен 23 видами, обитающими на высокогорных альпийских, субальпийских и лесных лугах, каменистых склонах и в степях [10]. *Stemmacantha carthamoides* (левзея сафлоровидная) и препараты на его основе официально внесены в фармакопею Российской Федерации [9]. Экстракты ее используются в качестве тонизирующего и стимулирующего средства при функциональных расстройствах нервной системы, умственном и физическом утомлении, как средство от болезней сердечно-сосудистой системы, эндокринных патологий и ослаблении функций разных органов [11, 12]. Экстракты из *S. carthamoides* не имеют выраженных противопоказаний и побочных эффектов даже при длительных и высоких дозах применения в практике медицины и спорта [13]. Уникальная биологическая активность растения определяется сочетанием комплекса веществ, среди которых идентифицированы: моно- и полисахариды, инулин, органические кислоты, стероиды, фитостеролы, сапонины, тритерпеновые и полиацетиленовые соединения, каучук, фенолкарбоновые кислоты и их производные, лигнин, катехины, дубильные вещества, хиноны, эфирное масло, алкалоиды, кумарины, флавоноиды, антоцианы [14, 15], а также камеди, кристаллы щавелевокислого кальция, соли фосфорной кислоты, макро- и микроэлементы. Наиболее значимыми из них являются фитостеролы, где основная массовая доля приходится на 20-гидроксистерол, он присутствует во всех органах растения [16]. Комплекс веществ, содержащихся в растениях рода *Centaurea* и *Rhaponticum*, определяет их полезные свойства. Фенольные соединения изучаемых видов представлены флавоноидами, гидроксикоричными кислотами, кумаринами, дубильными веществами и фитостеролами [17]. М.С. Ларькиной с соавторами (2011) при анализе хроматографических данных образцов *C. scabiosa* L. установлено, что в состав экстрактов входят до 20–25 фенольных соединений, из них 10–13 являются флавоноидами, 10–12 – кумаринами, фенолокислотами и гидрокоричными кислотами. Содержание последних, в надземной части в пересчете на кофейную кислоту составило 1.60–3.65%. Впервые из этого растения выделены гиспидулин, атегинин, хризозеин, лютеолин и ранее описанный скутеллярин [18, 19]. И.П. Каменским (2011) из надземной части *C. scabiosa* впервые выделено три сесквитерпеновых лактона гваянового структурного типа – гроссгемин, цинаропикрин и репин [20].

В коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (г. Новосибирск) представлены *Centaurea cyanus* L., *Centaurea macrocephala* Muss. Puschk. ex Willd., *Rhaponticum carthamoides* (Willd.).

Цель работы – исследование содержания биологически активных веществ и антиоксидантной активности растений *Centaurea cyanus*, *Centaurea macrocephala* и *Rhaponticum carthamoides*, успешно культивируемых в ЦСБС.

Экспериментальная часть

Материалом для исследования послужило растительное сырье (листья и соцветия) растений видов трибы *Cynareae* – *Centaurea cyanus* (василек синий), *Centaurea macrocephala* (гроссгеймия крупноголовчатая), *Rhaponticum carthamoides* (левзея сафлоровидная). Сырье отбирали с 10 растений каждого вида на интродукционном участке ЦСБС в фазе цветения, высушивали в хорошо проветриваемом и сухом помещении без доступа прямых солнечных лучей, затем измельчали и отбирали репрезентативную пробу для анализа. Отбор растительного сырья проводили по общеизвестной методике [21]. В образцах определяли содержание фенольных соединений (флавонолы, флаванолы (катехины), танины), полисахариды (пектины, протопектины), тетра-терпены (каротиноиды), проводили оценку антиоксидантной и антирадикальной активности.

Содержание флавонолов проводили спектрофотометрическим методом, в котором использована реакция комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия [22]. Концентрацию флавонолов рассчитывали по рутину фирмы «Chemapol».

Содержание танинов (гидролизуемых дубильных веществ) проводили по методике Л.М. Федосеевой [23]. В качестве контрольного образца использовали стандартный образец танина (Sigma-Aldrich).

Количественное содержание катехинов определяли спектрофотометрическим методом, основанном на способности катехинов давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте. Оптическую плотность раствора измеряли на спектрофотометре СФ-56 при длине волны 502 нм. Количественное содержание катехинов в пробе устанавливали по калибровочной кривой, построенной по (\pm)-катехину фирмы «Sigma-Aldrich» [24].

Содержание каротиноидов определяли в ацетоново-этанольном экстракте спектрофотометрическим методом [21]. Расчет концентрации пигментов проводили по общеизвестным формулам [21].

Пектиновые вещества (протопектины и пектины) вывляли бескарбазольным методом. Количественное содержание пектинов и протопектинов в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте фирмы «Merck» [25].

Оценку антиоксидантной активности водно-этанольных растительных экстрактов проводили двумя методами – амперометрическим и спектрофотометрическим. Определение суммарной активности антиоксидантов фенольного типа (ССА) осуществляли амперометрическим методом на приборе «Цвет Яуза-01-АА» разработки НПО «Химавтоматика». В качестве образца сравнения использовали галловую кислоту [26]. Способность улавливать свободные стабильные радикалы определяли по радикалу DPPH (1,1-дифенил-2-пикрилгидразил) [27, 28] Для приготовления раствора использовали DPPH фирмы «Sigma – Aldrich».

Все биохимические показатели рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья. Определение содержания БАВ проводилось в трехкратной повторности, суммарной антиоксидантной активности в пятикратной.

Обсуждение результатов

В результате проведенного исследования получены новые данные по содержанию БАВ в листьях и соцветиях изучаемых растений. Установлено, что листья и соцветия растений *Centaurea cyanus*, *C. macrocephala*, *Rhaponticum carthamoides*, выращиваемых в условиях Западной Сибири, содержат комплекс БАВ: флавонолов, катехинов, танинов, каротиноидов, пектиновых веществ (пектинов и протопектинов).

Фенольные соединения изученных видов представлены флавонолами, катехинами и танинами (табл. 1). В листьях и соцветиях изученных растений содержание флавонолов варьирует в зависимости от вида и органа растений. Так, в листьях флавонолов больше, чем в соцветиях, вне зависимости от таксона. Более высокое количество флавонолов обнаружено в листьях и соцветиях органах *R. carthamoides* (4.93 и 1.54%, соответственно) по сравнению с растениями рода *Centaurea*. По более высокому содержанию катехинов в листьях и соцветиях выделяется *C. macrocephala* (140.2 и 91.3 мг% соответственно). У двух других видов содержание катехинов в листьях ниже в 4 раза, в соцветиях – в 1.5–2.3 раза по сравнению с *C. macrocephala*. Кроме того, катехины у *C. cyanus* и *R. carthamoides* в большей мере накапливаются в соцветиях, чем в листьях. Содержание танинов в листьях в 1.8–4.7 раза выше, чем в соцветиях. По высокому содержанию танинов выделяются листья *R. carthamoides* (27.70%). В листьях *C. cyanus* содержание танинов на 45% больше, чем в листьях *C. macrocephala*. В соцветиях более значительное содержание танинов обнаружено у *C. macrocephala* (6.95%). Таким образом, можно заключить, что содержание флавонолов и танинов изученных видов выше в листьях, чем в соцветиях. По более высокому содержанию флавонолов и танинов выделяются растения *R. carthamoides*, по содержанию катехинов – *C. macrocephala*. Содержание пектиновых веществ в изучаемых растениях достаточно высокое, при этом основную долю в сумме веществ занимают протопектины. В листьях содержание пектинов составляет от 0.61 до 1.7%, в соцветиях – от 1.22 до 2.6% (табл. 2). Наибольшее содержание пектинов отмечено у *C. cyanus*. Содержание протопектинов в листьях варьировало от 6.94 до 10.54%, в соцветиях – от 5.87 до 8.5%. Более высокое содержание протопектинов наблюдалось в листьях *C. macrocephala* (10.54%) и в соцветиях *C. cyanus* (8.50%).

Как показали полученные данные, в листьях содержание каротиноидов выше, чем в соцветиях, вне зависимости от вида растений (рис. 1), что вполне согласуется с данными других авторов по другим видам [29, 30]. Их содержание в листьях варьирует от 35.4 до 51.73 мг% в зависимости от вида растений. Более высокая концентрация каротиноидов обнаружена в листьях *R. carthamoides* (51.73 мг%), в соцветиях *C. macrocephala* (11.86 мг%) (рис. 1).

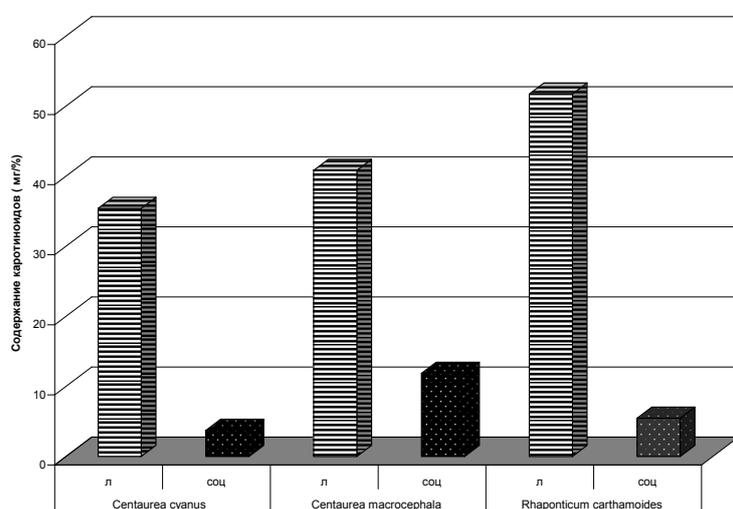
В ходе исследования было определено суммарное содержание антиоксидантов в листьях и соцветиях изучаемых видов. Обнаружено, что образцы проявляют разную антиоксидантную активность (табл. 3).

Таблица 1. Содержание фенольных компонентов в листьях и соцветиях растений трибы *Cynareae*

Название растений	Орган растения	Флавонолы, %	Катехины, мг%	Танины, %
<i>Centaurea cyanus</i>	лист	3.00±0.03	34.09±0.83	18.06±0.31
	соцветие	0.90±0.01	39.12±0.81	4.06±0.09
<i>Centaurea macrocephala</i>	лист	3.31±0.08	140.2±3.59	12.44±0.34
	соцветие	1.41±0.01	91.3±0.73	6.95±0.09
<i>Rhaponticum carthamoides</i>	лист	4.93±0.03	33.75±0.7	27.70±0.38
	соцветие	1.54±0.01	60.68±1.38	5.89±0.18

Таблица 2. Содержание пектиновых веществ в листьях и соцветиях изучаемых растений трибы *Cynareae*

Вид	Орган растения	Пектиновые вещества	
		Пектины, %	Протопектины, %
<i>Centaurea cyanus</i>	листья	1.70±0.01	6.94±0.15
	соцветие	2.60±0.10	8.50±0.21
<i>Centaurea macrocephala</i>	листья	1.06±0.04	10.54±0.12
	соцветие	1.22±0.01	4.19±0.02
<i>Rhaponticum carthamoides</i>	листья	0.61±0.01	8.31±0.24
	соцветие	1.41±0.01	5.87±0.12

Рис. 1. Содержание каротиноидов в листьях и соцветиях растений трибы *Cynareae*Таблица 3. Антиоксидантная и антирадикальная активность в листьях и соцветиях изучаемых растений трибы *Cynareae*

Вид растения	Орган растения	Антиоксидантная и антирадикальная активность	
		ССА, мг/г	IC ₅₀ , DPPH, мг/мл
<i>Centaurea cyanus</i>	листья	0.53±0.02	8.13±0.07
	соцветие	0.23±0.02	4.43±0.04
<i>Centaurea macrocephala</i>	листья	0.72±0.05	0.77±0.01
	соцветие	0.49±0.03	0.58±0.00
<i>Rhaponticum carthamoides</i>	листья	0.44±0.04	0.92±0.04
	соцветие	0.36±0.03	0.87±0.05

В целом, сравнение с литературными источниками показало, что изученные растения проявляют среднюю антиоксидантную активность, что находит подтверждение в литературе [31].

Сравнительный анализ САА водно-этанольных экстрактов изучаемых образцов показал, что максимальная активность проявляется в листьях *C. macrocephala* (0.72 мг/г). Минимальное содержание антиоксидантов выявлено в соцветиях *C. cyanus* (0.23 мг/г). Отмечено, что суммарное содержание антиоксидантов в листьях изучаемых растений выше в 1.6 раза, чем в соцветиях. Вероятно, более высокая антиоксидантная активность соцветий и листьев растений *C. macrocephala* связана с повышенным содержанием катехинов в этих образцах. Есть также литературные данные о том, что важным показателем биологической ценности растительного сырья, определяющим его антиоксидантную активность, является содержание каротиноидов [32, 33].

Регрессионный анализ позволяет приближенно определить форму связи между содержанием БАВ и ССА, а также решить вопрос о том, значима ли эта связь, и оценить вклад каждого фактора, выраженного количественно. В результате выявлена заметная прямая зависимость антиоксидантной активности от концентрации катехинов ($R^2=0.52$), умеренная прямая от концентрации каротиноидов ($R^2=0.41$) и умеренная обратная от содержания пектинов ($R^2=0.36$), слабая от концентрации флавонолов ($R^2=0.25$) (рис. 2). Зависимости ССА от концентрации танинов и протопектинов не выявлено ($R^2<0.1$). В данном исследовании суммарное содержание антиоксидантов фенольного типа на 52% определяется концентрацией катехинов и на 41% – каротиноидов. Это соответствует литературным данным о том, что антиоксидантные свойства многих растительных продуктов в значительной мере обусловлены именно содержанием флаван-3-олов (катехинов) и каротиноидов [34].

Самой высокой антирадикальной активностью обладают водно-этанольные экстракты листьев и соцветий *C. macrocephala* ($IC_{50}=0.77$ мг/мл и 0.58 мг/г). Можно заключить, что этот вид более перспективен для поиска источников антиоксидантов.

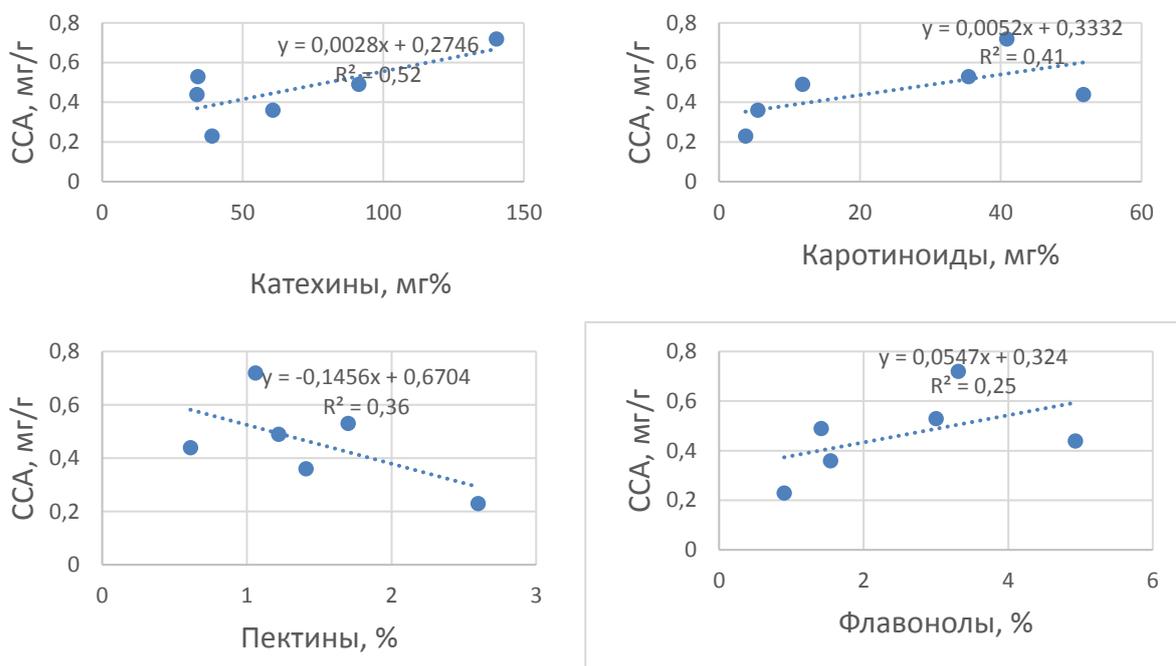


Рис. 2. Зависимость антиоксидантной активности от содержания БАВ в листьях и соцветиях *Centaurea cyanus*, *C. macrocephala*, *Rhaponticum carthamoides*

Выводы

В результате проведенного исследования установлено, что в листьях и соцветиях *C. cyanus*, *C. macrocephala* и *R. carthamoides*, успешно культивируемых в ЦСБС, содержится комплекс БАВ – фенольные соединения (флавонолы, танины, катехины), пектиновые вещества (пектинов и протопектинов) и каротиноиды.

Выявлено, что по содержанию флавонолов (4.93%), танинов (27.7%) и каротиноидов (51.73) в листьях выделяется *R. carthamoides*. Более высокое содержание катехинов (140.2 мг/% в листьях и 91.3 мг/% в соцветиях) и протопектинов (10.54%) обнаружено в надземных органах *C. macrocephala*.

Показано, что более высокую антиоксидантную ($ССА=0.72$ мг/г) и антирадикальную ($IC_{50}=0.58-0.77$ мг/г) активность проявили водно-этанольные экстракты *C. macrocephala*. Самая низкая антирадикальная активность – *C. cyanus* ($IC_{50}=4.43-8.13$ мг/г).

Показатели антиоксидантной и антирадикальной активности в листьях и соцветиях *C. cyanus*, *C. macrocephala* и *R. carthamoides* не показали достоверных различий, следовательно, в качестве лекарственного сырья следует использовать всю надземную часть растений, собранную во время цветения.

Список литературы

1. Камелин Р.В. Сложноцветные (краткий обзор системы). СПб.; Барнаул, 2000. 60 с.
2. Растительные ресурсы СССР: Дикорастущие и цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 5. Сем. *Asteraceae* (*Compositae*). Часть 1 / отв. ред. А.Л. Буданцев. СПб., 2013. 312 с.
3. Черепанов С.К. Род *Centaurea* L. // Флора Европейской части СССР. СПб: Наука, 1994. Т. 7. С. 260–288.
4. Малышев Л.И., Пешкова Г.А., Байков К.С. и др. Конспект флоры Сибири: Сосудистые растения. Новосибирск, 2005. 362 с.
5. Кастерова Е.А. Триба *Cynarae* (Семейство *Asteraceae*) флоры Южной Сибири как перспективный источник биологически активных соединений: дисс. ... канд. биол. наук. Томск, 2021. 220 с.
6. Ларькина М.С., Сапрыкина Э.В., Геренг Е.А., Кадырова Т.В., Ермилова Е.В., Пешкина Р.А. Гепатопротекторные свойства василька шероховатого // Вопросы биологической, медицинской и фармакологической химии. 2011. №7. С. 28–32.
7. Кадырова Т.В., Краснов Е.А., Корнякова А.В. Противосудорожные свойства экстрактов из *Centaurea scabiosa* (*Asteraceae*) // Растительные ресурсы. 2006. №4. С. 70–75.
8. Бубенчикова В.Н. Антимикробная активность рода василек // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. Киев, 1990. Т. 1. С. 27.
9. Государственная фармакопея СССР. 11-е издание: Вып. 1. Общие методы анализа. М., 1987. 336 с.
10. The Plant List. Version 1.1. 2013.
11. Тимофеев Н.П. Промышленные источники получения экидистероидов. Часть II. Ecdysterone: Растения рода *Rhaponticum* (обзор) // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты. Сборник научных трудов. М., 2007. Вып. 15. С. 8–49.
12. Машковский М.Д. Лекарственные средства. В 2-х частях. М., 1993. Ч. 1. 736 с.
13. Соколов С.Я. Фитотерапия и фитофармакология: руководство для врачей. М., 2000. 976 с.
14. Балтаев У.А. Фитоэкидистероиды: структура, источники и пути биосинтеза в растениях // Биоорганическая химия. 2000. №26 (12). С. 892–925.
15. Дремова Е.А. Фитохимическое исследование левзеи софлоровидной (*Leuzea carthamoides* (Willd) DC): дисс. ... доктора фарм. наук. Самара, 2007. 150 с.
16. Володин В.В., Мишуров В.П., Колегова Н.А., Тюкавин Ю.А., Портнягина Н.В., Постников Б.А. Экидистероиды растений семейства *Asteraceae*. Сыктывкар, 1993. Вып. 319. 20 с.
17. Бубенчикова В.Н. Фитохимическое исследование растений рода василек // Тезисы докладов Второй республиканской конференции по медицинской ботанике. Киев, 1988. С. 205–206.
18. Ларькина М.С., Ермилова Е.В., Кадырова Т.В. Фенольные соединения видов рода *Centaurea* мировой флоры (обзор) // Химия растительного сырья. 2011. №4. С. 7–11.
19. Ларькина М.С., Кадырова Т.В., Ермилова Е.В., Краснов Е.А., Юсубов М.С. Количественное определение флавоноидов в надземной части василька шероховатого (*Centaurea scabiosa* L.) // Химико-фармацевтический журнал. 2009. №4. С. 14–17.
20. Каминский И.П. Сесквитерпеновые лактоны *Centaurea scabiosa* L. Химическое исследование и разработка методов их анализа: автореф. дисс. ... канд. фарм. наук. Улан-Удэ, 2011. 21 с.
21. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. 430 с.
22. Беликов В.В. Методы анализа флавоноидных соединений // Фармация. 1970. №1. С. 66–72.
23. Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitsh, произрастающего на Алтае // Химия растительного сырья. 2005. №2. С. 45–50.
24. Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris*) как источник лекарственных средств // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: материалы VII Международного съезда. СПб., 2003. С. 64–69.
25. Кривенцов В.И. Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ // Труды Никитского ботанического сада. 1989. Вып. 109. С. 128–137.
26. Яшин А.Я. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках // Российский химический журнал. 2008. Т. 52. №2. С. 130–135.
27. Kumarasamy Y., Byres M., Cox P.J., Jaspars M., Nahar L., Sarker S.D. Screening seeds of some Scottish plants for free radical scavenging activity // Phytother. Res. 2007. Vol. 21 (7). Pp. 615–621. DOI: 10.1002/ptr.2129.
28. Gawron-Gzella A., Witkowska-Banaszczak E., Bylka W., Dudek-Makuch M., Odwrot A., Skrodzka N. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of *Sanguisorba officinalis* L. extracts // Pharm. Chem. J. 2016. Vol. 50 (4). Pp. 244–249. DOI: 10.1007/s11094-016-1431-0.
29. Куркин В.А., Куркина А.В., Авдеева Е.В. Флавоноиды как биологически активные соединения лекарственных растений // Фармацевтические науки. 2013. №11. С. 1897–1901.
30. Дейнека В.И., Шапошников А.А., Дейнека Л.А., Гусева Т.С., Вострикова С.М., Шенцева Е.А., Закирова Л.Р. Каротиноиды: строение, биологические функции и перспективы применения // Scientific bulletins of Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacia. 2008. Vol. 46. Pp. 19–26.

31. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н., Чупахина Н.Ю., Федурев П.В. Антиоксидантные свойства культурных растений Калининградской области: монография. Калининград, 2016. 145 с.
32. Высочина Г.И., Кукушкина Т.А., Шалдаева Т.М. Содержание основных групп биологически активных веществ в растениях сибирских видов *Filipendula* Mill // Химия растительного сырья. 2014. №2. С. 129–135. DOI: 10.14258/jcrpm.1402129.
33. Масленников П.В., Чупахина Г.Н., Скрыпник Л.Н. и др. Содержание антоциановых и каротиноидных пигментов в лекарственных растениях // Вестник Московского государственного областного университета (электронный журнал). 2013. №1. URL: <http://evestnikmgou.ru/Articles/Doc/255>.
34. Su X., Duan J., Jiang Y. et al. Polyphenolic profile and antioxidant activities of oolong tea infusion under various steeping conditions // Int. J. Mol. Sci. 2007. Vol. 8. Pp. 1196–1205.

Поступила в редакцию 7 апреля 2022 г.

После переработки 5 мая 2022 г.

Принята к публикации 8 мая 2022 г.

Для цитирования: Шалдаева Т.М., Кукушкина Т.А., Пшеничкина Ю.А., Храмова Е.П. Биологически активные вещества некоторых растений семейства *Asteraceae* // Химия растительного сырья. 2022. №4. С. 181–188. DOI: 10.14258/jcrpm.20220411265.

*Shaldaeva T.M.**, *Kukushkina T.A.*, *Pshenichkina Yu.A.*, *Khramova E.P.* BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF CERTAIN PLANTS OF *ASTERACEA* FAMILY

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, ul. Zolotodolinskaya, 101, Novosibirsk, 630090 (Russia),
e-mail: tshaldaeva@yandex.ru

The content of biologically active substances and antioxidant activity in leaves and inflorescences of three species from the tribe *Cynareae* of the *Asteraceae* family: *Centaurea cyanus*, *Centaurea macrocephala*, *Rhaponticum carthamoides*, grown under the conditions of the Central Siberian Botanical Garden introduction was studied. It was determined that leaves and inflorescences contain flavonols, catechins, tannins, carotenoids, pectin substances. The highest level of tannins (up to 27.7%) in leaves and flavonols in leaves and inflorescences (up to 4.93 %) was found in plants of *R. carthamoides*. High content of catechins (up to 140.2 mg%) was found in leaves and inflorescences of *C. macrocephala*. Carotenoids are mainly accumulated in leaves of *R. carthamoides* (51.73 mg%) and inflorescences of *C. macrocephala* (11.86 mg%). The highest content of pectins was noted in leaves and inflorescences of *C. cyanus* (1.7% and 2.6%), protopectins - in leaves (up to 10.54 %). The highest antioxidant activity (0.72 mg/r) and anti-radical activity (IC₅₀=0.58–0.77 мг/г) were recorded for water-ethanol extracts from leaves and inflorescences of *C. macrocephala*. Water-ethanol extracts of *C. cyanus* exhibited low antiradical activity (IC₅₀=4.43–8.13 mg/g).

Keywords: *Centaurea cyanus*, *Centaurea macrocephala*, *Rhaponticum carthamoides*, flavonoids, catechins, tannins, pectins, carotenoids, antioxidant activity, anti-radical activity, DPPH.

Referenses

1. Kamelin R.V. *Slozhnotsvetnyye (kratkiy obzor sistemy)*. [Compositae (a brief overview of the system)]. St. Petersburg, Barnaul, 2000, 60 p. (in Russ.).
2. *Rastitel'nyye resursy SSSR: Dikorastushchiye i tsvetkovyye rasteniya, ikh komponentnyy sostav i biologicheskaya aktivnost'. T. 5. Sem. Asteraceae (Compositae). Chast' 1* [Plant resources of the USSR: Wild and flowering plants, their composition and biological activity. Vol. 5. Sem. Asteraceae (Compositae). Part 1], ed. A.L. Budantsev. St. Petersburg, 2013, 312 p. (in Russ.).
3. Cherepanov S.K. *Flora Yevropeyskoy chasti SSSR*. [Flora of the European part of the USSR]. St. Petersburg, 1994, vol. 7, pp. 260–288. (in Russ.).
4. Malyshev L.I., Peshkova G.A., Baykov K.S. i dr. *Konspekt flory Sibiri: Sosudistyye rasteniya*. [Synopsis of Siberian flora: Vascular plants]. Novosibirsk, 2005, 362 p. (in Russ.).

* Corresponding author.

5. Kasterova Ye.A. *Triba Cynarae (Semeystvo Asteraceae) flory Yuzhnoy Sibiri kak perspektivnyy istochnik biologicheskoy aktivnykh soyedineniy: diss. ... kand. biol. nauk.* [Tribe Cynarae (Family Asteraceae) of the South Siberian flora as a promising source of biologically active compounds: diss. ... cand. biol. Sciences]. Tomsk, 2021, 220 p. (in Russ.).
6. Lar'kina M.S., Saprykina E.V., Gereng Ye.A., Kadyrova T.V., Yermilova Ye.V., Peshkina R.A. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmakologicheskoy khimii*, 2011, no. 7, pp. 28–32. (in Russ.).
7. Kadyrova T.V., Krasnov Ye.A., Kornyakova A.V. *Rastitel'nyye resursy*, 2006, no. 4, pp. 70–75. (in Russ.).
8. Bubenchikova V.N. *Fitontsidy. Bakterial'nyye bolezni rasteniy.* [Phytoncides. Bacterial diseases of plants]. Kiev, 1990, vol. 1, p. 27. (in Russ.).
9. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR. 11-ye izdaniye: Vyp. 1. Obshchiye metody analiza.* [State Pharmacopoeia of the USSR. 11th Edition: Vol. 1. General methods of analysis]. Moscow, 1987, 336 p. (in Russ.).
10. *The Plant List. Version 1.1.* 2013.
11. Timofeyev N.P. *Netraditsionnyye prirodnyye resursy, innovatsionnyye tekhnologii i produkty. Sbor-nik nauchnykh trudov.* [Non-traditional natural resources, innovative technologies and products. Collection of scientific papers]. Moscow, 2007, vol. 15, pp. 8–49. (in Russ.).
12. Mashkovskiy M.D. *Lekarstvennyye sredstva. V 2-kh chastyakh.* [Medicines. In 2 parts]. Moscow, 1993, vol. 1, 736 p. (in Russ.).
13. Sokolov S.Ya. *Fitoterapiya i fitofarmakologiya: Rukovodstvo dlya vrachey.* [Phytotherapy and Phytopharmacology: A Guide for Physicians]. Moscow, 2000, 976 p. (in Russ.).
14. Baltayev U.A. *Bioorganicheskaya khimiya*, 2000, no. 26 (12), pp. 892–925. (in Russ.).
15. Dremova Ye.A. *Fitokhimicheskoye issledovaniye levzei soflorovidnoy (Leuzea sarthamoide (Willd) DC): diss. ... doktora farm. nauk.* [Phytochemical study of *Leuzea carthamoide* (Willd) DC: diss. ... doctor of pharmacology]. Samara, 2007, 150 p. (in Russ.).
16. Volodin V.V., Mishurov V.P., Kolegova N.A., Tyukavin Yu.A., Portnyagina N.V., Postnikov B.A. *Ekdisteroidy rasteniy semeystva Asteraceae.* [Ecdysteroids of plants of the family Asteraceae]. Syktyvkar, 1993, vol. 319, 20 p. (in Russ.).
17. Bubenchikova V.N. *Tezisy dokladov vtoroy respublikanskoj konferentsii po meditsinskoy botanike.* [Abstracts of the Second Republican Conference on Medical Botany]. Kiev, 1988, pp. 205–206. (in Russ.).
18. Lar'kina M.S., Yermilova Ye.V., Kadyrova T.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, no. 4, pp. 7–11. (in Russ.).
19. Lar'kina M.S., Kadyrova T.V., Yermilova Ye.V., Krasnov Ye.A., Yusubov M.S. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2009, no. 4, pp. 14–17. (in Russ.).
20. Kaminskiy I.P. *Seskviterpenovyye laktony Centaurea scabiosa L. Khimicheskoye issledovaniye i razrabotka metodov ikh analiza: avtoref. diss. ... kand. farm. nauk.* [Sesquiterpene lactones of *Centaurea scabiosa* L. Chemical research and development of methods for their analysis: author. diss. ... cand. farm. Sciences]. Ulan-Ude, 2011, 21 p. (in Russ.).
21. Yermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. i dr. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy.* [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad, 1987, 430 p. (in Russ.).
22. Belikov V.V. *Farmatsiya*, 1970, no. 1, pp. 66–72. (in Russ.).
23. Fedoseyeva L.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2005, no. 2, pp. 45–50. (in Russ.).
24. Kukushkina T.A., Zikov A.A., Obukhova L.A. *Aktual'nyye problemy sozdaniya novykh lekarstvennykh preparatov prirodnogo proiskho-zhdeniya: materialy VII Mezhdunarodnogo s'yezda.* [Actual problems of creating new drugs of natural origin: materials of the VII International Congress]. St. Petersburg, 2003, pp. 64–69. (in Russ.).
25. Kriventsov V.I. *Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada*, 1989, vol. 109, pp. 128–137. (in Russ.).
26. Yashin A.Ya. *Rossiyskiy khimicheskij zhurnal*, 2008, vol. 52, no. 2, pp. 130–135. (in Russ.).
27. Kumarasamy Y., Byres M., Cox P.J., Jaspars M., Nahar L., Sarker S.D. *Phytother. Res.*, 2007, vol. 21 (7), pp. 615–621. DOI: 10.1002/ptr.2129.
28. Gawron-Gzella A., Witkowska-Banaszczak E., Bylka W., Dudek-Makuch M., Odwrot A., Skrodzka N. *Pharm. Chem. J.*, 2016, vol. 50 (4), pp. 244–249. DOI: 10.1007/s11094-016-1431-0.
29. Kurkin V.A., Kurkina A.V., Avdeyeva Ye.V. *Farmatsevticheskiye nauki*, 2013, no. 11, pp. 1897–1901. (in Russ.).
30. Deyneka V.I., Shaposhnikov A.A., Deyneka L.A., Guseva T.S., Vostrikova S.M., Shentseva Ye.A., Zakirova L.R. *Scientific bulletins of Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacia*, 2008, vol. 46, pp. 19–26. (in Russ.).
31. Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N., Chupakhina N.Yu., Fedurayev P.V. *Antioxidantnyye svoystva kul'turnykh rasteniy Kaliningradskoy oblasti: monografiya.* [Antioxidant properties of cultivated plants of the Kaliningrad region: monograph]. Kaliningrad, 2016, 145 p. (in Russ.).
32. Vysochina G.I., Kukushkina T.A., Shalldayeva T.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 2, pp. 129–135. DOI: 10.14258/jcprm.1402129. (in Russ.).
33. Maslennikov P. V., Chupakhina G. N., Skrypnik L. N. i dr. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta (elektronnyy zhurnal)*, 2013, no. 1. URL: <http://evestnikmgou.ru/Articles/Doc/255>. (in Russ.).
34. Su X., Duan J., Jiang Y. et al. *Int. J. Mol. Sci.*, 2007, vol. 8, pp. 1196–1205.

Received April 7, 2022

Revised May 5, 2022

Accepted May 8, 2022