

УДК 574.2: 543.062+ 543.544.43

## БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЦВЕТКОВ *TAGETES PATULA*, ВЫРАЩЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ЯКУТИИ И ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© А.Н. Журавская, И.В. Слепцов\*

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, пр. Ленина 41,  
Якутск, 677980 (Россия), e-mail: neroxasg@mail.ru

Исследован биохимический состав первичных и вторичных метаболитов цветков *Tagetes patula* L., выращенных на территории Якутии и Ивановской области. Показано, что содержание основных питательных веществ, таких как белки, липиды и водорастворимые полисахариды в цветках *Tagetes patula* L., варьировали незначительно. Качественный состав моносахаридов водорастворимых полисахаридов, аминокислотный состав белков и жирнокислотный состав липидов не отличался во всех исследуемых образцах. Установлен моносахаридный состав водорастворимых полисахаридов, жирнокислотный состав липидов, аминокислотного состава белков цветков *Tagetes patula* L. выращенных на территории Якутии и Ивановской области. Во всех исследованных образцах цветков *Tagetes patula* L. выявлены следующие фенольные соединения: токоферол, изорамнетин, ларицитрин, хинная, галловая, хлоргенная и эллаговая кислоты, а также следующие терпеноиды: стигмастерол, ситостерол,  $\alpha$ - и  $\beta$ -амирин. По результатам исследований показано, что место сбора цветков *Tagetes patula* L. для последующего изготовления из них биологически активных добавок не оказывает значительного влияния на их биохимический состав.

*Ключевые слова:* *Tagetes patula* L., Якутия, Ивановская область, белки, углеводы, липиды, жирные кислоты, аминокислоты, моносахариды, фенольные соединения, терпеноиды.

*Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки России по проекту «Физиолого-биохимические механизмы адаптации растений, животных, человека к условиям Арктики/Субарктики и разработка биопрепаратов на основе природного северного сырья повышающих эффективность адаптационного процесса и уровень здоровья человека в экстремальных условиях среды», № гос. регистрации АААА-А21-121012190035-9 и гранту ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН №13.ЦКП.21.0016.*

### Введение

Человечество использовало растения для лечения болезней на протяжении всей своей истории. Лечебные свойства и эффективность каждого растения в основном основывались на народных наблюдениях [1]. В настоящее время коммерческие препараты заменили лекарственные растения, однако во всем мире люди по-прежнему используют их для лечения при различных заболеваниях. Препараты из растительного сырья доказали свою значимость как источники биологически активных веществ с терапевтическим потенциалом [2].

*Tagetes* – род однолетних и многолетних растений семейства *Asteraceae* [3]. Растения рода *Tagetes* родом из Америки, но натурализованы и в других странах Азии, Европы и Африка [4]. Многие виды рода *Tagetes* культивируются как декоративные растения или встречаются как дикорастущие виды [5]. Некоторые виды рода *Tagetes* широко применялись в народной медицине для лечения печени, снижения жара, как ветрогонное и отхаркивающее средство [6], а также использовались в качестве природных инсектицидов и фунгицидов [7]. Известно, что некоторые виды, такие как *Tagetes minuta* L., *Tagetes erecta* L., *Tagetes patula* L. и *Tagetes tenuifolia* Cav., проявляют фунгицидную, бактерицидную и инсектицидную активность и противораковые свойства [8–10]. Цветки рода *Tagetes* характеризуются наличием разнообразных биологически

*Журавская Алла Николаевна* – главный научный сотрудник, e-mail: jan43@mail.ru  
*Слепцов Игорь Витальевич* – старший научный сотрудник, e-mail: neroxasg@mail.ru

активных соединений с различными свойствами, к ним относятся фенилпропаноиды, каротиноиды, флавоноиды, терпеноиды, стероиды, алкалоиды,

\* Автор, с которым следует вести переписку.

тиофены и др. [11]. Известно, что биологически активные вещества, синтезируемые растениями, варьируют в зависимости от многих факторов, от органа растения, из которого они извлекаются, времени сбора, фенологической фазы, места сбора, климатических условий и др. [12, 13].

Цель – изучить биохимический состав первичных и вторичных метаболитов цветков *Tagetes patula* L., выращенных на территории Якутии и Ивановской области.

### Экспериментальная часть

Объектом исследования являлись цветки *Tagetes patula* L. семейства *Asteraceae*. Бархатцы отклоненные (*Tagetes patula*) – однолетнее травянистое растение. Сбор цветков бархатцев отклоненных проводился в сентябре 2021 года на территории Ивановской области, Центральной Якутии в районе Хатын-Юрях и Ботанического сада ИБПК СО РАН.

Содержание общих белков в цветках бархатцев отклоненных определяли нингидриновым методом [14]. К 5 мг воздушно-сухих цветков бархатцев отклоненных добавляли 0.5 мл 6 М HCl и нагревали при 100 °С в течение 24 ч. После остывания раствора добавляли 0.6 мл 5 М NaOH для нейтрализации кислоты и фильтровали, используя мембранные фильтры. К 300 мкл фильтрата добавляли 1.0 мл нингидрина в 75% ДМСО и нагревали в течение 20 мин при 100 °С в закрытой виоле. После остывания отбирали 0.1 мл раствора и добавляли 1 мл смеси изопропанол-вода (1 : 1), измерение оптической плотности проводили при  $\lambda=570$  нм. Для определения аминокислотного состава цветков бархатцев отклоненных 20 мг воздушно-сухой массы экстрагировали в 1 мл 1 М растворе гидроксида натрия в течение 4 ч. Далее отбирали 0.5 мл экстракта и добавляли 0.5 мл 40% раствора трихлоруксусной кислоты и центрифугировали для осаждения белков, аккуратно удаляли надосадочную жидкость. Полученную белковую фракцию промывали два раза 1 мл смеси этанол:диэтиловый эфир (1 : 1). Далее к промытой белковой фракции добавляли 6 М раствор соляной кислоты и нагревали в течение 6 ч при температуре 100 °С. Полученный гидролизат выпаривали в ротормном испарителе, сухой остаток растворяли в 50 мкл пиридина. Для получения летучих триметилсилил-производных (ТМС) проводили дериватизацию с использованием 50 мкл N,O-бис-(триметилсилил)трифторацетамида (BSTFA) в течение 15 мин при 100 °С. Анализ проводили методом газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС) на хроматографе «Маэстро» (Россия) с квадрупольным масс-спектрометром Agilent 5975C (США), колонка HP-5MS, 30 м × 0.25 мм. Анализировали при условиях: 2 мин 60 °С, от 60→100 °С с градиентом температуры 5 °С/мин, от 100→200 °С со скоростью 3 °С/мин и от 200→300 °С со скоростью 15 °С/мин. Для идентификации полученных пиков использовали базу данных NIST 2017.

Содержание общих липидов в цветках бархатцев отклоненных определяли методом Фолча [15]. Полученные липиды гидролизовали в 1 М гидроксиде калия при температуре 80 °С в течение 4 ч. Полученный гидролизат высушивали в ротормном испарителе, сухой остаток растворяли в 50 мкл пиридина. Для получения летучих триметилсилил-производных (ТМС) проводили дериватизацию с использованием 50 мкл N,O-бис-(триметилсилил)трифторацетамида (BSTFA) в течение 15 мин при 100 °С. Анализ проводили методом газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС), колонка HP-5MS, 30 м × 0.25 мм. Для хроматографии использовали линейный градиент температуры от 70 °С до 320 °С со скоростью 4 °С/мин при потоке газа (гелий) 1 мл/мин. Сбор данных осуществляли с помощью программного обеспечения Agilent ChemStation. Обработка и интерпретация масс-спектрометрической информации проводилась с использованием стандартной библиотеки NIST 2017.

Общее содержание водорастворимых полисахаридных комплексов в цветках бархатцев отклоненных определяли антроновым методом [16]. Выделение водорастворимых полисахаридных комплексов и определение моносахаридного состава цветков бархатцев отклоненных проводили по методу, описанному в работе [17].

Для анализа терпеноидов и фенольных соединений 20 мг воздушно-сухих цветков бархатцев отклоненных экстрагировали в 1 мл метанола. Полученный экстракт выпаривали при 40 °С на ротормном испарителе, сухой остаток растворяли в 50 мкл пиридина. Для получения летучих триметилсилил-производных (ТМС) проводили дериватизацию с использованием 50 мкл N,O-бис-(триметилсилил)трифторацетамида (BSTFA) в течение 15 мин при 100 °С. Анализ проводили методом газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС) на хроматографе «Маэстро» (Россия) с квадрупольным масс-спектрометром Agilent 5975C (США), колонка HP-5MS, 30 м × 0.25 мм. Для хроматографии использовали линейный градиент температуры от 70 °С до 320 °С со скоростью 4 °С/мин при потоке газа (гелий) 1 мл/мин. Сбор данных осуществляли с помощью программного обеспечения Agilent ChemStation. Количественную интерпретацию хроматограмм проводили методом внутренней стандартизации по углеводороду C<sub>23</sub>. Обработка и интерпретация масс-спектрометрической информации проводилась с использованием стандартной библиотеки NIST 2017 [18].

Эксперименты выполняли в четырех биологических и аналитических повторностях. Полученные результаты представлены в виде средней арифметической величины и ее стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ). Расчет осуществляли с помощью пакета AnalystSoft, StatPlus – программа статистического анализа, Vol.2007.

**Результаты и обсуждение**

Известно, что содержание веществ, таких как белки, липиды и сахара, в сырье для изготовления биологически активных добавок (БАД) является одним из основных показателей пищевой ценности [19]. Показано, что общее содержание белков и липидов в цветках бархатцев отклоненных статистически достоверно не отличается во всех исследуемых образцах. Следует отметить, что концентрация водорастворимых полисахаридов (ВРПС) в цветках бархатцев отклоненных, собранных на территории Ботанического сада, было выше на 16–46%, что может быть связано с условиями произрастания. Таким образом, по основным питательным веществам наиболее ценным является сырье, собранное в Якутии на территории Ботанического сада, вследствие более высокого содержания ВРПС (табл. 1).

Проанализирован моносахаридный состав фракций ВРПС выделенных из цветков бархатцев отклоненных, собранных на территории Якутии и Ивановской области (табл. 2). Качественный состав моносахаридов ВРПС цветков бархатцев отклоненных не отличался во всех исследуемых образцах. Во фракциях ВРПС обнаружены аллоза, арабиноза, галактоза, глюкоза, манноза, рамноза, рибоза, ксилоза, галактоуровая и глюкоуровая кислоты. Следует отметить, что основными моносахаридами ВРПС цветков бархатцев отклоненных являлись арабиноза, галактуроносовая кислота, глюкоза, процентное содержание которых составляло 20–23; 14–24 и 20–22% соответственно. Показано, что в цветках бархатцев отклоненных, собранных на территории Ботанического сада, содержание галактуроносовой кислоты на 41–71% больше по сравнению с другими исследованными образцами.

Исследован жирнокислотный состав липидов, выделенных из цветков бархатцев отклоненных, собранных на территории Якутии и Ивановской области (табл. 3). Показано, что в цветках бархатцев отклоненных содержится лауриновая, миристиновая, пентадекановая, пальмитолеиновая, пальмитиновая, маргариновая, линолевая, олеиновая, стеариновая, арахиновая, бегеновая, лигноцериновая кислоты.

Следует отметить, что качественный состав жирных кислот в исследованных цветках бархатцев отклоненных не отличался. Основными жирными кислотами в цветках бархатцев отклоненных являлись пальмитиновая и линолевая кислоты, содержание которых составляло 27.6–30.7 и 26.4–35.1% соответственно. Относительно низкое содержание линоленовой кислоты может быть связано с подготовкой образцов в сушильной комнате, в результате которого происходило окисление ненасыщенных жирных кислот. Следует отметить максимальное содержание линолевой кислоты в образцах цветков бархатцев отклоненных, собранных на территории Якутии в районе Хатын-Юрях.

Таблица 1. Общее содержание белков, липидов и ВРПС в цветках бархатцев отклоненных из Якутии и Ивановской области

Место сбора	Содержание, мг/г		
	Белки	Липиды	ВРПС
Ивановская область	96±11	74±9	38±1
Якутия, Ботанический сад	111±12	72±8	44±2
Якутия, Хатын-Юрях	110±9	72±6	30±2

Таблица 2. Моносахаридный состав водорастворимых полисахаридов цветков бархатцев отклоненных из Якутии и Ивановской области

Содержание, %	Ивановская область	Якутия, Ботанический сад	Якутия, Хатын-Юрях
Аллоза	5.4±0.5	6.3±0.2	5.0±0.4
Арабиноза	23±1	20±1	23±1
Галактоза	6.8±0.3	6.8±0.4	7.2±0.3
Галактуроносовая кислота	17±3	24±1	14±1
Глюкоза	21±3	20±1	22±3
Глюкуроносовая кислота	3.3±0.1	3.7±0.4	3.1±0.1
Манноза	6.7±0.9	5.9±0.5	8.9±1.2
Рамноза	7.8±1.4	6.8±0.4	7.2±0.5
Рибоза	3.8±0.3	2.7±0.2	4.4±0.2
Ксилоза	5.3±0.3	4.5±0.5	5.1±0.1

Таблица 3. Жирнокислотный состав липидов цветков бархатцев отклоненных из Якутии и Ивановской области

Содержание, %	Ивановская область	Якутия, Ботанический сад	Якутия, Хатын-Юрях
Лауриновая кислота	1.7±0.4	1.5±0.1	1.6±0.1
Миристиновая кислота	11.8±1.3	12.3±0.1	11.7±0.1
Пентадекановая кислота	0.4±0.1	0.4±0.1	tr.
Пальмитолеиновая кислота	0.5±0.1	0.6±0.1	0.5±0.1
Пальмитиновая кислота	29.5±2.6	30.7±2.2	27.6±2.3
Маргариновая кислота	0.4±0.1	0.4±0.1	0.3±0.1
Линолевая кислота	30.3±1.7	26.4±2.1	35.1±2.6
Линоленовая кислота	7.9±1.1	7.5±0.5	8.2±0.4
Олеиновая кислота	0.6±0.1	0.6±0.1	0.7±0.1
Стеариновая кислота	9.1±0.7	10.3±0.8	7.6±0.9
Арахидовая кислота	1.5±0.1	1.6±0.1	1.5±0.1
Бегеновая кислота	3.1±0.4	3.7±0.1	2.6±0.1
Лигноцериновая кислота	3.3±0.3	3.9±0.1	2.5±0.3

Установлен аминокислотный состав белков, выделенных из цветков бархатцев отклоненных, собранных на территории Якутии и Ивановской области (табл. 4). В цветках бархатцев отклоненных обнаружено 19 аминокислот, таких как глицин, аланин, валин, изолейцин, лейцин, пролин, 5-оксипролин, серин, треонин, гомоцистеин, аспарагиновая кислота, глютаминовая кислота, лизин, гистидин, фенилаланин, тирозин, орнитин и аминомалоновая кислота. Другими авторами [20] обнаружено 12 аминокислот в белках, выделенных из цветков бархатцев лучистых, где доминирующими являлись изолейцин, пролин и аспарагиновая кислота.

Качественный состав аминокислот цветков бархатцев отклоненных, собранных в Ивановской области и Якутии, не отличался друг от друга. В цветках бархатцев отклоненных обнаружено 7 незаменимых аминокислот, таких как валин, изолейцин, лейцин, треонин, лизин, фенилаланин и триптофан. Количественное содержание незаменимых аминокислот статистически достоверно не отличалось во всех исследованных образцах.

Таким образом, показано, что по основным пищевым показателям, таким как белки, липиды и ВРПС, исследуемые образцы цветков бархатцев отклоненных, собранных на территории Ивановской области и Якутии, практически не отличались.

Обнаружены фенольные соединения – токоферол, изорамнетин, ларицитрин, хинная, галловая, хлорогеновая и эллаговая кислоты в цветках бархатцев отклоненных, собранных на территории Ивановской области и Якутии (табл. 5). Известно, что ларицитрин [21], галловая, хинная и эллаговая кислоты [22] были обнаружены в бархатцах прямостоячих, хлорогеновая кислота и изорамнетин – в бархатцах мандони [23]. Доминирующими фенольными соединениями, идентифицированными методом ГХ-МС в цветках бархатцев отклоненных, являлись хинная кислота и ларицитрин. Известно, что в цветках бархатцев отклоненных основными флавоноидами являются патулетин и патулитрина [24, 25], данные соединения отсутствуют в стандартной библиотеке NIST 2017, что не позволило идентифицировать данные соединения в исследуемых образцах методом ГХ-МС. Максимальное содержание хинной кислоты обнаружено в цветках бархатцев отклоненных, собранных в Ивановской области.

Концентрация ларицитрина в цветках бархатцев отклоненных статистически не отличалась в образцах, собранных на территории Ивановской области и Якутии в районе Хатын-Юрях. Следует отметить, что концентрация  $\alpha$ -токоферола была в 2 раза выше в цветках, собранных на территории Якутии в районе Ботанического сада относительно других исследуемых образцов.

В цветках бархатцев отклоненных обнаружены 4 терпеноида, такие как стигмастерол, ситостерол,  $\alpha$ - и  $\beta$ -амирин. Ранее авторы [26] обнаружили данные соединения в цветках бархатцев прямостоячих. Показано, что содержание терпеноидов в цветках бархатцев отклоненных статистически значимо не отличалось во всех исследуемых образцах. Исключением является стигмастерол, содержание которого в образцах, собранных на территории Якутии в районе Ботанического сада, было на 60% выше относительно других исследуемых точек сбора.

Таблица 4. Аминокислотный состав белков цветков бархатцев отклоненных из Якутии и Ивановской области

Содержание, %	Ивановская область	Якутия, Ботанический сад	Якутия, Хатын-Юрях
Глицин	2.6±1.2	4±0.8	3.9±0.2
Аланин	8.6±1.4	14.3±0.8	14.6±0.7
Валин	5.6±0.5	5.1±0.1	5.4±0.1
Изолейцин	3.9±0.4	3.1±0.8	3.5±0.6
Лейцин	8.4±0.9	8.2±0.3	8.6±0.2
Пролин	8.8±1.2	4.6±0.3	5.2±0.7
5-оксoproлин	4.1±1.7	1.0±0.1	1.5±0.3
Серин	9.1±0.3	7.7±0.2	9±0.4
Треонин	7.9±1.1	7.7±0.2	7.4±0.2
Гомоцистеин	0.36±0.3	0.23±0	0.18±0.05
Аспарагиновая кислота	9.2±1.2	14.6±1.2	14.8±1.3
Глутаминовая кислота	9.6±0.6	2.7±0.7	2.2±0.9
Лизин	10.2±1.1	11.8±0.1	10.2±0.5
Гистидин	0.18±0.08	0.2±0.02	0.1±0.01
Фенилаланин	4.7±0.7	4.3±0.7	4.9±0.4
Тирозин	3.5±1.3	5.5±0.2	4.5±0.1
Триптофан	0.40±0.10	0.27±0.12	0.24±0.10
Орнитин	1.1±0.3	3.3±0.4	2.1±0.1
Аминомалоновая кислота	1.7±0.3	1.3±0.1	1.8±0.1

Таблица 5. Фенольные соединения и терпеноиды цветков бархатцев отклоненных из Якутии и Ивановской области

Название	Ивановская область	Якутия, Ботанический сад	Якутия, Хатын-Юрях
Фенольные соединения, мг/г			
Хинная кислота	4.37±0.39	2.79±0.31	3.03±0.27
Галловая кислота	0.18±0.02	0.08±0.01	0.14±0.01
γ-токоферол	0.29±0.02	0.3±0.03	0.23±0.02
α-токоферол	0.35±0.05	0.73±0.04	0.34±0.03
Хлорогеновая кислота	0.15±0.01	0.27±0.03	0.63±0.06
Изорамнетин	0.27±0.03	0.18±0.02	0.30±0.04
Ларицитрин	2.54±0.13	1.82±0.24	2.46±0.15
Эллаговая кислота	0.17±0.01	0.10±0.01	0.12±0.01
Терпеноиды, мг/г			
Стигмастерол	0.20±0.01	0.33±0.05	0.19±0.01
Ситостерол	0.30±0.02	0.26±0.04	0.32±0.04
β-амирин	0.45±0.05	0.56±0.06	0.45±0.06
α-амирин	0.48±0.04	0.58±0.08	0.43±0.07

Примечание. За 1 мг принят 1 мг TMS-производных идентифицированных соединений.

**Выводы**

Проведен биохимический анализ цветков бархатцев отклоненных, выросших на территории Якутии и Ивановской области. Показано, что содержание основных питательных веществ, таких как белки, липиды и водорастворимые полисахариды в цветках бархатцев отклоненных, варьировали незначительно, за исключением образцов, собранных на территории Ботанического сада, где была зафиксирована максимальная концентрация ВРПС. Качественный состав моносахаридов ВРПС, аминокислотный состав белков и жирнокислотный состав липидов не отличался во всех исследуемых образцах. Установлен моносахаридный состав водорастворимых полисахаридов цветков бархатцев отклоненных. Основными моносахаридами являются арабиноза, галактуроновая кислота, глюкоза. Отмечено, что максимальное содержание галактуоуроновой кислоты было зафиксировано в цветках бархатцев отклоненных, собранных на территории Ботанического сада. Исследован жирнокислотный состав липидов цветков бархатцев отклоненных, показано, что максимальное содержание линоленовой кислоты обнаружено в образцах, собранных на Хатын-Юряхе. При анализе аминокислотного состава белков цветков бархатцев отклоненных обнаружено 7 незаменимых аминокислот, таких как валин, изолейцин, лейцин, треонин, лизин, фенилаланин и триптофан. В цветках бархат-

цев отклоненных выявлены фенольные соединения: токоферол, изорамнетин, ларицитрин, хинная, галловая, хлоргенновая и эллаговая кислоты, а также следующие терпеноиды: стигмастерол, ситостерол,  $\alpha$ - и  $\beta$ -амирин. Максимальное содержание хинной кислоты зафиксировано в образцах Ивановской области,  $\alpha$ -токоферола и стигмастерола – в Ботаническом саду, ларицитрина – в Ивановской области и Хатын-Юряхе. Таким образом, по результатам исследований показано, что место сбора цветков бархатцев отклоненных для последующего изготовления из них биологически активных добавок не оказывает существенного влияния на биохимический состав. Так как известно, что ежегодно происходит варьирование количественного содержания биологически активных веществ в растениях в зависимости от погодных условий и почвенного состава места произрастания.

### Список литературы

1. Maciel M.A.M., Pinto A.C., Veiga V.F. Jr., Grynberg N.F., Echevarria A. Medicinal plants: The need for multidisciplinary scientific studies // *Quím. Nova*. 2002. Vol. 25. Pp. 429–438. DOI: 10.1590/S0100-40422002000300016.
2. Кершенгольц Б.М., Журавская А.Н., Хлебный Е.С., Шейн А.А., Филиппова Г.В., Шашурин М.М., Аньшкова В.В. Биопрепараты из природного арктического биосырья в сохранении здоровья населения в условиях изменений климата (обзор) // *Экология человека*. 2010. №3. С. 8–15.
3. Soule J. Infrageneric systematics of tagetes // *Proceedings of the International Compositae Conference, Compositae: Systematics*. Kew, UK, 1994. Pp. 435–443.
4. Babu K.G., Kaul V. Variations in quantitative and qualitative characteristics of wild marigold (*Tagetes minuta* L.) oils distilled under vacuum and at NPT // *Industrial Crops and Products*. 2007. Vol. 26. Pp. 241–251. DOI: 10.1016/j.indcrop.2007.03.013.
5. Lawrence B. Essential oils of the *Tagetes* genus // *Perfum. Flavor*. 1985. Vol. 10. Pp. 73–82.
6. Lin L. Studies on the effective component for antitussive from *Tagetes erecta* L. Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin, 2009.
7. Vasudevan P., Kashyap S., Sharma S. *Tagetes*: a multipurpose plant // *Bioresource Technology*. 1997. Vol. 62. Pp. 29–35. DOI: 10.1016/S0960-8524(97)00101-6.
8. Kashif M., Bano S., Naqvi S., Faizi S., Lubna Ahmed Mesaik, M., Azeemi K.S., Farooq A.D. Cytotoxic and antioxidant properties of phenolic compounds from *Tagetes patula* flower // *Pharm. Biol.* 2015. Vol. 53. Pp. 672–681. DOI: 10.3109/13880209.2014.936471.
9. Padalia H., Chanda S. Antimicrobial efficacy of different solvent extracts of *Tagetes erecta* L. Flower, alone and in combination with antibiotics // *Appl. Microbiol. Open Access*. 2015. Vol. 1. 1000106 DOI: 10.4172/2471-9315.1000106.
10. Politi F.A., Nascimento J.D., da Silva A.A., Moro I.J., Garcia M.L., Guido R.V., Pietro R.C., Godinho A.F., Furlan M. Insecticidal activity of an essential oil of *Tagetes patula* L. (*Asteraceae*) on common bed bug *Cimex lectularius* L. And molecular docking of major compounds at the catalytic site of CIACHe1 // *Parasitol. Res.* 2017. Vol. 116. Pp. 415–424. DOI: 10.1007/s00436-016-5305-x.
11. Xu L., Chen J., Qi H., Shi Y. Phytochemicals and their biological activities of plants in *Tagetes* L // *Chinese Herbal Medicines*. 2012. Vol. 4. Pp. 103–117. DOI: 10.3969/j.issn.1674-6384.2012.02.004.
12. Marotti M., Piccaglia R., Biavati B., Marotti I. Characterization and yield evaluation of essential oils from different tagetes species // *J. Essent. Oil Res.* 2004. Vol. 16. Pp. 440–444. DOI: 10.1080/10412905.2004.9698767.
13. Алексеев В.Г. Устойчивость растений в условиях Севера: эколого-биохимические аспекты. Новосибирск, 1994. 152 с.
14. Marks D.L., Buchsbaum R., Swain T. Measurement of total protein in plant samples in the presence of tannins // *Analytical Biochemistry*. 1985. Vol. 147. Pp. 136–143. DOI: 10.1016/0003-2697(85)90019-3.
15. Folch J., Lees M., Stanley G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // *J. Biol. Chem.* 1957. Vol. 226. Pp. 497–509.
16. Ohemeng-Ntiamoah J., Datta T. Evaluating analytical methods for the characterization of lipids, proteins and carbohydrates in organic substrates for anaerobic co-digestion // *Bioresource Technology*. 2018. Vol. 247. Pp. 697–704. DOI: 10.1016/j.biortech.2017.09.154.
17. Слепцов И.В., Журавская А.Н. Полисахариды в вегетативной массе *Amaranthus retroflexus*, *Agastache rugosa* и *Thlaspi arvense* в условиях центральной Якутии // *Химия растительного сырья*. 2018. №4. С. 73–79. DOI: 10.14258/jcprm.2018043809.
18. Петрова Н.В., Сазанова К.В., Медведева Н.А., Шаварда А.Л. Особенности метаболомного профиля на разных стадиях онтогенеза *Prunella vulgaris* (*Lamiaceae*) при выращивании в климатической камере // *Химия растительного сырья*. 2018. №3. С. 139–147. DOI: 10.14258/jcprm.2018033798.
19. Босак В.Н., Сачивко Т.В., Максименко Н.В., Наумов М.В. Особенности биохимического состава пряно-ароматических, зеленных и декоративных культур // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. №3. С. 93–96.
20. Slobodianiuk L., Budniak L., Marchyshyn S., Kostyshyn L., Ezhned M. Determination of amino acids content of the *Tagetes lucida* Cav. by GC/MS // *Pharmacia*. 2021. Vol. 68. P. 859. DOI: 10.3897/pharmacia.68.e73325.

21. Moliner C., Barros L., Dias M.I., López V., Langa E., Ferreira I.C.F.R., Gómez-Rincón C. Edible flowers of *Tagetes erecta* L. as functional ingredients: Phenolic composition, antioxidant and protective effects on *Caenorhabditis elegans* // *Nutrients*. 2018. Vol. 10. P. 2002. DOI: 10.3390/nu10122002.
22. Burlec A.F., Pecio L., Kozachok S., Mircea C., Corciovă A., Vereștiuc L., Cioancă O., Oleszek W., Hăncianu M. Phytochemical profile, antioxidant activity, and cytotoxicity assessment of *Tagetes erecta* L. flowers // *Molecules*. 2021. Vol. 26. P. 1201. DOI: 10.3390/molecules26051201.
23. Parejo I., Jáuregui O., Viladomat F., Bastida J., Codina C. Characterization of acylated flavonoid-O-glycosides and methoxylated flavonoids from *Tagetes maxima* by liquid chromatography coupled to electrospray ionization tandem mass spectrometry // *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2004. Vol. 18. Pp. 2801–2810. DOI: 10.1002/rcm.1697.
24. Rao P.S., Seshadri T.R. The colouring matter of the flowers of *Tagetes patula*: Isolation of a new flavonol, patuletin and its constitution // *Proceedings of the Indian Academy of Sciences-Section A*. 1941. Vol. 14. Pp. 643–647. DOI: 10.1007/BF03049138.
25. Червоная Н.М., Андреева О.А., Аджиахметова С.Л., Оганесян Э.Т. О содержании фенольных соединений в соцветиях бархатцев распростертых (*Tagetes patula* L.) // *Химия растительного сырья*. 2018. №3. С. 91–98. DOI: 10.14258/jcrpm.2018033714.
26. Huang S., Zhou X.L., Wang H.Y. Chemical studies on the flowers of *Tagetes erecta* L. // *Nat. Prod. Res. Dev*. 2006. Vol. 18. Pp. 57–59.

Поступила в редакцию 26 июля 2022 г.

После переработки 12 октября 2022 г.

Принята к публикации 7 июля 2023 г.

**Для цитирования:** Журавская А.Н., Слепцов И.В. Биохимический состав цветков *Tagetes patula*, выращенных на территории Якутии и Ивановской области // *Химия растительного сырья*. 2023. №3. С. 163–170. DOI: 10.14258/jcrpm.20230311736.

*Zhuravskaya A.N., Sleptsov I.V.* \* BIOCHEMICAL COMPOSITION OF *TAGETES PATULA* FLOWERS GROWN IN YAKUTIA AND IVANOVNO REGION

*Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, pr. Lenina, 41, Yakutsk, 677980 (Russia), e-mail: neroxasg@mail.ru*

The biochemical composition of primary and secondary metabolites of *Tagetes patula* flowers grown on the territory of Yakutia and Ivanovo region was studied. It has been shown that the content of essential nutrients such as proteins, lipids and water-soluble polysaccharides in *T. patula* flowers varied insignificantly. The qualitative composition of monosaccharides of water-soluble polysaccharides, the amino acid composition of proteins and the fatty acid composition of lipids did not differ in all the studied samples. The monosaccharide composition of water-soluble polysaccharides, the fatty acid composition of lipids, the amino acid composition of the proteins of *T. patula* flowers grown in Yakutia and the Ivanovo region have been established. In all studied samples of *T. patula* flowers, the following phenolic compounds were identified: tocopherol, isorhamnetin, laricitrin, quinine, gallic, chlorogenic and ellagic acids, as well as the following terpenoids: stigmaterol, sitosterol,  $\alpha$ - and  $\beta$ -amirin. According to the research results, it was shown that the place of collection of *T. patula* flowers for the subsequent production of biologically active additives from them does not have a significant effect on their biochemical composition.

**Keywords:** *Tagetes patula*, Yakutia, Ivanovo region, proteins, carbohydrates, lipids, fatty acids, amino acids, monosaccharides, phenolic compounds, terpenoids.

---

\* Corresponding author.

## References

1. Maciel M.A.M., Pinto A.C., Veiga V.F. Jr., Grynberg N.F., Echevarria A. *Quím. Nova*, 2002, vol. 25, pp. 429–438. DOI: 10.1590/S0100-40422002000300016.
2. Kershengol'ts B.M., Zhuravskaya A.N., Khlebnyy Ye.S., Shein A.A., Filippova G.V., Shashurin M.M., An'shakova V.V. *Ekologiya cheloveka*, 2010, no. 3, pp. 8–15. (in Russ.).
3. Soule J. *Proceedings of the International Compositae Conference, Compositae: Systematics*. Kew, UK, 1994, pp. 435–443.
4. Babu K.G., Kaul V. *Industrial Crops and Products*, 2007, vol. 26, pp. 241–251. DOI: 10.1016/j.indcrop.2007.03.013
5. Lawrence B. *Perfum. Flavor*, 1985, vol. 10, pp. 73–82.
6. Lin L. *Studies on the effective component for antitussive from *Tagetes erecta* L.* Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin, 2009.
7. Vasudevan P., Kashyap S., Sharma S. *Bioresource Technology*, 1997, vol. 62, pp. 29–35. DOI: 10.1016/S0960-8524(97)00101-6.
8. Kashif M., Bano S., Naqvi S., Faizi S., Lubna Ahmed Mesaik, M., Azeemi K.S., Farooq A.D. *Pharm. Biol.*, 2015, vol. 53, pp. 672–681. DOI: 10.3109/13880209.2014.936471.
9. Padalia H., Chanda S. *Appl. Microbiol. Open Access*, 2015, vol. 1, 1000106 DOI: 10.4172/2471-9315.1000106.
10. Politi F.A., Nascimento J.D., da Silva A.A., Moro I.J., Garcia M.L., Guido R.V., Pietro R.C., Godinho A.F., Furlan M. *Parasitol. Res.*, 2017, vol. 116, pp. 415–424. DOI: 10.1007/s00436-016-5305-x.
11. Xu L., Chen J., Qi H., Shi Y. *Chinese Herbal Medicines*, 2012, vol. 4, pp. 103–117. DOI: 10.3969/j.issn.1674-6384.2012.02.004.
12. Marotti M., Piccaglia R., Biavati B., Marotti I. *J. Essent. Oil Res.*, 2004, vol. 16, pp. 440–444. DOI: 10.1080/10412905.2004.9698767.
13. Alekseyev V.G. *Ustoychivost' rasteniy v usloviyakh Severa: ekologo-biokhimicheskiye aspekty*. [Plant resistance in the North: ecological and biochemical aspects]. Novosibirsk, 1994, 152 p. (in Russ.).
14. Marks D.L., Buchsbaum R., Swain T. *Analytical Biochemistry*, 1985, vol. 147, pp. 136–143. DOI: 10.1016/0003-2697(85)90019-3.
15. Folch J., Lees M., Stanley G.H. *J. Biol. Chem.* 1957, vol. 226, pp. 497–509.
16. Ohemeng-Ntiamoah J., Datta T. *Bioresource Technology*, 2018, vol. 247, pp. 697–704. DOI: 10.1016/j.biortech.2017.09.154.
17. Sleptsov I.V., Zhuravskaya A.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 4, pp. 73–79. DOI: 10.14258/jcprm.2018043809. (in Russ.).
18. Petrova N.V., Sazanova K.V., Medvedeva N.A., Shavarda A.L. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 3, pp. 139–147. DOI: 10.14258/jcprm.2018033798. (in Russ.).
19. Bosak V.N., Sachivko T.V., Maksimenko N.V., Naumov M.V. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2018, no. 3, pp. 93–96. (in Russ.).
20. Slobodianiuk L., Budniak L., Marchyshyn S., Kostyshyn L., Ezhned M. *Pharmacia*, 2021, vol. 68, p. 859. DOI: 10.3897/pharmacia.68.e73325.
21. Moliner C., Barros L., Dias M.I., López V., Langa E., Ferreira I.C.F.R., Gómez-Rincón C. *Nutrients*, 2018, vol. 10, p. 2002. DOI: 10.3390/nu10122002.
22. Burlec A.F., Pecio Ł., Kozachok S., Mircea C., Corciovă A., Vereștiuc L., Cioancă O., Oleszek W., Hăncianu M. *Molecules*, 2021, vol. 26, p. 1201. DOI: 10.3390/molecules26051201
23. Parejo I., Jáuregui O., Viladomat F., Bastida J., Codina C. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 2004, vol. 18, pp. 2801–2810. DOI: 10.1002/rcm.1697.
24. Rao P.S., Seshadri T.R. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences-Section A*, 1941, vol. 14, pp. 643–647. DOI: 10.1007/BF03049138.
25. Chervonnaya N.M., Andreyeva O.A., Adzhiakhmetova S.L., Oganesyanyan E.T. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 3, pp. 91–98. DOI: 10.14258/jcprm.2018033714. (in Russ.).
26. Huang S., Zhou X.L., Wang H.Y. *Nat. Prod. Res. Dev.*, 2006, vol. 18, pp. 57–59.

Received July 26, 2022

Revised October 12, 2022

Accepted July 7, 2023

**For citing:** Zhuravskaya A.N., Sleptsov I.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 3, pp. 163–170. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230311736.