

УДК 635.716:577.112.38:577.118

АМИНОКИСЛОТНЫЙ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВЫ ЦВЕТКОВ РАСТЕНИЯ *CROCUS SATIVUS* L.

© Ш.П. Махмудова, Б.С. Охундаев, С.З. Нишанбаев*, С.Д. Гусакова

Институт химии растительных веществ им. академика С.Ю. Юнусова
АН РУз, ул. М. Улугбека, 77, Ташкент, 100170, Республика Узбекистан,
sabir78@rambler.ru

Впервые исследованы аминокислоты (АК) отдельных частей (рыльца, тычинки, лепестки) цветков *Crocus sativus* L. (шафран посевной), выращиваемого в Узбекистане. В образцах идентифицировано 20 АК, из них 8 являются заменимыми, 8 – незаменимыми, 4 – частично заменимыми аминокислотами. Общая сумма АК в рыльцах составила 11.35001 мг/г, в тычинках – 60.85032 мг/г, в лепестках – 48.7104 мг/г. Незаменимые АК содержатся примерно в равных количествах в лепестках (15.73832 мг/г) и тычинках (14.84272 мг/г), частично заменимые АК доминируют в тычинках (29.48137 мг/г). По результатам сравнительного анализа тычинки цветков *Crocus sativus* L. количественно богаче аминокислотами, чем другие их части. Впервые методом оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой изучен элементный состав отдельных частей цветков *Crocus sativus* L. Установлено, что преобладающими элементами в сырье являются К, Na, Mg, Ca, Fe, P, Al и Ga. Лепестки цветков обогащены макро- и микроэлементами. Полученные данные позволяют рассматривать отходы производства шафрана как перспективный источник минеральных элементов и ценных аминокислот с широким спектром фармакологической активности, которые можно использовать для разработки на их основе новых пищевых добавок и фармацевтических субстанций.

Ключевые слова: шафран посевной, *Crocus sativus* L., *Iridaceae*, рыльца, тычинки, лепестки цветков, аминокислоты, микро- и макроэлементы.

Для цитирования: Махмудова Ш.П., Охундаев Б.С., Нишанбаев С.З., Гусакова С.Д. Аминокислотный и элементный составы цветков растения *Crocus sativus* L. // Химия растительного сырья. 2024. №2. С. 275–283. DOI: 10.14258/jcprm.20240212975.

Введение

В мировой флоре представлено более 80 видов растений рода *Crocus* (шафран) подсемейства *Crocoideae* семейства *Iridaceae* (Ирисовые) порядка *Asparagales* (Спаржецветные). Во флоре Узбекистана произрастают два дикорастущих вида крокуса: *Crocus alatavicus* Regel & Semenow и *Crocus korolkowii* Regel & Maw [1].

Среди видов крокусов вид *Crocus sativus* L. (шафран посевной) считается наиболее ценным из-за уникальной окраски его цветков, аромата, цвета и вкуса сухих рыльцев цветков, используемых как ценная пряность (специя). Рыльца применяются также в качестве пищевого красителя и в медицине. В народной медицине шафран рекомендуется в качестве успокаивающего, снотворного, легкого антидепрессивного и улучшающего умственную деятельность средства, а также для профилактики и лечения ряда других заболеваний [2].

Вид *Crocus sativus* L. в диком виде не встречается, однако он широко культивируется в Иране, Испании, Франции, Голландии, Италии, Турции, Швейцарии, Израиле, Индии, Пакистане, Китае, Египте, Объединенных Арабских Эмиратах, Японии и Австралии. Ежегодное мировое производство высушенных темно-красных рыльцев *Crocus sativus* (специя под названием «шафран») составляет около 400 тонн. Следует отметить, что в настоящее время более 90% мировой продукции шафрана производится в Иране [2–7].

Цветок *Crocus sativus* состоит из пурпурных листочков околоцветника (лепестки), желтых тычинок и трех оранжевых рыльцев. Каждый свежий цветок весит около 300–500 мг, свежие рыльца весят около 25–47 мг, поэтому для производства 1 кг специи требуется порядка 200 тыс. цветков.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Химический состав рыльцев цветков достаточно хорошо изучен. Зарубежными авторами сообщалось, что шафран содержит до 10–14% протеина, 12–15% углеводов, 5–9% общих липидов, 0.3–0.8% эфирного масла, более 150 летучих и ароматических соединений, 12.4% азотистых веществ, 0.18% алкалоидов, а также гликозиды, каротиноиды, флавоноиды.

Аминокислоты – одна из важнейших единиц в организмах человека, животных и растений, а образующиеся из них белки – один из важнейших компонентов всех живых клеток. В качестве эффективных лекарственных средств препараты на основе АК назначают для лечения многих патологических процессов, а также в оздоровительных и профилактических целях [8]. При нехватке АК замедляются многие жизненно важные процессы в организме. В настоящее время многие исследования считают целесообразным изучение аминокислотного состава как неофициальных, так и официальных растений, которые могут быть использованы в качестве перспективных сырьевых источников для получения фармакологически активных веществ [9]. В цветках *Crocus sativus* обнаружено 20 аминокислот (АК) и их производных, в том числе 6 незаменимых: треонин, валин, лейцин, фенилаланин, метионин и изолейцин [7, 10].

Минеральный состав растений как по составу, так и по содержанию отдельных элементов представляет интерес с точки зрения практической медицины, так как в этиологии многих заболеваний существенную роль играют нарушения в организме человека баланса микроэлементов. Дисбаланс железа, например, является причиной развития тяжелых анемий и ряда заболеваний крови, недостаток меди вызывает в организме воспалительные заболевания, дефицит марганца снижает стабильность мембран нервных клеток и нервной системы в целом [11]. Об элементном составе цветков *Crocus sativus* и отдельных их частей сообщали некоторые авторы. Отмечается, что состав и содержание макро- и микроэлементов рыльцев может служить маркером географической природы возделываемой культуры [12], а элементный состав лепестков и тычинок важен для характеристики этих отходов в качестве вторичного сырья для пищевой и кормовой отраслей народного хозяйства [13, 14]. В лепестках цветков *Crocus sativus*, выращиваемого в Иране, найдено 8 макроэлементов с наибольшим содержанием К, Са и Р [14], в лепестках и тычинках *Crocus sativus* из Марокко – 5 макроэлементов, при этом в лепестках основным элементом является Fe, в тычинках – Fe, Na и Zn [13].

Начиная с 2021 г. в рамках международного инвестиционного проекта между Узбекистаном и Италией *Crocus sativus* начали культивировать в Узбекистане, и в настоящее время его плантации, созданные из луковиц Италии, занимают в республике площадь свыше 300 га. Известно, что почвенно-климатические и агротехнические условия существенно влияют на урожайность и качественные характеристики шафрана [7]. Поэтому нами начаты исследования цветков культивируемого *Crocus sativus* с целью выяснения их химического состава и перспектив комплексной переработки для создания на основе вторичных отходов новых лекарственных средств и биологически активных добавок.

После отделения рыльцев от цветков остается более 10000 тонн/год лепестков и тычинок [6], которые в настоящее время не используются. Ранее мы изучили состав летучих компонентов цветочных лепестков и рыльцев *Crocus sativus*, культивируемого в Ташкентском оазисе, и установили, что основными их компонентами являются сафраналь и α -изофорон [1]. Кроме того, по нашим данным, лепестки цветков *Crocus sativus* содержат также 4.2% общих липидов, 269.5 мг% каротиноидов, в липидах 66.53% составляют ненасыщенные жирные кислоты с доминированием линолевой 18:2n6 и γ -линоленовой 18:3n6 кислот [15].

Цель данного исследования – сравнительный анализ составов аминокислот (АК), микро- и макроэлементов отдельных частей цветков (рыльца, тычинки, лепестки) *Crocus sativus*, выращиваемого в Узбекистане.

Экспериментальная часть

Объектами исследования служили воздушно-сухие рыльца, тычинки и лепестки цветков *Crocus sativus*, собранные в ноябре 2022 г. в Бахмальском районе Джизакской области.

Выделение и анализ аминокислот. Осаждение белков и пептидов из водного экстракта образцов проводили в центрифужных стаканах. Для этого к 1 мл исследуемого образца добавляли 1 мл (точный объем) 20% трихлоруксусной кислоты (ТХУК). Выпавший осадок отделяли центрифугированием в центрифуге «Bio-Rad Model 16K Microcentrifuge» при 8000 об./мин в течение 15 мин; 0.1 мл надосадочной жидкости отделяли и лиофильно высушивали. Выделение аминокислот (АК) проводили путем кислого гидролиза белков и пептидов 5.7 N HCl при 110 °C в течение 24 ч без доступа воздуха. Гидролизат упаривали, сухой остаток дважды нейтрализовали смесью триэтиламин-ацетонитрил-вода (1 : 7 : 1) и высушивали. Реакцией

с фенилтиоизоцианатом получали фенилтиокарбамил-производные (ФТК) аминокислот по методу [16]. Разделение и идентификацию производных АК проводили высокоэффективной жидкостной хроматографией (ВЭЖХ) в условиях: хроматограф Agilent Technologies 1200 с DAD детектором, колонка 75 × 4.6 мм Discovery HS C₁₈. Раствор А: 0.14 М CH₃COONa + 0.05% ТЭА с pH 6.4; раствор В: CH₃CN. Скорость потока 1.2 мл/мин, поглощение 269 нм. Градиент % В / мин: 1–6% / 0–2.5 мин; 6–30% / 2.51–40 мин; 30–60% / 40.1–45 мин; 60–60% / 45.1–50 мин; 60–0% / 50.1–55 мин.

Качественный анализ и расчет концентраций исследуемых АК проводили путем сравнения времени удерживания и площадей пиков с ФТК производными стандартных исследуемых образцов аминокислот.

Анализ макро- и микроэлементов осуществляли методом оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (ИСП ОЭС). Точную навеску (0.05–0.50 г) исследуемого сырья помещали в тefлоновые автоклавы DAP-60+ для влажного озоления. Затем образцы заливали 5 мл азотной кислоты (х/ч) и 3 мл перекиси водорода (х/ч). Разложение проводили в приборе микроволнового разложения. После разложения содержимое автоклавов количественно переносили в мерные колбы вместимостью 100 мл и доводили объем до метки 2%-ной азотной кислотой. Определение элементного состава осуществляли на приборе ОЭС с ИСП Optima-2400 DV (Perkin Elmer США), используя мультиэлементный стандарт (для ОЭС) и стандарт – Hg (для ОЭС). Условия анализа: мощность генератора (для плазмы) 1300–1500W, поток аргона (плазма) – 12 л/мин, небулайзер – 0.8 л/мин, перистальтический насос – 1.2 мл/мин, обзор – аксиальный.

Обсуждение результатов

В таблице 1 приводятся составы аминокислот рыльцев, тычинок и лепестков цветков *Crocus sativus*.

В соответствии с данными таблицы 1, во всех частях цветков присутствует 20 АК, при этом 8 являются заменимыми, 8 незаменимыми и 4 аминокислоты – частично заменимыми. При одинаковом качественном составе суммарное содержание АК существенно выше в тычинках (60.85032 мг/г), тогда как в рыльцах это содержание более чем в 5 раз ниже (11.35001 мг/г).

Сравнение набора АК рылец шафрана с литературными данными [8] показывает, что из незаменимых аминокислот 4 (лизин, аргинин, триптофан и гистидин) идентифицированы только в рыльцах *Crocus sativus* L., культивируемого в Узбекистане.

Тычинки цветков *Crocus sativus* содержат намного больше, чем рыльца, заменимых АК аспарагиновой кислоты (6.725933 мг/г), аспарагина (2.366324 мг/г) и глутамина (4.599934 мг/г), незаменимых АК валина (2.565521 мг/г) и фенилаланина (6.957524 мг/г), частично заменимых пролина (17.77891 мг/г), цистеина (6.194536 мг/г) и аргинина (4.017215 мг/г).

В лепестках отмечается высокое содержание лейцина (2.619813 мг/г), изолейцина (2.345926 мг/г), треонина (6.40795 мг/г), цистеина (8.547541 мг/г), глутамина (6.125498), аспарагина (4.573265).

Высокий уровень аминокислот, особенно лейцина и метионина, в составе лекарственных препаратов и пищевых продуктов оказывает адаптогенное действие, регулирует активность ферментов антиоксидантной защиты клетки, усиливает в организме окислительно-восстановительные реакции. Лейцин применяется при лечении болезней печени, анемий и других заболеваний, он поддерживает нормальный уровень холестерина в крови; метионин активизирует действие гормонов, витаминов и ферментов, продукты его превращений обезвреживают токсичные продукты; фенилаланин играет значительную роль в синтезе белков, способствует выведению почками и печенью продуктов метаболизма, улучшает секреторную функцию поджелудочной железы [17, 18].

В результате анализа минерального состава установлено, что все части цветков содержат 40 макро- и микроэлементов, из них 6 макро-, 12- эссенциальных и условно эссенциальных, 7 – потенциально токсичных и 15 токсичных элементов (табл. 2, рис. 1–3).

Из полученных данных следует, что рыльца содержат 59% (25637.25 мг/кг) макроэлементов, 14% (5942.345 мг/кг) эссенциальных микроэлементов, 2% (942.623 мг/кг) условно эссенциальных микроэлементов, 15% (6363.162 мг/кг) потенциально токсичных микроэлементов и 10% (4489.527 мг/кг) токсичных микроэлементов (рис. 1). Минеральный состав тычинок следующий: 68% (27358.68 мг/кг) макроэлементов, 13% (5198.606 мг/кг) незаменимых микроэлементов, 2% (948.45 мг/кг) условно незаменимых микроэлементов, 15% (6086.632 мг/кг) потенциально токсичных микроэлементов и 2% (573.294 мг/кг) токсичных микроэлементов (рис. 2). Видно, что во всех частях цветков доля макроэлементов

варьирует в пределах 59 (рыльца) – 68% (тычинки), эссенциальных микроэлементов – в пределах 13% (тычинки)-18% (лепестки), потенциально токсичных 13–15% (тычинки), доля токсичных микроэлементов больше в рыльцах (до 10%), а условно эссенциальные элементы составляют во всех частях цветков 2%.

Наиболее богатым минеральным составом отличаются лепестки, в которых 64% (40759.23 мг/кг) макроэлементов, из микроэлементов 18% (11704.08 мг/кг) эссенциальных и 2% (1044.183 мг/кг) условно-эссенциальных, а также 13% (8092.33 мг/кг) потенциально токсичных и 3% (1664.566 мг/кг) токсичных микроэлементов (рис. 3).

Результаты также показывают (табл. 2), что отдельные части цветков богаты такими макроэлементами, как К, Na, Mg, Ca, P, S, содержание которых уменьшается в следующей последовательности: в рыльцах К>Ca>Na>Mg>P>S; в тычинках К>Na>Ca>Mg>P>S; в лепестках К>Mg>Na>Ca>P>S. При этом в рыльцах доминируют К и Ca, в тычинках – К, Na, Ca, в лепестках – Na, К, Mg.

Таблица 1. Состав аминокислот цветочных частей *Crocus sativus* L.

| Аминокислота | Концентрация аминокислоты, мг/г | | |
|---|---------------------------------|----------|----------|
| | Рыльца | Тычинки | Лепестки |
| Заменимые аминокислоты | | | |
| <i>Моноаминомонокарбоновые кислоты</i> | | | |
| 1. Глицин, Gly | 1.294344 | 0.669987 | 2.301093 |
| 2. Аланин, Ala | 0.863629 | 0.34116 | 2.907324 |
| <i>Оксимоаминокарбоновая кислота</i> | | | |
| 3. Серин, Ser | 1.271684 | 0.444196 | 2.459821 |
| <i>Моноаминодикарбоновые кислоты</i> | | | |
| 4. Аспарагиновая кислота, Asp | 0.174036 | 6.725933 | 0.762935 |
| 5. Глутаминовая кислота, Glu | 0.203342 | 0.216267 | 0.99133 |
| <i>Амиды моноаминодикарбоновых</i> | | | |
| 6. Аспарагин, Asp | 2.585476 | 2.366324 | 4.573265 |
| 7. Глутамин, Gln | 0.13911 | 4.599934 | 6.125498 |
| <i>Ароматическая аминокислота</i> | | | |
| 8. Тирозин, Tyr | 0.177693 | 1.162426 | 1.089907 |
| Сумма заменимых АК | 6.709314 | 16.52623 | 21.21117 |
| Незаменимые аминокислоты | | | |
| <i>Моноаминомонокарбоновые кислоты</i> | | | |
| 1. Валин, Val | 0.645181 | 2.565521 | 1.247188 |
| 2. Изолейцин, Ile | 0.112824 | 1.319969 | 2.345926 |
| 3. Лейцин, Leu | 0.082985 | 1.24413 | 2.619813 |
| <i>Оксимоаминокарбоновая кислота</i> | | | |
| 4. Треонин, Thr | 0.753014 | 0.996742 | 6.40795 |
| <i>Серосодержащая кислота</i> | | | |
| 5. Метионин, Met | 0.098692 | 0.493757 | 0.375743 |
| <i>Диаминомонокарбоновая кислота</i> | | | |
| 6. Лизин, Lys | 0.123848 | 0.798998 | 0.914429 |
| <i>Ароматические аминокислоты</i> | | | |
| 7. Фенилаланин, Phe | 0.034992 | 6.957524 | 0.479773 |
| 8. Триптофан, Trp | 0.159841 | 0.466076 | 1.347494 |
| Сумма незаменимых АК | 2.011377 | 14.84272 | 15.73832 |
| Частично заменимые аминокислоты | | | |
| <i>Серосодержащая кислота</i> | | | |
| 1. Цистеин, Cys | 0.522404 | 6.194536 | 8.547541 |
| <i>Гетероциклические кислоты (иминокислоты)</i> | | | |
| 2. Пролин, Pro | 1.045455 | 17.77891 | 0.515004 |
| 3. Гистидин, His | 0.668525 | 1.490706 | 1.8228 |
| <i>Диаминомонокарбоновая кислота</i> | | | |
| 4. Аргинин, Arg | 0.392933 | 4.017215 | 0.875566 |
| Сумма частично заменимых АК | 2.629317 | 29.48137 | 11.76091 |
| Общая сумма аминокислот | 11.35001 | 60.85032 | 48.7104 |

Таблица 2. Элементный состав цветочных частей *Crocus sativus* L. (мг/кг)

| № | Элемент | Рыльца | Тычинки | Лепестки |
|---|---------------|----------|----------|-----------|
| <i>Макроэлементы</i> | | | | |
| 1 | Натрий (Na) | 5055.894 | 6081.947 | 8972.213 |
| 2 | Калий (K) | 8023.680 | 8860.348 | 11239.479 |
| 3 | Кальций (Ca) | 6254.615 | 5966.026 | 7738.547 |
| 4 | Фосфор (P) | 2236.364 | 1739.362 | 2722.100 |
| 5 | Магний (Mg) | 3293.245 | 3959.700 | 9158.766 |
| 6 | Сера (S) | 773.454 | 751.297 | 928.121 |
| <i>Эссенциальные микроэлементы</i> | | | | |
| 7 | Железо (Fe) | 5296.986 | 4511.907 | 6703.123 |
| 8 | Цинк (Zn) | 66.795 | 86.620 | 188.891 |
| 9 | Медь (Cu) | 384.338 | 418.646 | 4475.871 |
| 10 | Марганец (Mn) | 162.449 | 147.320 | 298.908 |
| 11 | Молибден (Mo) | 10.124 | 6.397 | 9.574 |
| 12 | Кобальт (Co) | 21.653 | 27.716 | 27.716 |
| <i>Условно эссенциальные микроэлементы</i> | | | | |
| 13 | Бор (B) | 72.995 | 72.212 | 67.990 |
| 14 | Кремний (Si) | 657.590 | 670.507 | 781.512 |
| 15 | Никель (Ni) | 12.212 | 13.287 | 20.291 |
| 16 | Ванадий (V) | 139.689 | 208.967 | 133.297 |
| 17 | Литий (Li) | 6.730 | 7.201 | 9.363 |
| 18 | Мышьяк (As) | 53.407 | 48.488 | 31.730 |
| <i>Потенциально токсичные микроэлементы</i> | | | | |
| 19 | Рубидий (Rb) | 39.991 | 49.630 | 69.845 |
| 20 | Цирконий (Zr) | 0.927 | 1.131 | 1.957 |
| 21 | Олово (Sn) | 18.217 | 15.224 | 29.705 |
| 22 | Серебро (Ag) | 8.062 | 10.268 | 11.329 |
| 23 | Вольфрам (W) | 0.120 | 0.250 | 0.119 |
| 24 | Галлий (Ga) | 6254.615 | 5966.026 | 7738.547 |
| 25 | Стронций (Sr) | 41.230 | 44.103 | 240.828 |
| <i>Токсичные микроэлементы</i> | | | | |
| 26 | Алюминий (Al) | 4419.903 | 518.623 | 1567.507 |
| 27 | Свинец (Pb) | 5.345 | 4.712 | 12.764 |
| 28 | Барий (Ba) | 12.656 | 18.541 | 52.854 |
| 29 | Висмут (Bi) | 2.367 | 1.421 | 0.710 |
| 30 | Кадмий (Cd) | 0.488 | 0.000 | 2.403 |
| 31 | Ртуть (Hg) | 0.031 | 0.055 | 0.013 |
| 32 | Тантал (Ta) | 0.034 | 0.072 | 0.075 |
| 33 | Бериллий (Be) | 1.504 | 1.588 | 1.672 |
| 34 | Сурьма (Sb) | 18.217 | 0.867 | 1.239 |
| 35 | Таллий (Tl) | 15.414 | 13.929 | 9.076 |
| 36 | Уран (U) | 0.182 | 0.239 | 0.241 |
| 37 | Индий (In) | 2.790 | 2.552 | 3.326 |
| 38 | Ниобий (Nb) | 0.480 | 0.565 | 0.469 |
| 39 | Цезий (Cs) | 10.055 | 10.033 | 12.142 |
| 40 | Рений (Re) | 0.061 | 0.097 | 0.075 |

Отдельные части цветков богаты также микроэлементами, и их содержание убывает в последовательности: в рыльцах и тычинках Ga>Fe>Al>Cu>Mn>V>Zn; в лепестках Ga>Fe>Cu>Al>Mn>Sr>Zn>V. Таким образом, в рыльцах и тычинках преобладает эссенциальный микроэлемент Fe, а в лепестках дополнительно и Cu. Кремний Si является мажорным условно эссенциальным микроэлементом во всех частях цветков, но также преобладает в лепестках. Из потенциально токсичных микроэлементов в цветках преобладает Ga, из токсичных микроэлементов – Al.

Следует отметить, что в настоящее время отсутствуют утвержденные нормативные документы, регламентирующие содержание в лекарственных растениях наиболее токсичных для организма тяжелых металлов [19–22]. В Государственной фармакопее РФ нормируется только содержание в лекарственном растительном сырье только элементов Pb, Cd и Hg [23], предельно допустимая концентрация (ПДК) которых составляет (мг/кг) 6.0; 1.0; 0.1 и 0.5, соответственно [19]. Учитывая эти данные, концентрация Pb, Cd и Hg и в рыльцах и тычинках *Crocus sativus* находится в пределах ПДК, в лепестках содержание Pb превышает ПДК в 2.1 раза, Cd – в 2.4 раза (табл. 2).

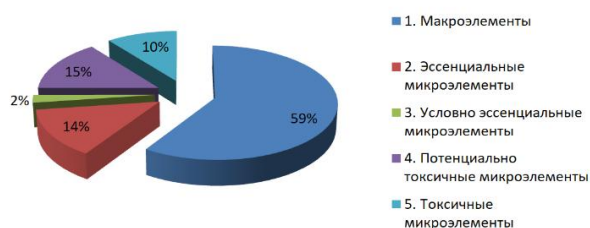


Рис. 1. Элементный состав рыльцев цветков *Crocus sativus* L.

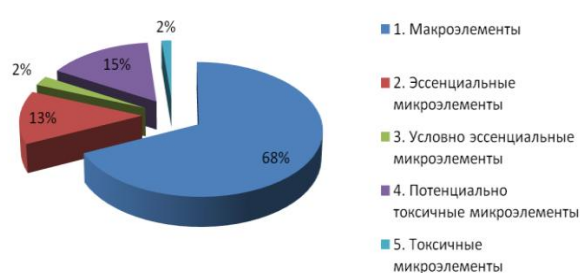


Рис. 2. Элементный состав тычинок цветков *Crocus sativus* L.

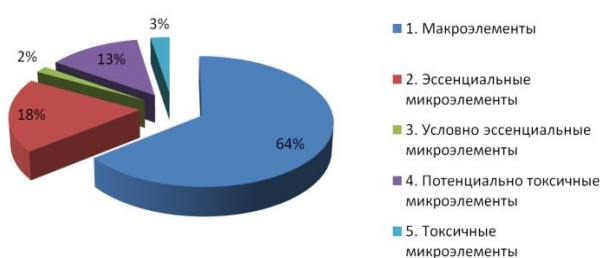


Рис. 3. Элементный состав лепестков цветков *Crocus sativus* L.

Выводы

Впервые изучены содержание и состав аминокислот воздушно-сухих рыльцев, тычинок и лепестков цветков *Crocus sativus*, культивируемого в Узбекистане. Установлено, что в тычинках суммарное содержание аминокислот выше, чем в рыльцах и лепестках, а аминокислоты всех частей цветков состоят из 20 компонентов.

Во всех изученных образцах *Crocus sativus* максимальным содержанием отличается гетероциклическая кислота пролин и серосодержащая кислота цистеин, минимальным – серосодержащая кислота метионин и моноаминодикарбоновая глутаминовая кислота. Незаменимые аминокислоты лизин, триптофан и частично заменимые аргинин и гистидин идентифицированы только в рыльцах цветков *Crocus sativus*, культивируемого в Узбекистане.

Впервые методом оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой изучен элементный состав отдельных частей цветков *Crocus sativus* и определено, что доминирующими элементами являются К, Na, Mg, Ca, Fe, P, Al и Ga. Лепестки цветков обогащены макро- и микроэлементами.

Полученные данные позволяют рассматривать лепестки и тычинки *Crocus sativus*, являющиеся отходами производства шафрана, как перспективный источник минеральных элементов и ценных аминокислот с широким спектром фармакологической активности, который можно использовать для разработки на их основе новых пищевых добавок и фармацевтических субстанций.

Благодарности

Авторы выражают благодарность научному сотруднику Института биоорганической химии имени академика О.С. Садыкова АН РУз (Ташкент) кандидату химических наук У.Ж. Ишимову за помощь в проведении анализа аминокислотного и элементного составов растительного сырья.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института химии растительных веществ имени академика С.Ю. Юнусова АН РУз. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

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. Нишанбаев С.З., Бобакулов Х.М., Хотамджанов А.Х., Охундедаев Б.С., Шамьянов И.Д., Тухтаев Б.Ё. Компоненты цветков и рыльцев *Crocus sativus*, интродуцированного в Узбекистане // *Universum: Химия и биология: электронный научный журнал*. 2019. №7 (61). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/7578>.
2. Беккер Р.А., Быков Ю.В. Пряные и ароматические растения в психиатрии и неврологии: научный обзор // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2018. Vol. 10, no. 1. Pp. 90–123. DOI: 10.12731/wsd-2018-1-90-123.
3. Siracusa L., Gresta F., Ruberto G. Chapter 6. Saffron (*Crocus sativus* L.) apocarotenoids: A review of their biomolecular features and biological activity perspectives // Nova Science Publishers. 2011. Pp. 1–33.
4. Amanpour A., Sonmezdag A.S., Kelebek H., Selli S. GC-MS – olfactometric characterization of the most aroma-active components in a representative aromatic extract from Iranian saffron (*Crocus sativus* L.) // *Food Chemistry*. 2015. Vol. 182. Pp. 251–256. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.03.005.
5. El-Mahrouk M.E., Dewir Y.H., El-Ramady H., Seliem M.K. Vegetative Growth and Productivity of Potted *Crocus sativus* in Different Growing Media // *Horticulturae*. 2023. Vol. 9, no. 3. 377. DOI: 10.3390/horticulturae9030377.
6. Chaudhary N., Kothari D., Walia S., Ghosh A., Vaghela P., Kumar R. Biostimulant enhances growth and corm production of saffron (*Crocus sativus* L.) in non-traditional areas of North western Himalayas // *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 15, no. 14. 1097682. DOI: 10.3389/fpls.2023.1097682.
7. Kumar R., Singh V., Devi K., Sharma M., Singh M.K., Ahuja P.S. State of Art of Saffron (*Crocus sativus* L.) Agronomy: A Comprehensive Review // *Food Reviews International*. 2009. Vol. 25, no. 1. Pp. 44–85. DOI: 10.1080/87559120802458503.
8. Куваева З.И. Аминокислотные лекарственные средства // Актуальные вопросы фармации Республики Беларусь: сборник трудов 9-го съезда фармацевтических работников Республики Беларусь: в 2 ч. Минск, 2016. Ч. 1. С. 163–167.
9. Круглая А.А. Аминокислотный состав некоторых представителей рода *Inula* // Фармация и фармакология. 2016. Т. 4, №6. С. 33–43. DOI: 10.19163/2307-9266-2016-4-6-33-43.
10. Гашимова У.Ф., Бабаев Х.Ф., Шукюрова П.А., Гасанова С.И. Шафран (*Crocus sativus* L.) как источник клеточных хроноблокаторов и их геропротекторные свойства // *Клиническая геронтология*. 2018. №5-6. С. 14–18. DOI: 10.26347/1607-2499201805-06014-018.
11. Ловкова М.Я., Рабинович А.М., Пономарева С.М., Бузук Г.Н., Соколова С.М. Почему растения лечат. М., 1989. 256 с.
12. D'Archivio A.A., Giannitto A., Incani A., Nisi S. Analysis of the mineral composition of Italian saffron by ICP-MS and classification of geographical origin // *Food Chemistry*. 2014. Vol. 157. Pp. 485–489. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.02.068.
13. Jadouali S.M., Atifi H., Mamouni R., Majourhat Kh., Bouzoubaâ Z., Laknifli A., Faouzi A. Chemical characterization and antioxidant compounds of flower parts of Moroccan *Crocus sativus* L. // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 18. Pp. 476–480. DOI: 10.1016/j.jssas.2018.03.007.
14. Fahima N.K., Fakoor Janatib S.S., Feizy J. Chemical composition of agriproduct saffron (*Crocus sativus* L.) petals and its considerations as animal feed // *GIDA – Journal of Food*. 2012. Vol. 37, no. 4. Pp. 197–201.
15. Makhmudova Sh.R., Yuldasheva N.K., Nishanbaev S.Z., Gusakova S.D. Flower petal lipids of *Crocus sativus* // Abstract International Sciences Conference "Actual Problem of the Chemistry of Natural Compounds". Tashkent, 2023. P. 148.
16. Coven S.A., Strydom D.J. Amino acid analysis utilizing phenylisothiocyanate derivatives // *Journal of Analytical Biochemistry*. 1988. Vol. 17, no. 1. Pp. 1–16. DOI: 10.1016/0003-2697(88)90512-x.
17. Ткачев В.О. Разработка напитков для спортивного питания, обогащенных функциональными ингредиентами: дисс. ... канд. техн. наук. Троицк, 2021. 177 с.
18. Роль биологически активных добавок в системе подготовки спортсменов: методическое пособие / под общ. ред. В.А. Курашвили. М., 2018. 116 с.
19. Галенко М.С., Гравель И.В., Вельц Н.Ю., Аляутдин Р.Н. Нормирование содержания тяжелых металлов и мышьяка как фактор безопасности использования лекарственных растительных препаратов // *Безопасность и риск фармакотерапии*. 2021. №9 (2). С. 61–68. DOI: 10.30895/2312-7821-2021-9-2-61-68.
20. Каманина И.З., Каплина С.П., Салихова Ф.С. Содержание тяжелых металлов в лекарственных растениях // *Научное обозрение*. 2019. №1. С. 29–34.
21. Бурченко Т.В. Тяжелые металлы в лекарственных и пищевых растениях – Гравилате городском и Гравилате речном // *Успехи современного естествознания*. 2011. №8. С. 25–27.
22. Сиромля Т.И., Мяделец М.А. Содержание химических элементов в тысячелистнике обыкновенном (*Achillea millefolium* L.) // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. №6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22917>.

23. ОФС.1.5.3.0009.15. Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах [Электронный ресурс]. URL: <http://pharmacosroea.ru/ofs-1-5-3-0009-15-opredeleniesoderzhaniya-tyazhelyh-metallov-i-myshyaka-v-lekarstvennomrastitelnom-syre-i-lekarstvennyh-rastitelnyh-preparatah>.

Поступила в редакцию 18 мая 2023 г.

После переработки 1 июня 2023 г.

Принята к публикации 5 сентября 2023 г.

*Makhmudova Sh.R., Okundedaev B.S., Nishanbaev S.Z.**, Gusakova S.D. AMINO ACID AND ELEMENTAL COMPOSITIONS OF FLOWERS OF PLANT *CROCUS SATIVUS* L.

Institute of the Chemistry of Plant Substances, AS RUz, Mirzo Ulugbeka st., 77, Tashkent, 100170, Uzbekistan, sabir78@rambler.ru

Amino acids (AA) of individual parts (stigma, stamens, petals) of flowers of *Crocus sativus* L. (saffron) growing in Uzbekistan were studied for the first time. 20 AAs were identified in the samples, which 8 were nonessential, 8 were irreplaceable, 4 were partially nonessential amino acids. The total amount of AA in the stigmas was 11.35001 mg/g, in the stamens 60.85032 mg/g, in the petals 48.7104 mg/g. Essential AAs are found in approximately equal amounts in petals (15.73832 mg/g) and stamens (14.84272 mg/g), partially replaceable AAs dominate in stamens (29.48137 mg/g). According to the results of a comparative analysis, the stamens of the flowers of *Crocus sativus* L. are quantitatively richer in amino acids than their other parts. For the first time, the elemental composition of individual parts of the flowers of *Crocus sativus* L. was studied by optical emission spectrometry with inductively coupled argon plasma. It was found that the predominant elements in the raw material are K, Na, Mg, Ca, Fe, P, Al and Ga. Flower petals are enriched with macro- and microelements. The obtained data allow us to consider the petals and stamens of *Crocus sativus* L., which are waste products of saffron production, as a promising source of mineral elements and valuable amino acids with a wide range of pharmacological activity, based on them can be used to develop new food additives and pharmaceutical substances.

Keywords: saffron, *Crocus sativus* L., *Iridaceae*, stigmas, stamens, flower petals, amino acids, micro and macro elements.

For citing: Makhmudova Sh.R., Okundedaev B.S., Nishanbaev S.Z., Gusakova S.D. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 2, pp. 275–283. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240212975.

References

1. Nishanbayev S.Z., Bobakulov Kh.M., Khotamdzhano A.Kh., Okhundedaev B.S., Sham'yanov I.D., Tukhtayev B.O. *Universum: Khimiya i biologiya: elektronnyy nauchnyy zhurnal*, 2019, no. 7 (61). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/7578>. (in Russ.).
2. Bekker R.A., Bykov Yu.V. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2018, vol. 10, no. 1, pp. 90–123. DOI: 10.12731/wsd-2018-1-90-123. (in Russ.).
3. Siracusa L., Gresta F., Ruberto G. *Nova Science Publishers*, 2011, pp. 1–33.
4. Amanpour A., Sonmezdag A.S., Kelebek H., Selli S. *Food Chemistry*, 2015, vol. 182, pp. 251–256. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.03.005.
5. El-Mahrouk M.E., Dewir Y.H., El-Ramady H., Seliem M.K. *Horticulturae*, 2023, vol. 9, no. 3, 377. DOI: 10.3390/horticulturae9030377.
6. Chaudhary N., Kothari D., Walia S., Ghosh A., Vaghela P., Kumar R. *Frontiers in Plant Science*, 2023, vol. 15, no. 14, 1097682. DOI: 10.3389/fpls.2023.1097682.
7. Kumar R., Singh V., Devi K., Sharma M., Singh M.K., Ahuja P.S. *Food Reviews International*, 2009, vol. 25, no. 1, pp. 44–85. DOI: 10.1080/87559120802458503.
8. Kuvayeva Z.I. *Aktual'nyye voprosy farmatsii Respubliki Belarus': sbornik trudov 9-go s"yezda farmatsevticheskikh rabotnikov Respubliki Belarus': v 2 ch.* [Current issues in pharmacy of the Republic of Belarus: collection of proceedings of the 9th Congress of Pharmaceutical Workers of the Republic of Belarus: in 2 parts]. Minsk, 2016, part. 1, pp. 163–167. (in Russ.).
9. Kruglaya A.A. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2016, vol. 4, no. 6, pp. 33–43. DOI: 10.19163/2307-9266-2016-4-6-33-43. (in Russ.).
10. Gashimova U.F., Babayev Kh.F., Shukyurova P.A., Gasanova S.I. *Klinicheskaya gerontologiya*, 2018, no. 5-6, pp. 14–18. DOI: 10.26347/1607-2499201805-06014-018. (in Russ.).

* Corresponding author.

11. Lovkova M.Ya., Rabinovich A.M., Ponomareva S.M., Buzuk G.N., Sokolova S.M. *Pochemu rasteniya lechat*. [Why plants are treated]. Moscow, 1989, 256 p. (in Russ.).
12. D'Archivio A.A., Giannitto A., Incani A., Nisi S. *Food Chemistry*, 2014, vol. 157, pp. 485–489. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.02.068.
13. Jadouali S.M., Atifi H., Mamouni R., Majourhat Kh., Bouzoubaâ Z., Laknifli A., Faouzi A. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2019, vol. 18, pp. 476–480. DOI: 10.1016/j.jssas.2018.03.007.
14. Fahima N.K., Fakoor Janatib S.S., Feizy J. *GIDA – Journal of Food*, 2012, vol. 37, no. 4, pp. 197–201.
15. Makhmudova Sh.R., Yuldasheva N.K., Nishanbaev S.Z., Gusakova S.D. *Abstract International Sciences Conference "Actual Problem of the Chemistry of Natural Compounds"*. Tashkent, 2023, p. 148.
16. Coven S.A., Strydom D.J. *Journal of Analytical Biochemistry*, 1988, vol. 17, no. 1, pp. 1–16. DOI: 10.1016/0003-2697(88)90512-x.
17. Tkachev V.O. *Razrabotka napitkov dlya sportivnogo pitaniya, obogashchennykh funktsional'nymi ingrediyehtami: diss. ... kand. tekhn. nauk*. [Development of sports nutrition drinks enriched with functional ingredients: dissertation. ...cand. tech. Sci.]. Troitsk, 2021, 177 p. (in Russ.).
18. *Rol' biologicheskii aktivnykh dobavok v sisteme podgotovki sportsmenov: metodicheskoye posobiye* [The role of dietary supplements in the system of training athletes: methodological manual], ed. V.A. Kurashvili. Moscow, 2018, 116 p. (in Russ.).
19. Galenko M.S., Gravel' I.V., Vel'ts N.Yu., Alyautdin R.N. *Bezopasnost' i risk farmakoterapii*, 2021, no. 9 (2), pp. 61–68. DOI: 10.30895/2312-7821-2021-9-2-61-68. (in Russ.).
20. Kamanina I.Z., Kaplina S.P., Salikhova F.S. *Nauchnoye obozreniye*, 2019, no. 1, pp. 29–34. (in Russ.).
21. Burchenko T.V. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya*, 2011, no. 8, pp. 25–27. (in Russ.).
22. Siromlya T.I., Myadelets M.A. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22917>. (in Russ.).
23. *OFS.1.5.3.0009.15. Opredeleniye soderzhaniya tyazhelykh metallov i mysh'yaka v lekarstvennom rastitel'nom syr'ye i lekarstvennykh rastitel'nykh preparatakh* [OFS.1.5.3.0009.15. Determination of the content of heavy metals and arsenic in medicinal plant raw materials and medicinal herbal preparations]. URL: <http://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0009-15-opredeleniesoderzhaniya-tyazhelyh-metallov-i-myshyaka-v-lekarstvennomrastitel'nom-syre-i-lekarstvennyh-rastitel'nyh-preparatah>. (in Russ.).

Received May 18, 2023

Revised June 1, 2023

Accepted September 5, 2023

Сведения об авторах

Махмудова Шохиста Рахимжоновна – аспирант,
ustobayevashoxista1986@gmail.com

Охундедаев Баходир Сотволдиевич – кандидат химических наук, младший научный сотрудник лаборатории химии терпеноидов и фенольных соединений, boxundedayev@mail.ru

Нишанбаев Сабир Зарипбаевич – доктор химических наук, заведующий лабораторией химии липидов, sabir78@rambler.ru

Гусакова Светлана Дмитриевна – доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории химии липидов, s.gusakova2004@mail.ru

Information about authors

Makhmudova Shohista Rakhimzhonovna – graduate student,
ustobayevashoxista1986@gmail.com

Okhundedayev Bakhodir Sotvoldievich – Candidate of Chemical Sciences, junior researcher at the Laboratory of Chemistry of Terpenoids and Phenolic Compounds, boxundedayev@mail.ru

Nishanbaev Sabir Zaripbaevich – Doctor of Chemical Sciences, Head of the Laboratory of Lipid Chemistry, sabir78@rambler.ru

Gusakova Svetlana Dmitrievna – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Lipid Chemistry, s.gusakova2004@mail.ru