

УДК 582.573.16:581.19(571.1)

СЪЕДОБНЫЕ ЦВЕТКИ ЛУКОВ (*ALLIUM* L.) КАК ИСТОЧНИК БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

© *Т.И. Фомина**, *Т.А. Кукушкина*

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

Представлены результаты сравнительного изучения содержания биологически активных веществ в цветках 10 видов многолетних луков: *Allium aflatumense* B. Fedtsch., *A. altaicum* Pall., *A. flavum* L., *A. microdictyon* Prokh., *A. nutans* L., *A. obliquum* L., *A. ramosum* L., *A. rosenbachianum* Regel, *A. schoenoprasum* L., *A. senescens* L. var. *glaucum* Regel (*A. senescens* ssp. *glaucum* (Schrad.) N. Friesen). Анализировали свежесобранное сырье в фазе массового цветения. Содержание сухих веществ определяли высушиванием 1 г сырья при 100–105 °С до постоянной массы. Количество фенольных соединений, пектиновых веществ, общих сахаров и каротиноидов определяли спектрофотометрически на приборах СФ-56 (Россия) и СФ «Agilent» 8453 (США). Впервые получены данные по количественному содержанию основных групп вторичных метаболитов в цветках луков. Установлено, что в условиях лесостепи Западной Сибири цветки видов *Allium* содержат: 10.7–22.5% сухих веществ, 6.6–26.2% общих сахаров, 3.3–18.6% пектиновых веществ, 3.6–10.6% фенольных соединений, 3.0–23.4 мг% каротиноидов (на абсолютно сухую массу сырья) и 35.4–157.8 мг% аскорбиновой кислоты (на сырую массу). Наибольшие показатели отмечены для *A. rosenbachianum*, *A. flavum* и *A. aflatumense*. Высокая изменчивость накопления биологически активных веществ обусловлена видовой принадлежностью и влиянием погодных условий вегетационного периода. Проведенное исследование показало перспективы использования цветков луков как источника различных биоактивных соединений, в том числе при добавлении в пищу.

Ключевые слова: *Allium*, цветки, катехины, флавонолы, танины, пектиновые вещества, сахара, аскорбиновая кислота, каротиноиды.

Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту «Анализ биоразнообразия, сохранение и восстановление редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов».

Введение

В последнее время проводится активный поиск новых источников нутриентов и биологически активных соединений натурального происхождения, включая группу съедобных цветков. Последние с древних времен используются в кулинарии различных регионов мира в качестве ингредиентов, повышающих питательные и эстетические качества пищи. Известно более ста видов съедобных цветков, принадлежащих широко распространенным культурам – цветочным, плодовым, овощным [1–4]. Основным компонентом съедобных цветков является вода (более 80%), также в них много клетчатки, минеральных веществ, особенно фосфора и калия, витаминов, а содержание белков и липидов низкое [5]. Кроме потребления в пищу, цветки традиционно применяются как лечебные средства [6–8].

Современными исследованиями показано, что цветки богаты природными антиоксидантами, включая флавоноиды, антоцианы и другие фенольные соединения, а также каротиноиды и сапонины. В ряде работ [9, 10] выявлена высокая корреляция антиоксидантной способности экстрактов цветков и общего содержания в них фенольных веществ, среди которых преобладают фенольные кислоты и флавоноиды – кверцетин, кемпферол, апигенин, лютеолин, гесперидин, рутин, мирицетин, присутствуют катехины [6, 11]. Ко-

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

личество каротиноидов в цветках варьирует в широком диапазоне значений – от 30 мг% у *Centaurea cyanus* до 721 мг% на сухую массу у *Calendula officinalis* [12]. Наиболее распространены лютеин,

* Автор, с которым следует вести переписку.

зеаксантин и β -каротин. Актуальность исследования химического состава съедобных цветков обусловлена, в первую очередь, растущей потребностью в натуральных и безопасных для здоровья пищевых добавках в целях профилактики и лечения заболеваний, вызванных окислительным стрессом: сердечно-сосудистых, онкологических, нейродегенеративных, диабета II типа [5, 8, 13].

Среди съедобных цветков декоративных травянистых растений наиболее изучены в фитохимическом отношении цветки *Centaurea cyanus*, *Tropaeolum majus*, *Viola* \times *wittrockiana*, *Tagetes* sp., *Cichorium intybus*, *Begonia* sp., *Bellis perennis* и др. – преимущественно культиваров. Представляет интерес исследование съедобных цветков дикорастущих видов, например, представителей рода *Allium* L. Луки относятся к числу пищевых растений, у которых традиционно используются луковички и так называемое перо (ложные стебли с листьями). В европейской кухне используются также цветки *A. ursinum*, *A. sativum* и *A. schoenoprasum* [3]. В одной из сводных работ по съедобным цветкам [1] упоминаются *A. schoenoprasum* и *A. tuberosum*, цветки которых имеют острый луковый вкус. Сенсорная оценка (визуально, на вкус и аромат) цветков трех средиземноморских видов лука показала, что наилучшим во всех отношениях является *A. roseum*, при этом определяющим фактором вкусовых достоинств принята пряная нота [14]. Показано, что масла из цветков луков могут служить источником нейтральных липидов, обладающих гипотензивным действием. Цветки некоторых видов содержат стероидные гликозиды, которые проявляют фунгицидные и антимикробные свойства, оказывают противовоспалительное, антиканцерогенное действие, снижают уровень холестерина в крови. Причем содержание сапонинов в цветках, например, *A. ramosum* и *A. schoenoprasum* выше, чем в вегетативных органах [15].

Цель настоящей работы – сравнительное изучение содержания биологически активных веществ в соцветиях 10 видов рода *Allium* L. в условиях лесостепи Западной Сибири.

Экспериментальная часть

Исследование выполнено в коллекции декоративных видов природной флоры Центрального сибирского ботанического сада (ЦБС СО РАН, г. Новосибирск) в 2017–2018 гг. Объектами послужили виды рода *Allium* L.: *Allium aflatumense* B. Fedtsch., *A. altaicum* Pall., *A. flavum* L., *A. microdictyon* Prokh., *A. nutans* L., *A. obliquum* L., *A. ramosum* L., *A. rosenbachianum* Regel, *A. schoenoprasum* L., *A. senescens* L. var. *glaucum* Regel (*A. senescens* ssp. *glaucum* (Schrad.) N. Friesen). По ритму цветения они составляют 4 группы: поздневесенняя – зацветают в конце мая – начале июня (*A. aflatumense*, *A. microdictyon*, *A. rosenbachianum*); раннелетняя – в июне (*A. altaicum*, *A. obliquum*, *A. ramosum*, *A. schoenoprasum*); летняя – с конца июня до середины июля (*A. flavum*, *A. senescens* var. *glaucum*) и позднелетняя – вступают в фазу цветения в начале августа (*A. nutans*). Продолжительность цветения сильно варьирует, составляя от 12–17 дней у раноцветущих гемизфемероидных луков (поздневесенняя группа) до двух месяцев у *A. ramosum*. В условиях ботанического сада растения луков выращиваются на открытом участке с естественным увлажнением, при посадке вносится торфо-минеральная смесь, уходные мероприятия включают регулярные прополки и рыхление почвы в междурядьях в течение периода вегетации.

Погодные условия лет исследования контрастировали в начале сезона. Май 2017 г. выдался теплым, со среднемесячной температурой воздуха 12.6 °С и осадками в пределах нормы (33 мм), а май 2018 г. был крайне холодным и сырым (7.0 °С, 82 мм). Июнь обоих лет отмечался как теплый (средние температуры выше 19.0 °С при среднемноголетней 16.7 °С) и умеренно влажный (71 мм осадков при норме 58 мм). Июль при одинаковой средней температуре 18.5 °С в 2017 г. был дождливым (100 мм, 21 день с осадками), но в 2018 г. характеризовался нормальным увлажнением (65 мм). Август 2017 г. соответствовал климатическим показателям (16.8 °С, 66 мм осадков), в 2018 г. он был засушливым (34 мм). Из-за холодной погоды в мае 2018 г. развитие луков проходило с задержкой около двух недель, что отразилось на сроках сбора сырья. Для фитохимического исследования использовали свежесобранные соцветия (рис. 1). Сбор сырья проводили в несколько сроков, при наступлении фазы массового цветения растений того или иного вида.

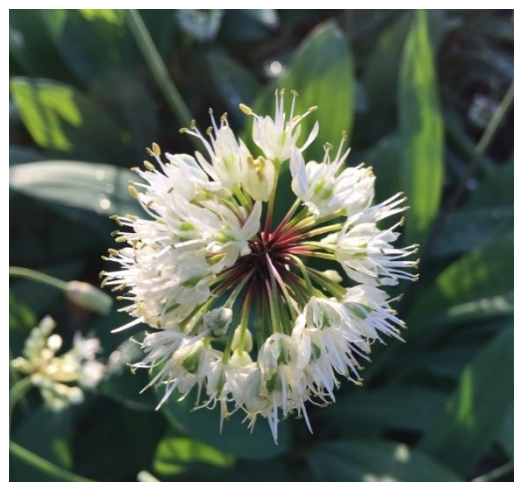
Содержание сухих веществ определяли высушиванием 1 г сырья при 100–105 °С до постоянной массы. Количество фенольных соединений, пектиновых веществ, общих сахаров и каротиноидов определяли спектрофотометрически на приборах СФ-56 (Россия) и СФ «Agilent» 8453 (США). Метод определения катехинов основан на их способности давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте ($\lambda=502$ нм). Концентрацию катехинов в пробе находили, используя пересчетный

коэффициент по (\pm)-катехину «Sigma» [16]. Количество флавонолов определяли по методу [17], основанному на реакции комплексообразования с хлоридом алюминия ($\lambda=415$ нм). Концентрацию флавонолов находили по графику, построенному по рутину. Содержание гидролизуемых дубильных веществ определяли методом, основанным на образовании окрашенного комплекса танинов с 2%-ным водным раствором аммония молибденовокислого ($\lambda=420$ нм). Расчет дубильных веществ производили по ГСО танина [18].

Пектиновые вещества определяли бескарбазольным методом, основанным на получении специфического желто-оранжевого окрашивания уроновых кислот с тимолом в сернокислой среде ($\lambda=480$ нм). Для получения воспроизводимых результатов из сырья удаляли сахара. Количество пектинов и протопектинов находили по калибровочной кривой, построенной по галактурановой кислоте [19]. Количество сахаров определяли методом, основанным на восстановлении феррицианида калия редуцирующими сахарами в щелочной среде до ферроцианида, который в присутствии желатина образует с сернокислым железом устойчивую синюю окраску ($\lambda=690$ нм). Концентрацию сахаров находили по калибровочному графику, построенному по глюкозе. Определение аскорбиновой кислоты проводили титриметрическим методом, используя реакцию Тильманса. Суммарное количество каротиноидов вычисляли с учетом плотности ацетоново-этанольной вытяжки при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения хлорофиллов а (662 нм) и b (644 нм), каротиноидов (440.5 нм) [20]. За результат принимали среднее значение из трех параллельных определений по каждому показателю. Все биохимические показатели, кроме аскорбиновой кислоты, рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья.



A



B



C



D

Рис. 1. Соцветия видов *Allium* L.: A – *A. schoenoprasum*; B – *A. microdictyon*; C – *A. rosenbachianum*; D – *A. aflatunense*

Обсуждение результатов

Содержание сухих веществ, фенольных соединений, общих сахаров, пектиновых веществ, аскорбиновой кислоты и каротиноидов в соцветиях видов *Allium* определено впервые. Установлено, что количество сухих веществ варьирует от 10.7% до 22.5%, с минимальным значением для *A. altaicum* и максимальным – для *A. flavum* (табл.). В условиях сезона 2018 г. показатель варьировал в более широком диапазоне значений, которые для большинства видов были ниже, чем в 2017 г. Существенные колебания содержания сухих веществ отмечены у *A. aflatunense*, *A. rosenbachianum* и *A. obliquum*. В основном в соцветиях луков содержится 13–18% сухих веществ. Основная доля их приходится на углеводы, включая сахара и пектиновые вещества.

Сахаристость луков обусловлена видовой принадлежностью и значительно варьирует на межвидовом уровне. В их соцветиях содержание общих сахаров колеблется в пределах 6.6–26.2%. Наибольшее количество определено у *A. altaicum* и *A. schoenoprasum*, а наименьшее – у *A. microdictyon* и *A. flavum* (рис. 2). Индивидуальная изменчивость показателя у некоторых видов невысокая – от 4.3% до 7.2% у *A. ramosum*, *A. flavum*, *A. nutans* и *A. obliquum* (в порядке возрастания). Для большинства видов полученные значения по количеству сахаров сильно варьируют. При этом влияние погодных условий сезона неочевидно, так как динамика накопления сахаров имеет разнонаправленный характер. Показано, что у луков богаты сахарами и цветочные стрелки, особенно в фазе бутонизации [21].

Питательная ценность луков обеспечивается также содержанием пектиновых веществ. Пектины и протопектины служат источником пищевых волокон (пребиотиков), необходимых для функционирования иммунной системы человека [22]. В соцветиях исследованных видов их количество варьирует от 3.3 до 18.6%, с максимальными значениями для *A. rosenbachianum* и *A. flavum*. Ряд видов (*A. nutans*, *A. altaicum*, *A. obliquum*, *A. microdictyon*) отличаются невысоким содержанием пектиновых веществ. Их накопление в соцветиях луков было повышенным в условиях 2018 г.

Биологическая активность растений во многом обусловлена различными фенольными соединениями, в том числе катехинами, флавонолами, танинами. Установлено, что содержание катехинов в соцветиях луков незначительное, на уровне 0.06–0.18%, при более высоких показателях у *A. senescens* var. *glaucum* (до 0.36%) и *A. rosenbachianum* (до 0.88%). Содержание флавонолов сравнительно высокое, варьируя от 1.1% (*A. altaicum*) до 4.4% (*A. flavum*). Танины обнаружены в соцветиях луков в количестве 2.2–6.2%. Определенной динамики накопления фенольных веществ по годам не выявлено. В целом их содержание в соцветиях отличается меньшей межвидовой вариабельностью, чем других групп вторичных метаболитов, при больших суммарных значениях для *A. flavum*, *A. aflatunense* и меньших – для *A. altaicum*.

Содержание биологически активных веществ в цветках видов *Allium* L. в ЦСБС СО РАН (Новосибирск)

| Образец | Дата сбора сырья | Сухие вещества | Танины | Флавонолы | Катехины | Пектиновые вещества | Каротиноиды |
|--|------------------|----------------|---------|-----------|-----------|---------------------|-------------|
| <i>A. microdictyon</i> | 05.06.17 | 18.7 | 4.7±0.1 | 3.5±0.12 | 74.4±0.9 | 6.0±0.1 | 8.4±0.2 |
| | 25.06.18 | 17.9 | 3.2±0.1 | 2.4±0.06 | 65.4±0.8 | 6.9±0.1 | 13.7±0.3 |
| <i>A. aflatunense</i> | 01.06.17 | 18.2 | 2.7±0.1 | 2.3±0.07 | 68.7±0.7 | 6.0±0.1 | 9.1±0.3 |
| | 18.06.18 | 10.7 | 6.2±0.2 | 4.2±0.13 | 179.2±1.8 | 14.1±0.4 | 20.9±0.8 |
| <i>A. rosenbachianum</i> | 01.06.17 | 19.6 | 2.8±0.1 | 1.7±0.04 | 171.4±1.2 | 8.9±0.2 | 20.5±0.7 |
| | 18.06.18 | 11.8 | 4.7±0.1 | 2.4±0.06 | 883.4±4.5 | 18.6±0.6 | 14.6±0.5 |
| <i>A. obliquum</i> | 26.06.17 | 21.4 | 3.8±0.1 | 3.4±0.10 | 58.0±0.7 | 4.4±0.1 | 7.3±0.2 |
| | 02.07.18 | 15.8 | 2.7±0.1 | 2.8±0.07 | 101.9±1.5 | 7.2±0.1 | 4.6±0.1 |
| <i>A. altaicum</i> | 26.06.17 | 12.8 | 4.9±0.2 | 1.6±0.03 | 72.7±1.1 | 5.5±0.1 | 5.7±0.1 |
| | 02.07.18 | 13.1 | 2.4±0.1 | 1.1±0.01 | 91.3±1.3 | 4.9±0.1 | 5.8±0.1 |
| <i>A. flavum</i> | 26.06.17 | 20.5 | 5.6±0.2 | 4.4±0.11 | 85.3±1.1 | 8.6±0.2 | 13.6±0.5 |
| | 23.07.18 | 22.5 | 5.2±0.2 | 3.5±0.12 | 142.2±1.5 | 16.2±0.6 | 19.0±0.6 |
| <i>A. schoenoprasum</i> | 26.06.17 | 17.3 | 2.9±0.1 | 2.8±0.09 | 94.0±1.6 | 8.9±0.3 | 6.2±0.1 |
| | 25.06.18 | 16.6 | 2.7±0.1 | 2.9±0.08 | 179.9±2.1 | 11.4±0.3 | 3.0±0.1 |
| <i>A. ramosum</i> | 11.07.17 | 15.6 | 6.1±0.2 | 2.3±0.05 | 103.4±1.7 | 11.6±0.4 | 10.8±0.2 |
| | 23.07.18 | 16.0 | 3.7±0.1 | 1.3±0.02 | 110.2±1.6 | 10.3±0.3 | 23.4±0.9 |
| <i>A. senescens</i> var. <i>glaucum</i> | 24.07.17 | 15.0 | 3.4±0.1 | 2.9±0.09 | 137.6±1.8 | 5.0±0.1 | 10.1±0.2 |
| | 07.08.18 | 15.4 | 3.5±0.1 | 2.1±0.06 | 355.6±6.7 | 17.0±0.6 | 8.8±0.2 |
| <i>A. nutans</i> | 08.08.17 | 15.3 | 3.2±0.1 | 2.5±0.08 | 74.7±1.4 | 3.3±0.1 | 5.6±0.1 |
| | 22.08.18 | 13.2 | 3.8±0.1 | 2.5±0.07 | 140.2±2.1 | 5.8±0.1 | 7.4±0.1 |

Примечание. Значения приведены в процентах, каротиноидов и катехинов – в мг% на абсолютно сухую массу сырья.

Луки ценятся за высокое содержание в зеленой массе витаминов, в первую очередь, аскорбиновой кислоты. Соцветия также могут служить источником витамина С – до 157.8 мг% у *A. rosenbachianum*. Пониженное содержание аскорбиновой кислоты отмечено в соцветиях *A. altaicum*, *A. obliquum* и *A. schoenoprasum* (рис. 3). Уровень колебаний показателя варьирует от низких значений (2.4% у *A. aflatunense*) до очень высоких (44.1% для *A. nutans* и 48.2% – для *A. altaicum*), при этом имеет разнонаправленный характер, как и содержание сахаров. Вероятно, это обусловлено видоспецифичной реакцией растений луков на комплекс внешних условий. Например, в 2018 г. у *A. aflatunense* количество аскорбиновой кислоты в цветках несколько возросло, а содержание сахаров – значительно (31.0%), тогда как у *A. microdictyon* оба показателя значительно снизились, соответственно, на 37.1 и 40.7%. При этом условия июня обоих лет, в период цветения этих луков, были сходными. Резкое снижение синтеза аскорбиновой кислоты у поздно цветущего *A. nutans* в августе 2018 г. могло быть обусловлено засухой. Диапазон межвидовых значений показателя в 2017 г. значительно шире, вероятно, из-за резких различий по условиям увлажнения в течение сезона. Установлено, что содержание каротиноидов в соцветиях луков составляет 3.0–23.4 мг% и гораздо ниже, чем в других съедобных цветках [12]. При этом витаминноносная активность соцветий луков различается в целом: те виды, что богаче аскорбиновой кислотой, содержат больше каротиноидов, и наоборот.

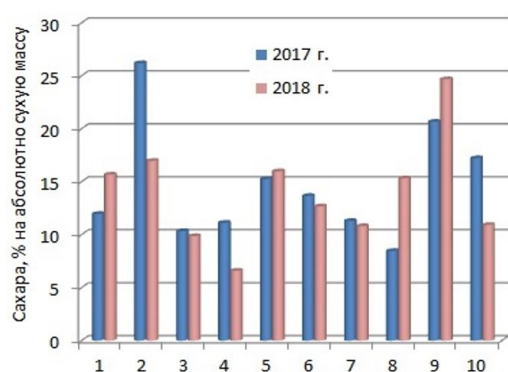


Рис. 2. Содержание общих сахаров в соцветиях видов *Allium*.

Общие обозначения: 1 – *A. aflatunense*, 2 – *A. altaicum*, 3 – *A. flavum*, 4 – *A. microdictyon*, 5 – *A. nutans*, 6 – *A. obliquum*, 7 – *A. ramosum*, 8 – *A. rosenbachianum*, 9 – *A. schoenoprasum*, 10 – *A. senescens* var. *glaucum*

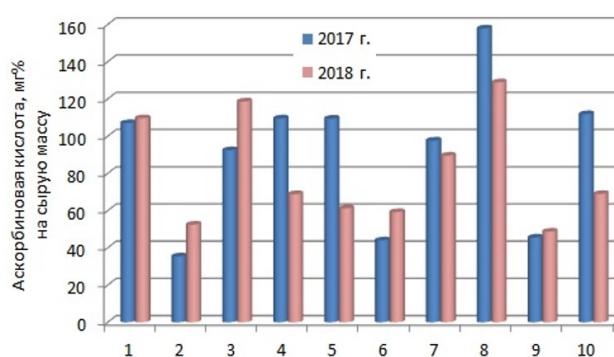


Рис. 3. Содержание аскорбиновой кислоты в цветках видов *Allium*.

Выводы

Соцветия исследованных дикорастущих видов *Allium* в условиях лесостепи Западной Сибири содержат: 10.7–22.5% сухих веществ, 6.6–26.2% общих сахаров, 3.3–18.6% пектиновых веществ, 3.6–10.6% фенольных соединений, 3.0–23.4 мг% каротиноидов (на абсолютно сухую массу сырья) и 35.4–157.8 мг% аскорбиновой кислоты (на сырую массу).

Содержание основных групп веществ обусловлено видовой принадлежностью и, как правило, значительно колеблется по годам. При этом влияние погодных условий вегетационного периода на синтез различных групп вторичных метаболитов неоднозначно. Однако в контрастных условиях сезона 2018 г. диапазон варьирования показателей был выше для всех групп соединений.

Соцветия луков могут служить источником различных биологически активных веществ. Наиболее высоким их содержанием отличаются из исследованных видов *A. rosenbachianum*, *A. flavum* и *A. aflatunense*.

При подготовке статьи использовались материалы Биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН, УНУ – Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте.

Список литературы

1. Badertscher K.B., Newman S.E. Edible flowers // Flowers. Gardening Series. 1997. N7. 237.
2. Roberts M. Edible and medicinal flowers. 1st ed. Claremont [Cape Town, South Africa], 2000. 160 p.

3. Luczaj L., Pieroni A., Tardio J., Pardo-de-Santayana M., Soukand R., Svanberg I., Kalle R. Wild food plant use in 21st century Europe, the disappearance of old traditions and the search for new cuisines involving wild edibles // *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2012. Vol. 81. N4. Pp. 359–370. DOI: 10.5586/asbp.2012.031.
4. Бухаров А.Ф., Иванова М.И. Новая группа овощных культур – растения, у которых в пищу употребляют цветки // *Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле*. 2017. Т. 27. №2. С. 239–244.
5. Rop O., Mlcek J., Jurikova T., Neugebauerova J., Vabkova J. Edible flowers – a new promising source of mineral elements in human nutrition // *Molecules*. 2012. Vol. 17. N6. Pp. 6672–6683. DOI: 10.3390/molecules17066672.
6. Kaisoon O., Siriamornpun S., Weerapreeyakue N., Meeso N. Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand // *J. of Functional Foods*. 2011. Vol. 3. N2. Pp. 88–99. DOI: 10.1016/j.jff.2011.03.002.
7. Mlcek J., Rop O. Fresh edible flowers of ornamental plants – a new source of nutraceutical foods // *Trends in Food Science and Technology*. 2011. Vol. 22. N10. Pp. 561–569. DOI: 10.1016/j.tifs.2011.04.006.
8. Loizzo M.R., Pugliese A., Bonesi M., Tenuta M.C., Menichini F., Xiao J., Tundis R. Edible flowers: a rich resource of phytochemicals with antioxidant and hypoglycemic properties // *J. of Agricultural and Food Chemistry*. 2016. Vol. 64. N12. Pp. 2467–2474. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b03092.
9. Li A.N., Li S., Li H.B., Xu D.P., Xu X.R., Chen F. Total phenolic contents and antioxidant capacities of 51 edible and wild flowers // *J. of Functional Foods*. 2014. Vol. 6. Pp. 319–330. DOI: 10.1016/j.jff.2013.10.022.
10. Zeng Y., Deng M., Zhencheng Lv., Yonghong P. Evaluation of antioxidant activities of extracts from 19 chinese edible flowers // *Springerplus*. 2014. Vol. 3. 315.
11. Zheng J., Meenu M., Xu B. A systematic investigation of free phenolic acids and flavonoids profiles of commonly consumed edible flowers in China // *J. of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2019. Vol. 172. Pp. 268–277. DOI: 10.1016/j.jpba.2019.05.007.
12. Nowicka P., Wojdylo A. Anti-hyperglycemic and anticholinergic effects of natural antioxidant contents in edible flowers // *Antioxidants*. 2019. Vol. 8. 308. DOI: 10.3390/antiox8080308.
13. Benvenuti S., Borlotti E., Maggini R. Antioxidant power, anthocyanin content and organoleptic performance of edible flowers // *Scientia Horticulturae*. 2016. Vol. 199. Pp. 170–177. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.12.052.
14. D'Antuono L.F., Manco M.A. Preliminary sensory evaluation of edible flowers from wild *Allium* species // *J. of the Science of Food and Agriculture*. 2013. Vol. 93. N14. Pp. 3520–3523. DOI: 10.1002/jsfa.6291.6291.
15. Ширшова Т., Волкова Г. Растения рода *Allium* L. – источник ценных биологически активных соединений // *Вестник Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН*. 2005. №5. С. 7–11.
16. Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных средств // *Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: материалы VII Международного съезда*. СПб., 2003. С. 64–69.
17. Беликов В.В., Шрайбер М.С. Методы анализа флавоноидных соединений // *Фармация*. 1970. №1. С. 66–72.
18. Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitch), произрастающего на Алтае // *Химия растительного сырья*. 2005. №2. С. 45–50.
19. Кривенцов В.И. Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ // *Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада*. 1989. Т. 109. С. 128–137.
20. Методы биохимического исследования растений / ред. А.И. Ермаков. Л., 1987. 420 с.
21. Голубев Ф.В., Горбунов Ю.Н., Сафронова Л.М. Динамика накопления сахаров у некоторых видов рода *Allium* в Подмосковье // *Бюллетень Главного ботанического сада*. 2003. Вып. 185. С. 184–188.
22. Оводов Ю.С. Современные представления о пектиновых веществах // *Биоорганическая химия*. 2009. Т. 35. №3. С. 293–310.

Поступила в редакцию 6 ноября 2020 г.

После переработки 23 ноября 2020 г.

Принята к публикации 10 ноября 2021 г.

Для цитирования: Фомина Т.И., Кукушкина Т.А. Съедобные цветки луков (*Allium* L.) как источник биологически активных веществ // *Химия растительного сырья*. 2021. №4. С. 291–297. DOI: 10.14258/jcrpm.2021048808.

*Fomina T.I.**, *Kukushkina T.A.* EDIBLE ONION FLOWERS (*ALLIUM* L.) AS A SOURCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

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

The results of comparative study of the content of biologically active substances in the flowers of 10 species of perennial onions *Allium aflatanense* B. Fedtsch., *A. altaicum* Pall., *A. flavum* L., *A. microdictyon* Prokh., *A. nutans* L., *A. obliquum* L., *A. ramosum* L., *A. rosenbachianum* Regel, *A. schoenoprasum* L., *A. senescens* L. var. *glaucum* Regel (*A. senescens* ssp. *glaucum* (Schrad.) N. Friesen) are presented. The freshly collected raw materials in the phase of mass flowering were analyzed. The dry matter content was determined by drying 1 g of raw material at 100–105 °C to a constant mass. The amount of phenolic compounds, pectin substances, total sugars, and carotenoids was determined spectrophotometrically using SF-56 (Russia) and SF "Agilent" 8453 (USA). For the first time, data on the quantitative content of the main groups of secondary metabolites in onion flowers were obtained. It has been established that in the forest-steppe of Western Siberia, flowers of *Allium* species contain: 10.7–22.5% dry substances, 6.6–26.2% total sugars, 3.3–18.6% pectin substances, 3.6–10.6% phenolic compounds, 3.0–23.4 mg% carotenoids (per mass of absolutely dry materials) and 35.4–157.8 mg% ascorbic acid (per mass of raw materials). The highest values were found for *A. rosenbachianum*, *A. flavum*, and *A. aflatanense*. The high variability of the accumulation of biologically active substances is due to the species and the influence of weather conditions during the growing season. The study showed the prospects for using onion flowers as a source of various bioactive compounds, including when added to food.

Keywords: *Allium*, flowers, catechins, flavonols, tannins, pectin substances, sugars, ascorbic acid, carotenoids.

References

1. Badertscher K.B., Newman S.E. *Flowers. Gardening Series*, 1997, no. 7, 237.
2. Roberts M. *Edible and medicinal flowers. 1st ed.* Claremont [Cape Town, South Africa], 2000, 160 p.
3. Luczaj L., Pieroni A., Tardio J., Pardo-de-Santayana M., Soukand R., Svanberg I., Kalle R. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 2012, vol. 81, no. 4, pp. 359–370. DOI: 10.5586/asbp.2012.031.
4. Bukharov A.F., Ivanova M.I. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle*, 2017, vol. 27, no. 2, pp. 239–244. (in Russ.).
5. Rop O., Mlcek J., Jurikova T., Neugebauerova J., Vabkova J. *Molecules*, 2012, vol. 17, no. 6, pp. 6672–6683. DOI: 10.3390/molecules17066672.
6. Kaisoon O., Siriamornpun S., Weerapreeyakue N., Meeso N. *J. of Functional Foods*, 2011, vol. 3, no. 2, pp. 88–99. DOI: 10.1016/j.jff.2011.03.002.
7. Mlcek J., Rop O. *Trends in Food Science and Technology*, 2011, vol. 22, no. 10, pp. 561–569. DOI: 10.1016/j.tifs.2011.04.006.
8. Loizzo M.R., Pugliese A., Bonesi M., Tenuta M.C., Menichini F., Xiao J., Tundis R. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 2016, vol. 64, no. 12, pp. 2467–2474. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b03092.
9. Li A.N., Li S., Li H.B., Xu D.P., Xu X.R., Chen F. *J. of Functional Foods*, 2014, vol. 6, pp. 319–330. DOI: 10.1016/j.jff.2013.10.022.
10. Zeng Y., Deng M., Zhencheng Lv., Yonghong P. *Springerplus*, 2014, vol. 3, 315.
11. Zheng J., Meenu M., Xu B. *J. of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2019, vol. 172, pp. 268–277. DOI: 10.1016/j.jpba.2019.05.007.
12. Nowicka P., Wojdyło A. *Antioxidants*, 2019, vol. 8, 308. DOI: 10.3390/antiox8080308.
13. Benvenuti S., Borlotti E., Maggini R. *Scientia Horticulturae*, 2016, vol. 199, pp. 170–177. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.12.052.
14. D'Antuono L.F., Manco M.A. *J. of the Science of Food and Agriculture*, 2013, vol. 93, no. 14, pp. 3520–3523. DOI: 10.1002/jsfa.6291.6291.
15. Shirshova T., Volkova G. *Vestnik Instituta biologii Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo otdeleniya RAN*, 2005, no. 5, pp. 7–11. (in Russ.).
16. Kukushkina T.A., Zykov A.A., Obukhova L.A. *Aktual'nyye problemy sozdaniya novykh lekarstvennykh preparatov prirodnoho proiskhozhdeniya: Materialy VII Mezhdunarodnogo s"yezda*. [Actual problems of creating new medicines of natural origin: Materials of the VII International Congress]. St.-Petersburg, 2003, pp. 64–69. (in Russ.).
17. Belikov V.V., Shrayber M.S. *Farmatsiya*, 1970, no. 1, pp. 66–72. (in Russ.).
18. Fedoseyeva L.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2005, no. 2, pp. 45–50. (in Russ.).
19. Kriventsov V.I. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, 1989, vol. 109, pp. 128–137. (in Russ.).
20. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy* [Methods of biochemical research of plants], ed. A.I. Yermakov. Leningrad, 1987, 420 p. (in Russ.).
21. Golubev F.V., Gorbunov Yu.N., Safronova L.M. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada*, 2003, no. 185, pp. 184–188. (in Russ.).
22. Ovodov Yu.S. *Bioorganicheskaya khimiya*, 2009, vol. 35, no. 3, pp. 293–310. (in Russ.).

Received November 6, 2020

Revised November 23, 2020

Accepted November 10, 2021

For citing: Fomina T.I., Kukushkina T.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 4, pp. 291–297. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021048808.

* Corresponding author.

