

УДК 615:581.192

СОСТАВ И АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ЛУКА УГЛОВАТОГО (*ALLIUM ANGULOSUM* L.), ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В ПРИБАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

© *Б.А. Баженова*^{1*}, *Р.А. Егорова*², *Ю.Ю. Забалуева*³, *А.Г. Бурханова*¹

¹ *Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, ул. Ключевская, 40В/1, Улан-Удэ, 670033 (Россия), e-mail: bayanab@mail.ru*

² *Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, ул. Сахьяновой, 6, Улан-Удэ, 670047 (Россия)*

³ *Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной Вал, 73, Москва, 109004 (Россия)*

В статье представлены данные о химическом составе и об антиоксидантных свойствах органов лука угловатого (*Allium angulosum* L.), произрастающего в Иркутской области и Республике Бурятия. *Allium angulosum* L. имеет в своем составе биологически активные соединения, в том числе с антиоксидантными свойствами, что свидетельствует о высоком потенциале и перспективности использования данного растения в пищевых целях. Целью работы явилась оценка химического состава и суммарного содержания антиоксидантов в высушенных образцах листьев и стеблей лука угловатого (*Allium angulosum* L.), произрастающего в разных условиях Прибайкальского региона. В результате исследования содержания углерода и азота в разных органах растения выявлено, что содержание углерода выше в стеблях, азота – в листьях во всех образцах лука угловатого, произрастающего в разных условиях. Отмечено, что в органах *Allium angulosum* L., растущего на черноземе типичном холодном, содержание изучаемых элементов выше по сравнению с их содержанием в остальных опытных образцах. Выявлено, что стебли и листья лука угловатого аккумулируют в своем составе микроэлементы К, Na, Li, Mg, Ca. Изучение суммарного содержания антиоксидантов свидетельствовало о том, что экстракты листьев имеют в своем составе больше антиоксидантов по сравнению со стеблями вне зависимости от места произрастания. Высокое содержание антиоксидантов в *Allium angulosum* L. обеспечивает торможение окислительных процессов при хранении свиного жира, в который введены измельченные высушенные листья *Allium angulosum* L.

Ключевые слова: лук угловатый, химический состав, суммарное содержание антиоксидантов, перекисное число.

Работа выполнена в рамках тем Госзадания № АААА-А 17-117011810038-7, Госзадания МОУН РФ №19.5486.2017/БЧ, гранта Молодые ученые ВСГУТУ-2019.

Введение

Пищевые и лекарственные растения, как источник ряда важных для человека биологически активных нутриентов, привлекают в настоящее время все большее внимание ученых, среди таких растений заметную роль играют многолетние луковичные рода *Allium* L. Например, в работе [1] авторами установлена способность аккумулировать микроэлементы растениями рода *Allium* L., что имеет большое значение при использовании данного растительного сырья в продуктах питания для их обогащения.

Авторами в работе [2] в результате изучения сроков развития *Allium* L. установлены фенологические фазы и возможность интродукции растений для декоративных, медоносных, пищевых и медицинских целей. В работе [3] приведены результаты эксперимента на мышах, которые позволили установить высокий радиопротекторный эффект препаратов, полученных из *Allium ursinum* L.

Баженова Баяна Анатольевна – доктор технических наук, профессор, e-mail: bayanab@mail.ru

Егорова Раиса Александровна – кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: raisaegr@mail.ru

Забалуева Юлия Юрьевна – кандидат технических наук, доцент, e-mail: arpilrolina@mail.ru

Бурханова Анастасия Галимзяновна – аспирант, e-mail: nastenka_bur94@mail.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

В статье [4] представлены результаты сравнительного изучения содержания биологически активных веществ в надземной части одиннадцати видов луков: *Allium aflatunense*, *Allium altaicum*, *Allium flavum*, *Allium microdictyon*, *Allium nutans*, *Allium obliquum*, *Allium ramosum*, *Allium rosenbachianum*, *Allium schoenoprasum*, *Allium senescens glaucum*, *Allium strictum*. Авторами выявлено высокое содержание сухих веществ, флавонолов, пектиновых веществ, танинов, сахаров, аскорбиновой кислоты, каротиноидов в луках, при этом незначительное содержание катехинов. Авторы резюмируют, что исследованные виды перспективны для культивирования в лесостепной зоне Западной Сибири в качестве ранних витаминоносных растений и как источник биологически активных соединений [4].

Ряд публикаций посвящены изучению состава и свойств растений рода *Allium* L., распространенных в разных регионах страны [5–10]. Исследования авторов подтверждают наличие широкого спектра биологически активных веществ в составе изучаемых видов растений, несмотря на разные климатические и почвенные условия произрастания.

Многие виды лука рода *Allium* L. окультурены и введены в питание человека, но во многих местностях население употребляет в пищу и дикие виды: Лук победоносный (*Allium victorialis*), Лук медвежий (*Allium ursinum*), Лук алтайский (*Allium altaicum*), Лук Ошанина (*Allium oschaninii*), Лук угловатый (*Allium angulosum*) и другие. Изучение состава и свойств лука угловатого, произрастающего в районах Иркутской области и Республики Бурятия, с целью обоснования введения его в пищевые продукты для обогащения является перспективным.

В последнее время все больший интерес исследователей привлекает поиск натуральных растительных источников с антиоксидантными свойствами, которые могут быть использованы в пищевой отрасли для обогащения продуктов питания антиоксидантами. Большой интерес в этом плане представляют дикорастущие растения, как возобновляемое, малозатратное сырье, к которому относится лук угловатый. Научные исследования состава и свойств растений рода *Allium* L. доказывают их антиоксидантную активность в связи с наличием компонентов с антиоксидантными свойствами [10–13].

В статье [10] авторами разработана технология жидких спиртовых экстрактов из *Allium ursinum* L. и *Allium victorialis* L. При проведении оценки их качества было установлено, что спиртовые экстракты черемши обладают антиоксидантной активностью, превышающей активность экстракта чеснока посевного в среднем в 1.5 раза.

Получены новые данные об антиоксидантных свойствах пищевых растений *A. schoenoprasum* и *R. chamaemorus*, произрастающих в Республике Коми, в работе [11]. Экстракты этих растений характеризуются высоким антиоксидантным эффектом достаточным для защиты бактерий от пероксидного стресса. Показано, что экстракты из плодов *R. chamaemorus* и луковок *A. Schoenoprasum* оказывают антиоксидантное действие на бактерии одновременно несколькими разными путями, включая прямое ингибирование АФК, хелатирование ионов железа и индукцию антиоксидантных генов.

Обоснована возможность использования биомассы первоцветов *Allium ursinum* Linnaeus, *Primula veris* L., *Allium schoenoprasum* L. в качестве источника эндогенных антиоксидантов для снижения и предупреждения последствий окислительного стресса у биологических объектов в статье [12]. Рекомендовано использование биомассы раннецветущих растений для изготовления экстрактов, обладающих антиоксидантным действием и предназначенных для повышения стрессоустойчивости биологических объектов.

Авторы в статье [13] показали, что дикорастущие и культивируемые виды рода *Allium* являются аккумуляторами микроэлемента Se, обладающего мощными антиоксидантными свойствами. Внесение исследуемых растений в рацион питания населения регионов, обедненных данным микроэлементом, будет способствовать оздоровлению организма человека.

Внесение растительного сырья, в котором основными соединениями с антиоксидантными свойствами являются полифенолы, в жиросодержащие продукты позволяет использовать их антиокислительные свойства по отношению к липидам, что способствует ингибированию процесса окисления жиров [14–16].

Таким образом, анализ литературных источников показал, что представители рода *Allium* L. являются пищевыми и лекарственными растениями и привлекают в последнее время все большее внимание ученых, как источник ряда важных для человека биологически активных нутриентов. Однако состав и антиоксидантная активность лука угловатого (*Allium angulosum* L.), произрастающего в Прибайкальском регионе, недостаточно изучены. В связи с этим целью настоящей работы явилась оценка химического состава и суммарного содержания антиоксидантов в высушенных образцах листьев и стеблей лука угловатого (*Allium angulosum* L.), произрастающего в разных условиях Прибайкальского региона.

Экспериментальная часть

Экспериментальные исследования проведены в лабораториях Биотехнологического центра, Центра коллективного пользования «Прогресс», кафедры «Технология мясных и консервированных продуктов» Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, а также в лаборатории биохимии почв Института общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения Российской академии наук.

Объектами исследования служили образцы почв из разных мест Иркутской области и Республики Бурятия, листья и стебли лука угловатого (*Allium angulosum* L.) дикорастущего и интродуцированного. Дикорастущее растительное сырье было собрано в 2018 г. в Иркутской области и Республике Бурятия; сырье, интродуцированное из флоры Иркутской области в регион Бурятии, было собрано в районе г. Улан-Удэ.

Образцы *Allium angulosum* из Иркутской области, собранные в естественных луговых условиях близ с. Хертой, произрастали на почве, характеризующейся как чернозем типичный холодный [17]. Образцы *Allium angulosum* из Республики Бурятия были собраны вблизи с. Сосново-Озерск, произрастали на черноземе глееватом криотурбированном [18], интродуцированные растения – в окрестностях г. Улан-Удэ на окультуренной аллювиально-луговой почве.

Параллельно были взяты почвенные образцы с мест произрастания – чернозема типичного холодного, чернозема глееватого криотурбированного и окультуренной аллювиально-луговой. Почвенные образцы брали с глубины 0–10 см, доводили до воздушно-сухого состояния, просеивали через сито 1 мм, затем растирали до пыли в агатовой ступке.

Растения, собранные в фазе потребительской спелости, разделяли на стебли и листья, высушивали в сушильном шкафу при температуре 30–40 °С до воздушно-сухого состояния, упаковывали в бумажные пакеты и хранили при температуре 4–5 °С.

Для организации экспериментальных исследований были подготовлены следующие высушенные образцы: стебли и листья дикорастущих *Allium angulosum* L., выросших на черноземе типичном холодном (опыт 1); на черноземе глееватом криотурбированном (опыт 2); на окультуренной аллювиально-луговой почве (опыт 3).

В ходе проведения экспериментальных исследований были изучены следующие показатели.

Содержание углерода и азота в почвенных и растительных образцах определяли на элементном анализаторе 1110 CHNS-O фирмы Perkin Elmer, в котором происходит сжигание пробы в присутствии окислителя в токе инертного газа. Продукты сгорания в реакторе преобразуются и смеси индивидуальных компонентов (углерод в виде CO₂, азот в виде N₂) поступают на вход хроматографической колонки. После разделения индивидуальные компоненты определяются при помощи высокочувствительного катарометра. Полученные количества компонентов автоматически (с применением результатов градуировки) пересчитываются в массовую долю определяемых элементов.

Содержание сухого вещества анализировали, определяя массу образца до и после высушивания в сушильном шкафу при температуре 150 °С. Общее содержание минеральных веществ изучали с помощью метода озоления, определяя массу изучаемых образцов до и после сжигания в муфельной печи при температуре 700 °С [19].

Содержание белка определяли методом Лоури [20]. Навеску растительного материала измельчали, растирали с фосфатным буфером с pH 8.0, гомогенат заливали 5%-ной трихлоруксусной кислотой, центрифугировали для осаждения белков. Полученный осадок промывали 96%-ным этанолом до полного исчезновения зеленой окраски в надосадочной жидкости. Повторили центрифугирование и к промытому осадку добавили 2 мл 0.5 н NaOH. Поместили пробирки на 5 мин на кипящую водяную баню, после чего прилили еще 5 мл 0.5 н NaOH, перемешали и процентрифугировали – 10 мин при 6000 об/мин. Надосадочную жидкость перенесли в мерный цилиндр и измерили общий объем щелочного гидролизата. Количество белка в пробе определяли по методу Лоури при помощи спектрофотометра с использованием реактива Фолина.

Содержание микро- и макроэлементов в исследуемых образцах определили с помощью капиллярного электрофореза на приборе Капель-105М.

Для анализа содержания фенольных соединений и антиоксидантов были приготовлены водные экстракты высушенных образцов, в которых содержание суммы полифенолов определяли спектрофотометрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу, суммарное содержание антиоксидантов

(ССА) в экстракте *Allium angulosum* L. исследовали амперометрическим методом на приборе «Цвет Яуза-01-АА», в качестве стандартов использовали кверцетин [21].

С целью подтверждения антиоксидантной активности лука угловатого были подготовлены опытный и контрольный образцы измельченного свиного жира. В опытный образец был введен высушенный *Allium angulosum* L. в количестве 5%, контролем служил измельченный жир без экстракта. В образцах исследовали перекисное число в процессе хранения в течение 120 ч при температуре 2–4 °С. Перекисное число определяли титриметрическим методом в соответствии с ГОСТ Р 51487–99.

Эксперименты проводили в трехкратной повторности, статистическую обработку полученных экспериментальных данных проводили с помощью программы Microsoft Excel. Средняя ошибка средней арифметической не превышала 2–4% от основной величины исследуемого показателя.

Обсуждение результатов

В таблице 1 представлены данные по изучению содержания углерода и азота в почве и образцах *Allium angulosum* L.

Как свидетельствуют представленные в таблице 1 данные, содержание углерода и азота в черноземе типичном холодном (опыт 1) и глееватом криотурбированном (опыт 2) в разы выше, чем в окультуренной аллювиально-луговой (опыт 3). Анализ почв из мест их происхождения показал, что в глееватом криотурбированном черноземе верхняя граница мерзлоты залегает на глубине 1.5–3.0 м от дневной поверхности, а местами – на глубине менее 1 м, в типичном холодном – на глубине 2–2.5 м. Аллювиально-луговая почва характеризуется, как глубоко промерзающая.

Если проанализировать содержание углерода и азота в растительном сырье, выращенном на разных почвах, можно отметить, что в пределах вида содержание исследуемых веществ в луке угловатом неодинаково. При сравнительном анализе содержания углерода и азота в разных органах растительного сырья выявлено, что содержание изучаемых веществ выше в стеблях, чем в листьях всех образцов лука угловатого, причем в листьях и стеблях *Allium angulosum* L., растущего на черноземе типичном холодном, их содержание выше по сравнению с остальными изучаемыми образцами.

Выявлена зависимость содержания углерода и азота в растениях от их количества в почвах, что согласуется с утверждениями о том, что химический состав растений зависит, в том числе, от места произрастания и почвенного плодородия [9]. Так, содержание углерода в стеблях в образцах опыта 2 ниже на 3.4%, в опыте 3 – на 7.7% по сравнению с его содержанием в опыте 1. Если рассматривать образцы листьев, то выявлено, что содержание углерода по сравнению с опытом 1 ниже в опыте 2 на 5.1%, в опыте 3 – на 10.5%.

Проведенный анализ полученных данных по содержанию азота в исследуемых образцах в зависимости от вида почвы выявил аналогичную зависимость, но с большей разницей: по сравнению с опытом 1 содержание азота в стеблях опыта 2 ниже на 56.3%, опыта 3 – на 59.0%.

Если рассматривать содержание азота в образцах листьев, то можно отметить, что по сравнению с опытом 1 содержание азота в опыте 2 ниже на 10.7%, в опыте 3 – на 33.6%. При сравнении содержания азота в разных органах: стеблях и листьях выявлено, что листья аккумулируют в своем составе больше азотсодержащих веществ по сравнению со стеблями.

Полученные данные подтверждают гипотезу о трансформации углерода и азота из почвы в растения. Можно говорить о более плодородной почве чернозема типичного холодного и в связи с этим более высоким содержании углерода и азота в образцах опыта 1.

Далее исследовали химический состав исследуемых образцов, представленный в таблице 2.

Таблица 1. Содержание углерода и азота в исследуемых образцах

Опыт	Образцы <i>Allium angulosum</i> L.	Углерод, %	Азот, %
1	стебли	45.1±0.6	1.83±0.08
	листья	44.10±0.5	2.80±0.06
	почва	10.2±0.2	0.87±0.07
2	стебли	43.57±0.7	0.80±0.09
	листья	41.85±0.8	2.51±0.08
	почва	10.3±0.3	0.96±0.07
3	стебли	41.63±0.6	0.75±0.06
	листья	39.47±0.5	1.86±0.08
	почва	2.2±0.1	0.12±0.03

Данные, представленные в таблице 2, показали, что содержание сухих веществ в исследуемых высушенных образцах стеблей и листьев *Allium angulosum* L., произрастающих в разных условиях и разных видах почвы, составляют примерно от 10 до 12.5%. Если сравнивать содержание сухих веществ в луке угловатом в зависимости от места произрастания, то можно говорить о более высоком содержании сухих веществ как в стеблях, так и в листьях: по сравнению с опытом 1 в опыте 2 разница составила 6.4 и 7.9%, в опыте 3 – 7.9 и 14.1% соответственно. Отмечено, что во всех трех опытах содержание сухих веществ выше в плотной части растений – стеблях по сравнению с листьями примерно на 7.2–8.7%.

Анализ содержания веществ белковой природы в исследуемых образцах *Allium angulosum* L. выявил, что стебли содержат 0.73–1.44% белковых соединений, в листьях их содержание выше от 1.16 до 2.07%.

Общее содержание минеральных веществ, представленное в таблице 2, в высушенных образцах *Allium angulosum* L. в зависимости от места и условий их произрастания (опыт 1, 2 и 3) имеет небольшую разницу. Выявлено более высокое содержание минеральных веществ в листьях *Allium angulosum* L. по сравнению со стеблями. При сжигании растительного сырья азот, углерод и водород улетучиваются, остаются лишь нелетучие микро- и макроэлементы. Методом капиллярного электрофореза было определено содержание минеральных веществ в листьях и стеблях *Allium angulosum* L. опыта 1, в котором наибольшее содержание минеральных веществ (рис. 1, 2).

Полученные данные по содержанию макро- и микроэлементов в образцах *Allium angulosum* L. были сведены в таблицу 3 и проведен перерасчет в проценты.

Из таблицы 3 следует, что лук угловатый обладает способностью накапливать микро- и макроэлементы в своем составе. Перечень компонентов в стеблях и листьях идентичен, однако степень аккумуляции некоторых элементов разными органами растения отличается. Так, содержание элемента калия в листьях выше, чем в стеблях, на 27.2%, кальция – на 119.6%.

Далее было исследовано содержание полифенольных соединений, которые обладают высокими антиоксидантными свойствами, в различных образцах *Allium angulosum* L. (рис. 3).

Полученные данные рисунка 3 показали, что состав почвы влияет на содержание полифенолов в растениях. Например, по сравнению с содержанием полифенолов в стеблях опыта 1, их количество в образцах опыта 2 ниже на 4.1%, опыта 3 – на 19.5%. При сравнении содержания полифенолов в листьях отмечена такая же тенденция: по сравнению с опытом 1 их содержание ниже на 3.1% в образцах опыта 2 и на 5.4% – опыта 3. Полученные данные позволяют утверждать, что более богатая почва (опыт 1) обеспечивает увеличение содержания биологически активных веществ в растениях.

Таблица 2. Химический состав образцов *Allium angulosum* L.

Опыт	Образцы <i>Allium angulosum</i> L.	Содержание, %		
		сухих веществ	белка	минеральных веществ
1	стебли	12.56±0.34	1.44±0.21	1.36±0.03
	листья	11.65±0.42	2.07±0.13	1.93±0.04
2	стебли	11.76±0.28	1.06±0.20	1.33±0.03
	листья	10.73±0.52	1.68±0.19	1.89±0.05
3	стебли	10.94±0.43	0.73±0.14	1.28±0.03
	листья	10.01±0.39	1.16±0.09	1.84±0.02

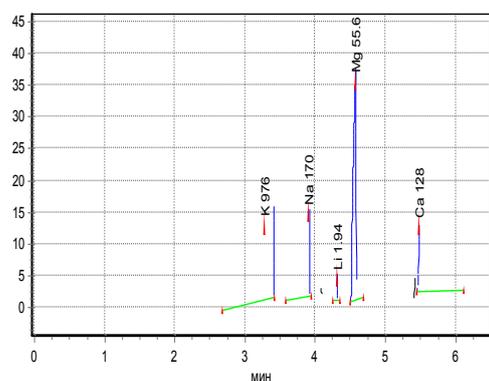


Рис. 1. Содержание микроэлементов в листьях *Allium angulosum* L.

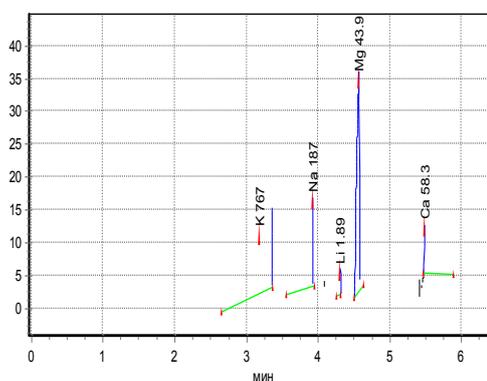


Рис. 2. Содержание микроэлементов в стеблях *Allium angulosum* L.

Таблица 3. Минеральный состав образцов *Allium angulosum* L.

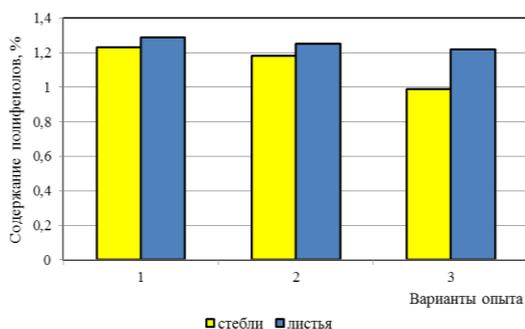
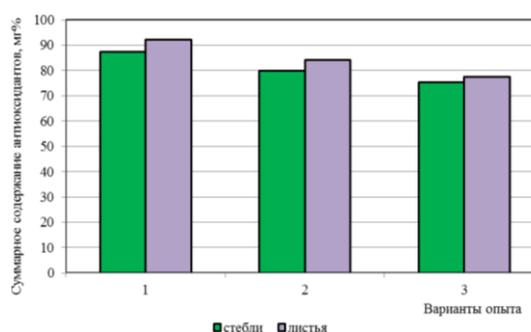
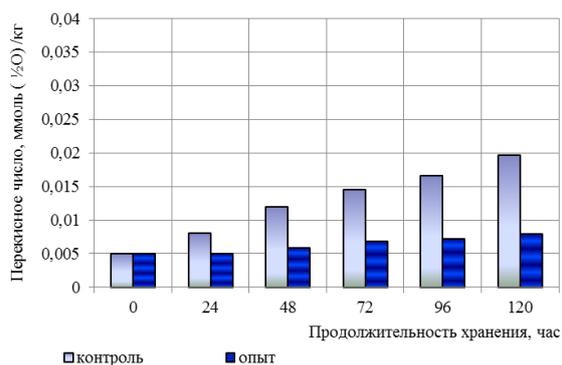
Показатели	Образцы <i>Allium angulosum</i>			
	стебли		листья	
	мг/л	%	мг/л	%
K	767	1.52	976	1.94
Na	187	0.36	170	0.34
Li	1.89	0.004	1.94	0.004
Mg	43.9	0.089	55.6	0.1
Ca	58.3	0.19	128	0.42

Необходимо отметить более высокое содержание полифенолов в листьях *Allium angulosum* L. по сравнению со стеблями: в опыте 1 – на 4.9%, в опыте 2 – на 5.9%, в опыте 3 – на 23.2%.

Известно, что *Allium angulosum* L. богат витаминами (бета-каротин, витамин С и др.), полифенолами (флавоноидами, антоцианами и др.) и другими биологически активными веществами, которые обладают высокими антиоксидантными свойствами. В связи с этим было изучено суммарное содержание антиоксидантов в составе листьев и стеблей исследуемого растения *Allium angulosum* L., произрастающего на разных почвах и в различных условиях климата Прибайкальского региона (рис. 4).

Представленные на рисунке 4 данные свидетельствуют о том, что экспериментальные данные по суммарному содержанию антиоксидантов и флавоноидов коррелируют. По сравнению с опытом 1, в котором растения произрастают на более плодородной почве и суммарное содержание антиоксидантов в стеблях составило 87.3 мг%, в опыте 2 ниже на 8.6%, в опыте 3 – на 13.6%. В листьях *Allium angulosum* L., выращенном на черноземе типичном холодном (опыт 1), суммарное содержание антиоксидантов составило 92.1 мг%, при этом в опыте 2 ССА – ниже на 8.7%, в опыте 3 – на 15.9% по сравнению с опытом 1. Если сравнивать содержание антиоксидантов в стеблях по сравнению с листьями, то можно отметить, что в составе листьев суммарное содержание антиоксидантов выше в опыте 1 – на 5.5%, в опыте 2 – на 5.4%, в опыте 3 – на 2.6%.

Для подтверждения антиоксидантных свойств *Allium angulosum* L. была исследована возможность ингибирования окисления липидов животного жира (рис. 5). Для организации эксперимента были отобраны образцы высушенных листьев *Allium angulosum* L. опыта 1, обладающие наиболее высокой антиоксидантной активностью, внесены в состав свиного измельченного жира и исследовано влияние листьев *Allium angulosum* L. на процесс накопления продуктов окисления липидов путем анализа перекисного числа жира в течение 120 ч хранения жира. Контролем служил жир без добавления растительного сырья.

Рис. 3. Содержание полифенольных соединений в исследуемых образцах *Allium angulosum* L.Рис. 4. Суммарное содержание антиоксидантов в исследуемых образцах *Allium angulosum* L.Рис. 5. Влияние высушенного *Allium angulosum* L. на изменение перекисного числа свиного жира

Полученные данные по накоплению первичных продуктов окисления липидов наглядно демонстрируют ингибирование процесса окисления липидов свиного жира. Например, уже через 24 ч в контрольном образце значение перекисного числа составляет 0.0081 ммоль ($\frac{1}{2}$ O)/кг, в опытном же образце процесс окисления жира тормозится и заметного накопления продуктов окисления не наблюдается. К 120 ч хранения жира в условиях 2 °С значение перекисного числа возрастает почти в 4 раза по сравнению с исходным значением, в опыте – лишь в 1.58 раза. При этом в опытном образце значение перекисного числа ниже, чем в контроле, в 2.5 раза.

Данные рисунка 5 подтверждают наличие в *Allium angulosum* L. антиокислительного эффекта за счет ССА, данный эффект позволяет предположить перспективную возможность использования *Allium angulosum* L. в пищевом производстве в качестве сырья, богатого биологически активными веществами с антиоксидантными свойствами, например, для удлинения сроков хранения жиросодержащих пищевых продуктов.

Выводы

Изучено влияние типа почвы и особенностей условий выращивания *Allium angulosum* L. на содержание углерода и азота в составе листьев и стеблей. Установлено, что плодородная почва чернозема типичного холодного с высоким содержанием углерода и азота обеспечивает более высокое содержание этих элементов в стеблях и листьях.

Данные химического состава стеблей и листьев *Allium angulosum* L. показали, что содержание сухих веществ в исследуемых высушенных образцах стеблей и листьев *Allium angulosum* L., произрастающих в разных условиях и разных типах почвы, составляют примерно от 10 до 12.5%. Отмечено, что содержание сухих веществ выше в плотной части растений – стеблях по сравнению с листьями примерно на 7.2–8.7%.

Лук угловатый обладает способностью накапливать микро- и макроэлементы в своем составе. В стеблях и листьях присутствуют все изучаемые вещества (K, Mg, Ca, Na, Li), однако степень аккумуляции некоторых элементов разными органами растения отличается. Так, содержание элемента калия в листьях выше, чем в стеблях, на 27.2%, кальция – на 119.6%.

Выявлено, что состав почвы влияет на содержание полифенолов в растениях. Более богатая почва обеспечивает увеличение содержания биологически активных веществ: например в более плодородной почве содержание полифенолов в стеблях выше на 4.1–19.5%, в листьях – на 3.1–5.4% по сравнению с другими изучаемыми видами почв. Необходимо отметить более высокое содержание полифенолов в листьях *Allium angulosum* L. по сравнению со стеблями.

Экспериментальные данные по суммарному содержанию антиоксидантов и полифенолов коррелируют. В опытных образцах *Allium angulosum* L., произрастающих на более плодородной почве чернозема типичного холодного, суммарное содержание антиоксидантов в стеблях составило 87.3 мг%, в листьях – 92.1 мг%. Если сравнивать содержание антиоксидантов в стеблях по сравнению с листьями, то можно отметить, что в составе листьев ССА выше в среднем на 4.5%.

Установлено торможение процесса накопления продуктов окисления свиного жира, в который добавлены высушенные образцы листьев *Allium angulosum* L., что доказывает наличие антиоксидантов в изучаемой системе и антиокислительный эффект соединений *Allium angulosum* L. в отношении перекисного окисления липидов, что может иметь важное значение для удлинения сроков хранения жиросодержащих пищевых продуктов.

Список литературы

1. Голубев Ф.В., Голубкина Н.А. Дифференциация растений рода *Allium* L. по отношению к микроэлементам // Материалы XI Международной биогеохимической школы. Тула, 2019. С. 28–32.
2. Исаенко Т.Н. Хозяйственно-биологические показатели рода *Allium* L. // Вестник АПК Ставрополя. 2019. №1(33). С. 83–94.
3. Tarabanko V.E., Rodionov E.T., Toporkova L.B., Sergey M., Orlovskaya I.A. Radioprotective effect of ramson (*Allium Ursinum* L.) and bog bilberry (*Vaccinium Uliginosum* L.) // Химия растительного сырья. 2015. №2. С. 253–256.
4. Фомина Т.И., Кукушкина Т.А. Содержание биологически активных веществ в надземной части некоторых видов лука (*Allium* L.) // Химия растительного сырья. 2019. №3. С. 177–184.
5. Серегин А.П. Новые и редкие виды рода *Allium* L. (*Alliaceae*) флоры Крыма и некоторые вопросы систематики представителей рода // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2004. Т. 109, вып. 5. С. 43–47.

6. Иванова М.И., Бузаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р., Кашлева А.И., Середин Т.М., Разин О.А. Биохимический состав листьев видов *Allium L.* в условиях Московской области // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. №5. С. 47–50.
7. Намзалов Б.Б. Новый вид *Allium L.* из Тувы // Turczaninova. 2016. Т. 19. №4. С. 136–140.
8. Кононова О.А., Кононов А.И. Виталентная структура ценопопуляций *Allium angulosum L.* (*Alliaceae*) в пойме верхнего течения р. Северная Двина (Вологодская область) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2017. №39. С. 73–85.
9. Тухватуллина Л.А., Абрамова Л.М. Биохимический состав листьев у дикорастущих видов лука в Республике Башкортостан // Сельскохозяйственная биология. 2012. №3. С. 110–112.
10. Манукян К.А., Айрапетова А.Ю., Шаталова Т.А. Получение и исследование антиоксидантной активности экстрактов листьев лука медвежьего и лука победного // The Journal of scientific articles «Health and Education Millennium». 2017. Vol. 19. N3. Pp. 150–153.
11. Безматерных К.В., Ширшова Т.И., Бешлей И.В., Матистов Н.В., Смирнов Г.В., Октябрьский О.Н., Володин В.В. Оценка антиоксидантной активности экстракта *Allium schoenoprasum L.* и *Rubus chamaemorus L.* произрастающих в Республике Коми // Химико-фармацевтический журнал. 2014. Т. 48. №2. С. 36–40.
12. Балаева-Тихомирова О.М., Леонович Е.А., Авласевич О.В. Содержание эндогенных антиоксидантов и продуктов перекисного окисления липидов в сырье и экстрактах *Allium Ursinum Linnaeus*, *A. Schoenoprasum L.* и *Primula Veris L.* // Вестник БарГУ. Серия: Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. 2017. С. 9–19.
13. Ширшова Т.И., Бешлей И.В., Голубкина Н.А. и др. Эссенциальные микронутриенты – компоненты антиоксидантной защиты в некоторых видах рода *Allium* // Овощи России. 2019. №1. С. 68–79.
14. Сажина Н.Н., Лапшин П.В., Загоскина Н.В., Пальмина Н.П. Ингибирование окисления липосом фосфатидилхолина фенольными соединениями экстрактов *Aloe A. Arborrescens*, *A. Pillansii* и *A. squarrosa* // Химия растительного сырья. 2019. №2. С. 83–90.
15. Забалуева Ю.Ю., Мелешкина Н.В., Баженова Б.А., Данилов М.Б. К вопросу обогащения мясных продуктов природными антиоксидантами // Все о мясе. 2017. №2. С. 12–15.
16. Shah M.A., Bosco S.J., Mir S.A. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products // Meat Science. 2014. Vol. 98(1). Pp. 21–33.
17. Воробьева Г.А. Почвы Иркутской области: вопросы классификации, номенклатуры и корреляции: учебное пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2009. 149 с.
18. Чимитдоржиева Г.Д., Чимитдоржиева Э.О., Мильхеев Е.Ю., Цыбенков Ю.Б., Быков М.Е., Чимитдоржиев Т.Н., Егорова Р.А., Солдатова З.А., Андреев Д.Б., Корсунова Ц.Д.-Ц., Давыдова Т.В. Почвы криогенных форм рельефа на юге Витимского плоскогорья: распространение и роль в распределении пулов почвенного углерода // Почвоведение. 2019. №9. С. 1029–1038.
19. Государственная фармакопея СССР: Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. 11-е изд., доп. М.: Медицина, 1990. 400 с.
20. Ермаков А.М. Методы биохимического исследования растений. Л.: Колос, 1972. 456 с.
21. Яшин А.Я. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках // Российский химический журнал (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2008. Т. LII. №2. С. 130–135.

Поступила в редакцию 3 октября 2019 г.

После переработки 14 февраля 2020 г.

Принята к публикации 11 марта 2020 г.

Для цитирования: Баженова Б.А., Егорова Р.А., Забалуева Ю.Ю., Бурханова А.Г. Состав и антиоксидантная активность лука угловатого (*Allium angulosum L.*), произрастающего в Прибайкальском регионе // Химия растительного сырья. 2020. №3. С. 81–89. DOI: 10.14258/jcrpm.2020036549.

Bazhenova B.A.^{1*}, Yegorova R.A.², Zabaluyeva Yu.Yu.³, Burkhanova A.G.¹ COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ONION ANGULAR (*ALLIUM ANGULOSUM* L.), GROWING IN THE BAIKAL REGION

¹ The East-Siberian State University of Technology and Management, ul. Klyuchevskaya, 40v/1, Ulan-Ude, 670013 (Russia), e-mail: bayanab@mail.ru

² Institute of General and Experimental Biology SB RAS, ul. Sakh'yanovoy, 6, Ulan-Ude, 670047 (Russia)

³ Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky, st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004 (Russia)

The article presents data on the chemical composition and antioxidant properties of the organs of onion angular (*Allium angulosum* L.), growing in the Irkutsk region and the Republic of Buryatia. *Allium angulosum* L. has in its composition biologically active compounds, including those with antioxidant properties, which indicates a high potential and prospects for the use of this plant for food purposes. The aim of the work was to assess the chemical composition and total content of antioxidants in dried samples of leaves and stems of onion angular (*Allium angulosum* L.), growing in different conditions of the Baikal region. The study of carbon and nitrogen in different plant organs revealed that the carbon content is higher in stems, nitrogen in the leaves in all samples of onion angular, grown in different conditions. It is noted that in the organs of *Allium angulosum* L., growing on typical cold black earth, the content of the studied elements is higher in comparison with their content in other experimental samples. It was revealed that the stems and leaves of angular onions accumulate in their composition trace elements K, Na, Li, Mg, Ca. The study of the total content of antioxidants indicated that leaf extracts have in their composition more antioxidants than stems, regardless of the place of growth. The high content of antioxidants in *Allium angulosum* L. provides inhibition of oxidative processes in the storage of pork fat, which introduced crushed dried leaves of *Allium angulosum* L.

Keywords: onion angular, chemical composition, total content of antioxidants, peroxide number.

References

1. Golubev F.V., Golubkina N.A. *Materialy XI Mezhdunarodnoy biogeokhimicheskoy shkoly*. [Materials of the XI International Biogeochemical School]. Tula, 2019, pp. 28–32. (in Russ.).
2. Isayenko T.N. *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2019, no. 1(33), pp. 83–94. (in Russ.).
3. Tarabanko V.E., Rodionov E.T., Toporkova L.B., Sergey M., Orlovskaya I.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2015, no. 2, pp. 253–256.
4. Fomina T.I., Kukushkina T.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 3, pp. 177–184. (in Russ.).
5. Seregin A.P. *Byulleten' MOIP. Otdel biologicheskoy*, 2004, vol. 109, no. 5, pp. 43–47. (in Russ.).
6. Ivanova M.I., Buzarov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R., Kashleva A.I., Seredin T.M., Razin O.A. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, vol. 33, no. 5, pp. 47–50. (in Russ.).
7. Namzalov B.B. *Turczaninova*, 2016, vol. 19, no. 4, pp. 136–140. (in Russ.).
8. Kononova O.A., Kononov A.I. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*, 2017, no. 39, pp. 73–85. (in Russ.).
9. Tukhvatullina L.A., Abramova L.M. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2012, no. 3, pp. 110–112. (in Russ.).
10. Manukyan K.A., Ayrapetova A.Yu., Shatalova T.A. *The Journal of scientific articles «Health and Education Millennium»*, 2017, vol. 19, no. 3, pp. 150–153. (in Russ.).
11. Bezmaternykh K.V., Shirshova T.I., Beshley I.V., Matistov N.V., Smirnov G.V., Oktyabr'skiy O.N., Volodin V.V. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2014, vol. 48, no. 2, pp. 36–40. (in Russ.).
12. Balayeva-Tikhomirova O.M., Leonovich Ye.A., Avlasevich O.V. *Vestnik BarGU. Seriya: Biologicheskkiye nauki. Sel'skokhozyaystvennyye nauki*, 2017, pp. 9–19. (in Russ.).
13. Shirshova T.I., Beshley I.V., Golubkina N.A. et al. *Ovoshchi Rossii*, 2019, no. 1, pp. 68–79. (in Russ.).
14. Sazhina N.N., Lapshin P.V., Zagoskina N.V., Palmira N.P. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 2, pp. 83–90. (in Russ.).
15. Zabaluyeva Yu.Yu., Meleshkina N.V., Bazhenova B.A., Danilov M.B. *Vse o myase*, 2017, no. 2, pp. 12–15. (in Russ.).
16. Shah M.A., Bosco S.J., Mir S.A. *Meat Science*, 2014, vol. 98(1), pp. 21–33.
17. Vorob'yeva G.A. *Pochvy Irkutskoy oblasti: voprosy klassifikatsii, nomenklatury i korrelyatsii: uchebnoye posobiye*. [Soils of the Irkutsk region: classification, nomenclature and correlation: a tutorial]. Irkutsk, 2009, 149 p. (in Russ.).
18. Chimitdorzhiev G.D., Chimitdorzhiev E.O., Mil'kheyev Ye.Yu., Tsybenov Yu.B., Bykov M.Ye., Chimitdorzhiev T.N., Yegorova R.A., Soldatova Z.A., Andreyev D.B., Korsunova Ts.D.-Ts., Davydova T.V. *Pochvovedeniye*, 2019, no. 9, pp. 1029–1038. (in Russ.).
19. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR: Vyp. 2. Obshchiye metody analiza. Lekarstvennoye rastitel'noye syr'ye*. [State Pharmacopoeia of the USSR: Issue 2. General methods of analysis. Medicinal plant raw materials]. Moscow, 1990, 400 p. (in Russ.).
20. Yermakov A.M. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy*. [Biochemical research methods of plants]. Leningrad, 1972, 456 p. (in Russ.).
21. Yashin A.Ya. *Rossiyskiy khimicheskii zhurnal*, 2008, vol. LII, no. 2, pp. 130–135. (in Russ.).

Received October 3, 2019

Revised February 14, 2020

Accepted March 11, 2020

For citing: Bazhenova B.A., Yegorova R.A., Zabaluyeva Yu.Yu., Burkhanova A.G. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 3, pp. 81–89. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020036549.

* Corresponding author.

