



БОТАНИКА BOTANY

Научная статья / Research article

DOI 10.22363/2312-797X-2019-14-3-185-195
УДК 581.192:581.522.4:635.92

Физико-химический анализ и биохимический состав амаранта, интродуцированного в Дагестане

Р.Г. Магомедмирзоева¹, М.С. Гинс^{2*}, М.Н. Дадашев³

¹Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан,
Махачкала, Российская Федерация

²Федеральный научный центр овощеводства,
п. ВНИИССОК, Российская Федерация

³РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,
Москва, Российская Федерация

* e-mail: anirr@bk.ru

Аннотация. Рассмотрены результаты физико-химического анализа состава интродуцированного на юге Дагестана растения амарант. Приведены результаты определения биохимического состава: витаминов, органических кислот, антиоксидантов, бета-цианина — амарантина, хлорофилла, каротиноидов и хлорогеновой кислоты в листьях интродуцированного амаранта. Показано, что культура амарант может служить важным источником витаминов и ценных биологически активных веществ как для человека, так и животных. На основании полученных результатов по интродукции амаранта, можно отметить, что его выращивание как промышленной культуры имеет большие перспективы на юге Дагестана.

Ключевые слова: интродукция, Дагестан, амарант, фенольные соединения, фотосинтетические пигменты, гидроксикоричные кислоты, органические кислоты, антиоксиданты, амарантин, витамины

История статьи:

Поступила в редакцию: 6 августа 2019 г. Принята к публикации: 27 августа 2019 г.

Для цитирования:

Магомедмирзоева Р.Г., Гинс М.С., Дадашев М.Н. Физико-химический анализ и биохимический состав амаранта, интродуцированного в Дагестане // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2019. Т. 14. № 3. С. 185—195. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-3-185-195

© Магомедмирзоева Р.Г., Гинс М.С., Дадашев М.Н., 2019.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

Physical and chemical analysis and biochemical composition of amaranth introduced in Dagestan

Ramida G. Magomedmirzoeva¹, Murat S. Gins^{2*}, Mirali N. Dadashev³

¹Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan,
Makhachkala, Russian Federation

²Federal Research Vegetable Center,
Moscow region, Russian Federation

³Gubkina Russian State University of Oil and Gas (NRU),
Moscow, Russian Federation

* Correspondent author: e-mail: anirr@bk.ru

Abstract. Amaranth leaves are of high nutritional value, containing various metabolites, mono- and disaccharides, photosynthetic pigments, unsaturated acids, phenolcarboxylic acids with high antioxidant activity. Vegetable amaranth is grown in different soil and climatic conditions all over the world. The article describes the results of physicochemical analysis of composition of amaranth plant introduced in southern Dagestan. The results of determining biochemical composition of vitamins, organic acids, antioxidants, betacyanin — amaranthin, chlorophyll, carotenoids and chlorogenic acid in the leaves of the introduced amaranth are presented. It has been shown that amaranth culture can be an important source of vitamins and valuable biologically active substances for both humans and animals. Based on the results obtained on amaranth introduction, it can be noted that cultivation of amaranth has great prospects in Southern Dagestan, as a mass crop.

Keywords: Dagestan, amaranth, introduction, phenolic compounds, antioxidants, chlorophylls, carotenoids, hydroxycinnamic acids, organic acids, anthocyanins, vitamins

Article history:

Received: 6 August 2019. Accepted: 27 August 2019

For citation:

Magomedmirzoeva RG, Gins MS, Dadashev MN. Physical and chemical analysis and biochemical composition of amaranth introduced in Dagestan. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 2019; 14 (3):185—195. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-3-185-195

Введение

Амарант относится к семейству Amaranthaceae, род *Amaranthus*, многоцелевая культура: семенного, овощного, кормового, декоративного, технического и лекарственного назначения. Листья и семена пищевых видов амаранта богаты водорастворимым белком, не содержащим глютенa, и разнообразными эссенциальными и минорными компонентами, необходимыми для функционирования организма человека [1].

Амарант овощного назначения выращивают в разных почвенно-климатических условиях земного шара. Листья амаранта отличаются высокой пищевой ценностью, содержат огромный набор метаболитов, моно- и дисахара, фотосинтетические пигменты, ненасыщенные кислоты, фенолкарбоновые кислоты с высокой антиокислительной активностью [2, 3]. При недостаточном содержании биологически ценных веществ и полноценного белка в корме для животных амарант может применяться как высокобелковая кормовая культура с широким

набором витаминов и антиоксидантов. Семена амаранта могут служить источником биологически активного вещества сквалена, содержание которого в масле составляет 7...11 %, содержат легко усваиваемый крахмал. Однако, не все сорта вызревают на территории России, поэтому перспективно выращивать их на юге России, например, в южной части Дагестана [4].

Цель настоящей работы — исследование особенностей накопления биологически активных веществ и антиоксидантов в листьях растений амаранта овощного и зернового направления, интродуцированных на юге Дагестана.

Материалы и методы

Исследовали растения амаранта вида *Amaranthus tricolor* L. овощных сортов Валентина и Дон Педро и вида *Amaranthus hipochondriacus* L. сорта Крепыш селекции ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК) (авторы — проф. П.Ф. Кононков, В.К. Гинс и М.С. Гинс). Материалом исследования являлись листья амаранта, которые изучали в процессе вегетации. Растения выращивали на опытном участке в Сулейман-Стальском районе (юг Дагестана) с использованием технологии выращивания для получения листовой биомассы [5]. Определение витаминов В₂, В₆, С, В₃, никотиновой кислоты и В_с проводили с помощью капиллярного электрофореза [6]. Для проведения анализов свежие листья растений измельчали на блендере. Среднюю пробу в количестве 3 г экстрагировали дистиллированной водой до объема 50 мл и центрифугировали в течение 5 мин при скорости вращения 8 тыс. оборотов в минуту. Надосадочную жидкость вводили в анализатор Капель 105 и снимали электрофореграмму при температуре 30 °С при длинах волн 200 и 267 нм. Перенастройка длин волн производится самим прибором автоматически. Исследуемый раствор получается цветным, окраска зависит от цвета листьев.

Содержание восстановленной формы аскорбиновой кислоты определяли йодометрическим методом, основанным на титровании аскорбиновой кислоты в окрашенных экстрактах йодатом калия в кислой среде в присутствии йодистого калия и крахмала [7].

Для определения органических кислот свежие листья растения измельчали на блендере, отбирали среднюю пробу в количестве 1 г, которую разбавляли дистиллированной водой до объема 50 мл и тщательно перемешивали. Полученный раствор центрифугировали в течение 5 мин при 8 тыс. оборотов в минуту. Надосадочную жидкость вводили в анализатор Капель 105 и снимали электрофореграмму при температуре 20 °С, длине волны 254 нм и напряжении 20 кВ.

Содержание кислот в миллиграммах на 1 кг листьев рассчитывали по соответствующей формуле [8]. Было определено содержание муравьиной, уксусной, яблочной и щавелевой кислот, а также фосфорной кислоты.

Для определения содержания амарантина использовали спектрофотометрический метод, который отличается быстротой выполнения и высокой точностью. Содержание амарантина в водных экстрактах определяли с использованием молярного коэффициента экстинкции $5,66 \cdot 10^4$ л·моль⁻¹·см⁻¹ и молярного веса 726,6 г·моль⁻¹ [9, 10]. Определение суммарного содержания антиоксидантов проводили амперометрически на приборе Яуза 01-АА. Для этого использовали сырье, измельченное до размеров частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями

диаметром 1 мм. Навеску сырья 0,5 г заливали 25 мл 70%-го этанола, перемешивали в колбе в течение 1 ч, фильтровали в мерную колбу на 50 мл и доводили до метки. Градуировку анализатора проводили по галловой кислоте [11].

Фенольные соединения определяли спектрофотометрически. Свежие листья растений измельчали на блендере и отбирали среднюю пробу в количестве 10 г. Навеску помещали в колбу емкостью 100 мл, добавляли дистиллированную воду и перемешивали, доводили до метки. От полученного раствора отбирали 1 мл и добавляли 2 мл специально приготовленного реактива Фолина — Чокальтеу и 10 мл 20%-го раствора пищевой соды. В колбу добавляли дистиллированную воду до 100 мл, перемешивали в течение 30 мин. Оптическую плотность полученного раствора определяли на волне $\lambda \approx 630$ нм в кювете с толщиной слоя 10 мм с помощью прибора СФ 46 [12].

Определение содержания хлорофилла, каротиноидов и гидроксикоричных кислот (хлорогеновой кислоты) также проводили спектрофотометрически на приборе СФ-46 [13]. Способ определения количества хлорофилла, каротиноидов и гидроксикоричных кислот при их совместном присутствии в листьях амаранта включает последовательное экстрагирование каждой пробы в течение 1 ч. При этом предварительно сырье измельчали до размера частиц 1,0 мм. Экстракцию проводили 70%-м этанолом с использованием водяной бани при температуре 100 °С в соотношении сырья и экстрагента 1 : 100, с последующим доведением объема раствора (растворителем) до 100 мл и последующим его разведением 96%-м этанолом в соотношении 2 : 25. Затем измеряли оптическую плотность раствора относительно 96%-го этанола в области максимумов поглощения 328 ± 1 , 442 ± 1 и 667 ± 1 нм. Вычисление содержания суммы: гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую кислоту), каротиноидов (в пересчете на виолоксантин) и хлорофилла в процентах (в пересчете на абсолютно сухую массу сырья) производили по соответствующим формулам [14]. Способ обеспечивает доступность, простоту выполнения и необходимую точность. Следует отметить, что определение содержания биохимических соединений позволяет разработать эффективные способы и технологии использования амаранта в практических целях [15—16].

Результаты исследований

Количественное определение витаминов В₂, В₃, В₅(РР), В₆, В_с, С и Р (биофлавоноидов) и состав фенольных соединений в свежих листьях амаранта приведены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание витаминов в зеленых листьях амаранта сортов Валентина, Крепыш и Дон Педро

Сорта амаранта	Содержание витаминов, мг%						
	С	В ₂	В ₃	В ₅	В ₆	В _с	Фенольные соединения
Валентина	15,67	–	1,87	0,21	0,41	2,01	17,3
Крепыш	8,97	0,26	1,04	0,04	0,09	0,15	24,2
Дон Педро	11,27	–	1,80	0,17	0,23	1,57	25,2

Table 1

Vitamin content in green leaves of Valentina, Krepysh and Don Pedro amaranth varieties

Amaranth varieties	Vitamin content, mg%						Phenolic compounds
	C	B ₂	B ₃	B ₅	B ₆	B _c	
Valentina	15.67	–	1.87	0.21	0.41	2.01	17.3
Krepysh	8.97	0.26	1.04	0.04	0.09	0.15	24.2
Don Pedro	11.27	–	1.80	0.17	0.23	1.57	25.2

Эти данные показывают, что свежие листья амаранта содержат указанные витамины в неодинаковом количестве. Для лучшего понимания сравнительного содержания витаминов в растениях относительно среднесуточной потребности человека приведем данные, показывающие, какая часть такой потребности удовлетворяется потреблением в пищу 100 г свежих листьев амаранта по сортам (табл. 2) [16].

Таблица 2

Доля витаминов, содержащаяся в 100 г зеленых листьев амаранта относительно среднесуточной потребности человека

Сорта амаранта	Доля витаминов, %					
	C	B ₂	B ₃	B ₅	B ₆	B _c
Валентина	16	–	15	1	19	>100
Крепыш	9	10	8	0,2	4	>100
Дон Педро	11	–	14	1	11	>100
Среднесуточная потребность человека, мг	100	2,6	12,5	20,5	2,1	0,15

Table 2

Percentage of vitamins contained in 100 g of amaranth green leaves in relation to the average daily human need

Amaranth variety	Percentage of vitamins, %					
	C	B ₂	B ₃	B ₅	B ₆	B _c
Valentina	16	–	15	1	19	>100
Krepysh	9	10	8	0.2	4	>100
Don Pedro	11	–	14	1	11	>100
Daily human need, mg	100	2.6	12.5	20.5	2.1	0.15

Сравнение данных табл. 2 показывает, что по большинству витаминов в 100 г зеленых листьев амаранта содержится примерно 10...20 % суточной потребности человека. По витамину B₅ это около 1 %, а по витамину B_c — даже больше, чем среднесуточная доза. Следовательно, амаранты всех трех сортов: Валентина, Крепыш и Дон Педро — могут служить серьезным источником витаминов для человека, если использовать в пищу их свежие зеленые листья.

Из органических кислот было определено содержание в фотосинтезирующих листьях щавелевой, муравьиной, яблочной и уксусной кислот, а также фосфорной кислоты. Органические кислоты достаточно активно участвуют в обмене веществ и энергетических реакциях [17]. Образование органических кислот у растений амаранта связано, в т. ч., с процессом дыхания и диссимиляции углеводов. Сахара служат источником для синтеза органических кислот, которые

подвергаются окислительной диссимиляции и являются продуктом неполного окисления сахаров [18]. Они являются промежуточным продуктом цикла Кребса, включаются в реакцию конденсации ацетильного радикала и образуют лимонную кислоту. Лимонная кислота затем включается в реакции цикла лимонной кислоты, в результате которых образуются восстановленные формы коферментов НАД в виде НАД · Н и ФАД в виде ФАД Н₂, а также некоторое количество молекулярных энергоносителей в виде АТФ. В реакциях цикла лимонной кислоты помимо щавелевой и уксусной также участвует яблочная кислота. Щавелевоуксусная кислота играет важную роль в биосинтезе аспарагиновой кислоты, которая, являясь промежуточным продуктом цикла Кребса, связывает собой взаимопревращения углеводов и аминокислот.

Муравьиная кислота служит донором формильных групп в обмене веществ, а также участвует в ряде биосинтетических реакций в организме.

Очень большую роль в формировании структуры, состава и функции биохимических и биоорганических соединений играет ортофосфорная кислота. Она входит в состав жизненно важных групп липидов, молекулярных энергоносителей АТФ, ГТФ, АДФ, ГДФ, других макроэргических соединений и фосфорных эфиров.

Таким образом, органические кислоты: щавелевая, уксусная, яблочная и муравьиная, а также фосфорная кислота — являются необходимыми участниками обмена веществ в целом и энергетического обмена живого организма в частности.

Полученные данные по количественному содержанию этих кислот в зеленых листьях амаранта приведены в табл. 3.

Таблица 3

Содержание органических кислот и фосфорной кислоты в листьях амаранта

Амарант	Содержание кислот, мг/кг				
	Щавелевая	Уксусная	Яблочная	Муравьиная	Фосфорная
Валентина	348,9	166,8	2476,6	476,2	8,0
Крепыш	1340	998,6	107,3	–	40,0
Дон Педро	601,3	105,7	1275,5	255,8	3,0

Table 3

Content of organic acids and phosphoric acid in amaranth leaves

Amaranth variety	Acid content, mg/kg				
	Oxalic acid	Acetic acid	Malic acid	Formic acid	Phosphoric acid
Valentina	348.9	166.8	2476.6	476.2	8.0
Krepysh	1340	998.6	107.3	–	40.0
Don Pedro	601.3	105.7	1275.5	255.8	3.0

Из приведенных данных (табл. 3) видно, что максимальное количество муравьиной кислоты содержат листья амаранта Валентина, фосфорной, щавелевой, уксусной кислот сравнительно много обнаружено у амаранта Крепыш, а яблочной — в листьях сорта Дон Педро.

Антиоксиданты выполняют в организме протекторную функцию [19]. Они защищают биологические мембраны, другие клеточные структуры и молекулы живого организма от перекисного окисления. В растениях образуется достаточно много антиоксидантов. Среди них более изученными являются токоферолы,

и в частности, витамин Е. Витамин Е совместно с витамином С предохраняют субклеточные и молекулярные структуры, липиды от повреждающего действия свободных радикалов и активных форм кислорода, обеспечивая целостность этих систем.

Эффективность токоферолов в существенной мере определяется их взаимодействием с другими антиоксидантами, например, витамином С и фенольными соединениями [20]. Суммарное содержание антиоксидантов в листьях изученных сортов амаранта приведено в табл. 4.

Таблица 4

Суммарное содержание антиоксидантов, мг/г, в надземной части амаранта сортов Валентина, Крепыш, Дон Педро в разные фазы развития растений

Фаза развития	Сорта амаранта		
	Валентина	Крепыш	Дон Педро
Вегетативная	0,82	1,62	1,32
Бутонизация	0,94	1,14	1,35
Цветение	1,32	1,84	2,35
Плодоношение	1,44	1,17	1,24

Table 4

The total antioxidant content, mg/g, in amaranth shoots at different growth stages

Growth stages	Amaranth variety		
	Valentina	Krepysh	Don Pedro
Vegetative phase	0,82	1,62	1,32
Flower-bud formation	0,94	1,14	1,35
Blooming	1,32	1,84	2,35
Fruiting	1,44	1,17	1,24

В красноокрашенных листьях амаранта сорта Валентина в большом количестве накапливается красно-фиолетовый пигмент амарантин. Он является мощным антиоксидантом: обезвреживает супероксидный радикал кислорода, свободные радикалы, хелатирует двухвалентные ионы переходных металлов: железа, меди и др. Предшественником амарантина является аминокислота тирозин — антистрессовый антиоксидант. Амарантин относится к вторичным соединениям — водорастворимым азотсодержащим пигментам — бетацианинам, которые входят в состав группы беталаинов [21].

Как следует из табл. 5, в красноокрашенных листьях сортов Валентина и Дон Педро наблюдали варьирование содержания красного пигмента амарантина в процессе вегетации растения. Максимальное количество амарантина образуется в листьях сорта Валентина в фазу бутонизации, а у сорта Дон Педро — в фазу цветения.

Таблица 5

Содержание бетацианинов, %, в листьях амаранта сортов Валентина и Дон Педро в разные фазы вегетации

Фазы развития	Сорта амаранта	
	Валентина	Дон Педро
Вегетативная	0,50	0,50
Бутонизация	0,69	0,49
Цветение	0,63	0,60
Плодоношение	0,52	0,46

Table 5

Betacyanin content, %, in amaranth leaves at different growth stages

Growth stages	Amaranth variety	
	Valentina	Don Pedro
Vegetative phase	0,50	0,50
Flower-bud formation	0,69	0,49
Blooming	0,63	0,60
Fruiting	0,52	0,46

Данные по содержанию хлорофилла, каротиноидов и хлорогеновой кислоты в свежих листьях исследованных сортов амаранта приведены в табл. 6.

Таблица 6

Содержание хлорофилла, каротиноидов и хлорогеновой кислоты в листьях амаранта сортов Валентина, Крепыш и Дон Педро в фазу бутонизации

Сорт амаранта	Хлорофилл, %	Каротиноиды, мг%	Хлорогеновая кислота, %
Валентина	0,11	55,4	0,67
Крепыш	0,11	35,6	0,81
Дон Педро	0,13	59,7	1,35

Table 6

Chlorophyll, carotenoids and chlorogenic acid levels in amaranth leaves at budding stage

Amaranth variety	Chlorophyll, %	Carotenoids, mg%	Chlorogenic acid, %
Valentina	0.11	55.4	0.67
Krepysh	0.11	35.6	0.81
Don Pedro	0.13	59.7	1.35

Как видно из этих данных, в растениях содержится довольно много хлорогеновой кислоты, при этом ее максимальное количество обнаружено в листьях сорта Дон Педро.

Заключение

Приведенный физико-химический анализ биохимического состава листьев интродуцированных сортов амаранта в южном Дагестане показал, что эта культура богата полезными биологически активными соединениями, которые необходимы как пищевой и кормовой материал, и имеет большие перспективы как в Дагестане, так и в других регионах России, являясь ценным сырьем для создания функциональных продуктов.

Библиографический список

1. Das S. Amaranths: the crop of great prospect // *Amaranthus: A Promising Crop of Future*. Singapore : Springer. 2016. P. 13—48. doi: 10.1007/978-981-10-1469-7_3
2. Repo-Carrasco-Valencia R., Hellstrom J.K., Pihlava J.M., Mattila P.H. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*) // *Food Chemistry*. 2010. Vol. 120. № 1. P. 128—133. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.09.087

3. *Steffensen S.K., Rinnan A., Mortensen A.G., Laursen B., Troiani R.M., Noellemeyer E.J. и др.* Variations in the polyphenol content of seeds of field grown *Amaranthus* genotypes // *Food Chemistry*. 2011. Vol. 129. № 1. P. 131—138. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.04.044
4. *Султанов Ю.М.А., Магомедмирзоева Р.Г., Алимурзоева З.М., Рабаданов Г.А.* Исследование возможности интродукции амаранта в условиях Южного Дагестана // *Актуальные проблемы развития овощеводства и картофелеводства : сб. науч. тр. Региональной научно-практической конференции*. 2017. С. 185—188.
5. *Гинс М.С., Гинс В.К., Кононков П.Ф., Пивоваров В.Ф., Романова Е.В., Осокин И.Е., Гинс Е.М.* Технология выращивания овощного (листового) амаранта. М.: РУДН, 2017. 49 с.
6. ГОСТ 7047—55. Витамины А, С, D, В1, В2, и РР. Отбор проб, методы определения витаминов и испытания качества витаминных препаратов.
7. *Сапожникова Е.В., Дорофеева Л.С.* Определение содержания аскорбиновой кислоты в окрашенных растительных экстрактах йодометрическим методом // *Консервная и овощесушильная промышленность*. 1966. № 5. С. 29—31.
8. *Коломиец Н.Э. Калинкина Г.И., Сапронова Н.Н.* Стандартизация листьев крапивы двудомной // *Фармация*. 2011. № 6. С. 22—24.
9. *Biswas M., Dey S., Sen R.* Betalains from *Amaranthus tricolor* L. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2013. Vol. 1. № 5. P. 87—95.
10. *Gengatharan A., Dykes G.A., Choo W.S.* Betalains: natural plant pigments with potential application in functional foods // *LWT Food Sci Technol*. 2015. Vol. 64. № 2. P. 645—649. doi: 10.1016/j.lwt.2015.06.052
11. *Пахомов В.П., Яшин Я.И., Яшин А.Я., Багирова В.Л., Арзамасцев А.П., Кулес В.Г., Ших Е.В.* Способ определения суммарной антиоксидантной активности биологически активных веществ : патент на изобретение *RUS 2238554*, 2003.
12. *Гинс М.С., Гинс В.К., Колесников М.П., Кононков П.Ф., Чекмарев П.А., Каган М.Ю.* Методика анализа фенольных соединений в овощных культурах. М.: Мин-во сельского хоз-ва Рос. Федерации, 2010.
13. *Lichtenthaler H.K.* Chlorophylls and carotenoids — pigments of photosynthetic biomembranes // *Methods in enzymology*. 1987. Vol. 148. P. 350—382. doi: 10.1016/0076-6879(87)48036-1
14. *Тринеева О.В., Сливкин А. И., Сафонова Е.Ф.* Определение гидроксикоричных кислот, каротиноидов и хлорофилла в листьях крапивы двудомной (*Urtica Dioica* L.) // *Химия растительного сырья*. 2015. № 3. С. 105—110. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.201503522>
15. *Высочина Г.И.* Амарант (*Amaranthus* L.): химический состав и перспективы использования (обзор) // *Химия растительного сырья*. 2013. № 2. С. 5—14. doi: 10.14258/jcprm.1302005
16. *Железнов А.В., Железнова Н.Б., Бурмакина Н.В., Юдина Р.С.* Амарант: научные основы интродукции. Новосибирск : Гео, 2009. 236 с.
17. *Осмоловская Н.Г., Кучаева Л.Н., Новак В.А.* Роль органических кислот при формировании ионного состава листьев гликофитов в онтогенезе // *Физиология растений*. 2007. Т. 54. № 3. С. 381—388.
18. *Любимов В.Ю.* Механизм фотодыхания в листьях С4-растений и его регуляция : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Пушино, 1994.
19. *Владимиров Ю.А.* Глава 1. Биологические мембраны — первичные источники и мишени свободных радикалов // *Источники и мишени свободных радикалов в крови человека : монография / под ред. Ю.А. Владимирова*. М., 2017. С. 5—84.
20. *Коденцова В.М., Рисник Д.В.* Токоферолы: биологическая роль, критерии витаминной обеспеченности, физиологическая потребность организма и рекомендуемые нормы потребления // *Вопросы диетологии*. 2018. Т. 8. № 2. С. 22—31.
21. *Slimen I.B., Najar T., Abderrabba M.* Chemical and antioxidant properties of betalains. *J Agric Food Chem*. 2017. Vol. 65. № 4. P. 675—689. doi: 10.1021/acs.jafc.6b04208

References

1. Das S. Amaranths: the crop of great prospect. In: *Amaranthus: A Promising Crop of Future*. Singapore: Springer; 2016. p. 13—48. doi: 10.1007/978-981-10-1469-7_3
2. Repo-Carrasco-Valencia R, Hellstrom JK, Pihlava JM, Mattila PH. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*. 2010; 120(1):128—133. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.09.087
3. Steffensen SK, Rinnan A, Mortensen AG, Laursen B, Troiani RM, Noellemeier EJ, et al. Variations in the polyphenol content of seeds of field grown Amaranthus genotypes. *Food Chemistry*. 2011; 129(1):131—138. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.04.044
4. Sultanov YMA, Magomedmirzoeva RG, Alimirzoeva ZM, Rabadanov GA. Investigation of the possibility of introducing amaranth in conditions of Southern Dagestan. In: *Actual problems of development of vegetable growing and potato growing*. 2017. p. 185—188. (In Russ).
5. Gins MS, Gins VK, Kononkov PF, Pivovarov VF, Romanova EV, Osokin IE, Gins EM. *Tekhnologiya vyrashchivaniya ovoshchnogo (listovogo) amaranta* [Technology for growing vegetable (leaf) amaranth]. Moscow: RUDN Publ.; 2017. (In Russ).
6. State Standard 7047–55. Vitaminy A, S, D, V1, V2, i RR. *Otbor prob, metody opredeleniya vitaminov i ispytaniya kachestva* [Vitamins A, C, D, B1, B2, and PP. Sampling, methods for determining vitamins and quality tests].
7. Sapozhnikova EV, Dorofeeva LS. Determination of ascorbic acid content in colored plant extracts by iodometric method. *Food industry*. 1966; (5):29—31. (In Russ).
8. Kolomiyets NE, Kalinkina GI, Saponova NN. Standardization of stinging nettle (*Urtica dioica*) leaves. *Farmatsiya (Pharmacy)*. 2011; (6):22-24. (In Russ).
9. Biswas M, Dey S, Sen R. Betalains from *Amaranthus tricolor* L. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2013; 1(5):87—95.
10. Gengatharan A, Dykes GA, Choo WS. Betalains: natural plant pigments with potential application in functional foods. *LWT Food Sci Technol*. 2015; 64(2):645—649. doi: 10.1016/j.lwt.2015.06.052
11. Pakhomov VP, Yashin YI, Yashin AY, Bagirova VL, Arzamastsev AP, Kukes VG, Shikh EV. *Sposob opredeleniya summarnoi antioksidantnoi aktivnosti biologicheskii aktivnykh veshchestv* [Method for determining the total antioxidant activity of biologically active substances]. Patent RUS, no. 2238554, 2004. (In Russ).
12. Gins MS, Gins VK, Kolesnikov MP, Kononkov PF, Chekmarev PA, Kagan MY. *Metodika analiza fenol'nykh soedinenii v ovoshchnykh kul'turakh* [Methodology for analysis of phenolic compounds in vegetable crops]. Moscow: Ministry of Agriculture of the Russian Federation Publ; 2010. (In Russ).
13. Lichtenthaler HK. Chlorophylls and carotenoids - pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology*. 1987; 148:350—382. doi: 10.1016/0076-6879(87)48036-1
14. Trineeva OV, Slivkin AI, Safonova EF. Determination of hydroxycinnamic acids, carotenoids and chlorophyll in the leaves of stinging nettle (*Urtica Dioica* L.). *Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material)*. 2015; (3): 105-110. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.201503522> (In Russ).
15. Vysochina GI. *Amaranthus (Amaranthus L.): chemical composition and prospects of use (review)*. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material)*. 2013; (2):5—14. doi: 10.14258/jcprm.1302005 (In Russ).
16. Zheleznov AV, Zheleznova NB, Burmakina NV, Yudina RS. *Amaranth: Scientific Basis of Introduction* [Amaranth: Scientific Basis of Introduction]. Novosibirsk: Geo Publ.; 2009. (In Russ).
17. Osmolovskaya NG, Kuchaeva LN, Novak VA. Role of organic acids in formation of the ionic composition of glycophyte leaves in ontogenesis. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2007; 54(3):381—388. (In Russ).

18. Lyubimov VY. *Mekhanizm fotodykhaniya v list'yakh s4-rastenii i ego regulyatsiya* [Mechanism of photorespiration in leaves of c4 plants and its regulation] [Dissertation] Pushchino; 1994. (In Russ).
19. Vladimirov YA. Biological membranes - primary sources and targets of free radicals. In: *Istochniki i misheni svobodnykh radikalov v krovi cheloveka* [Sources and targets of free radicals in human blood]. Moscow; 2017. p. 5—84. (In Russ).
20. Kodentsova VM, Risnik DV. Tocopherols: biological role, criteria for vitamin supply, physiological need of the body and recommended consumption norms. *Nutrition*. 2018; 8(2):22—31. (In Russ).
21. Slimen IB, Najar T, Abderrabba M. Chemical and antioxidant properties of betalains. *J Agric Food Chem*. 2017; 65(4):675—689. doi: 10.1021/acs.jafc.6b04208

Об авторах:

Магомедмирзоева Рамида Гусеновна — старший научный сотрудник, Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Российская Федерация, 367014, г. Махачкала, ул. Шахбанова, д. 18а, e-mail: ramida_nii@mail.ru

Гинс Мурат Сабирович — доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией физиологии и биохимии растений и интродукции, Федеральный научный центр овощеводства, Российская Федерация, 143072, Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14, e-mail: anirr@bk.ru; ORCID: 0000-0001-5995-2696; Scopus Author ID: 6603575024

Дадашев Мирали Нуралиевич — доктор технических наук, профессор кафедры физической и коллоидной химии, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинский проспект, д. 65, e-mail: elderismailov@mail.ru

About authors:

Magomedmirzoeva Ramida Gusenovna — Senior Researcher, Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan, 18 st Shakhbanova, Makhachkala, Russian Federation, 367014; e-mail: ramida_nii@mail.ru

Gins Murat Sabirovich — Doctor of Sciences in Biology, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry and Introduction, Federal Scientific Center for Vegetable Production, 14 st. Selektionnaya, VNISSOK village, Odintsovo urban district, Moscow Region, Russian Federation, 143072; e-mail: anirr@bk.ru; ORCID: 0000-0001-5995-2696; Scopus Author ID: 6603575024

Dadashev Mirali Nuralievich — Doctor of Sciences in Technical Sciences, Professor, Department of Physical and Colloid Chemistry, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NRU), 65 Leninskii avenue, Moscow, Russian Federation, 119991; e-mail: elderismailov@mail.ru