

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ БРОККОЛИ (*BRASSICA OLERACEA* L. VAR. *ITALICA*) ПРИ ЛЕТНЕ-ОСЕННЕМ СРОКЕ ВЫРАЩИВАНИЯ В ЮЖНОМ ДАГЕСТАНЕ

Евгения Гусейновна Гаджимустапаева¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Алла Евгеньевна Соловьева², кандидат биологических наук

Киштили Уллубиевич Куркиев¹, доктор биологических наук

¹Дагестанская опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр –

Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»,

с. Вавилово, Дербентский р-н, Республика Дагестан, Россия

²Отдел биохимии и молекулярной биологии Всероссийского института генетических ресурсов растений

имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: vir-evg-gajimus@yandex.ru

Аннотация. Капуста брокколи *Brassica oleracea* L. var. *italica* – экономически важная и широко возделываемая овощная культура, потребляется как в свежем, так и переработанном виде. Для решения задач импортозамещения на первое место выходит обеспечение качественного сортового разнообразия брокколи для производителей сельхозпродукции в средней полосе России и Южном Федеральном округе (ЮФО). В работе представлены результаты по изучению семи сортов и гибридов брокколи, предварительно выделенных по продуктивности и товарным качествам. Впервые в условиях северных сухих субтропиков Южного Дагестана определяли содержание сухого вещества, водорастворимых полисахаридов, органических кислот, флавоноидов и антиоксидантную активность в свежей продукции. Показано распределение данных веществ по органам растений. Выделены образцы брокколи с высоким содержанием отдельных химических веществ и по комплексу признаков, которые могут быть использованы в качестве источников в селекции на повышенное содержание сухого вещества, водорастворимых полисахаридов, органических кислот, флавоноидов и с высокой антиоксидантной активностью.

Ключевые слова: брокколи, сорта, гибриды, содержание сухих веществ, водорастворимые полисахариды, органические кислоты, флавоноиды, антиоксидантная активность

BIOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF BROCCOLI (*BRASSICA OLERACEA* L. VAR. *ITALICA*) DURING THE SUMMER-AUTUMN CULTIVATION PERIOD IN SOUTH DAGESTAN

E.G. Gadzhimustapaeva¹, PhD in Agricultural Sciences

A.E. Soloveva², PhD in Biological Sciences

K.U. Kurkiev¹, Grand PhD in Biological Sciences

¹Dagestan Experiment Station N.I. Vavilov All-Research Institute of Plant Industry,

Vavilovo village, Derbent district, Republic of Dagestan, Russia

²Department of Biochemistry and Molecular Biology N.I. Vavilov

All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

E-mail: vir-evg-gajimus@yandex.ru

Abstract. Broccoli cabbage *Brassica oleracea* L. var. *italica* is an economically important and widely cultivated vegetable crop, consumed both fresh and processed. To solve the problems of import substitution, the provision of high-quality varietal diversity of broccoli for agricultural producers in the middle zone of Russia and the Southern Federal District (SFD) comes first. Our work presents the results of the study of seven varieties and hybrids of broccoli, previously identified by productivity and commercial qualities. For the first time in the conditions of the northern dry subtropics of southern Dagestan, the content of dry matter, water-soluble polysaccharides, organic acids, flavonoids and antioxidant activity in fresh products were determined. The distribution of these substances by plant organs is shown. Broccoli samples with a high content of individual chemicals, as well as a set of characteristics that can be used as sources in breeding for an increased content of dry matter, water-soluble polysaccharides, organic acids, flavonoids and with high antioxidant activity, were isolated.

Keywords: broccoli, varieties, hybrids, flavonoids, organic acids, water-soluble polysaccharides, antioxidant activity, moisture content in fresh heads

Цели современных потребителей растительной продукции – это здоровое питание, безопасность и удобство. В последние годы появляются инновационные и привлекательные готовые к употреблению растительные продукты. Семейство *Brassicaceae* высоко ценится из-за биологически активных соединений. [4] Капусту брокколи *Brassica oleracea* L. var. *italica* выращивают во многих стра-

нах мира, но в России она не распространена. До недавнего времени потребности внутреннего рынка РФ в этом виде продукции обеспечивали импортом. Для решения задач импортозамещения на первое место выходит снабжение разнообразными и качественными сортами брокколи производителей сельхозпродукции в средней полосе России и ЮФО.

Брокколи отличается от других видов капусты повышенным содержанием питательных веществ и специфическим вкусом. Известно о высоком содержании белка, в состав которого входят антисклеротические вещества (холин, метионин), а также незаменимые аминокислоты (лизин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, треонин, фенилаланин), заменимые (тирозин, гистидин, аланин, аргинин, аспарагиновая кислота, глицин, глутаминовая кислота, пролин, серин). По количеству белка брокколи превосходит батат, картофель, кукурузу сахарную, спаржу, шпинат. Согласно литературным данным брокколи содержит: белки – 10,3 г; жиры – 4,9; углеводы – 67,3; в том числе пищевые волокна – 2,1 г; калий – 292,0 мг, магний – 104,0, фосфор – 301,0, кальций – 46,0, железо – 4,1, цинк – 4,0 мг. Калорийность – 330...340 ккал/100 г продукта. [4, 11]

Взаимодействие различных биологически активных веществ (каротиноиды, лютеин, витамины С, Е и индол-3-карбинол) обуславливает диетические и лечебно-профилактические свойства брокколи. Она обладает антиоксидантными свойствами и антимикробной активностью. [5, 9] Потребление брокколи снижает риск развития определенных видов онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний. [8, 15]

Биотические и абиотические факторы связаны с биосинтезом, накоплением фенольных соединений и флавоноидов в тканях растений. Брокколи относится к основным пищевым источникам флавоноидов среди овощей, фруктов и напитков. [13] Флавоноиды, содержащиеся в брокколи, – кверцетин и кемпферол. Они хорошо поглощают свободные радикалы и хелаторы металлов. [7, 8, 15]

На метаболизм брокколи и, как следствие, фитохимический состав могут влиять факторы окружающей среды (температура, солнечная радиация и количество осадков). [11, 12] Активность патогенов также может влиять на физико-химический состав брокколи. [6]

Еще один важный компонент качества – биологическая ценность продукта. В последние годы большое внимание уделялось антиоксидантной активности овощей и других пищевых продуктов. Антиоксиданты – соединения, которые ингибируют или задерживают окисление других молекул и защищают клетки от разрушительного воздействия активных форм кислорода. Считается, что брокколи – овощ с высокой антиоксидантной активностью. [8, 15] Имеются сообщения о влиянии факторов окружающей среды и условий хранения на антиоксидантную активность соцветий брокколи. В процессе хранения брокколи накапливала фенольные соединения, что приводило к более высокой антиоксидантной активности. [10] Антиоксиданты, поглощая свободные радикалы, защищают организм человека от окислительного стресса. [15] Согласно результатам ORAC [11], брокколи относится к ведущим источникам антиоксидантной активности против пероксильных радикалов. Конкретное содержание антиоксидантов различается в зависимости от зрелости образца, времени сбора урожая, условий выращивания, качества почвы, условий хранения и транспортировки, а также термической обработки, используемой при приготовлении блюд из капусты. [10, 14]

Несмотря на то, что биология капусты брокколи изучена в достаточной степени в низменной, предгорной и горной зоне Дагестана, сведения о биохимическом составе при выращивании в этих условиях отсутствуют.

Цель работы – изучить антиоксидантную активность и некоторые другие параметры качества восьми сортов и гибридов брокколи (*Brassica oleracea* L. var. *cymosa* Duch. var. *italica* Plenck), выращиваемой в условиях Дербентского района Республики Дагестан, и определение различий в качестве между частями растения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проводили в филиале Дагестанской ОС ВИР в 2015–2017 годах в летне-осенней культуре выращивания.

Объект изучения – семь сортов и гибридов капусты брокколи японского происхождения, выделенные по продуктивности и полученные из мировой коллекции ВИР (табл. 1).

Посев семян на рассаду проводили в открытом грунте во II декаде июня, высаживали в III декаде июля. Схема посадки – 70×40 см, площадь делянки – 8,4 м².

Агротехника выращивания общепринятая для капустных культур в данном регионе. Подкармливали образцы минеральными удобрениями, которые вносили дробно три раза: первая – в рассаднике (аммиачная селитра, 30 г/м²); вторая – через 10 суток после высадки (180 кг/га); третья – через 20 суток после второй подкормки (нитроаммофоска, 200 кг/га).

При проведении фенологических наблюдений отмечали даты посева и посадки, закладку соцветий (головки) на главном стебле, появление боковых побегов и закладку соцветий на них, дату первого и последующих сборов урожая.

Биометрические исследования 10 растений по вариантам проводили через каждые 10 дней после высадки рассады. Учет урожая вели по мере созревания головок (10; 50; 100% хозяйственной годности) и поступления урожая пасынков. При уборке учитывали массу и количество головок, среднюю массу центральной головки, общую массу и количе-

Таблица 1.
Сорта и гибриды капусты брокколи из Японии
(Дагестанская ОС, 2017)

№ каталога ВИР	Сорт, гибрид	Репродукция	Примечание
297	<i>Marathon F1</i>	2010	
297	<i>Marathon F1**</i>	Оригинальные	
299	<i>Comanche</i>	2011	
300	<i>Senshi F1</i>	2011	
301	<i>Triathlon F1</i>	2012	
Вр.286	<i>Landmark F1</i>	2010	
–	<i>Parthenon F1</i>	2013	Не образует боковых головок
–	<i>Samson F1</i>	2014	Позднее образование боковых головок

ство боковых головок с одного растения и в целом с делянки. [1]

Анализ и обработку материала осуществляли по методикам ВИР [1] и Государственной Фармакопеи СССР. [2] Содержание массы сухих веществ определяли взвешиванием до и после высушивания средней пробы в сушильном шкафу при 105°C. [1–3] Водорастворимые полисахариды определяли осаждением 95%-м этанолом и высушиванием до постоянной массы, свободные органические кислоты – титрованием раствором натра едкого (0,1 моль/л) в присутствии фенолфталеина и метиленового синего, флавоноидные соединения – методом дифференциальной спектрофотометрии, основанном на реакции комплекс образования с раствором алюминия хлорида в нейтральной и слабокислой среде. [2] Суммарное содержание антиоксидантов находили амперометрическим методом на приборе «Цвет Яуза 01-АА», основанном на измерении электрического тока в электрохимической ячейке, возникающего при подаче на электрод определенного потенциала и выражали в мг/г воздушно-сухого сырья в пересчете на галловую кислоту. [3–5]

Данные статистически обрабатывали с использованием пакета электронных таблиц Microsoft Excel и лицензионного пакета программ Statistika 5.5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучен биохимический состав семи образцов капусты брокколи, предварительно выделенных по продуктивности и товарным качествам. В ходе работы отметили значительные различия по содержанию изученных веществ у представителей рода *Brassica oleracea* L. var. *italica*.

Анализ показал, что накопление массы сухих веществ у образцов в различных органах растений неодинаковое (рис.1, 3-я стр. обл.). Содержание массы сухих веществ в листьях варьировало от 12,80 до 21,71%, в центральной головке – 10,29...13,08%, боковых соцветиях – 10,77...13,74 и в ножке (при центральной головке) меньше, чем в других органах растения – 6,73...9,07%. Высоким содержанием массы сухих веществ в головке и пасынках (13,08 и 13,74 соответственно) выделился гибрид *Senshi F1*. Из составных частей сухого вещества капусты брокколи на первом месте по количеству стоят сахара, за ними азотистые вещества, клетчатка, зола и масло. [13]

Сухое вещество продуктивных органов представлено преимущественно углеводами. Известно, что сахара – энергетический материал, накопление которого в разных органах растений способствует сохранению их в период понижения температуры. Образующиеся полисахариды отлично очищают организм от продуктов обмена. [5]

Количество водорастворимых полисахаридов у брокколи в пластине листьев в два-три раза превышает их содержание по сравнению с другими органами растения (центральная головка, ножка, боковые головки), высокое содержание отмечено в центральной и боковых головках у гибридов: *Senshi F1* – 1,77 и 0,85; *Parthenon F1* – 1,23; *Triathlon F1* – 0,83 и 0,84 соответственно (табл. 2).

В листовой пластинке брокколи повышенное содержание водорастворимых полисахаридов вы-

явлено у сорта *Comanche* – 1,84% и гибридов: *Landmark F1* – 0,95, *Triathlon F1* – 1,11, *Senshi F1* – 1,21, *Samson F1* – 1,12, *Marathon F1* – 1,28%.

В капустных культурах находится большое количество органических кислот в форме солей и свободном виде. Органические кислоты – активные метаболиты углеводного обмена, обладают дезинфицирующей функцией, участвуют в процессах пищеварения, придают продуктам более яркий вкус, защищают от биотических и абиотических факторов внешней среды. [4, 15]

В брокколи наблюдается высокое содержание органических кислот, особенно яблочной. [6, 11, 13] Наше исследование показало, что сорта и гибриды накапливали среднее количество общей кислотности в центральной (0,39...0,78%) и боковых головках (0,61...0,99%) (рис. 2, 3-я стр. обл.).

Повышенным содержанием органических кислот в листьях выделился сорт *Comanche* – 1,09% и гибриды *Triathlon F1* – 1,19 и *Landmark F1* – 1,05. У всех образцов низкое содержание общей кислотности в ножках головок – 0,30...0,44%.

Флавоноиды – продукты жизнедеятельности растений. Им свойственно всеобщее распространение в растительном мире, так как они необходимые и активные участники клеточного обмена, выполняют функции регуляторов роста, развития и репродукции растений.

Флавоноиды традиционно рассматривают как биологически активные вещества, обладающие широким спектром лечебного действия. [7] Благодаря терапевтическим возможностям флавоноидов их считают источниками средств общего положительного действия на организм. Результаты исследования по распределению в капусте брокколи содержания флавоноидов представлены в таблице 3.

Максимальное содержание флавоноидов наблюдается в листьях в фазе вегетации и формирования головок у образцов: *Marathon F1* (170), *Comanche* (150), *Landmark F1* (120).

В центральной головке брокколи повышенное содержание флавоноидов отмечено у образцов: *Samson F1* (60), *Marathon F1* (50), *Senshi F1* (50), *Landmark F1* (40), в головках брокколи из боковых побегов наибольшее их содержание – у *Senshi F1* (60) и *Landmark F1* (40).

Во всех образцах стабильно одинаковое содержание флавоноидов у основания головки – 10%.

Таблица 2.
Содержание водорастворимых полисахаридов (%) в свежих головках капусты брокколи (Дагестанская ОС, 2017)

№ каталога ВИР	Сорт, гибрид	Головка	Ножка	Пасынки	Листовая пластина
297	<i>Marathon F1</i>	0,45	0,36	0,48	1,28
297	<i>Marathon F1*</i>	0,32	0,33	0,34	0,34
299	<i>Comanche</i>	0,47	0,47	0,41	1,84
300	<i>Senshi F1</i>	1,77	0,40	0,85	1,21
301	<i>Triathlon F1</i>	0,83	0,19	0,84	1,11
вр.к.286	<i>Landmark F1</i>	0,68	0,18	0,29	0,95
00	<i>Parthenon F1</i>	1,23	0,26	–	0,51
00	<i>Samson F1</i>	0,39	0,36	–	1,12

Таблица 3.
Содержание флавоноидов (%) в свежих головках брокколи (Дагестанская ОС, 2017)

№ каталога ВИР	Сорт, гибрид	Головка	Ножка	Пасынки	Листья
297	<i>Marathon F1</i>	50	10	20	170
297	<i>Marathon F1*</i>	30	10	20	20
299	<i>Comanche</i>	20	10	20	150
300	<i>Senshi F1</i>	50	10	60	80
301	<i>Triathlon F1</i>	20	10	20	100
Вр.к.286	<i>Landmark F1</i>	40	10	40	120
00	<i>Parthenon F1</i>	20	10	–	80
00	<i>Samson F1</i>	60	10	–	110

Примечание. * – семена оригинальные.

Таблица 4.
Содержание антиоксидантной активности (мг/г) в свежих головках брокколи (Дагестанская ОС, 2017)

№ каталога ВИР	Сорт, гибрид	Головка	Ножка	Пасынки	Листья
297	<i>Marathon F1</i>	1,38±0,00**	1,00±0,00	1,71±0,00	1,70±0,00
297	<i>Marathon F1*</i>	1,60±0,00	0,90±0,01	1,50±0,00	1,50±0,00
299	<i>Comanche</i>	2,15±0,00	1,24±0,00	2,32±0,00	1,75±0,00
300	<i>Senshi F1</i>	1,82±0,00	1,09±0,00	1,95±0,00	1,87±0,00
301	<i>Triathlon F1</i>	1,60±0,01	1,17±0,00	2,00±0,00	2,28±0,00
Вр.к.286	<i>Landmark F1</i>	2,22±0,00	1,58±0,00	2,47±0,00	1,70±0,00
00	<i>Parthenon F1</i>	1,78±0,00	1,00±0,00	–	1,41±0,00
00	<i>Samson F1</i>	1,80±0,00	0,86±0,00	–	1,36±0,00
Среднее		1,79±0,15	1,11±0,12	1,99±0,19	1,70±0,16

Примечание. * – семена оригинальные; ** – стандартная ошибка.

В работе [11] выявлена линейная зависимость антиоксидантной активности экстрактов брокколи от содержания флавоноидов. Для количественного определения антиоксидантной активности выбрали надежный амперометрический метод. Это единственный метод, который позволяет непосредственно измерить содержание всех антиоксидантов в пробе. Другие методы – непрямые, в них оценивается ингибирование реакционных смесей, в частности, свободных радикалов, генерированных в ходе реакций. [5]

Антиоксидантная активность в капусте распределялась по органам растения неоднородно (табл. 4). Диапазон изменчивости варьировал от 0,86 (ножки) до 2,47 мг/г (листья). В среднем, наибольшей антиоксидантной активностью отличались пасынки.

Сравнивая полученные данные по антиоксидантной активности с данными представленными А.Я. Яшиным можно сказать, что брокколи относится к овощным культурам с высоким накоплением антиоксидантов, наряду со свеклой и красным сладким перцем.

Высокую антиоксидантную активность наблюдали в центральной головке капусты брокколи и боковых соцветиях в двух образцах: *Comanche* – 2,15 и 2,32 мг/г, *Landmark F1* – 2,22 и 2,47 соответственно.

В листьях наибольшее содержание антиоксидантной активности у гибрида *Triathlon* – 2,28.

Таким образом, природные условия Южного Дагестана способствуют росту, развитию и накоплению в головках брокколи ценных питательных веществ. Различия и стабильность биохимического комплекса головок брокколи обусловлены сортовыми особенностями, влияющими на качественный и количественный состав химических компонентов. В результате проведенных исследований органов растений были выделены образцы с высоким содержанием в свежих головках сухого вещества, органических кислот, водорастворимых полисахаридов, флавоноидов и антиоксидантов.

Головки богаты высоким содержанием:

массы сухих веществ: листья – 12,80...21,71%; головки – 10,29...13,08; пасынки – 10,77...13,74%;

водорастворимых полисахаридов: головки – *Senshi F1* (1,77%), *Parthenon F1* (1,23), *Triathlon F1* (0,83); пасынки – *Senshi F1* (0,85), *Triathlon F1* (0,84); листья – *Comanche* (1,84%), *Marathon F1* (1,28), *Senshi F1* (1,21), *Samson F1* (1,12), *Triathlon F1* (1,11), *Landmark F1* (0,95%);

органических кислот: листья – *Triathlon F1* (1,19%), *Comanche* (1,09), *Landmark F1* (1,05); головки – 0,39...0,78; пасынки – 0,61...0,99; ножки – 0,30 – 0,44%;

флавоноидов: листья – *Marathon F1* (170), *Comanche* (150), *Landmark F1* (120); головки – *Samson F1* (60), *Marathon F1* (50), *Senshi F1* (50), *Landmark F1* (40); пасынки – *Senshi F1* (60) и *Landmark F1* (40);

антиоксидантов: головки – *Landmark F1* (2,22 мг/г), *Comanche* (2,15), *Senshi F1* (1,82), *Samson F1* (1,80), *Parthenon F1* (1,78); пасынки – *Landmark F1* (2,47 мг/г), *Comanche* (2,32), *Triathlon* (2,00), *Senshi F1* (1,95); листья – *Triathlon* (2,28), *Senshi F1* (1,87).

Выделенные образцы можно успешно использовать для сбалансированного питания человека и селекции на качество, расширения ассортимента капустных культур в РФ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Боос Г.В., Джохадзе Т.И., Артемьева А.М. Методические указания по изучению и поддержанию мировой коллекции капусты. Л.: ВИР, 1988. 117 с.
2. Государственная Фармакопея СССР: Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. МЗ СССР. 11-е изд., доп. М.: Медицина, 1989. 400 с.
3. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987.
4. Фатеев Д.А., Соловьева А.Е., Шеленга Т.В., Артемьева А.М. Комплексная биохимическая характеристика брокколи и цветной капусты. Овощи России. 2020. № 6. С. 108–115. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-104-111>
5. Яшин А.Я. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках // Российский химический журнал (Журнал российского химического общества им. ДИ Менделеева). 2008. Т. 52. № 2. С. 130–135.
6. Basten G.P., Bao Y., Williamson G. Sulforaphane and its glutathione conjugate but not sulforaphane nitrile induce UDP-glucuronosyl transferase (UGT1A1) and glutathi-

- one transferase (GSTA1) in cultured cells. *Carcinogenesis*. 2002. (23). P. 1399–1404
7. Gliszczynska-Swiglo, A., Kaluzewicz A., Lemanska K. et al. The effect of solar radiation on the flavonol content in broccoli inflorescence. *Food Chem.* No. 100. P. 241–245.
 8. Khan M.A.M., Ulrichs C., Mewis I. Effect of water stress and aphid herbivory on flavonoids in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck). *J. Appl. Bot. & Food Quality*. No. 84. P. 178–182.
 9. Leja M., Mareczek A., Starzyńska A., Rożek S. Antioxidant ability of broccoli flower buds during short-term storage. *Food Chem.* No. 72. P. 219–222. ISSN: 0308-8146.
 10. Lisiewska Z., Kmiecik W. Effects of level of nitrogen fertilizer, processing conditions and period of storage of frozen broccoli and cauliflower on vitamin C retention. *Food Chem.* 1996. No. 57. P. 261–270.
 11. Ou B.X., Huang D.J., Hampsch-Woodill M. et al. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. No. 50(11). P. 3122–3128.
 12. Singh J., Rai M., Upadhyay A.K. et al. Antioxidant phytochemicals in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) cultivars. *Journal of Food Science and Technology*. Mysore. 2006. No. 43. P. 391–393.
 13. Sun T., Powers J.R., Tang J. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices // *Food Chem.* 2007. Vol. 105. P. 101–106.
 14. Vallejo F., Tomás-Barberán, F.A., García-Viguera C. Potential bioactive compounds in health promotion from broccoli cultivars grown in Spain. *J. Sci. Food Agric.* 2002. No. 82. P. 1293–1297.
 15. Yochum L., Kushi L.H., Meyer K., Folsom A.R. Dietary flavonoid intake and risk of cardiovascular disease in postmenopausal women. *Am J Epidemiol.* 1999. No. 149. P. 943–949.
- teristika brokkoli i cvetnoj kapusty. *Ovoshchi Rossii*. 2020. № 6. S. 108–115. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-104-111>
5. Yashin A.Ya. Inzhektionno-protochnaya sistema s amperometrichestkim detektorom dlya selektivnogo opredeleniya antioksidantov v pishchevyyh produktah i napitkah // *Rossijskij himicheskij zhurnal (Zhurnal rossijskogo himicheskogo obshchestva im. DI Mendeleeva)*. 2008. T. 52. № 2. S. 130–135.
 6. Basten G.P., Bao Y., Williamson G. Sulforaphane and its glutathione conjugate but not sulforaphane nitrile induce UDP-glucuronosyl transferase (UGT1A1) and glutathione transferase (GSTA1) in cultured cells. *Carcinogenesis*. 2002. (23). P. 1399–1404
 7. Gliszczynska-Swiglo, A., Kaluzewicz A., Lemanska K. et al. The effect of solar radiation on the flavonol content in broccoli inflorescence. *Food Chem.* No. 100. P. 241–245.
 8. Khan M.A.M., Ulrichs C., Mewis I. Effect of water stress and aphid herbivory on flavonoids in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck). *J. Appl. Bot. & Food Quality*. No. 84. P. 178–182.
 9. Leja M., Mareczek A., Starzyńska A., Rożek S. Antioxidant ability of broccoli flower buds during short-term storage. *Food Chem.* No. 72. P. 219–222. ISSN: 0308-8146.
 10. Lisiewska Z., Kmiecik W. Effects of level of nitrogen fertilizer, processing conditions and period of storage of frozen broccoli and cauliflower on vitamin C retention. *Food Chem.* 1996. No. 57. P. 261–270.
 11. Ou B.X., Huang D.J., Hampsch-Woodill M. et al. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. No. 50(11). P. 3122–3128.
 12. Singh J., Rai M., Upadhyay A.K. et al. Antioxidant phytochemicals in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) cultivars. *Journal of Food Science and Technology*. Mysore. 2006. No. 43. P. 391–393.
 13. Sun T., Powers J.R., Tang J. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices // *Food Chem.* 2007. Vol. 105. P. 101–106.
 14. Vallejo F., Tomás-Barberán, F.A., García-Viguera C. Potential bioactive compounds in health promotion from broccoli cultivars grown in Spain. *J. Sci. Food Agric.* 2002. No. 82. P. 1293–1297.
 15. Yochum L., Kushi L.H., Meyer K., Folsom A.R. Dietary flavonoid intake and risk of cardiovascular disease in postmenopausal women. *Am J Epidemiol.* 1999. No. 149. P. 943–949.

REFERENCES

1. Boos G.V., Dzhohadze T.I., Artem'eva A.M. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i podderzhaniyu mirovoj kollekcii kapusty. L.: VIR, 1988. 117 s.
2. Gosudarstvennaya Farmakopeya SSSR: Vyp. 2. Obshchie metody analiza. Lekarstvennoe rastitel'noe syr'e. MZ SSSR. 11-e izd., dop. M.: Medicina, 1989. 400 s.
3. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenij. L., 1987.
4. Fateev D.A., Solov'eva A.E., Shelenga T.V., Artem'eva A.M. Kompleksnaya biokhimicheskaya harak-

Поступила в редакцию 30.11.2022

После доработки 07.12.2022

Принята к публикации 21.12.2022