

ТОМАТЫ С АНТОЦИАНОВОЙ ОКРАСКОЙ ПЛОДОВ –  
ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ОВОЩЕВОДСТВЕ РОССИИTOMATOES WITH ANTHOCYANIN COLORATION OF FRUITS IS A PROMISING DIRECTION  
IN THE VEGETABLE GROWING OF RUSSIA

**Ключевые слова:** томаты, антоциановая окраска, антоцианы, антиоксиданты, фиолетовые плоды, функциональные продукты, овощеводство.

Томаты с необычной формой или окраской плодов востребованы на рынке и продаются по более высокой цене, чем традиционные разновидности. Для потребителей экзотичными являются томаты с плодами, окрашенными в синий или фиолетовый цвет. Данная окраска формируется особым классом химических соединений – антоцианами. Эти вещества обладают капилляро- и кардиопротекторными свойствами, снижают вероятность развития атеросклероза, проявляют противовоспалительную и антиканцерогенную активность, способствуют профилактике ожирения и диабета. Обзор посвящен анализу и обсуждению современной научной литературы, рассматривающей особенности биохимического состава, нутрицевтическую ценность и устойчивость к фитопатогенам томатов с антоциановой окраской. Многие сорта получены в результате межвидового скрещивания с дикорастущими видами. Томаты с синей окраской способны синтезировать более 20 типов соединений данного класса. Роль антоцианов в растениях многообразна. Накопление в цветах и плодах привлекает опылителей цветов, а также животных для распространения семян. Также антоцианы продуцируются в ответ на различные биотические и абиотические стрессы: сильная освещенность, высокий уровень УФ-лучей, тепловой стресс, низкие температуры. Отдельные антоциановые сорта томатов проявляют максимальную резистентность к альтернариозу и септориозу томатов, однако сильно поражаются мучнистой росой по сравнению с другими сортами. Сорта томатов с высоким содержанием антоцианов в плодах гораздо дольше хранятся без перезревания и меньше подвергаются порче. Выращивание томатов с антоциановой окраской плодов является перспективным направлением для отрасли овощеводства России. Овощная продукция, содержащая антиоксидантные ве-

щества, относится к функциональным продуктам и отвечает концепции здорового питания.

**Keywords:** tomatoes, anthocyanin color, anthocyanins, antioxidants, purple fruits, functional products, vegetable growing.

Tomatoes with an unusual shape or color of the fruit are in demand on the market and are sold at a higher price than traditional varieties. For consumers, tomatoes with fruits of blue or purple color are exotic ones. This color is formed by a special class of chemical compounds – anthocyanins. These substances protect against heart diseases, improve vision, prevent atherosclerosis, reveal anti-inflammatory and anti-carcinogenic activity and may help in the prevention of obesity and diabetes. This paper is devoted to the analysis and discussion of modern scientific literature considering the features of biochemical composition, nutraceutical value and the resistance of tomatoes with anthocyanin color to phytopathogens. Many of these varieties have been obtained by interspecies crossing with wild species. Tomatoes with blue color may produce more 20 types of these compounds. The role of anthocyanins in plants is diverse. The accumulation in flowers and fruits attracts pollinators of flowers as well as animals to spread the seeds. Anthocyanins are also produced in response to various biotic and abiotic stresses: strong illumination, high level of UV rays, thermal stress and low temperatures. Some anthocyanin varieties of tomatoes reveal maximum resistance to *Alternaria* blight and *Septoria* blight of tomatoes but they are heavily affected by powdery mildew as compared to other varieties. The tomato varieties with high content of anthocyanins in the fruit are stored much longer without over-ripening and are less exposed to spoilage. Growing of tomatoes with anthocyanin-colored fruits is a promising direction for the vegetable industry in Russia. The vegetables containing antioxidant substances belong to functional products and are consistent with the concept of healthy nutrition.

**Соболева Ольга Михайловна**, к.б.н., доцент, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

**Сухих Андрей Сергеевич**, к.фарм.н., доцент, Кемеровский государственный медицинский университет. E-mail: meer@yandex.ru.

**Soboleva Olga Mikhaylovna**, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

**Sukhikh Andrey Sergeevich**, Cand. Pharm. Sci., Assoc. Prof., Kemerovo State Medical University. E-mail: meer@yandex.ru.

## Введение

Томат является одним из любимых овощей, постоянно присутствующим на столе россиян в том или ином виде. Согласно разработанным и утвержденным рекомендациям Министерства здравоохранения, норма потребления помидоров составляет 10 кг в год на одного человека [1]. В зимний период в торговых сетях представлена продукция, выращенная в закрытом грунте, в основном импортного производства. С конца весны начинается поступление томатов из ближнего зарубежья – из стран Средней Азии и Кавказа. Однако особенно велик уровень потребления томатов в летний период, когда даже в климатических условиях средней полосы начинают зреть местные плоды, выращиваемые сельскохозяйственными предприятиями, фермерами и в личных подсобных хозяйствах.

Во внесезонное время товаропроизводителям свежих томатов России приходится конкурировать с такими странами, как Турция, Испания, Узбекистан и Китай [2], климат в которых соответствует биологическим потребностям этих теплолюбивых растений. Российская продукция томатных плодов получается слишком дорогой. Их высокая себестоимость при выращивании в защищенном грунте в районах зимнего овощеводства объясняется рядом объективных причин. Одна из них – дороговизна энергоносителей, стоимость которых неуклонно растет. Для сравнения, стоимость энергоносителей с 2000 по 2015 гг. возросла в 13-17 раз, а отпускная цена на овощи за этот же период увеличились только в 5-6 раз [3]. Также немаловажной статьёй расходов является приобретение посевного материала, чаще гибридных семян. Известно, что доля гибридов голландской селекции в защищенном грунте составляет по томатам 59%, перцам – 82, баклажанам – 96, огурцам – 16% [4]. В связи с указанными причинами себестоимость выращивания 1 кг томатов в продленном обороте зимних теплиц в России в три раза выше, чем в Турции [5]. Поэтому, останавливая свой выбор на гибридах томата с традиционной округлой формой и красной окраской плодов, отечественные производители часто оказываются неконкурентоспособны. В свою очередь, важной стратегической задачей является развитие производства продуктов с функциональной направленностью, обеспечивающих доступность потребителя ценными биологически активными нутриентами. По этой причине в последние годы стала очевидной целесообразность выра-

щивания различных типов томата с необычной формой и окраской плодов. Такие разновидности востребованы на рынке и продаются по более высокой цене, чем обычные томаты [6].

Томат (*Solanum lycopersicum*) – однолетнее или многолетнее травянистое растение, вид рода Паслен (*Solanum*) семейства Пасленовые (*Solanaceae*). Культура томата пластична, характеризуется коротким вегетационным периодом, наряду с легким вегетативным и генеративным размножением возможно многолетнее выращивание. В связи с климатическими особенностями России в промышленных условиях томат выращивается как однолетняя культура.

Окраска плодов является одной из важных характеристик, используемых в селекции. У самой многочисленной группы сортов томатов красные плоды разных оттенков. Также имеются формы с зелеными плодами, которые представляют огромный интерес для селекционеров при создании форм с продолжительным периодом их хранения. Выделены формы с оранжевыми, желтыми, розовыми, белыми, пестрыми, черными и фиолетовыми плодами [7, 8]. Последние из указанных формируют окраску плодов за счет синтеза особых веществ – антоцианов.

**Биохимические особенности томатов с антоциановой окраской.** Антоцианы – важная группа вторичных растительных метаболитов полифенольной природы, являющихся производными флавана (хромана), общая структура которых состоит из двух ароматических бензольных колец, разделенных оксигенированным гетероциклом (рис. 1). В гликозилированных формах антоцианы, как правило, являются растворимыми пигментами, которые хранятся в кислой вакуоли клеток в цветках и плодах (в частности, ягодах), где они синтезируются для привлечения опылителей и животных для распространения семян [9]. Установлено, что данные соединения способны синтезироваться в растительных тканях в ответ на различные биотические и абиотические стрессы [10-12], такие как сильная освещенность и высокий уровень УФ-лучей [13, 14]. В данном случае антоцианы выполняют защитную функцию, выступая в качестве ингибитора свободных радикальных частиц [15, 16], возникающих в результате температурного стресса [11, 17].

Наличие антоцианов в растительной пище чрезвычайно важно с нутрициологической точки зрения, так как их включение в рацион человека связано с защитой от ишемической болезни серд-

ца и улучшением зрения [18]. Также антоцианы проявляют антиатеросклеротическое, противовоспалительное действие, антиканцерогенную активность и могут помочь в профилактике ожирения и диабета. Биологические эффекты антоцианов и флавоноидов во многом обусловлены их антиоксидантной активностью [19]. В исследовании японских ученых доказан протекторный эффект экстракта «голубых» томатов на гибель клеток фоторецепторов мышей, запускаемую под действием перекиси водорода [20], т.е. доказан антиоксидантный эффект этих плодов в эксперименте *in vitro*.

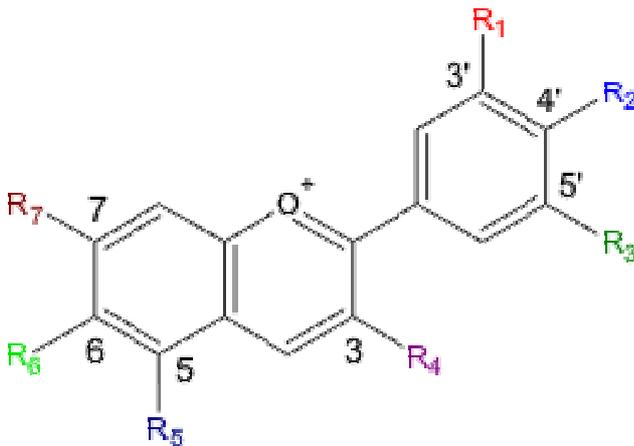


Рис. 1. Общая структура антоцианов

Потребители все больше ориентируются на новые сорта овощей с высокой нутрицевтической ценностью. К ним в полной мере можно отнести сорта томатов с антоциановой окраской.

Растения томатов содержат в своих вегетативных тканях (в листьях и побегах) разнообразные флавоноиды, в том числе антоцианы. В плодах же накапливается лишь небольшое количество нарингенинового халкона (промежуточный биосинтетический путь флавоноидов) и некоторых флавонолов, таких как гликозиды кверцетина и кемпферола, которые концентрируются в кожице.

В норме растения культурных томатов не синтезируют антоцианы в плодах. «Черные» плоды являются результатом мутаций, влияющих на распад хлорофилла и содержание каротиноидов, но не связаны с производством антоциана [21]. В отличие от этого синтез антоцианов в плодах сохраняется у некоторых близких видов дикого томата, таких как *Solanum chilense* Dunal. или других. Межвидовые скрещивания с дикорастущими видами дают возможность культивируемым гибридам производить небольшие количества антоцианов в плодах, что в настоящее время и ис-

пользуется для выведения сортов с необычным окрасом плодов.

Томаты с синей окраской содержат от 11 до 23 различных видов антоцианов, в том числе 3 антоцианидина (дельфинидин, петунидин и мальвидин), связанные с одними или несколькими молекулами глюкозы, рутинозы, *n*-кумаровой и кофейной кислот [20, 22, 23]. Большая часть антоцианов, имеющих в плодах таких томатов, сосредоточена в кожице при практически полном отсутствии их в семенах и мякоти [20]. Последний факт так и не нашел объяснения в современной научной литературе [19]. Количество антоцианов в окрашенных плодах томатов существенно различается в разных исследованиях: 20,6-66,5 мг/100 г свежих плодов [23], 7,79-110,79 мг/100 г [22], 10-30 мг/100 г свежих плодов [24], что определяется в том числе и условиями выращивания растений [20]. По мере созревания уровень антоцианов в плодах томата меняется [25].

**Происхождение сортов с антоциановой окраской плодов.** Попытки получения подобных томатов предпринимаются давно, в том числе и в нашей стране. Однако получить стабильные сорта удалось немногим.

Селекционер овощных культур и генетик из университета штата Орегон в г. Корваллис (США) Джим Майерс известен тем, что получил фиолетовые помидоры с антоцианами в составе плодов. Подобные попытки предпринимались селекционерами достаточно давно, но не все они увенчались успехом. При этом в качестве исходного материала используются различные виды томатов, в том числе дикие (например, *Solanum lycopersicoides*, *S. peruvianum*, *S. chilense* и *S. cheesmaniae*). Один сорт, полученный в результате этих усилий, названный Фиолетовое пятно (Purple Smudge), был создан в 1950-х годах XX в. и слабо экспрессировал гены, продуцирующие антоциан [24]. Возникла необходимость по проведению дальнейшей селекционной работы с антоциановой окраской плодов.

В качестве решения этой проблемы Д. Майерс и его команда использовали межвидовые гибриды между *S. chilense* и *S. cheesmaniae*. Гипотеза, что при объединении генов от двух диких видов будет получено резкое увеличение экспрессии пигмента, полностью подтвердилась. Результатом этой работы стал сорт Индиго Роуз, который содержит от 10 до 30 мг антоцианов на 100 г свежих плодов [24]. Необходимо подчеркнуть, что

при создании данного сорта использовались только традиционные методы селекции, т.е. Индиго Роуз не является трансгенным сортом, хотя и генетически модифицированные сорта томата с антоциановой окраской плодов на сегодняшний день также существуют [26].

Введение гена, отвечающего за синтез антоциана, может быть достигнуто путем объединения доминантного гена *anthocyanin fruit* (*Aft*) из *Solanum chilense* и рецессивного гена *atrorosea* (*atr*) из *S. cheesmaniae* в генофонд культивируемых помидоров [27, 28].

Самыми известными и успешными на сегодняшний день оригинаторами антоциановых сортов являются американские селекционеры Бред Гейтс (Brad Gates), Джим Майерс (Jim Myers), Марк Маккаслин (Mark McCaslin).

В зарубежной литературе томаты с антоциановой окраской плодов называют «голубыми» (blue) или «фиолетовыми» (purple). Среди любителей-коллекционеров США распространено название «анто-томаты» (antho tomato).

**Устойчивость антоциановых сортов томата к болезням.** Считается, что дикие сорта и гибриды томата меньше подвержены заболеваниям по сравнению с культурными видами и сортами. В некотором смысле это действительно так, однако их устойчивость не абсолютна, что и подтверждают отдельные исследования. Так, в работе [29] утверждается о сильном поражении томатов сорта Индиго Роуз мучнистой росой по сравнению с другими изучаемыми сортами (в качестве примечания авторы указывают, что поражение этой болезнью не сопровождалось хлорозом), однако этот же сорт показал максимальную резистентность к поражению альтернариозом и септориозом томатов.

Доказано, что сорта томатов с высоким содержанием антоцианов в плодах гораздо дольше хранятся без перезревания и меньше подвергаются порче при влиянии такого распространенного возбудителя порчи плодов, как *Botrytis cinerea* [30, 31].

**Некоторые особенности культивирования сортов томата с антоциановой окраской плодов.** На сегодняшний день сортимент антоциановых томатов очень широк и представлен отличающимися по форме, размерам и особенностям роста разновидностями. Представлен более чем сотней сортов. Среди них можно отметить следующие: Де-барао синий, Желтый дракон (здесь и далее в скобках приведено оригинальное назва-

ние сорта: Yellow dragon), Уссурийский тигр (Ussuri tiger), Сержант Пепперс (Sgt. Pepper's), Королева ночи (Queen of the night), Анютины глазки (Pansy ap), Оранжевый фиолетовый (Orange purple), Отличный белый блюз (Great white blues), Гаргамель (Gargamel), Сталь Дамаска (Damask Steel), Синий клементин (Clementine blue), Шеф Юбер (Chef Hubert), Баскью голубой шмель (Bosque blue bumblebee), Синий Том (Blue Tom), Черная красота (Black beauty), Голубая амброзия (Ambrosia blue), Фиолетовый дракон (Purple dragon), Helsing Jungtion blues, H-34 Rot, Blevé P-20, Черная гроздь, Osu+P20 blue, Индиго-яблоко, Индиго Роуз, Черника и многие другие.

Как правило, при формировании растений антоциановые сорта можно отличить от обычных начиная с момента всходов. Стебель у молодых растений заметно более темного цвета, чем у других сортов. Эта особенность сохраняется и во время следующих фаз роста и развития. На рисунке 2 изображен внешний вид формирующегося растения сорта Индиго Роуз в условиях открытого грунта после 20-30 дней от высадки рассады. Хорошо заметна антоциановая окраска стеблей и черешков листьев при обычном зеленом цвете пластинок листа. Хотя справедливости ради необходимо отметить, что данная особенность проявляется у разных сортов с разной интенсивностью и в разные сроки.

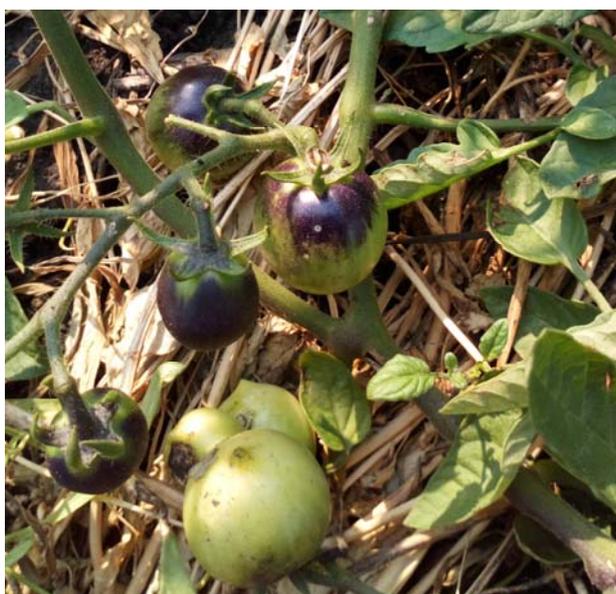
На рисунке 3 изображены растущие плоды томата сорта H-34 Rot. На первой фотографии видно, что антоциан присутствует лишь на плечах плодов; на второй фотографии окраска кожицы плодов стала более интенсивной, что объясняется тем, что формирующиеся плоды стали более доступны солнечным лучам (раздвинуты побеги и листья, часть листьев срезана). Разница между фотографиями составляет 5 дней. Таким образом, такие томаты могут достаточно быстро синтезировать значительные количества антоцианов под действием света, что необходимо использовать при их культивировании для увеличения содержания полезных соединений.

На рисунке 4 изображен томат сорта Черная гроздь. По сравнению с сортом H-34 Rot антоциановая окраска более насыщенная и занимает практически всю поверхность плодов.

При созревании верхняя антоциановая, окрашенная ранее часть плода томатов практически не изменяется; неокрашенная же приобретает характерный для сорта цвет (рис. 5).



**Рис. 2. Фрагмент растений томата сорта Индиго Роуз**



**Рис. 3. Внешний вид формирующихся плодов томата сорта H-34 Rot**

Основная окраска плодов может быть разной, не только красной, но и желтоватой, и содержать полосы (например, сорта Гаргамель, Мечта Алисы и другие, рисунок 6). Форма, размер плодов, характер кисти также различаются; встречаются также опушенные сорта с антоцианом (Мохнатый Кейт).

Таким образом, антоциановые сорта томатов способны удовлетворить самый взыскательный вкус и занять достойное место среди уже знакомых потребителю плодов. Важной особенностью таких плодов является сочетание хорошо извест-

ных содержащихся в высоком количестве липофильных каротиноидов ( $\gamma$ -,  $\beta$ -каротин, ликопин, фитоен, неуроспорин, неоликопин) и гидрофильных антоцианов, что существенно усиливает эффективность их совместной антиоксидантной активности. Уникальный химический состав обуславливает перспективность использования томатов с антоцианами для получения продуктов функциональной направленности. Важной особенностью является тот факт, что при высушивании и замораживании антоцианы не теряют своих полезных свойств.



**Рис. 4. Внешний вид плодов томата сорта Черная гроздь**



**Рис. 5. Внешний вид плодов томата сорта Н-34 Rot в разной степени зрелости (справа – вид плода сверху)**



**А**



**Б**



**В**



**Г**

**Рис. 6. Фрагменты зрелых плодов томата антоциановых сортов:  
А, Б – Отличный белый блюз, В – Гаргамель, Г – Мечта Алисы**

## Выводы

Выращивание томатов с антоциановой окраской плодов является перспективным направлением для отрасли овощеводства Российской Федерации, особенно в части получения функциональной пищевой продукции. Выращивание и реализация овощной продукции, содержащей комплекс веществ с антиоксидантными свойствами, отвечает концепции здорового питания и способствует улучшению состояния здоровья потребителей. Для повышения антиоксидантных свойств и дополнительного накопления антоцианов в кожице плодов этих томатов рекомендуется открывать формирующиеся кисти воздействию прямых солнечных лучей.

## Библиографический список

1. Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: приказ Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614.
2. Редичкина Т.А. Селекция крупноплодных гибридов томата с яйцевидной формой плода для защищенного грунта и разработка элементов технологии их выращивания: автореф. ... канд. с.-х. наук. – М., 2016. – 25 с.
3. Максимова Е., Ганенко И. Тепличная отрасль в 2017 году оставалась одним из самых доходных сегментов АПК / Агроинвестор. – 2018. – Режим доступа: <http://www.agroinvestor.ru/analytics/news/29182-teplichnaya-otrasl-odin-iz-samykh-rentabelnykh-sektorov-apk/>.
4. Король В.Г. Агробиологические основы повышения эффективности производства овощей в зимних теплицах: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. – М., 2011. – 42 с.
5. Король В.Г. Выращивание гибрида томата F1 Т-34 в продленном обороте зимних остекленных теплиц // Гавриш. – 2013. – № 3. – С. 12-14.
6. Сергеев В.В. Методика оценки структуры соцветия вишневидных томатов при создании гибридов F1, пригодных для сбора кистями: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 2009. – 30 с.
7. Васильева М.Ю. Перспективы создания гибрида F1 крупноплодного томата для защищенного грунта // Гавриш. – 2005. – № 6. – С. 27-30.
8. Маковой М.Д. Генотипическая вариабельность по основным хозяйственно ценным признакам в потомстве межсортового гибрида томата // Селекция на адаптивность и создание нового генотипа в современном овощеводстве (VI Квасниковские чтения). – 2013. – С. 223-226.
9. Hoballah M.E., Gubitz T., Stuurman J., et al. (2007). Single gene-mediated shift in pollinator attraction in *Petunia*. *Plant Cell*. Vol. 19 (3): 779-790. DOI: 10.1105/tpc.106.048694.
10. Ahmed N.U., Park J.I., Jung H.J., et al. (2014). Characterization of dihydroflavonol 4-reductase (DFR) genes and their association with cold and freezing stress in *Brassica rapa*. *Gene*. Vol. 550 (1): 46-55. DOI: 10.1016/j.gene.2014.08.013.
11. Qiu Z., Wang X., Gao J., et al. (2016). The tomato Hoffman's anthocyaninless gene encodes a bHLH transcription factor involved in anthocyanin biosynthesis that is developmentally regulated and induced by low temperatures. *PLoS One*. Vol. 11 (3): e0151067. DOI: 10.1371/journal.pone.0151067.
12. Liu Y., Tikunov Y., Schouten R.E., et al. (2018). Anthocyanin biosynthesis and degradation mechanisms in Solanaceous vegetables: a review. *Front. Chem.* – Vol. 6: 52. DOI: 10.3389/fchem.2018.00052.
13. Ogawa K., Tsuruma K., Tanaka J., et al. (2013). The protective effects of bilberry and lingonberry extracts against UV light-induced retinal photoreceptor cell damage in vitro. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 61 (43): 10345-10353. doi: 10.1021/jf402772h.
14. Ogawa K., Kuse Y., Tsuruma K., et al. (2014). Protective effects of bilberry and lingonberry extracts against blue light-emitting diode light-induced retinal photoreceptor cell damage in vitro. *BMC Complement Altern. Med.* Vol. 14: 120. DOI: 10.1186/1472-6882-14-120.
15. Lightbourn G.J., Stommel J.R., Griesbach R.J. (2007). Epistatic interactions influencing anthocyanin gene expression in *Capsicum annum*. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* Vol. 132 (6): 824-829.
16. Jiang M., Ren L., Lian H., et al. (2016). Novel insight into the mechanism underlying light-controlled anthocyanin accumulation in eggplant (*Solanum melongena* L.). *Plant Sci.* Vol. 249: 46-58. DOI: 10.1016/j.plantsci.2016.04.001.
17. Meng X., Wang J.R., Wang G.D., et al. (2015). An R2R3-MYB gene, LeAN2, positively regulated the thermo-tolerance in transgenic tomato. *J. Plant Physiol.* Vol. 175: 1-8. DOI: 10.1016/j.jplph.2014.09.018.
18. Gonzali S., Mazzucato A., Perata P. (2009). Purple as a tomato: towards high anthocyanin tomatoes. *Trends Plant Sci.* Vol. 14 (5): 237-241. DOI: 10.1016/j.tplants.2009.02.001.

19. Chaves-Silva, S., dos Santos A.L., Chalfun-Junior A., et al. (2018). Understanding the genetic regulation of anthocyanin biosynthesis in plants-tools for breeding purple varieties of fruits and vegetables. *Phytochemistry*. Vol. 153: 11-27. DOI: 10.1016/j.phytochem.2018.05.013.
20. Ooe E., Ogawa K., Horiuchi T., et al. (2016). Analysis and characterization of anthocyanins and carotenoids in Japanese blue tomato. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* Vol. 80 (2): 341-349. DOI: 10.1080/09168451.2015.1091715.
21. Mes P.J., Boches P., Myers J.R., et al. (2008). Characterization of tomatoes expressing anthocyanin in the fruit. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* Vol. 133 (2): 262-269.
22. Wang Y., Luo Z., Lu C., et al. (2019). Transcriptome profiles reveal new regulatory factors of anthocyanin accumulation in a novel purple-colored cherry tomato cultivar Jinling Moyu. *Plant Growth Regulation*. Vol. 87 (1): 9-18. DOI: 10.1007/s10725-018-0444-y.
23. Jones C.M., Mes P., Myers J.R. (2003). Characterization and inheritance of the Anthocyanin fruit (Aft) tomato. *J. Hered.* Vol. 94 (6): 449-456. DOI: 10.1093/jhered/esg093.
24. Gruber K. (2017). Agrobiodiversity: The living library. *Nature*. Vol. 544 (7651): S8-S10.
25. Borghesi E., Ferrante A., Gordillo B., et al. (2016). Comparative physiology during ripening in tomato rich-anthocyanins fruits. *Plant Growth Regulation*. Vol. 80: 207-214. DOI: 10.1007/s10725-016-0158-y.
26. Su X., Xu, J., Rhodes, D., et al. (2016). Identification and quantification of anthocyanins in transgenic purple tomato. *Food Chemistry*. Vol. 202: 184-188. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.01.128.
27. Povero G., Gonzali S., Bassolino L., et al. (2011). Transcriptional analysis in high-anthocyanin tomatoes reveals synergistic effect of Aft and atv genes. *J. Plant Physiol.* Vol. 168 (3): 270-279. DOI: 10.1016/j.jplph.2010.07.022.
28. Maligeppagol M., Chandra G.S., Navale P.M., et al. (2013). Anthocyanin enrichment of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit by metabolic engineering. *Current Science*. Vol. 105 (1): 72-80.
29. Brown, Rebecca, "2011 Vegetable Variety Report" (2012). *Rhode Island Agricultural Experiment Station Bulletin*. Paper 12. [http://digitalcommons.uri.edu/riaes\\_bulletin/12](http://digitalcommons.uri.edu/riaes_bulletin/12).
30. Bassolino L., Zhang Y., Schoonbeek H.J., et al. (2013). Accumulation of anthocyanins in tomato skin extends shelf life. *New Phytologist*. Vol. 200 (3): 650-655. DOI: 10.1111/nph.12524.
31. Zhang, Y., Butelli E., De Stefano R., et al. (2013). Anthocyanins double the shelf life of tomatoes by delaying overripening and reducing susceptibility to gray mold. *Curr. Biol.* Vol. 23 (12): 1094-1100. DOI: 10.1016/j.cub.2013.04.072.

## References

1. Ob utverzhdenii Rekomendatsiy po ratsionalnym normam potrebleniya pishchevykh produktov, otvechayushchikh sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya: prikaz Ministerstva zdorovookhraneniya RF ot 19 avgusta 2016 g. No. 614.
2. Redichkina T.A. Seleksiya krupnoplodnykh gibridov tomata s yaytsevidnoy formoy ploda dlya zashchishchennogo grunta i razrabotka elementov tekhnologii ikh vyrashchivaniya: avtoref. ... kand. s.-kh. nauk. – M., 2016. – 25 s.
3. Maksimova Ye., Ganenko I. Teplichnaya otrasl v 2017 godu ostavalas odnim iz samykh dokhodnykh segmentov APK [Elektronnyy resurs] / Agroinvestor, 2018. – Rezhim dostupa: <http://www.agroinvestor.ru/analytics/news/29182-teplichnaya-otrasl-odin-iz-samykh-rentabelnykh-sektorov-apk/>.
4. Korol V.G. Agrobiologicheskie osnovy povysheniya effektivnosti proizvodstva ovoshchey v zimnikh teplitsakh: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk. – M., 2011. – 42 s.
5. Korol V.G. Vyrashchivanie gibrida tomata F1 T-34 v prodlenom oborote zimnikh osteklennykh teplits / Gavrish. – 2013. – No. 3. – S. 12-14.
6. Sergeev V.V. Metodika otsenki struktury sotsvetiya vishnevidnykh tomatov pri sozdanii gibridov F1, prigodnykh dlya sbora kistyami: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – M., 2009. – 30 s.
7. Vasileva M.Yu. Perspektivy sozdaniya gibrida F1 krupnoplodnogo tomata dlya zashchishchennogo grunta / Gavrish. – 2005. – No. 6. – S. 27-30.
8. Makovey M.D. Genotipicheskaya variabelnost po osnovnym khozyaystvenno tsennym priznakam v potomstve mezhsortovogo gibrida tomata // Seleksiya na adaptivnost i sozdanie novogo genofonda v sovremennom ovoshchevodstve (VI Kvasnikovskie chteniya). – 2013. – S. 223-226.
9. Hoballah M.E., Gubitza T., Stuurman J., et al. (2007). Single gene-mediated shift in pollinator attraction in *Petunia*. *Plant Cell*. Vol. 19 (3): 779-790. DOI: 10.1105/tpc.106.048694.
10. Ahmed N.U., Park J.I., Jung H.J., et al. (2014). Characterization of dihydroflavonol 4-reductase (DFR) genes and their association with

- cold and freezing stress in *Brassica rapa*. *Gene*. Vol. 550 (1): 46-55. DOI: 10.1016/j.gene.2014.08.013.
11. Qiu Z., Wang X., Gao J., et al. (2016). The tomato Hoffman's anthocyaninless gene encodes a bHLH transcription factor involved in anthocyanin biosynthesis that is developmentally regulated and induced by low temperatures. *PLoS One*. Vol. 11 (3): e0151067. DOI: 10.1371/journal.pone.0151067.
12. Liu Y., Tikunov Y., Schouten R.E., et al. (2018). Anthocyanin biosynthesis and degradation mechanisms in Solanaceous vegetables: a review. *Front. Chem.* – Vol. 6: 52. DOI: 10.3389/fchem.2018.00052.
13. Ogawa K., Tsuruma K., Tanaka J., et al. (2013). The protective effects of bilberry and lingonberry extracts against UV light-induced retinal photoreceptor cell damage in vitro. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 61 (43): 10345-10353. doi: 10.1021/jf402772h.
14. Ogawa K., Kuse Y., Tsuruma K., et al. (2014). Protective effects of bilberry and lingonberry extracts against blue light-emitting diode light-induced retinal photoreceptor cell damage in vitro. *BMC Complement Altern. Med.* Vol. 14: 120. DOI: 10.1186/1472-6882-14-120.
15. Lightbourn G.J., Stommel J.R., Griesbach R.J. (2007). Epistatic interactions influencing anthocyanin gene expression in *Capsicum annum*. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* Vol. 132 (6): 824-829.
16. Jiang M., Ren L., Lian H., et al. (2016). Novel insight into the mechanism underlying light-controlled anthocyanin accumulation in eggplant (*Solanum melongena* L.). *Plant Sci.* Vol. 249: 46-58. DOI: 10.1016/j.plantsci.2016.04.001.
17. Meng X., Wang J.R., Wang G.D., et al. (2015). An R2R3-MYB gene, LeAN2, positively regulated the thermo-tolerance in transgenic tomato. *J. Plant Physiol.* Vol. 175: 1-8. DOI: 10.1016/j.jplph.2014.09.018.
18. Gonzali S., Mazzucato A., Perata P. (2009). Purple as a tomato: towards high anthocyanin tomatoes. *Trends Plant Sci.* Vol. 14 (5): 237-241. DOI: 10.1016/j.tplants.2009.02.001.
19. Chaves-Silva, S., dos Santos A.L., Chalfun-Junior A., et al. (2018). Understanding the genetic regulation of anthocyanin biosynthesis in plants-tools for breeding purple varieties of fruits and vegetables. *Phytochemistry*. Vol. 153: 11-27. DOI: 10.1016/j.phytochem.2018.05.013.
20. Ooe E., Ogawa K., Horiuchi T., et al. (2016). Analysis and characterization of anthocyanins and carotenoids in Japanese blue tomato. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* Vol. 80 (2): 341-349. DOI: 10.1080/09168451.2015.1091715.
21. Mes P.J., Boches P., Myers J.R., et al. (2008). Characterization of tomatoes expressing anthocyanin in the fruit. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* Vol. 133 (2): 262-269.
22. Wang Y., Luo Z., Lu C., et al. (2019). Transcriptome profiles reveal new regulatory factors of anthocyanin accumulation in a novel purple-colored cherry tomato cultivar Jinling Moyu. *Plant Growth Regulation*. Vol. 87 (1): 9-18. DOI: 10.1007/s10725-018-0444-y.
23. Jones C.M., Mes P., Myers J.R. (2003). Characterization and inheritance of the Anthocyanin fruit (Aft) tomato. *J. Hered.* Vol. 94 (6): 449-456. DOI: 10.1093/jhered/esg093.
24. Gruber K. (2017). Agrobiodiversity: The living library. *Nature*. Vol. 544 (7651): S8-S10.
25. Borghesi E., Ferrante A., Gordillo B., et al. (2016). Comparative physiology during ripening in tomato rich-anthocyanins fruits. *Plant Growth Regulation*. Vol. 80: 207-214. DOI: 10.1007/s10725-016-0158-y.
26. Su X., Xu, J., Rhodes, D., et al. (2016). Identification and quantification of anthocyanins in transgenic purple tomato. *Food Chemistry*. Vol. 202: 184-188. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.01.128.
27. Povero G., Gonzali S., Bassolino L., et al. (2011). Transcriptional analysis in high-anthocyanin tomatoes reveals synergistic effect of Aft and atv genes. *J. Plant Physiol.* Vol. 168 (3): 270-279. DOI: 10.1016/j.jplph.2010.07.022.
28. Maligeppagol M., Chandra G.S., Navale P.M., et al. (2013). Anthocyanin enrichment of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit by metabolic engineering. *Current Science*. Vol. 105 (1): 72-80.
29. Brown, Rebecca, "2011 Vegetable Variety Report" (2012). *Rhode Island Agricultural Experiment Station Bulletin*. Paper 12. [http://digitalcommons.uri.edu/riaes\\_bulletin/12](http://digitalcommons.uri.edu/riaes_bulletin/12).
30. Bassolino L., Zhang Y., Schoonbeek H.J., et al. (2013). Accumulation of anthocyanins in tomato skin extends shelf life. *New Phytologist*. Vol. 200 (3): 650-655. DOI: 10.1111/nph.12524.
31. Zhang, Y., Butelli E., De Stefano R., et al. (2013). Anthocyanins double the shelf life of tomatoes by delaying overripening and reducing susceptibility to gray mold. *Curr. Biol.* Vol. 23 (12): 1094-1100. DOI: 10.1016/j.cub.2013.04.072.

