

УДК 635.075.57.03

## **ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ПЛОДАХ ТОМАТА В ПРОЦЕССЕ СОЗРЕВАНИЯ**

**Екатерина Владимировна Грошева**

научный сотрудник научно-исследовательской  
проблемной лаборатории "Биофотоника"  
ekaterina2687@mail.ru

**Марина Витальевна Маслова**

старший научный сотрудник научно-исследовательской  
проблемной лаборатории "Биофотоника"  
marinamaslova2009@mail.ru

**Ольга Николаевна Будаговская**

ведущий научный сотрудник научно-исследовательской  
проблемной лаборатории "Биофотоника"  
budagovsky@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет  
г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** В статье рассматриваются проблемы физиологических изменений, происходящих в плодах томата в процессе созревания и хранения. Отмечено, что диагностика зрелости плодов играет важную роль при оптимизации сроков съёма урожая, определение длительности хранения, минимизации потерь товарной продукции. Используемые в овощеводстве органолептические, биохимические и механические методы оценки зрелости плодов, основаны на субъективной оценке размеров, цвета, плотности, вкуса плодов и носят разрушающий характер. Отмечено, что разработка методов и технических средств для количественной диагностики зрелости плодов и

оптимизации условий их хранения является актуальной задачей современного овощеводства.

**Ключевые слова:** томат, окраска, зрелость, диагностика.

Созревание и хранение плодов томата имеет большое экономическое значение для сельского хозяйства, т.к. достаточный срок годности и поддержание качества до его потребления является одной из основных задач для производителей. Развитие плодов томата представляет собой четырехфазный процесс: 1) инициация цветочной меристемы, формирование карпеля и роста завязи; 2) опыление, оплодотворение, закладка плода и возобновление деления клеток; 3) разрастание клеток и последующая их эндоредупликации; 4) начало созревания [1, 2].

Окраска плодов томата обусловлена наличием пигментов, в основном, каротиноидов и является важным показателем качества. Главным пигментом красноплодного томата является ликопин, на долю которого приходится 85 – 95 % от имеющихся в этих томатах каротиноидов. Накопление ликопина контролируют гены R (красная мякоть, высокое содержание) и r (желтая мякоть, низкое содержание ликопина). Совместно с генетическими факторами на накопление ликопина влияют и внешние, например, температура. Ряд исследователей [3; 4; 5] отмечают, что наиболее оптимальной температурой для биосинтеза ликопина является 23 – 25°C, повышение температуры воздуха выше данных показателей тормозит его биосинтез, что сказывается на потере товарности плодов.

Характерная пигментация красных спелых плодов томатов обусловлена отложением ликопина, преобладающего каротиноида, содержащегося в плодах томатов, и  $\beta$ -каротина, которые связаны с изменением цвета с зеленого на красный, когда хлоропласты превращаются в хромопласты. На стадии созревания томатов, т. е. когда красный или оранжевый окрас становится очевидным для человеческого глаза, ликопин начинает накапливаться, и его концентрация в спелых плодах значительно увеличивается [6].

В связи с появлением сортов и гибридов томата с различным цветом плодов актуальным становится анализ влияния содержания пигментов каротиноидного типа (каротин ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  - изомеры), ксантофил и ликопин) на

окраску плодов томата. Их содержание и соотношение в плодах является сортовым признаком, определяющим окраску плодов в фазе их биологической спелости [7].

Пищевая ценность плодов томата связана с содержанием в них каротиноидов, полифенолов, растворимых сахаров, органических кислот, минералов и витаминов. Выделены образцы томата с высоким содержанием отдельных химических веществ, а также по комплексу признаков, которые могут быть использованы в качестве источников в селекции на повышенное содержание сухого вещества, сахаров, аскорбиновой кислоты, пигментов и антоцианов [8].

Качество урожая плодов томата обуславливается их физиологическими и биохимическими характеристиками плодов, которые зависят от условий, обеспечивающих рост и развитие растений. Для создания этих условий производителям томата необходимо искать современные экологически безопасные и эффективные способы их производства [9].

При капельном поливе растений томата увеличивается содержание сухого вещества и суммы сахаров на 0,4 – 0,5 %. Выявлено, что красные и перезрелые плоды содержат меньше нитратов на 9 – 10 мг/кг сырой массы по сравнению с содержанием нитратов в бурых плодах (33 мг/кг сырой массы) [10].

Исследование процессов, происходящих при транспортировке и хранении зрелых плодов томата (размягчения, повреждения и растрескивания) показало, что устойчивость томатов при перевозке зависит от степени их созревания, объема, формы плодов, особенности упаковки продукта, способов хранения и главное от их твердости [11].

Процент сухого вещества в плодах томата после хранения повышается. Плоды после хранения имеют высокую товарность плодов, прекрасные вкусовые качества за счет увеличения сахаро-кислотного индекса. Лучшими вкусовыми качествами обладают плоды с сахаро-кислотным индексом не ниже 7 при содержании в них сахаров свыше 3 %. Содержание сухого вещества в

плодах томата в большей или меньшей степени варьирует от условий выращивания и погодных условий вегетационного периода [12].

В начале созревания в зеленых томатах наблюдается увеличение содержания этилена, что в конечном итоге приводит к увеличению его концентрации во время созревания плодов, а затем к медленному снижению. Этилен инициирует каскад изменений, одно из которых превращение твердого, неприятного на вкус зеленого плода в привлекательный, ярко окрашенный сочный и питательный [13].

Для коммерческой сортировки зрелости плодов по внешнему виду разрабатываются приборы, измеряющие цвет (например, появление красного пигмента ликопина). Однако, они не эффективны для определения стадии созревания зеленых плодов, поскольку они не могут обнаружить ликопин, который сначала накапливается во внутренней ткани колумеллы плодов, когда они начинают созревать. Сильно меняющееся содержание хлорофилла делает его неточным показателем зрелости плодов. Надежными индикаторами данного показателя в настоящее время считают уровень накопления ликопина, выработку этилена и разжижение содержимого локулы. К неразрушающим методам определения внутренних дефектов и степени зрелости плодов относят акустические, ближние инфракрасные (NIR), NMR, MRI и многие другие технологии, которые используют либо проникающее излучение, либо резонансные свойства растительных тканей для раскрытия их физиологического состояния [14].

Однако приборы, разработанные на основе вышеперечисленных методов, на производстве не имеют широкого распространения. Диагностика зрелости плодов играет важную роль при оптимизации сроков съема урожая, определении длительности хранения, минимизации потерь товарной продукции, разработке логистических и маркетинговых схем. В нашей стране распространение получили качественные органолептические методы, основанные на субъективной оценке размеров, цвета, плотности и вкуса плодов

или биохимические и механические, позволяющие получить количественные оценки, но разрушающим способом.

В связи с этим разработка методов и технических средств для количественной диагностики зрелости плодов и оптимизации условий их хранения является актуальной задачей современного овощеводства. Анализ отечественной и зарубежной научной литературы показал, что наиболее перспективными для овощеводства являются оптические методы [15].

### Список литературы:

1. Генеративное развитие томата. Овощеводство. URL: <https://universityagro.ru>, свободный (дата обращения: 17.03.2023).
2. Tomatoes. 2nd Ed. by Ep Heuvelink. Wageningen University Research. The Netherlands. 2018. 378 p.
3. Клебанов Г.И., Капитанов А.Б., Теселкин Ю.О. Антиоксидантные свойства ликопина // Биологические мембраны. 1998. Т. 15. № 2. С. 227-237.
4. Foyer C.H., Noctor G. Oxygen processing in Photosynthesis: Regulation and Signaling. // New Phytol. 2000. V. 146. P. 359-388.
5. Wertz K., Siler U., Goralczyk R. Lycopene: modes of action to promote prostate health. // Arch. Biochem. and Biophys. 2004. V. 430. P. 127-134.
6. Alexander L., Grierson D. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening // Journal of experimental botany. 2002. V. 53. N 377. P. 2039-2055.
7. Масловский С.А., Ушакова М.И., Черенков А.А. Пигменты каротиноидного типа в плодах томата различной окраски // Картофель и овощи. 2013. № 3. С. 13-14.
8. Biochemical composition of tomato fruits of various colors / A.B. Kurina, A.E. Solovieva, I.A. Khrapalova, A.M. Artemyeva // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. 25(5). P. 514-527.

9. Малообъемная технология типа «Фитопирамида» и потенциал гибридов томата / М.Н.М. Аль-Рукаби, В.И. Леунов, Т.А. Терешонкова, А.К. Спасский // Картофель и овощи. 2021. №12. С. 31-34.

10. Степуро М.Ф. Влияние способов полива и степени зрелости плодов томата на урожайность и биохимический состав плодов // Овощеводство. 2022. Т. 29. С. 188-193.

11. Алиев Ч.С. Технология транспортирования и хранения плодов томата (*Lycopersicones-Culentum* Mill.) в условиях Азербайджана // Развитие и внедрение современных наукоемких технологий для модернизации агропромышленного комплекса. 2020. С. 15-20.

12. Кондратьева И.Ю., Павлов В.Л. Содержание сухого вещества в плодах томата в зависимости от фазы развития растений и условий выращивания // Известия ФНЦО. 2021. №. 1-2. С. 90-95.

13. Tomato fruit development and metabolism / M. Quinet, T. Angosto, F. J. Yuste-Lisbona, R. Blanchard-Gros, S. Bigot, J. P. Martinez, S. Lutts // *Frontiers in plant science*. 2019. V. 10. P. 1554.

14. Abbott J.A., Lu R., Upchurch B.L., Stroshine R.L. Technologies for non destructive quality evaluation of fruit and vegetables // *Horticultural reviews*. 1997. V. 20. N 1. P. 1-120.

15. Оптический способ недеструктивной количественной оценки степени зрелости томатов: пат. 2582957. Рос. Федерация. №2014122583 / Будаговская О.Н., Акишин Д.В., Сутормина А.В., Гудковский В.А., заявл. 03.06.2014, опубл. 27.04.2016. Бюл. №12.

16.

## **PHYSIOLOGICAL CHANGES OCCURRING IN TOMATO FRUITS DURING RIPENING**

**Ekaterina V. Grosheva**

researcher at the Biophotonics Research

Laboratory

ekaterina2687@mail.ru

**Marina V. Maslova**

senior Researcher at the Biophotonics Research

Laboratory

marinamaslova2009@mail.ru

**Olga N. Budagovskaya**

leading Researcher at the Biophotonics Research

Laboratory

budagovsky@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia,

**Abstract.** The article deals with the problems of physiological changes occurring in tomato fruits during ripening and storage. It is noted that the diagnosis of fruit maturity plays an important role in optimizing the timing of harvesting, determining the duration of storage, minimizing the loss of marketable products. The organoleptic, biochemical and mechanical methods used in the production of fruit maturity assessment are based on a subjective assessment of the size, color, density, taste of fruits and are destructive in nature. It is noted that the development of methods and technical means for quantitative diagnostics of fruit maturity and optimization of their storage conditions is an urgent task of modern vegetable growing.

**Keywords:** tomato, coloring, maturity, diagnostics.

Статья поступила в редакцию 10.05.2023; одобрена после рецензирования 15.06.2022; принята к публикации 30.06.2023.

The article was submitted 10.05.2023; approved after reviewing 15.06.2022; accepted for publication 30.06.2023.