

Влияние содержания ликопина в томатах на вкусовые качества консервов

© Саидова Саида Сулеймановна

Дагестанский государственный технический университет. пр. Имама Шамиля, 70.

г. Махачкала, 367026. Республика Дагестан. Россия. E-mail: dstu@dstu.ru

Ключевые слова: биотехнология, плоды томатов, ликопин, функциональные пищевые продукты, технология термической обработки, качество консервов.

Аннотация

В статье осуществлен обзор мировых данных об особенностях химического состава плодов томатов и влияния на их качество почвенно-климатических условий выращивания, сортовых особенностей и степени зрелости. Отмечено, что действующая нормативно-техническая документация в Российской Федерации не предусматривает определения веществ функционального действия. Показано, что плоды томатов являются перспективным растениеводческим сырьем для производства функциональных пищевых продуктов и определены направления получения ликопиносодержащих продуктов, консервов, в частности, из плодов томатов. Установлены виды консервов и томато-продуктов содержащих наиболее высокие концентрации ликопина. Обоснована закономерность повышения концентраций ликопина в томатопродуктах при различных способах термической обработки. Доказано незаменимое физиологическое значение ликопина для организма человека, ввиду его антиоксидантных свойств и отсутствия возможности его синтеза. Проанализирована биохимическая природа ликопина как каротиноида и пигмента. Изучены прогрессивные зарубежные технологии переработки томатов, позволяющие сократить экономические расходы на производство, повысить длительность хранения продукции, содержащей предельно высокие концентрации ликопина. Обоснована необходимость разработки отечественных продуктов питания, имеющих физиологическое значение, доступных для потребления в детском и диетическом питании. Доказано, что Республика Дагестан, обладает высоким природно-климатическим и ресурсным потенциалом для выращивания гибридных сортов томатов, содержащих высокие концентрации ликопина и необходимую для рационального производства консервов на основе томатов, массовую долю сухого вещества.

Введение

Постановка проблемы. Современное состояние экологии и повышенный уровень стрессовых ситуаций требует особого внимания к питанию населения страны.

В основе концепций здорового питания разных стран мира лежит применение натуральных органических продуктов и производство пищевых продуктов повышенной биологической ценности. В частности, в Великобритании была предложена модель рационального питания [1], включающая: фрукты и овощи (33%); хлеб, злаковые и картофель (33%); мясо, рыбу и альтернативные продукты типа бобовых (12%); молоко и молочные продукты (15%); жиры и сахар (8%).

В этом направлении особое значение приобретают каротиноиды, полученные из овощей или фруктов. Известно, что наличие каротиноидов в овощах (плодах томатов и перца, моркови красной и так далее) и плодах фруктов (розовых грейпфрутах, абрикосах и тому подобное) придает им красный или ярко-желтый цвет [2].

Каротиноиды (β -каротин) необходимы для нормальной работы органов зрения, роста клеток, кожи, волос, зубов, слизистых оболочек дыхательных путей.

Витамин А и его производные могут предупреждать канцерогенез эпителиальных тканей, а β -каротин способен предупреждать рак кожи, вызванный канцерогенами или ультрафиолетовым излучением (290-320 нм) и установлено, что витамин А оказывает защитное действие при злокачественных процессах [3]. Вопросу подтверждения антиракового эффекта витамина А и определенных каротиноидов (кварцетин и ликопин) посвящены научные работы таких авторов,

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЛИКОПИНА В ТОМАТАХ НА ВКУСОВЫЕ КАЧЕСТВА КОНСЕРВОВ _____ 116-122
как: E. Giovannucci, E.B. Rimm, Y. Liu, M.J. Stampfer [3]; D. Heber, Lu Qing-Yi [4, 5]; J.K. Campbell, K. Canene-Adams, B.L. Lindshield [6]; N.F. Gloria, N. Soares, C. Brand, F.O. Leite, R. Borojevic, A.J. Teodoro [7] и так далее.

В современных условиях, производство и создание новых видов каротиносодержащей продукции является актуальным и необходимым для обеспечения здоровья нации. В этом направлении приобретает значение получение ликопиносодержащей продукции.

Ликопин – это пигментный каротиноид, который необходим организму человека для обеспечения антиоксидантных реакций, и не синтезируется им самостоятельно. Структурно ликопин представляет собой тетратерпен, собранный из восьми изопреновых единиц. Наличие 11 сопряженных двойных связей обуславливает светопоглощающее свойство ликопина и его способность к легкому окислению. При окислении ликопин дает эпоксиды различного состава. Ликопин поглощает все длины волн видимого света, кроме самых длинных, поэтому он имеет красную окраску. В томатах ликопин синтезируется полностью в виде *транс*-изомера (это правильно!). На свету или при нагревании ликопин может подвергнуться изомеризации с образованием *цис*-изомеров. В человеческом кровотоке, различные *цис*-изомеры составляют больше, чем 60% от общей концентрации ликопина, но биологические эффекты отдельных изомеров не исследованы. Ликопин не растворим в воде, растворим только в органических растворителях и маслах [2].

Ликопин ($C_{40}H_{56}$) – это вещество группы каротиноидов, которое определяет диетическую ценность и степень зрелости плода, однако не синтезируется в человеческом организме – но при условии употребления свежих томатов или томатопродуктов обеспечивается потребность в этом веществе организма на 50-80% от общего потребления пищевых продуктов [8].

Попадая в организм человека, ликопин может усиливать его защитные функции, тормозить дегенеративные процессы в тканях, снижать риск инициирования и развития онкологических, сердечно-сосудистых и других патологий. Следовательно, важной является разработка или усовершенствование технологий ликопиносодержащей продукции с последующим ее применением в производстве пищевых продуктов функционального действия.

Теоретическая значимость исследований заключается в обобщении мирового опыта относительно выявления закономерностей изменчивости концентраций ликопина в различных томатопродуктах, в зависимости от вида и интенсивности термической обработки, а также его влияния на полезность и вкусовые качества томатоконсерв, что отражается в наглядном отражении наличия зависимости концентрации ликопина в томатах различных сортов.

Основной блок обзора

Общая площадь под томатами в Дагестане составляла в 2019 во всех категориях хозяйств 74.3 тыс. га. В среднем доля потребления томатов в сегменте овощных культур составляет 15-25%. Более 65% посевных площадей занимают сорта и гибриды отечественной селекции.

На рынке России присутствуют в большинстве, крупноплодные формы томата весом более 250 г. розового, красного и розового-красного цвета, имеющие различную форму плода (округлая, плоско-округлая, сердцевидная, перцевидная и сливовидная). Итак, почвенно-климатические условия Дагестана благоприятны для производства томатов в необходимых объемах для потребления и переработки.

Плоды томатов свежих – это ценные овощные продукты, содержащие аскорбиновую кислоту, каротин, ликопин, минеральные соли и органические кислоты.

Медведевым К.С. и Андрущенко А.И. [17] исследовано влияние степени зрелости на продолжительность хранения, транспортировки и способности к промышленной переработке плодов томатов. Для их переработки важным показателем является содержание массовой доли влаги, которая определяет возможность сушки плодов до определенного влагосодержания и дальнейшего применения в производстве пищевых продуктов.

В исследованиях ученых [10-13] показано, что содержание сухих веществ зависит от биологических особенностей плодов томатов и условий выращивания. В частности, сорт Сливовидный имеет 5.5-7.4% сухого вещества (СВ), сорт Вишневидный – 6.7-9.3% СВ.

Качество плодов томатов, используемых для переработки, также определяется содержанием в них свободных органических кислот, активной кислотностью и сахарокислотным

индексом. Зрелые томаты без повреждений содержат от 0.3 до 0.5% яблочной и лимонной кислот, а также винную, янтарную и щавелевую кислоты [10, 11].

По производственным данным, на консервные заводы поступают томаты с активной кислотностью 3.8 [14]. Углеводы, содержащиеся в томатах, используемых в консервной промышленности представлены в подавляющем большинстве сахарами (глюкоза и фруктоза) в количестве до 4% [2, 10].

Известно, что плоды томатов содержат полифенолы и гликозиды. Большинство из этих соединений имеют горький вкус благодаря содержанию флавонола нарингина и гликоалкалоидов томатина или их производных, а также оксикорических кислот (кофейной, феруловой и коричной).

Важны исследования об особенностях содержания функциональных соединений от степени зрелости плодов томатов. В частности, авторами [11, 12] была установлена такая зависимость для кофейной кислоты: плоды зеленых томатов содержат $4.3 \cdot 10^{-3}\%$ в пересчете на сухую массу от общего количества кислот, в зрелых $4.9 \cdot 10^{-3}\%$, в кожуре плодов $9.7 \cdot 10^{-3}\%$, в семенах $11.9 \cdot 10^{-3}\%$.

Также, было изучено влияние спелости плода на содержание свободных и связанных оксикорических кислот, количество которых меняется от $12 \cdot 10^{-3}\%$ до $40 \cdot 10^{-3}\%$ в пересчете на сухую массу [12] и в зеленых плодах обнаружены их следы.

Содержание (концентрация) веществ в химическом составе томатов, обуславливающих функциональную способность данного продукта интересует многих ученых, и полученные результаты показывают перспективность их потребления (чем выше концентрация, тем более выраженное действие вещество оказывает на функциональность различных систем органов и клеток в организме) в свежем или переработанном виде (таблица).

Таблица. Химический состав плодов томатов свежих и переработанных

Показатель	Томатопродукты				
	свежие	сок	варенные	соус	кетчуп
Калий, мг/100 г	237	229	181	331	382
α -токоферол, мг/100 г	0.54	0.32	0.50	2.08	1.46
Витамин А, IU/100 г	833	450	193	348	933
Витамин С, мг/100 г	12.7	18.3	27.3	7.0	15.1
α -каротин, мг/100 г	101	0	0	0	0
β -каротин, мг/100 г	449	270	75	290	560
Ликопин, мг/100 г	2573	9037	5084	15152	17007
Лютеин + зеаксантин, мг/100 г	123	60	1	0	0
Фитоэн, мг/100 г	1860	1900	1720	2950	3390
Фитофлюэн, мг/100 г	820	830	720	1270	1540

На рисунке, отражена динамика концентрации ликопина в томатах при различной степени тепловой обработки и в зависимости от разновидности томатопродукта.

Данные рисунке, показывают, что наибольшие концентрации ликопина, имеющего одно из ключевых мест в питании человека, содержатся в томатопродуктах и консервах, таких как: соусы и кетчупы. Ввиду этого, именно эти две разновидности консервирования томатов наиболее рационально применять в пищевой промышленности Дагестана, в целях обеспечения населения физиологическими и натуральными продуктами питания, содержащими незаменимый для организма человека каротиноид – ликопин.

Анализ литературных данных относительно содержания каждого из соединений, формирующих функциональную способность томатов, показывает неоднородность в сравнительном содержании в свежем плоде томата относительно определенного продукта, полученного после его переработки. В частности, растет количество соединений в продуктах переработки плодов томатов по показателям: α -токоферол, витамин А и β -каротин (в кетчупе), витамин С и фитофлюэн (в соке, вареных томатах и кетчупе), ликопин и фитоэн (в соке, соусе и кетчупе). Это обусловлено тем, что при нагреве плодов томатов химическая формула ликопина подвергается изменениям переходя с *транс*- в *цис*-форму, которую организм усваивает быстрее и легче [15]. Ликопин термически устойчивый и при термической обработке плодов томатов усиливается функциональная способность томатопродукта.

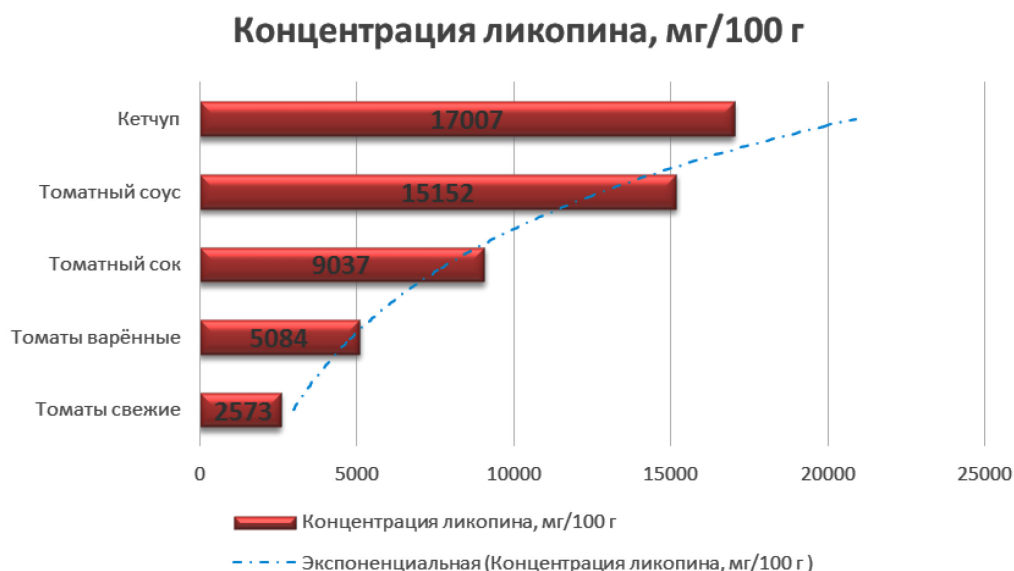


Рисунок. Динамика концентрации ликопина в зависимости от разновидности томатопродукта

T.W. Goodwin [16], Андриященко В.К. [17] и другие ученые, которые изучали влияние генетических и экологических факторов на содержание каротиноидов и ликопина, в частности, в плодах томата, доказали, что большее влияние на их содержание оказывает именно генотип томатов. Согласно Рекомендациям по употреблению пищевых и биологически активных веществ [18], оптимальной дозой потребления ликопина является 5 мг в сутки и максимально допустимым уровнем потребления – 10 мг в сутки.

Учеными из Краснодарского научно-исследовательского института [13] обнаружено, что в красных плодах томатов содержится 20 аминокислот, в том числе 6 незаменимых (валин, лизин, лейцин, изолейцин, треонин, фенилаланин). На этапе созревания плодов содержание большинства аминокислот возрастает, и только количество валина остается неизменным, а гистидина и пролина – снижается.

Изучено антиоксидантное действие томатов и установлено [19, 20], что ликопин «блокирует» негативное воздействие свободных радикалов на организм человека и по антиоксидантному действию он в три раза активнее чем β -каротин. Это способствовало росту интереса к ликопину в медицинской отрасли, что отражено в научных трудах ученых-врачей: Обуховой Л.К. [21 с.179], Клебанова И. [22, с. 70], Heber D. [4], Gloria N. F. [7] и так далее. В частности, было установлено, что средняя концентрация ликопина в плазме крови у здорового человека составляет около 0.5 мкмоль/л. Максимальный уровень ликопина в сыворотке крови отмечается преимущественно в летне-осенний период (с мая по октябрь) [23].

Учитывая важность функциональной способности плодов томатов, особое внимание уделяется их сохранности в течение определенного периода для получения организмом человека необходимого объема полезных соединений и обеспечения перерабатывающего производства. Срок хранения томатов: красного (желтого, оранжевого), розового степени спелости при температуре 0-2 °С – не более чем 1-1.5 мес.; бурой степени зрелости при температуре 4-6 °С, бланжевой степени спелости при температуре 8-10 °С, зеленой степени спелости при температуре 12-14 °С – не более 1 месяца. Относительная влажность воздуха для хранения томатов должна быть 85-90%. Требования к показателям качества плодов томатов регламентировано ГОСТ 1725-85 «Томаты свежие. Технические условия» (действующий) согласно дальнейшего применения плодов в пищевой промышленности.

Как показывает анализ нормативной документации, указанные показатели качества в ГОСТ 1725-85 не предусматривают установление большинства показателей, предусмотренных мировым требованиям, в том числе и содержания ликопина. Большинство томатопродуктов производят из высококонцентрированной пасты, которая не отвечает современным требованиям нутрициологии из-за применения в рецептуре стабилизаторов, красителей и ароматизаторов. Добавление к традиционной рецептуре уксуса и горького перца не дает

возможности использовать томатные продукты в детском и профилактическом питании. Поэтому создание продуктов природного происхождения, которые при условии постоянного употребления, осуществляют регулирующее действие на организм, является актуальным вопросом.

По нашему мнению, перспективными направлениями переработки плодов томатов, а именно, получения томатопродуктов с высоким содержанием ликопина, решит вопрос не только переработки плодов нестандартного размера, но расширения ассортимента отечественной продукции и импорта замещения томатопродуктов из Испании, Италии, США и тому подобное.

Плоды томатов имеют чрезвычайную биологическую ценность для потребления в пищу, а новые сорта позволяют увеличить потребление определенных соединений (например, флавоноидов или ликопина). Но к потребителю плоды могут поступать после их непродолжительного хранения, особенно в зимне-весенний период.

Анализ последних исследований ученых мира позволяет утверждать о целесообразности потребления томатопродуктов, которые благодаря ликопину, приобретают функциональные способности. В частности, консервированные и соленые, а также различной степени концентрации, которые являются уже традиционными для повседневного употребления.

Однако, приобретают актуальность и мало распространенные томатопродукты – сушеные к равновесному и предельному влагосодержанию. Перспективными продуктами являются вяленые плоды томатов, которые могут быть использованы для производства консервированных продуктов с различными пряно-ароматическими культурами в растительном масле. Кроме того, не менее важны сушеные плоды томатов до предельного влагосодержания с получением чипсов или порошка. Производство сухого порошка имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными технологиями переработки томатов, для их хранения не требуется стеклянной и жестяной тары [24]. Сейчас производят также ликопиносодержащие продукты, известные как биологически активные добавки (БАД).

Например, биологически активная добавка «Томатогенин», в одной капсуле которого содержится 6-8 мг активного ликопина, что соответствует 1 кг плодов томатов [25]. В мире ежегодно растет спрос на сухие пищевые ингредиенты, в частности, натуральный порошок, полученный из плодов томатов, стоимость которого за 1 кг составляет 15 долл. США [14, 24]. Крупные предприятия Германии и Франции по производству сушеных плодов томатов не в состоянии удовлетворить потребности рынка. В РФ данное направление только приобретает развитие, в частности, предприятия Дагестана производят вяленые томатопродукты в растительном масле по классической технологии и с острым перцем.

Выводы

1. Аналитическое обозрение показало, что наибольшие концентрации ликопина, имеющего одно из ключевых мест в питании человека, содержатся в томатопродуктах и консервах, таких как: соусы и кетчупы. Ввиду этого, именно эти две разновидности консервирования томатов наиболее рационально применять в пищевой промышленности Дагестана, в целях обеспечения населения физиологическими и натуральными продуктами питания, содержащими незаменимый каротиноид – ликопин.
2. Анализ химического состава плодов томатов и действующие требования к плодам, которые принимают перерабатывающие предприятия, показал, что законодательством РФ не регламентируется требование относительно концентрации ликопина в томатах, поступающих на производство, что отрицательно сказывается на качестве консервной продукции в дальнейшем.
3. Отмечено, что в РФ развивающимся и перспективным является направление производства каротиносодержащих продуктов, в частности ликопиносодержащих, для производства продуктов функционального действия. Установлено, что перспективным направлением переработки плодов томатов является получение сушеных продуктов относительного и предельного влагосодержания с последующим их применением в производстве пищевых продуктов.

Литература

- [1] S. Furuta, Y. Nishiba, J. Suda. Fluorimetric assay for screening antioxidative activity of vegetables. *J. Food Sci.* **2002**. Vol.62. No.3. P.526-528.
- [2] G. Muratore, F. Licciardello, E.J. Maccarone. Evaluation of the chemical quality of a new type of small-sized tomato cultivar, the plum tomato (*Lycopersicon lycopersicum*). *Food Sci.* **2015**. Vol.17. No.1. P.75-81.
- [3] E. Giovannucci, E.B. Rimm, Y. Liu, M.J. Stampfer, W.C. Willett. A prospective study of tomato products, lycopene, and prostate cancer risk. *J Natl Cancer Inst.* **2002**. Vol.94. No.5. P.391-398.
- [4] Heber D. and Qing-Yi Lu. Overview of Mechanisms of Action of Lycopene. *Experemental Bio and Med.* **2012**. Vol.227. No.10. P.920-923.
- [5] David Heber, Qing-Yi Lu. Overview of Mechanisms of Action of Lycopene. First Published November 1, **2002**. Vol.227. Iss.10. P.920-923.
- [6] J.K. Campbell, K. Canene-Adams, B.L. Lindshield, T.W.M. Boileau, S.K. Clinton. Tomato phytochemicals and prostate cancer risk. *Journal of nutrition.* **2016**. Vol.134. No.12. P.411-416.
- [7] Lycopene and Beta-carotene Induce Cell-Cycle Arrest and Apoptosis in Human BreastCancer Cell Lines. Nathalie Fonseca Gloria, Nathalie Soares, Camila Brand, Felipe Leite Oliveira, Radovan Borojevic and Anderson Junger Teodoro. *Anticancer Research.* **2014**. Vol.34. P.1377-1386.
- [8] Бриттон Г. Биохимия природных пигментов: пер. с англ. М.: Мир. **2016**. 422с.
- [9] Растениеводство. Статистический сборник Государственной статистики РФ. Москва. **2019**. 166с.
- [10] Assessment of the quality of fresh tomatoes by color and hardness: [trans. from English.] / Edano Jarl [and others.]. *J. Food Sci.* **2007**. No.4. P.793-796.
- [11] Schindler Mickaela. Phenolik compounds in tomatoes. Natural variations and effect of gamma-irradiation. M. Schindler, S. Solar, G. Sontag [Institute for Analytical Chemistry, University of Vienna]. *Eur. Food Res. And Technol.* **2005**. No.3-4. P.439-445.
- [12] M. Hernandez Suarez, E. M. Rodriguez Rodriguez, C. Diaz Romero. Mineral and trace element concentrations in cultivates of tomatoes. *Food Chem.* **2007**. No.2. P.489-499.
- [13] Смирнов Г.М., Базилевич С.Д., Ракипова В.А., Обуховская Л.В. Накопление нитратов некоторыми овощными и кормовыми культурами при равных уровнях азотного питания. *Кач-во плод. и бахчев. культур.* **2018**. С.128-132.
- [14] Гавриш С.Ф., Галкина С.Н. Томат: обработка и переработка продукции. *Продукты питания.* **2005**. №5. С.15-18.
- [15] Скрипко А.В., Кадникова И.А., Седых В.В. Обоснование параметров процесса получения белково-липидного продукта для пищевых концентратов. *Техника и технология пищевых производств.* **2012**. №1. С.104-108.
- [16] T.W. Goodwin, M. Jamikorn. Biosynthesis of carotenoids in ripening tomatoes. *Nature* **170**. **2012**. No.4316. P.104-105.
- [17] Андриющенко В.К., Выродова Д.А., Выродова А.П., Мугниев А.Ф. Оценка и отбор высококароотиновых форм томата и моркови. *Методические указания Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени Ленина (ВАСХНИЛ).* М. **2011**. 56с.
- [18] S. Devaraj [et al.]. A dose-response study on the effects of purified lycopene supplementation on biomarkers of oxidative stress. *J. Am. Coll. Nutr.* **2008**. No.27(2). P.267-273.
- [19] Драгилев А.И., Лурье И.С. Технология кондитерских изделий Текст. М.: ДеЛи-Принт. **2003**. С.430-435.
- [20] Карнаухов В.Н. Функция каротиноидов – объект биологических исследований. *Биофизика.* **2010**. Т.45. №2. С.364-384.
- [21] Руководство по геронтологии и гериатрии. Под ред. акад. РАМН, проф. В.Н. Ярыгина, проф. Я.С. Мелентьева. М.: ГЭОТАР-Медиа. **2010**. 720с.
- [22] Клебанов Г.И. Любичский О.Б., Ильина С.Е., Медушева Э.А., Рыльцев В.В., Филатов В.Н. Антиоксидантная активность ингибиторов свободно-радикальных реакций, используемых реакций в перевязочном материале для лечения ран. *Биомедицинская химия.* **2006**. №1. С.69-81.
- [23] G.R. Takeoka [et al.]. The influence of technological processing on the content of lycopene and its antioxidant activity in tomatoes. *J. Agr. and Food Chem.* **2001**. Iss.49. No.8. P.3713-3717.
- [24] Болотских А.С. Помидоры. Харьков: Фолио. **2013**. 318с.
- [25] Подобед В.Н. Современная антиоксидантная терапия. Новости экспертизы и регистрации. **2007**. №10. С.48-51.
- [26] ГОСТ 1725-85 «Томаты свежие. Технические условия» (с Изменениями № 1, 2, 3) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200006123>. Дата обращения: 30.03.2020.

The Reference Object Identifier – ROI-jbc-01/20-62-5-116

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/20-62-5-116

Influence of lycopine content in tomatoes on taste qualities of canned goods

© Saida S. Saidova

Dagestan State Technical University. Imam Shamil Ave., 70A.

Makhachkala, 367026. Republic of Dagestan. Russia.

Keywords: biotechnology, tomato fruits, lycopene, functional foods, heat treatment technology, quality of canned food.

Abstract

The article provides a review of world data on the characteristics of the chemical composition of tomato fruits and the impact on their quality of the soil and climatic conditions of cultivation, varietal characteristics and maturity. It is noted that the current regulatory and technical documentation in the Russian Federation does not provide for the determination of functional substances. It has been shown that tomato fruits are a promising plant-growing raw material for the production of functional food products and directions for obtaining lycopene-containing products, canned foods, in particular, from tomato fruits, have been determined. The types of canned food and tomato products containing the highest concentrations of lycopene have been established. The regularity of increasing the concentrations of lycopene in tomato products with various methods of heat treatment is substantiated. The irreplaceable physiological significance of lycopene for the human body is proved, due to its antioxidant properties and the lack of the possibility of its synthesis. The biochemical nature of lycopene as a carotenoid and pigment is analyzed. The progressive foreign technologies of tomato processing have been studied, allowing to reduce the economic costs of production, increase the duration of storage of products containing extremely high concentrations of lycopene. The necessity of developing domestic food products of physiological importance, available for consumption in baby and diet food, is substantiated. It is proved that the Republic of Dagestan has a high climatic and resource potential for growing hybrid varieties of tomatoes containing high concentrations of lycopene and the mass fraction of dry matter necessary for the rational production of canned tomatoes.