

Комплексная переработка томатного сырья с получением томатного красителя ликопина – эликсира жизни

Аида М. Гаджиева ^{1,2}	gadzhieva_aida@mail.ru	 0000-0003-4919-8153
Юсуф М. Султанов ¹	yusultanov@mail.ru	 0000-0002-2149-9626
Заира Н. Рамалданова ²	z.ramaldanova@gmail.com	 0000-0002-9257-2035

1 Дагестанский государственный технический университет, пр-т пр. И. Шамиля, 70, г. Махачкала, 367015, Россия

2 Дагестанский государственный университет народного хозяйства, 5, ул. Джамалутдина Атаева, Махачкала, 367008, Россия

Аннотация. Свежее овощное сырье имеет ограниченные сроки хранения, поэтому необходимо разрабатывать щадящие способы консервирования томатов, позволяющие в максимальной мере сохранить ценные компоненты исходного сырья. В связи с этим весьма актуальной является задача совершенствования способа сушки с максимальным сохранением физиологически ценных веществ исходного сырья. Выполнены исследования по кинетике и моделированию процесса сушки томатов, в задачу которых входила отработка технологии щадящей сушки томатного сырья с максимальным сохранением исходных полезных свойств. Разработали технологию получения из томатных выжимок белковых, липидных и других продуктов повышенной биологической ценности и рекомендации по их применению. Способ получения ликопина из томатов это измельчение плодов, из полученной массы мякоть экстрагируют, с помощью используемого растворителя этилацетата. Полученный экстракт состоит из томатного масла, содержащий в себе помимо ликопина и ряд других компонентов, таких, как жирные кислоты (миристиновая кислота, пальмитиновая кислота, стеариновая кислота, олеиновая кислота, линолевая кислота, бегеновая кислота и другие), неомыляемые и растворимые вещества в воде, фосфорные соединения, фосфолипиды. Полученный экстракт ликопина из томатов предназначен так же для использования в следующих категориях продуктов питания: хлебобулочные изделия, сухие завтраки, молочные продукты, газированные напитки, в фруктовых и овощных соках, конфетах, супах, заправках для салатов. Так же экстракт ликопина получаемый из томатов может использоваться в качестве пищевой добавки. Он стабилен при хранении при комнатной температуре и при температуре 4 °С в течение 37 месяцев.

Ключевые слова: томаты, ликопин, антиоксидант, экстракт, химический состав

Complex processing of tomato raw materials to produce tomato dye lycopene – the elixir of life

Aida M. Gadzhieva ^{1,2}	gadzhieva_aida@mail.ru	 0000-0003-4919-8153
Yusuf M. Sultanov ¹	yusultanov@mail.ru	 0000-0002-2149-9626
Zaira N. Ramaldanova ²	z.ramaldanova@gmail.com	 0000-0002-9257-2035

1 Dagestan State Technical University, I. Shamil Avenue, 70, Makhachkala, 367015, Russia

2 Dagestan State University of National Economy, 5, st. Dzhamalutdina Ataeva, Makhachkala, 367008, Russia

Abstract. Fresh vegetable raw materials have a limited shelf life, therefore, it is necessary to develop gentle methods of canning tomatoes, which allow to preserve the valuable components of the raw material to the maximum extent. In this regard, the task of improving the drying method with maximum preservation of physiologically valuable substances of the raw material is very urgent. Research has been carried out on the kinetics and modeling of the tomato drying process, the task of which was to develop the technology of gentle drying of tomato raw materials with the maximum preservation of the original useful properties. We have developed a technology for obtaining protein, lipid and other products of increased biological value from tomato pomace and recommendations for their use. The method of obtaining lycopene from tomatoes is crushing the fruits, from the resulting mass, the pulp is extracted using the solvent used ethyl acetate. The resulting extract consists of tomato oil, which, in addition to lycopene, contains a number of other components, such as fatty acids (myristic acid, palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, behenic acid, and others), unsaponifiables and soluble substances in water, phosphorus compounds, phospholipids. The obtained lycopene extract from tomatoes is also intended for use in the following food categories: baked goods, breakfast cereals, dairy products, carbonated drinks, fruit and vegetable juices, sweets, soups, salad dressings. The lycopene extract obtained from tomatoes can also be used as a dietary supplement. It is stable when stored at room temperature and at 4 °C for 37 months.

Keywords: tomatoes, lycopene, antioxidant, extract, chemical composition

Введение

Томаты сухие и промежуточной влажностью имеют высокую биологическую ценность, антиоксидантную активность и иммунозащитные свойства. В сушёных томатах в высококонцентрированном виде находятся БАВ, определено содержание ликопина, β-каротина, витамина С, полифенолов и флавоноидов. Высокое содержание в мякоти и кожице томатов ликопина позволяет обогащать им другие пищевые продукты.

Для цитирования

Гаджиева А.М., Султанов Ю.М., Рамалданова З.Н. Комплексная переработка томатного сырья с получением томатного красителя ликопина – эликсира жизни // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 219–223. doi:10.20914/2310-1202-2020-4-219-223

For citation

Gadzhieva A.M., Sultanov Yu.M., Ramaldanova Z.N. Complex processing of tomato raw materials to produce tomato dye lycopene – the elixir of life. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 219–223. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-4-219-223

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Цель работы – разработка технологии получения из томатных выжимок белковых, липидных и других продуктов повышенной биологической ценности и выдаче рекомендаций по их применению.

Материалы и методы

Нами предлагается оригинальная безотходная технология переработки томатов с получением продуктов длительного хранения. Например, в схеме предусмотрена комплексная переработка томатопродуктов, включая мякоть, семена и кожуру. Разрабатываемая нами более полная схема переработки томатов предусматривает получение томатной пасты, томатного порошкового обогатителя, экстрактивного томатного масла из семян, томатного красителя из кожуры, белковой пищевой добавки из шрота семян и кожуры томатов.

В ДГТУ выполнены исследования по кинетике и моделированию процесса сушки томатов, в задачу которых входила отработка технологии щадящей сушки томатного сырья с максимальным сохранением исходных полезных свойств. Было определено, что кинетика деструкции аскорбиновой кислоты при ступенчатой сушке может быть описана экспоненциальным уравнением. Сушка практически не оказывает влияния на сохранность ликопина. Его потери составляют не более 5% от первоначального содержания при обоих режимах сушки. Кинетика покоричневения при традиционной сушке несколько отличалась от разработанного режима. Первую половину сушки оно развивалось очень незначительно, после чего начинался достаточно интенсивный рост, обусловленный, вероятно, повышением температуры на заключительных этапах сушки и увеличением содержания сухих веществ в продукте.

Ликопин – биологически активное вещество растительного происхождения, сильнейший антиоксидант, средство для борьбы со свободными радикалами, способными навредить на клеточном уровне. Ликопин также может способствовать естественной защите организма. Томатопродукты и сами томаты являются весомыми источниками ликопина [1–5].

Несмотря на то, что ликопин относится к каротиноидам, он не обладает А – витаминной активностью.

Ликопин важнейший пищевой краситель, который способен придавать различную цветовую гамму пищевым продуктам от желтых оттенков до красного цвета. Элементами, являющимися основными экстракта ликопина являются транс-ликопины [6, 7].

Способ получения ликопина из томатов это измельчение плодов, из полученной массы мякоть экстрагируют, с помощью используемого

растворителя этилацетата. Полученный экстракт состоит из томатного масла, содержащий в себе помимо ликопина и ряд других компонентов, таких, как жирные кислоты (миристиновая кислота, пальмитиновая кислота, стеариновая кислота, олеиновая кислота, линолевая кислота, бегеновая кислота и другие), неомыляемые и растворимые вещества в воде, фосфорные соединения, фосфолипиды.

Экстрагированный из томатов ликопин представляет собой темно-красную вязкую жидкость, которая легко растворяется в этилацетате и н-гексане. Ликопин в томатах и томатных продуктах состоит преимущественно из транс- и цис-ликопина. Содержание ликопина в томатном экстракте обычно составляет от 5% до 15%, в зависимости от сорта, способа выращивания, географического положения, климатических условий и степени зрелости плодов.

Химическая структура ликопина, представляет собой длинную цепочку с сопряженными двойными связями. Состав ликопина не изменяется при хранении комнатной температуре и при температуре 4 градусов, в течении 37 месяцев. Ликопин восприимчив к химическим изменениям, таким как окисление, изомеризация при воздействии света, тепла и кислорода. Состояние ликопина зависит от конкретного пищевого продукта, к которому он добавлен, а также от производственного процесса [8–10].

Полученный экстракт ликопина из томатов предназначен так же для использования в следующих категориях продуктов питания: хлебобулочные изделия, сухие завтраки, молочные продукты, газированные напитки, в фруктовых и овощных соках, конфетах, супах, заправках для салатов. Так же экстракт ликопина получаемый из томатов может использоваться в качестве пищевой добавки в продуктах, где наличие ликопина обеспечивает определенную функцию (например, в качестве антиоксиданта или других полезных для здоровья человека).

Количество экстракта ликопина, добавляемого в пищу может варьироваться от 2мл на л в воде в бутылках, а в готовых к употреблению продуктах до 130мг на кг

Экстракт ликопина из томатов предназначен для использования в качестве пищевого красителя. Он обеспечивает аналогичные цветовые оттенки, начиная от желтого до красного, как это делают природные и синтетические ликопины. Экстракт ликопина из томатов также используется в качестве пищевой добавки в продуктах, где наличие ликопина обеспечивает определенную функцию (например, в качестве антиоксиданта или других полезных для здоровья веществ). Продукт также может быть использован в качестве антиоксиданта в пищевых добавках.

Экстрагированный из томатов ликопин представляет собой темно-красную вязкую жидкость. Он легко растворим в этилацетате и *n*-гексане, он частично растворим в этаноле и ацетоне, и нерастворим в воде. Раствор в *n*-гексане показывает максимум поглощения при приблизительно 472 нм.

Экстрагированный из томатов ликопин изготавливается из различных томатов с высоким содержанием ликопина, в значении от 150 до 250 мг/кг. Данный сорт как правило, не продается для непосредственного употребления в пищу, но в основном используется в производстве экстракта ликопина. Экстракт получают путем измельчения помидоров в сырой томатный сок, мякоть которого отделяется от сыворотки. Томатную мякоть затем экстрагируют этилацетатом. Конечный продукт получают после удаления растворителя выпариванием под вакуумом при 40–60°C.

Экстрагированный из томатов ликопин содержит каротиноиды (5–15% вес/вес), а также компоненты из числа не каротиноидов. Доля каротиноидов в томатном экстракте состоит в основном из ликопинов, из которых: около 86% приходится на все – *транс*-ликопины, около 6% представляет собой 5 – *цис*-ликопины, около 2% 9 – *цис* – ликопин около 2% 13 – *цис* – ликопин, около 4% других каротиноидов. Основными компонентами томатного экстракта (без учета каротиноидов) являются жирные кислоты и ацилглицеролы (69–74%), фосфолипиды (8.9–14%), и парафин (5–8.4%).

Доказано, что он крайне полезен для сердца и сосудов. Чтобы получить максимум пользы от помидоров, надо их есть регулярно, но без фанатизма. И даже необязательно сырыми. Термическая обработка вовсе не убивает главную томатную пользу – антиоксидант ликопин. Упаривание и ужаривание приводит к концентрированию ликопина в конечном продукте. Так, если в свежих томатах содержится до 50 мг/кг, то в кетчупе уже до 140 мг/кг, а в томатной пасте – до 1500 мг/кг (таблица 1).

Таблица 1.
Содержание ликопина в продуктах

Table 1.
Lycopene content in foods

Продукты Products	Содержание ликопина, мг/кг Lycopene content, mg/kg
Томаты Tomatoes	5–50
Томатный соус Tomato sauce	62–134
Томатная паста Tomato paste	54–1500
Грейпфрут Grapefruit	34
Гуава Guava	54
Арбуз Watermelon	23–72

Основная функция ликопина в человеческом организме – антиоксидантная. Снижение окислительного стресса замедляет развитие атеросклероза, а также обеспечивает защиту ДНК, что может предотвращать онкогенез. Потребление ликопина, а также ликопин-содержащих продуктов приводит к достоверному уменьшению маркеров окислительного стресса у человека. Ликопин самый сильный каротиноид – антиоксидант, присутствующий в крови человека. Несколько пилотных исследований позволяют предположить наличие сигнальной роли ликопина в отношении некоторых клеточных культур. В частности, предполагается, что ликопин может замедлять пролиферацию клеток как сигнальный метаболит [2].

Ликопин является сильнейшим антиоксидантом и убивает раковые клетки [11].

Результаты и обсуждение

В настоящее время медики заняты поисками универсального лекарства против рака. Наряду с химическими препаратами исследователи обнаружили тесную взаимосвязь между приемом ликопина – природного антиоксиданта и уменьшением риска заболеваний раком. Еще в конце 2001 года первая попытка клинического исследования рака простаты показала, что назначение ликопина помогает уменьшить скорость разрастания раковых клеток. Фактически, за счет этого метода, распространение раковых клеток уменьшилось на 73 процента. Было исследовано около сорока шести фруктов и овощей, и только помидоры показали достаточную связь с уменьшением риска заболевания раком.

Употребление томатов в пищу два раза в неделю, хоть и не может полностью противостоять этому, все же риск заболевания раком снизит на 34 процента [3].

Ликопин является пищевым красителем в молочных продуктах, безалкогольных ароматизированных напитках, зерновых продуктах, хлебе и хлебобулочных изделиях и джемов, обеспечивая цветовые оттенки от желтого до красного. Экстракт ликопина из томатов также используется в качестве пищевых добавок. Количество экстракта ликопина, добавленного в пищу, может варьироваться от 2 мг/л в воде в бутылках до 130 мг/кг в виде готовых к употреблению зерновых продуктов.

Ликопин стабилен при хранении при комнатной температуре и при температуре 4 °C в течении 37 месяцев. При расходе пищевого красителя, ликопин аналогично сохранялся в составе продукта питания в определенных условиях. Состояние ликопина зависит от конкретного продукта питания, к которому он добавлен, а также во время технологического цикла.

Нутрициологи внесли томаты в перечень десяти самых полезных продуктов. Томатный сок возбуждает аппетит и его рекомендуется употреблять больным и беременным, благодаря высокому содержанию в нем витамина С и калия [12–15].

Заключение

Ликопин необходимо употреблять в пищу, так как он обладает теми свойствами, которые так необходимы для долгой и здоровой жизни человека.

Литература

- 1 Голубкина Н.А., Сирота С.М., Пивоваров В.Ф., Яшин А.А. и др. Биологически активные соединения овощей. ВНИИССОК, 2010.
- 2 Руководство по оценке качества биологически активных добавок к пище. М.: Минздрав, 2004.
- 3 Giovannucci E. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature // *J Natl Cancer Inst.* 1999. V. 91. P. 317–331.
- 4 Cheng H. M. et al. Lycopene and tomato and risk of cardiovascular diseases: A systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence // *Critical reviews in food science and nutrition.* 2019. V. 59. № 1. P. 141-158.
- 5 Fenni S. et al. Lycopene and tomato powder supplementation similarly inhibit high- fat diet induced obesity, inflammatory response, and associated metabolic disorders // *Molecular nutrition & food research.* 2017. V. 61. № 9. P. 1601083.
- 6 Briones-Labarca V., Giovagnoli-Vicuña C., Cañas-Sarazúa R. Optimization of extraction yield, flavonoids and lycopene from tomato pulp by high hydrostatic pressure-assisted extraction // *Food chemistry.* 2019. V. 278. P. 751-759.
- 7 Souza A. L. R. et al. Microencapsulation by spray drying of a lycopene-rich tomato concentrate: Characterization and stability // *LWT.* 2018. V. 91. P. 286-292.
- 8 Honda M. et al. Production of (Z)-lycopene-rich tomato concentrate: A natural catalyst-utilized and oil-based study for practical applications // *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2020. V. 68. № 40. P. 11273-11281.
- 9 Hatami T., Meireles M.A.A., Ciftci O.N. Supercritical carbon dioxide extraction of lycopene from tomato processing by-products: Mathematical modeling and optimization // *Journal of food engineering.* 2019. V. 241. P. 18-25.
- 10 Ciaccheri L. et al. Directional versus total reflectance spectroscopy for the in situ determination of lycopene in tomato fruits // *Journal of Food Composition and Analysis.* 2018. V. 71. P. 65-71.
- 11 Munde P.J. et al. Optimization of pectinase-assisted and tri-solvent-mediated extraction and recovery of lycopene from waste tomato peels // *3 Biotech.* 2017. V. 7. № 3. P. 206.
- 12 Jesus V.A. et al. Lycopene and Tomato Sauce Improve Hepatic and Cardiac Cell Biomarkers in Rats // *Journal of medicinal food.* 2019. V. 22. № 11. P. 1175-1182.
- 13 Russo C. et al. Lycopene and bone: an in vitro investigation and a pilot prospective clinical study // *Journal of translational medicine.* 2020. V. 18. № 1. P. 43.
- 14 Storniole C.E. et al. Bioactive Compounds of Mediterranean Cooked Tomato Sauce (Sofrito) Modulate Intestinal Epithelial Cancer Cell Growth Through Oxidative Stress/Arachidonic Acid Cascade Regulation // *ACS omega.* 2020. V. 5. № 28. P. 17071-17077.
- 15 Valderas-Martinez P. et al. Tomato sauce enriched with olive oil exerts greater effects on cardiovascular disease risk factors than raw tomato and tomato sauce: A randomized trial // *Nutrients.* 2016. V. 8. № 3. P. 170.

References

- 1 Golubkina N.A., Sirota S.M., Pivovarov V.F., Yashin A.Ya. et al. Biologically active compounds of vegetables. VNISSOK, 2010. (in Russian).
- 2 Guidelines for assessing the quality of biologically active food additives. Moscow, Ministry of Health, 2004. (in Russian).
- 3 Giovannucci E. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. *J Natl Cancer Inst.* 1999. vol. 91. pp. 317–331.
- 4 Cheng H. M. et al. Lycopene and tomato and risk of cardiovascular diseases: A systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. *Critical reviews in food science and nutrition.* 2019. vol. 59. no. 1. pp. 141-158.
- 5 Fenni S. et al. Lycopene and tomato powder supplementation similarly inhibit high- fat diet induced obesity, inflammatory response, and associated metabolic disorders. *Molecular nutrition & food research.* 2017. vol. 61. no. 9. pp. 1601083.
- 6 Briones-Labarca V., Giovagnoli-Vicuña C., Cañas-Sarazúa R. Optimization of extraction yield, flavonoids and lycopene from tomato pulp by high hydrostatic pressure-assisted extraction. *Food chemistry.* 2019. vol. 278. pp. 751-759.
- 7 Souza A. L. R. et al. Microencapsulation by spray drying of a lycopene-rich tomato concentrate: Characterization and stability. *LWT.* 2018. vol. 91. pp. 286-292.
- 8 Honda M. et al. Production of (Z)-lycopene-rich tomato concentrate: A natural catalyst-utilized and oil-based study for practical applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2020. vol. 68. no. 40. pp. 11273-11281.
- 9 Hatami T., Meireles M.A.A., Ciftci O.N. Supercritical carbon dioxide extraction of lycopene from tomato processing by-products: Mathematical modeling and optimization. *Journal of food engineering.* 2019. vol. 241. pp. 18-25.
- 10 Ciaccheri L. et al. Directional versus total reflectance spectroscopy for the in situ determination of lycopene in tomato fruits. *Journal of Food Composition and Analysis.* 2018. vol. 71. pp. 65-71.
- 11 Munde P.J. et al. Optimization of pectinase-assisted and tri-solvent-mediated extraction and recovery of lycopene from waste tomato peels. *3 Biotech.* 2017. vol. 7. no. 3. pp. 206.
- 12 Jesus V.A. et al. Lycopene and Tomato Sauce Improve Hepatic and Cardiac Cell Biomarkers in Rats. *Journal of medicinal food.* 2019. vol. 22. no. 11. pp. 1175-1182.

13 Russo C. et al. Lycopene and bone: an in vitro investigation and a pilot prospective clinical study. Journal of translational medicine. 2020. vol. 18. no. 1. pp. 43.

14 Stornio C.E. et al. Bioactive Compounds of Mediterranean Cooked Tomato Sauce (Sofrito) Modulate Intestinal Epithelial Cancer Cell Growth Through Oxidative Stress/Arachidonic Acid Cascade Regulation. ACS omega. 2020. vol. 5. no. 28. pp. 17071-17077.

15 Valderas-Martinez P. et al. Tomato sauce enriched with olive oil exerts greater effects on cardiovascular disease risk factors than raw tomato and tomato sauce: A randomized trial. Nutrients. 2016. vol. 8. no. 3. pp. 170.

Сведения об авторах

Аида М. Гаджиева к.х.н., доцент, кафедра технологии пищевых производств. общественного питания и товароведения, Дагестанский государственный технический университет, пр-т Имама Шамиля, 70, г. Махачкала, 367015, Россия, Дагестанский государственный университет народного хозяйства, 5, ул. Джамалутдина Атаева, Махачкала, 367008, Россия, gadzhieva_aida@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4919-8153>

Юсуф М. Султанов д.х.н., доцент, кафедра химии, Дагестанский государственный технический университет, пр-т Имама Шамиля, 70, г. Махачкала, 367015, Россия, yusultanov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2149-9626>

Заира Н. Рамалданова преподаватель, кафедра иностранных языков, Дагестанский государственный университет народного хозяйства, ул. Джамалутдина Атаева, 5, Махачкала, 367008, Россия, z.ramaldanova@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9257-2035>

Вклад авторов

Аида М. Гаджиева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Юсуф М. Султанов обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Заира Н. Рамалданова консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Aida M. Gadzhieva Cand. Sci. (Chem.), associate professor, food production technologies. catering and commodity science department, Dagestan State Technical University, Imam Shamil Ave., 70, Makhachkala, 367015, Russia, Dagestan State University of National Economy, 5, st. Dzhamalutdina Ataeva, Makhachkala, 367008, Russia, gadzhieva_aida@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4919-8153>

Yusuf M. Sultanov Dr. Sci. (Chem.), associate professor, chemistry department, Dagestan State Technical University, Imam Shamil Ave., 70, Makhachkala, 367015, Russia, yusultanov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2149-9626>

Zaira N. Ramaldanova lecturer, department of foreign languages, Dagestan State University of National Economy, 5, Jamalutdin Atayev Str., Makhachkala, 367008, Russia, z.ramaldanova@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9257-2035>

Contribution

Aida M. Gadzhieva wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Yusuf M. Sultanov review of the literature on an investigated problem

Zaira N. Ramaldanova consultation during the study

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Поступила 09/11/2020	После редакции 20/11/2020	Принята в печать 01/12/2020
Received 09/11/2020	Accepted in revised 20/11/2020	Accepted 01/12/2020