

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2021-17-2-40-47>
УДК 664.8:664



ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

ВТОРИЧНЫЕ РЕСУРСЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТОМАТОВ – ЦЕННОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ

Екатерина В. Лисовая, Елена П. Викторова,
Анастасия В. Свердличенко, Николай Н. Корнен

*Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»;
Тополиная аллея, д. 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация*

Аннотация. Известно, что на предприятиях, перерабатывающих овощи и фрукты, в значительных объемах образуются вторичные ресурсы (отходы), в частности выжимки. Наиболее ценными с точки зрения состава и содержания биологически активных макро- и микронутриентов являются выжимки томатов. Выжимки томатов являются ценными источниками природных каротиноидов, в том числе и ликопина, проявляющего высокую антиоксидантную активность. В статье проведен обзор научных исследований, направленных на разработку методов извлечения каротиноидов, в том числе и ликопина из вторичных ресурсов переработки томатов. Показано, что в основном при извлечении каротиноидов, в том числе и ликопина из вторичных ресурсов переработки томатов используют различные методы сушки и измельчения исходного сырья, а затем экстрагирование биологически активных веществ из него. Следует отметить, что способ предварительной обработки исходного сырья, природа растворителя, температура и продолжительность процесса экстракции оказывают значительное влияние на антиоксидантную активность и биодоступность каротиноидов, полученных в результате экстракции. Показано, что применение импульсного электрического поля, обработки ферментами и ультразвуковой обработки томатных выжимок позволяют интенсифицировать процесс экстракции каротиноидов и максимально сохранить их антиоксидантные свойства. Таким образом, можно сделать вывод о том, что выжимки томатов являются ценным сырьем для получения экстрактов каротиноидов и прежде всего ликопина, а разработка эффективных режимов процесса экстракции, обеспечивающих максимальное проявление антиоксидантных свойств и биодоступность экстрагированного вещества, является актуальной задачей.

Ключевые слова: вторичные ресурсы переработки томатов, выжимки томатов, каротиноиды, ликопин, антиоксидантные свойства, биодоступность, способы извлечения

Для цитирования: Вторичные ресурсы переработки томатов – ценное сырье для получения пищевых ингредиентов / Лисовая Е.В. [и др.] // Новые технологии. 2021. Т. 17, № 2. С. 40–47. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2021-17-2-40-47>.

SECONDARY RESOURCES OF TOMATO PROCESSING AS A VALUABLE RAW MATERIAL FOR OBTAINING FOOD INGREDIENTS

**Ekaterina V. Lisovaya, Elena P. Victorova,
Anastasia V. Sverdlichenko, Nikolay N. Kornen**

*Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products –
a branch of the FSBSI «The North Caucasian Federal Research Center for Horticulture,
Viticulture, Winemaking»; 2 Topolinaya alley, Krasnodar, 350072, the Russian Federation*

Annotation. It is known that enterprises processing vegetables and fruits generate secondary resources (waste), in particular, pomace, in significant volumes. The most valuable, in terms of the composition and content of biologically active macro- and micronutrients, is tomato pomace. Tomato pomace is a valuable source of natural carotenoids, including lycopene, which exhibits high antioxidant activity. The article provides an overview of scientific research aimed at developing methods for extracting carotenoids, including lycopene, from recycled tomato processing resources. It has been shown that, in general, when extracting carotenoids, including lycopene, from secondary resources of tomato processing, various methods of drying and grinding the raw material are used, and then biologically active substances are extracted. It should be noted that the method of pretreatment of the feedstock, the nature of the solvent, the temperature and duration of the extraction process have a significant effect on the antioxidant activity and bioavailability of carotenoids obtained as a result of extraction. It is shown that the use of a pulsed electric field, treatment with enzymes and ultrasonic treatment of tomato pomace allow to intensify the process of extraction of carotenoids and maximally preserve their antioxidant properties. Thus, it can be concluded that tomato pomace is a valuable raw material for obtaining extracts of carotenoids and, first of all, lycopene, and the development of effective modes of the extraction process that ensure the maximum manifestation of antioxidant properties and the bioavailability of the extracted substance is an urgent task.

Keywords: secondary resources of tomato processing, tomato pomace, carotenoids, lycopene, antioxidant properties, bioavailability, extraction methods

For citation: *Secondary resources of tomato processing as a valuable raw material for obtaining food ingredients / Lisovaya E.V. [et al.] // New technologies. 2021. Vol. 17, No. 2. P. 40-47. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2021-17-2-40-47>.*

В мире ежегодно перерабатывается около 180 тыс. т томатов, при этом от 5 до 10% от общей массы переработанных томатов составляют вторичные ресурсы – выжимки томатов [1].

Выжимки томатов представляют собой смесь семян томатов, остатков мякоти и кожицы, состав которой может варьироваться в зависимости от вида вырабатываемого продукта (томат-пюре, томатная паста или сок прямого отжима).

Следует отметить, что объемы производства томатопродуктов в Краснодарском крае достаточно велики, а следовательно, значительны и объемы вторичных ресурсов, образующихся при переработке томатов, которые составляют более 1,5 тыс. т в сезон.

В результате исследования состава микронутриентов, содержащихся в

выжимках, полученных при переработке томатов сорта «Хайнц № 2206» американской селекции, предоставленных для испытаний ООО «Техада» (ст. Павловская, Краснодарский край) установлено, что исследуемые выжимки содержат в пересчете на абсолютно сухое вещество: ликопина – 13,65 мг/100 г, β-каротина – 0,88 мг/100 г, витамины С – 10,31 мг/100 г и Е 13,68 мг/100 г, а также Р-активные вещества – 328,77 мг/100 г.

В работах [2–5] показано, что томатные выжимки помимо β-каротина и прежде всего ликопина, проявляющего высокую антиоксидантную активность, содержат и другие природные каротиноиды – лютеин, зеаксантин, α-каротин, цис-β-каротин.

Указанные микронутриенты обладают антиоксидантными свойствами, причем наиболее эффективно эти свойства,

как показали исследования зарубежных ученых, проявляет ликопин (в 100 раз эффективнее, чем витамин Е) [6–8].

Антиоксидантное действие ликопина выражается в тушении синглетного кислорода и связывании пероксильных радикалов. Ликопин способствует торможению дегенеративных процессов в тканях, снижает риск инициации и развития онкологических (например рака простаты), сердечно-сосудистых и других патологий. В связи с этим, ликопин рассматривается как перспективное средство для профилактики и лечения различных хронических заболеваний, связанных со старением организма [9, 10].

В последнее время представляют интерес исследования, направленные на разработку методов извлечения каротиноидов, в том числе и ликопина из вторичных ресурсов переработки томатов, позволяющих не только существенно удешевить получаемые биологически активные вещества (по сравнению с традиционными методами извлечения ликопина и каротиноидов из зрелых томатов), но и решить экологическую проблему, связанную с утилизацией выжимок томатов [11; 12].

Следует отметить, что в основном при извлечении каротиноидов, в том числе и ликопина из вторичных ресурсов переработки томатов используют различные методы сушки и измельчения исходного сырья, а затем экстрагирование биологически активных веществ из него [11].

Экстракция с помощью растворителя является наиболее широко используемым методом извлечения биологически активных веществ из широкого спектра матриц растительного происхождения. Для экстракции веществ в системе «твердое тело – жидкость» в качестве экстрагентов применяют органические растворители, при этом растворители должны быть селективными по отношению к целевым компонентам [13]. На практике это достигается достаточно редко, в связи с чем многие исследования были

сосредоточены на оптимизации параметров экстракции для увеличения выхода биологически активных веществ в результате их экстракции из вторичных ресурсов переработки растительного сырья [14].

Известно, что антиоксидантная активность и биодоступность каротиноидов, полученных в результате экстракции, зависят от способа предварительной обработки исходного сырья, природы растворителя, температуры и продолжительности процесса экстракции.

Каротиноиды и в первую очередь ликопин подвержены в значительной степени окислению и изомеризации. Под воздействием света, тепла, изменения рН-среды, а также в присутствии ионов металлов переменной валентности (Fe^{3+} и Cu^{2+}) интенсивность протекания процессов окисления и геометрической изомеризации молекул ликопина, т.е. переход транс-изомеров в более нестабильные цис-изомеры повышается [7; 13].

Изменение степени изомеризации ликопина во время обработки выжимок томатов может значительно повлиять на его выход и биодоступность в экстракте [13].

Одним из наиболее широко применяемых методов экстракции каротиноидов из вторичных ресурсов переработки томатов является экстракция методом Сокслета с применением таких растворителей, как гексан, этилацетат, метанол и петролейный эфир. Недостатком данного метода является окисление термолабильных каротиноидов в результате воздействия высокой температуры и длительности процесса экстракции [14].

В работе [15] приведена сравнительная оценка процесса экстракции каротиноидов из выжимок томатов с помощью различных органических растворителей с целью выявления эффективных режимов экстракции (тип растворителя, время, температура и стадии экстракции). Показано, что применение в качестве растворителя этиллактата при температуре

процесса экстракции 70 °С способствовало наибольшему выходу каротиноидов по сравнению с экстракцией ацетоном, этилацетатом, гексаном и этанолом при прочих равных условиях.

В работе [1] приведены исследования по интенсификации процессов экстракции каротиноидов из томатных выжимок импульсным электрическим полем (ИЭП) различной напряженности (от 1 до 5 кВ/см), исключая такие этапы предварительной обработки сырья, как измельчение и сушка. Показано, что обработка ИЭП напряженностью 5 кВ/см влажных томатных выжимок перед экстракцией способствовала значительному увеличению скорости извлечения ликопина как ацетоном, так и этиллактатом на 27–37% по сравнению с образцами без обработки, а также увеличению содержания каротиноидов, в том числе и ликопина в экстрактах указанных растворителей на 12–18%.

Увеличение содержания каротиноидов, и в особенности ликопина в экстрактах авторы объясняют тем, что эффект электропорации, возникающий в результате воздействия на выжимки томатов ИЭП, значительно повышает степень дезинтеграции растительных клеток, что способствует большему проникновению растворителя в цитоплазму растительной клетки и последующему массопереносу солюбилизированных внутриклеточных соединений [1]. Следует отметить, что в экстрактах, подвергавшихся предварительной обработке ИЭП, содержание ликопина в стабильной форме трансизомера более высокое, что позволяет сделать вывод об эффективности обработки выжимок томатов перед экстракцией импульсным электрическим полем.

Результаты исследования эффективности экстракции каротиноидов, в том числе ликопина из предварительно обработанных ферментами выжимок томатов с использованием различных органических растворителей при высоком давлении представлены в работе [16].

Авторами показано, что использование ферментов пектиназы и целлюлазы в качестве предварительной обработки экстрагируемого материала способствовало 6- и 10-кратному увеличению выхода каротиноидов и ликопина в экстрактах соответственно, с применением в качестве растворителя этиллактата, а экстракция при высоком давлении позволила сократить продолжительность процесса до 10 мин. по сравнению с экстракцией при атмосферном давлении (30 мин.).

В работе [17] для извлечения ликопина из томатных выжимок рассмотрен метод микроэмульсий с применением различных типов ПАВ (Спан 20, Твин 20, Твин 60, Твин 80, сапоин, монопальмитат саркозы и лецитин) и со-ПАВ (глицерол, пропиленгликоль, 1-пропанол и этанол). Следует отметить, что томатные выжимки предварительно подвергались комбинированной ультразвуковой и ферментной обработке, что позволило увеличить содержание ликопина в микроэмульсии.

Кроме того, для экстракции каротиноидов из томатных выжимок используется сверхкритическая флюидная экстракция (осуществляется при низких температурах, не требует больших объемов растворителей, времени экстракции, обладает высокой селективностью, но требует дорогостоящего оборудования) [18], а также ультразвуковая экстракция, одним из преимуществ которой является простота метода, однако на эффективность метода влияет тип растворителя, размер частиц экстрагируемого материала, рН экстракции, температура и давление [19].

В работе [20] показано, что амплитуда УЗ-колебаний 94 мкм, давление 50 кПа и время обработки ультразвуком 6 мин. способствовали увеличению выхода каротиноидов в экстракт с использованием в качестве растворителя смеси гексана и этанола на 43% по сравнению с контролем без ультразвуковой обработки. При этом применение ультразвука позволило снизить температуру экстракции

до 45 °С и процентное содержание гексана в смеси растворителей.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что выжимки томатов являются ценным сырьем для получения экстрактов каротиноидов и прежде

всего ликопина, а разработка эффективных режимов процесса экстракции, обеспечивающих антиоксидантные свойства и биодоступность экстрагированного вещества, является актуальной задачей.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Recovery of lycopene from industrially derived tomato processing by-products by pulsed electric fields-assisted extraction [Electronic resource] / G. Pataro [et al.] // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2020. V. 63. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102369>.
2. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes / Ching-Hui Chang [et al.] // *Journal of Food Engineering*. 2006. V. 77, I. 3. P. 478–485.
3. Knoblich M., Anderson B., Latshaw D. Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2005. V. 85, I. 7. P. 1166–1170.
4. Elbadrawy E., Sello A. Evaluation of nutritional value and antioxidant activity of tomato peel extracts // *Arabian Journal of Chemistry*. 2016. V. 9. P. 1010–1018.
5. Szabo K., Catoi A.F., Vodnar D.C. Bioactive Compounds Extracted from Tomato Processing by-Products as a Source of Valuable Nutrients [Electronic resource] // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2018. URL: <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0691-0>.
6. Bramley P.M. Is lycopene beneficial to human health? // *Phytochemistry*. 2000. V. 54, I 3. P. 233–236.
7. Matos H.R., Mascio P. Di, Medeiros M.H.G. Protective effect of lycopene on lipid peroxidation and oxidative DNA damage in cell culture // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2000. V. 383, I. 1. P. 56–59.
8. Shi J., Kakuda Yi, Yeung D. Antioxidative properties of lycopene and other carotenoids from tomatoes: synergistic effects // *Biofactors*. 2004. V. 21, I. 1–4. P. 203–210.
9. Ziegler R.G., Vogt T.M. Tomatoes, lycopene, and risk of prostate cancer // *Pharmaceutical Biology*. 2002. V. 40. P. 59–69.
10. Шашкина М.Я., Шашкин П.Н., Сергеев А.В. Роль каротиноидов в профилактике наиболее распространенных заболеваний // *Российский биотерапевтический журнал*. 2010. Т. 9, № 1. С. 77–86.
11. Strati I.F., Oreopoulou V. Recovery of carotenoids from tomato processing by-products – a review // *Food Research International*. 2014. V. 65. P. 311–321.
12. A simple and selective analytical procedure for the extraction and quantification of lutein from tomato by-products by HPLC-DAD / D. Montesano [et al.] // *Food Anal. Methods*. 2012. V. 5. P. 710–715.
13. Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology / D. Kaur [et al.] // *Food Chemistry*. 2008. V. 108. P. 711–718.
14. Shi J., Maguer M.L. Lycopene in Tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing // *Food Science and Nutrition*. 2000. V. 40 (1). P. 1–42.
15. Strati I.F., Oreopoulou V. Effect of extraction parameters on the carotenoid recovery from tomato waste // *International Journal of Food Science & Technology*. 2011. V. 46, I. 1. P. 23–29.

16. Strati I.F., Gogou E., Oreopoulou V. Enzyme and high pressure assisted extraction of carotenoids from tomato waste // *Food and Bioproducts Processing*. 2015. V. 94. P. 668–674.
17. Amiri-Rigi A., Abbasi S. Microemulsion-based Lycopene Extraction: Effect of Surfactants, Co-Surfactants and Pretreatments // *Food Chemistry*. 2016. V. 197 (Part A). P. 1002–1007.
18. Wang L., Weller C. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants // *Trends in Food Science and Technology*. 2006. V. 17 (6). P. 300–312.
19. Louisnard O., Gonzalez-Garcia J. Acoustic cavitation // *Ultrasound technologies for food and bioprocessing: book*. New York: Springer, 2011. P. 13–65.
20. Improving the extraction of carotenoids from tomato waste by application of ultrasound under pressure / E. Luengo [et al.] // *Separation and Purification Technology*. 2014. V. 136. P. 130–136.

REFERENCES:

1. Recovery of lycopene from industrially derived tomato processing by-products by pulsed electric fields-assisted extraction [Electronic resource] / G. Pataro [et al.] // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2020. V. 63. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102369>.
2. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes / Ching-Hui Chang [et al.] // *Journal of Food Engineering*. 2006. V. 77, I. 3. P. 478–485.
3. Knoblich M., Anderson B., Latshaw D. Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2005. V. 85, I. 7. P. 1166–1170.
4. Elbadrawy E., Sello A. Evaluation of nutritional value and antioxidant activity of tomato peel extracts // *Arabian Journal of Chemistry*. 2016. V. 9. P. 1010–1018.
5. Szabo K., Catoi A.F., Vodnar D.C. Bioactive Compounds Extracted from Tomato Processing by-Products as a Source of Valuable Nutrients [Electronic resource] // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2018. URL: <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0691-0>.
6. Bramley P.M. Is lycopene beneficial to human health? // *Phytochemistry*. 2000. V. 54, I. 3. P. 233–236.
7. Matos H.R., Mascio P. Di, Medeiros M.H.G. Protective effect of lycopene on lipid peroxidation and oxidative DNA damage in cell culture // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2000. V. 383, I. 1. P. 56–59.
8. Shi J., Kakuda Y., Yeung D. Antioxidative properties of lycopene and other carotenoids from tomatoes: synergistic effects // *Biofactors*. 2004. V. 21, I. 1–4. P. 203–210.
9. Ziegler R.G., Vogt T.M. Tomatoes, lycopene, and risk of prostate cancer // *Pharmaceutical Biology*. 2002. V. 40. P. 59–69.
10. Shashkina M.Ya., Shashkin P.N., Sergeev A.V. The role of carotenoids in the prevention of the most common diseases // *Russian Biotherapeutic Journal*. 2010. No. 1, V. 9. P. 77–86.
11. Strati I.F., Oreopoulou V. Recovery of carotenoids from tomato processing by-products – a review // *Food Research International*. 2014. V. 65. P. 311–321.
12. A simple and selective analytical procedure for the extraction and quantification of lutein from tomato by-products by HPLC-DAD / D. Montesano [et al.] // *Food Anal. Methods*. 2012. V. 5. P. 710–715.
13. Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology / D. Kaur [et al.] // *Food Chemistry*. 2008. V. 108. P. 711–718.

14. Shi J., Maguer M.L. Lycopene in Tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing // *Food Science and Nutrition*. 2000. V. 40 (1). P. 1–42.

15. Strati I.F., Oreopoulou V. Effect of extraction parameters on the carotenoid recovery from tomato waste // *International Journal of Food Science & Technology*. 2011. V. 46, I. 1. P. 23–29.

16. Strati I.F., Gogou E., Oreopoulou V. Enzyme and high pressure assisted extraction of carotenoids from tomato waste // *Food and Bioproducts Processing*. 2015. V. 94. P. 668–674.

17. Amiri-Rigi A., Abbasi S. Microemulsion-based Lycopene Extraction: Effect of Surfactants, Co-Surfactants and Pretreatments // *Food Chemistry*. 2016. V. 197 (Part A). P. 1002–1007.

18. Wang L., Weller C. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants // *Trends in Food Science and Technology*. 2006. V. 17 (6). P. 300–312.

19. Louisnard O., Gonzalez-Garcia J. Acoustic cavitation // *Ultrasound technologies for food and bioprocessing: book*. New York: Springer, 2011. P. 13–65.

20. Improving the extraction of carotenoids from tomato waste by application of ultrasound under pressure / E. Luengo [et al.] // *Separation and Purification Technology*. 2014. V. 136. P. 130–136.

Информация об авторах / Information about the authors

Екатерина Валериевна Лисовая, старший научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации Краснодарского научно-исследовательского института хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», кандидат технических наук
e.kabalina@mail.ru

Елена Павловна Викторова, главный научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации Краснодарского научно-исследовательского института хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», доктор технических наук, профессор
kornena@bk.ru

Анастасия Валериевна Свердличенко, старший научный сотрудник отдела хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья Краснодарского научно-исследовательского института хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала

Ekaterina V. Lisovaya, a senior researcher of the Department of Food Technologies, Quality Control and Standardization of the Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of FSBSI «The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking», Candidate of Technical Sciences
e.kabalina@mail.ru

Elena P. Victorova, a chief researcher of the Department of Food Technologies, Quality Control and Standardization of the Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of FSBSI «The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking», Doctor of Technical Sciences, a professor
kornena@bk.ru

Anastasia V. Sverdlichenko, a senior researcher of the Department of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – branch of FSBSI «The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture,

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», кандидат технических наук

a.v.chernenko@list.ru

Николай Николаевич Корнен, старший научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации Краснодарского научно-исследовательского института хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», кандидат технических наук

kisp@kubannet.ru

Viticulture, Winemaking», Candidate of Technical Sciences

a.v.chernenko@list.ru

Nikolay N. Kornen, a senior researcher of the Department of Food Technologies, Quality Control and Standardization, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of FSBSI «The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking», Candidate of Technical Sciences

kisp@kubannet.ru

Поступила 22.03.2021

Received 22.03.2021

Принята в печать 12.04.2021

Accepted 12.04.2021