

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-1-72-82>

УДК 664-035.67:547.979.8

© 2024



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

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

Характеристика существующих способов получения каротинов из концентратов каротиноидов

Екатерина В. Лисовая¹, Аминет Д. Ачмиз¹,
Елена П. Викторова¹, Анзаур А. Схалыхов^{2*}

¹Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ; ул. Тополиная Аллея, д. 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»; ул. Первомайская, д. 191, г. Майкоп, 385000, Российская Федерация

Аннотация. Каротины, обладающие одновременно свойствами натуральных красителей и биологически активных веществ, оказывающих положительное влияние на здоровье и продолжительность жизни человека, получают все более широкое распространение в пищевой, фармакологической и косметологической промышленности. Это обуславливает потребность в увеличении объемов производства каротинов в промышленных масштабах. Для применения в пищевых технологиях рекомендуется инкапсулированная форма каротинов, что требует их высокой чистоты. Цель настоящего исследования – проведение анализа отечественной и иностранной научно-технической и патентной информации по существующим способам получения каротинов из концентрата каротиноидов для определения направления исследований по разработке технологии получения каротинов, в частности ликопина, обеспечивающей получение из концентрата каротиноидов ликопина с высокой чистотой, а также увеличение выхода ликопина. Рассмотрены вопросы применения хроматографических методов выделения ликопина, их преимущества и недостатки, а также использование неполярных и малополярных органических растворителей для выделения ликопина из концентрата каротиноидов. Отмечена перспективность направления исследований по использованию адсорбционных смол при выделении ликопина из концентрата каротиноидов.

По результатам анализа отечественной и иностранной научно-технической и патентной информации сделан вывод, что существующие на данный момент способы получения каротинов из концентрата каротиноидов, в частности ликопина, являются достаточно сложными в техническом исполнении и длительными. Некоторые из них позволяют получать ликопин высокой чистоты, но при этом выход ликопина настолько низок, что их промышленное масштабирование представляется нецелесообразным. Учитывая это, актуализируются исследования в области разработки технологии получения ликопина из концентрата каротиноидов, обеспечи-

вающей высокой выход ликопина высокой чистоты, с возможностью её реализации в промышленных масштабах.

Ключевые слова: способы, каротины, концентрат каротиноидов, олеорезины, ликопин, бета-каротин, колоночная хроматография, противоточная хроматография, адсорбционные смолы, неполярные органические растворители, малополярные органические растворители

Для цитирования: Лисовая Е.В., Ачмиз А.Д., Викторова Е.П. и др. Характеристика существующих способов получения каротинов из концентратов каротиноидов. *Новые технологии / New technologies.* 2024; 20(1):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-1-72-82>

Characteristics of the existing methods for obtaining carotenes from carotenoid concentrates

Ekaterina V. Lisovaya¹, Aminet D. Achmiz¹,
Elena P. Viktorova¹, Anzaur A. Skhalyakhov^{2*}

¹*Krasnodar Research Institute for Storage and processing of agricultural products – a branch of FSBSI SCFNTSVV; 2 Topolinaya Alley, Krasnodar 350072, the Russian Federation*

²*FSBEI HE «Maikop State Technological University»; 191 Pervomayskaya str., Maikop, 385000, the Russian Federation*

Abstract. Carotenes, which simultaneously have the properties of natural dyes and biologically active substances that have a positive effect on human health and life expectancy, are becoming increasingly widespread in the food, pharmacological and cosmetic industries. This necessitates an increase in the production of carotenes on an industrial scale. For use in food technologies, an encapsulated form of carotenes is recommended, which requires their high purity. The purpose of this study is to analyze domestic and foreign scientific, technical and patent information on existing methods for obtaining carotenes from carotenoid concentrates to determine the direction of research for the development of technology for the production of carotenes, in particular lycopene, ensuring the production of high purity lycopene from carotenoid concentrates, as well as increasing release of lycopene. The issues of using chromatographic methods for isolating lycopene, their advantages and disadvantages, as well as the use of non-polar and low-polar organic solvents for isolating lycopene from carotenoid concentrate are considered. The promising direction of research on the use of adsorption resins in the isolation of lycopene from carotenoid concentrates is noted.

It has been concluded that the currently existing methods for obtaining carotenes from carotenoid concentrates, in particular lycopene, are quite technically complex and time-consuming. Some of them allow the production of high purity lycopene, but the yield of lycopene is so low that their industrial scaling seems impractical. Taking this into account, research is being updated in the field of developing a technology for producing lycopene from a carotenoid concentrate, providing a high yield of high-purity lycopene, with the possibility of its implementation on an industrial scale.

Keywords: methods, carotenes, carotenoid concentrate, oleoresins, lycopene, beta-carotene, column chromatography, countercurrent chromatography, adsorption resins, non-polar organic solvents, low-polar organic solvents

For citation: Lisovaya E.V., Achmiz A.D., Viktorova E.P. et al. Characteristics of existing methods for obtaining carotenes from carotenoid concentrates. *Novye tehnologii / New technologies.* 2024; 20(1):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-1-72-82>

Введение. Известно, что каротины, в частности бета-каротин и ликопин, находят широкое применение в качестве пищевых добавок как природные красители, обладающие биологически активными свойствами, что обуславливает их востребованность в технологиях пищевых продуктов, в том числе функциональных и специализированных [1].

Благодаря антиоксидантным свойствам, каротины, в том числе ликопин, получили широкое применение в профилактике и лечении различных заболеваний человека, в том числе онкологических, сердечно-сосудистых, сахарного диабета и других [2, 3].

Кроме того, бета-каротин является основным источником витамина А, который не вырабатывается человеческим организмом, но оказывает большое влияние на зрение, рост, развитие и репродуктивную функцию организма [4].

В настоящее время одними из коммерчески доступных форм каротинсодержащих добавок для использования в технологиях продуктов питания являются концентраты каротиноидов или олеорезины.

Концентраты каротиноидов или олеорезины представляют собой сложную многокомпонентную смесь органических веществ, полученную в результате экстракции каротиноидов из вторичных ресурсов переработки томатов с применением органических неполярных растворителей, которые затем удаляют [5].

Как правило, концентраты каротиноидов или олеорезины содержат, помимо каротиноидов, значительное количество триацилглицеринов, свободных жирных кислот, фосфолипидов, токоферолов, фитостеринов и других неполярных минорных компонентов, содержащихся в клеточной стенке томатов [6].

Например, содержание ликопина в олеорезинах невелико и может колебаться в широком диапазоне от 3 до 25% от общей суммы каротиноидов [7–9].

Следует отметить, что на уровень содержания в полученных олеорезинах каротиноидов, а также на их свойства, в том числе и биодоступность, влияют следующие факторы:

- способ предварительной обработки исходного сырья;
- природа растворителя;
- температура процесса экстракции и сушки;
- время экстрагирования [10].

Известно, что наличие в олеорезинах, помимо ликопина и бета-каротина, других липидных компонентов оказывает значительное влияние на эффективность проявления ликопином и бета-каротином антиоксидантных свойств [11].

Кроме того, учитывая, что каротины и, в первую очередь, ликопин и бета-каротин подвержены в значительной степени изомеризации и деградации, т. е. окислению под воздействием внешних физических и химических факторов, а также, учитывая их липофильность, эффективной формой их включения в пищевую матрицу является инкапсулированная форма [12,13].

Следует отметить, что для инкапсуляции указанных каротинов необходимо обеспечить их высокую чистоту.

В связи с этим было предложено множество способов по получению ликопина высокой чистоты из каротинсодержащих концентратов и олеорезинов. Известно, что ликопин относительно высокой чистоты представляет собой кристаллы.

Одним из способов получения кристаллов ликопина высокой чистоты является хроматографическое разделение индивидуальных каротиноидов из каротинсодержащих олеорезинов или концентратов [14].

В работах [15,16] для выделения ликопина из томатной пасты использовали высокоскоростную противоточную хроматографию, в результате чего были получены кристаллы, содержащие 98,5% и 96,5% ликопина.

В патенте [17] предложен способ получения ликопина из томатов с применением метода колоночной хроматографии. Способ предусматривает заполнение сухого порошка томата в колонне, имеющей стеклянный фильтр, добавление растворителя и получение неочищенного экстракта, удаление неочищенного экстракта с получением концентрата, смешивание полученного концентрата и растворителя для выделения и элюирования ликопина с последующей фильтрацией и сушкой. Полученный ликопин в виде порошка смешивают с поверхностно-активным веществом при температуре от 30°C до 70°C в течение от 30 минут до 2 часов. Преимущество способа заключается в том, что он позволяет получить из томатов ликопин высокой чистоты, а смешивание его с поверхностно-активным веществом обеспечивает получение водорастворимой формы ликопина.

В патенте [18] описан способ получения индивидуальных каротиноидов высокой чистоты из растительного сырья, предусматривающий на первом этапе подготовку каротинсодержащего растительного сырья путем высушивания и измельчения с последующей многоступенчатой экстракцией каротиноидов (трехкратной) с применением таких растворителей, как этиловый спирт, ацетон, хлороформ или гексан. Полученный экстракт обрабатывают раствором гидрокарбоната натрия с концентрацией от 4% до 10%, промывают до нейтральной реакции, а затем удаляют растворители под вакуумом, с получением сухого экстракта. На втором этапе сухой экстракт растворяют в н-гексане. Разделение экстракта на индивидуальные каротиноиды осуществляют с применением метода колоночной хроматографии, при этом в качестве подвижной фазы используют петролейный эфир, диэтиловый эфир, ацетон или этиловый спирт, а в качестве сорбентов – оксид магния и оксид алюминия.

Однако, применение хроматографических методов выделения ликопина являет-

ся достаточно энерго- и ресурсозатратным. При этом выход получаемых в результате кристаллов с высоким содержанием ликопина (95–98%) достаточно мал. Кроме того, применение указанных кристаллов целесообразно только лишь в качестве стандартных образцов для химического анализа либо для получения фармацевтических субстанций.

В работе [19] для очистки и выделения ликопина из олеорезина, полученного из томатной кожицы, оценивали эффективность применения макропористых адсорбционных смол двадцати четырех видов. Установлено, что из 24 видов адсорбционных смол применение адсорбционной смолы LX-68 имеет более высокую эффективность разделения. В результате обработки олеорезина с применением указанного вида адсорбционных смол содержание ликопина в олеорезине увеличилось в 30,4 раза (с 0,21 до 6,38%). Проведенные исследования показали перспективность дальнейшего изучения свойств адсорбционных смол для их применения при масштабировании процесса производства ликопина из олеорезинов, полученных из кожицы томатов.

Предложенный в патенте [20] способ получения ликопина из томатного пюре включает экстракцию ликопина органическими растворителями и отделение кристаллического ликопина в процессе удаления растворителей. Способ позволяет получать ликопин со степенью кристаллизации более 80%. Достоинства предлагаемого способа – в простоте технологического процесса, высокой эффективности и энергосбережении.

В патенте [21] предложен способ получения кристаллического ликопина из томатной пасты, разработанный китайскими учеными. Способ заключается в реализации следующих стадий: смешивание томатной пасты и воды, разделение полученной смеси на томатный сок и осадок томатной пасты, обработку томатной пасты щелочным раствором,

сушку, измельчение, экстрагирование органическим растворителем, фильтрование экстракта, его выпаривание и концентрирование при низкой температуре для кристаллизации ликопина, отделение и сушку. В результате реализации этого способа получают продукт с содержанием ликопина более 10%.

Недостатками этого способа является его многостадийность, а также получение продукта с низким содержанием ликопина.

В патенте [22] описан способ получения кристаллов ликопина из каротинсодержащего олеорезина (исходное содержание ликопина в олеорезине от 1% до 12% от общего содержания каротинов) путем смешивания каротинсодержащего олеорезина с этиловым спиртом (96%-м) при температуре 40°C, выдерживания в покое в течение 30 минут и последующей фильтрационной сушки с получением красных кристаллов ликопина. Недостатком указанного способа является применение для кристаллизации полярного этилового спирта, в результате чего может быть удалена лишь часть примесей, что затрудняет процесс фильтрационной сушки продукта. Кроме того, чистота получаемых кристаллов достаточно низкая и характеризуется содержанием ликопина в интервале от 19% до 65%.

В патенте [23] предложен способ получения кристаллов ликопина, который предусматривает многоступенчатую обработку сырья – кожицы томатов, заключающуюся в предварительном омылении сырья слабощелочным раствором и обработку его низкомолекулярным спиртом, например, этанолом. Проводят экстракцию каротиноидов органическим растворителем, например, ацетоном, а затем процесс кристаллизации при температуре (0–10°C) и повторную кристаллизацию при более низкой температуре (до –20°C) с получением темно-красных кристаллов ликопина.

Несмотря на возможность получения кристаллов с высоким содержанием ликопина

(от 70% до 90%), указанный способ очень громоздкий и предусматривает применение большого количества химических реактивов.

В патенте [24] предусмотрено проведение омыления олеорезина с последующей промывкой примесей водой и его сушкой, а затем проведение процесса кристаллизации трижды с использованием одного растворителя для получения кристаллов ликопина высокой чистоты путем их отделения в результате равномерного и медленного падения температуры с 70°C до 0°C. Однако, учитывая, что повторные перекристаллизации значительно увеличивают продолжительность способа, а ликопин очень чувствителен к температуре, то при реализации указанного способа избежать потери ликопина очень сложно, а, следовательно, и обеспечить высокий выход кристаллов.

В патенте [25] предложен способ получения ликопина, разработанный российским автором Газиевым, исключающий применение растворителей для экстрагирования ликопина. Разработанный способ предусматривает термическую обработку томатных выжимок, образующихся при получении томатного сока или томатной пасты, которую осуществляют в присутствии карбоната кальция и бикарбоната натрия при температуре 100–115°C для обезвоживания томатных выжимок. Затем томатные выжимки смешивают с рафинированным дезодорированным подсолнечным маслом, которое добавляют в количестве 5% к массе выжимок, полученную смесь нагревают до температуры 115–125°C для перехода ликопина в масляную фазу. Масляную фазу экстрагируют паром в атмосфере углекислого газа, из полученной водно-масляной смеси отделяют масляный экстракт, который омыляют раствором гидроксида калия в этиловом спирте. Ликопин очищают путем промывки водой и этиловым спиртом. Основным недостатком предложенного способа является высокая температура процесса обез-

воживания томатных выжимок, а также высокая температура нагрева смеси обезвоженных выжимок и рафинированного дезодорированного подсолнечного масла, что может привести к нежелательной дегградации и изомеризации термолабильного ликопина.

В патенте [26] предложен способ получения ликопина из томатов и томатопродуктов с использованием малополярных растворителей – метилена хлористого, хлороформа, четыреххлористого углерода. Способ предусматривает 3-кратную экстракцию исходного растительного сырья (предварительно обезвоженного и измельченного) при 6-кратном объеме экстрагента и 2-кратную кристаллизацию ликопина из малополярного растворителя в присутствии спирта (этанол, метанол или бутанол). В результате исследований установлено, что экстракт томатов, полученный с помощью метиленхлорида, содержит больше ликопина, чем при использовании хлороформа или четыреххлористого углерода. Установлено, что только в присутствии спиртов обеспечивается требуемая чистота кристаллизуемого ликопина, а другие органические растворители не пригодны для этих целей. Показано, что наиболее оптимальная концентрация этанола при кристаллизации ликопина составляет 49%. Способ позволяет получить кристаллы с содержанием ликопина от 70% до 75%.

В патенте [27] предложен способ получения высокочистого ликопина из томатного олеорезина с содержанием ликопина от 3% до 15% от общего содержания каротинов, заключающийся в растворении олеорезина в органическом растворителе (диэтиловый эфир, бензол, циклогесан, н-гексан) при высокой температуре (60°C), горячей фильтрации полученного насыщенного раствора и последующего охлаждения до температуры –5°C для получения кристаллов ликопина высокой чистоты. Основным недостатком предложенного способа является высокая

температура при растворении олеорезина в органическом растворителе и фильтрации полученного раствора, что может привести к дегградации и изомеризации термолабильного ликопина.

Способ выделения и очистки кристаллов ликопина без проведения процесса перекристаллизации в органическом растворителе предложен в патенте [28]. Олеорезин, полученный из кожицы томатов, смешивают с композицией, содержащей пропиленгликоль, воду и щелочь (гидроксид калия) для получения реакционной смеси омыления, которую выдерживают в течение 30 минут при температуре 80°C. Омыленную смесь, содержащую кристаллы ликопина и продукты омыления, смешивают с водой для получения менее вязкого раствора, затем полученный раствор фильтруют для получения кристаллов ликопина. Полученные кристаллы ликопина промывают теплой водой и подвергают сушке. При реализации указанного способа возможно получение кристаллов с содержанием ликопина до 70%. Недостатком указанного способа является низкий выход кристаллов ликопина.

Проведенный анализ научно-технической литературы и патентной информации позволяет сделать заключение о том, что большинство способов получения каротинов, в частности ликопина, достаточно длительны и сложны в плане технической реализации, при этом возможно получить кристаллы с высоким содержанием ликопина, но их выход очень низкий. Указанный факт затрудняет возможность масштабирования способов получения ликопина в промышленных объемах.

Таким образом, актуальной задачей является разработка технологии получения каротинов, в частности ликопина, обеспечивающей выделение из концентрата каротиноидов ликопина с высокими чистотой и выходом, а также являющейся более простой с точки зрения её реализации в промышленном объеме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ачмиз А.Д., Лисовая Е.В., Викторова Е.П. и др. Физиологическая роль каротиноидов и их применение в технологиях пищевых продуктов. *Новые технологии*. 2023; 19(1):14-25.
2. Клебанов Г.И. Антиоксидантные свойства ликопина. *Биологические мембраны*. 1998; 15(2): 227-237.
3. Matos H.R., Mascio P.D., Marisa H.G. Protective effect of lycopene on lipid peroxidation and oxidative DNA damage in cell culture. 2000; 383(1): 56-59.
4. Stahl W. Lycopene: A biologically important carotenoid for humans? *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 1996; 336(1): 1-9.
5. Ачмиз А.Д., Лисовая Е.В., Свердловченко А.В. и др. Характеристика существующих способов получения каротиноидов из растительного сырья и вторичных ресурсов его переработки. *Новые технологии*. 2022; 18(2): 15-25.
6. Hackett M.M., Lee J.H., Francis D. Thermal stability and isomerization of lycopene in tomato oleoresins from different varieties. *Journal of food science*. 2004; 69(7): 536-541.
7. Lenucci M.S., Caccioppola A., Durante M. Optimisation of biological and physical parameters for lycopene supercritical CO₂ extraction from ordinary and high-pigment tomato cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2010; 90(10):1709-1718.
8. Matulka R.A., Hood A.M., Griffiths J.C. Safety evaluation of a natural tomato oleoresin extract derived from food-processing tomatoes. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2004; 39(1): 390-402.
9. Zuorro A. Enhanced Lycopene Extraction from Tomato Peels by Optimized Mixed-Polarity Solvent Mixtures. *Molecules*. 2020; 25 (9): 2038.
10. Elbadrawy E., Amany Sello A. Evaluation of nutritional value and antioxidant activity of tomato peel extracts. *Arabian Journal of Chemistry*. 2016; 9: 1010-1018.
11. Gonzalez I.N., Valverde V.G., Alonso J.G., Periago M.G. Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. *Food Research International*. 2011; 44: 1528-1535.
12. Королевцев А.А., Тырсин Ю.А., Быковская Е.Е. Применение нано- и микрокапсулирования в фармацевтике и пищевой промышленности. *Вестник Российской академии естественных наук*. 2013; 1:77-84.
13. Li Y., Cui Z., Hu L. Recent technological strategies for enhancing the stability of lycopene in processing and production. *Food chemistry*. 2023; 405:134799.
14. Кугерян А.Г., Степанова Э.Ф. Оптимизация технологии получения β-каротина методом математического планирования эксперимента. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2017; 1(8): 66-69.
15. Wei Y., Zhang T.Y., Xu G.Q. et al. Application of analytical and preparative high-speed counter-current chromatography for separation of lycopene from crude extract of tomato paste. *Journal of Chromatography*. 2001; 929: 169-173.
16. Baldermann S., Ropeter K., Köhler N. et al. Isolation of alltrans lycopene by high-speed counter-current chromatography using a temperature-controlled solvent system. *Journal of Chromatography*. 2008; 1192: 191-193.
17. Способ получения очищенного ликопина и водорастворимого ликопина из томатов: патент на изобретение 101112053 Корея МПК А61К 36/81, А61К 9/20, А61Р 35/00 / Oe Suk Mun; заявитель и патентообладатель: Oe Suk Mun; № 1020110059833; заявл. 22.02.2007; опубл. 27.08.2008. 7 с.
18. Способ получения индивидуальных каротиноидов: патент 2648452 Рос. Федерация А61К 36/00, А61К 35/56, А61К 35/612, В01Д 11/02 / Кугерян А.Г., Печинский С.В., Степанова Э.Ф.; патентообладатель: ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»; № 2016148100; заявл. 07.12.2016. опубл. 26.03.2018, Бюл. № 9. 6 с.
19. Liu Y., Liu J., Chen X. et al. Preparative separation and purification of lycopene from tomato skins extracts by macroporous adsorption resins. *Food Chemistry*. 2010; 123(4):1027-1034.

20. Способ получения ликопина: патент на изобретение WO/2003/028481, Китай, МПК C09B 61/00 / Chen Huanzhong; патентообладатель: Xinjiang Jinqi Industry Limited; № PCT/CN 2002/000080; заявл. 28.09.2001; опубл. 10.04.2003. 5 с.

21. Способ получения кристаллического ликопина или олеорезина ликопина из томатной пасты: патент на изобретение 1298904, Китай, МПК C09B 61/00 / Wen Gang, Hu Guang, Li Xin; патентообладатель: Shengminghong Science and Technology Investment Development Co Ltd, Xinjiang; № 00128226.3; заявл. 18.12.2000; опубл. 13.06.2001. 6 с.

22. Способ получения ликопина: патент на изобретение 1775867 А Китай МПК C09B 61/00 / Маньцзян У., Ли А. Тонгю С.; патентообладатель: Синьцзянский технический институт физики и химии Китайской академии наук; № 200510126592.2А; заявл. 30.11.2005; опубл. 24.05.2006. 7 с.

23. Способ получения кристаллов ликопина и концентрата: патент на изобретение 1687239 А, Китай, МПК C09B 61/00 / Маньцзян У., Ли А. Тонгю С.; патентообладатель: Синьцзянский технический институт физики и химии Китайской академии наук; № 200510071552; заявл. 25.05.2005; опубл. 26.10.2005. 7 с.

24. Способ получения и очистки ликопина: патент на изобретение 1807410 А, Китай, МПК C07C 403/24, C09B 61/00 / Жунхоу Л., Сяоянь М.; патентообладатель: Шанхайский университет им. Цзяотуна; №200610024083.3А; заявл. 26.07.2006; опубл. 23.02.2006. 9 с.

25. Способ получения ликопина: патент на изобретение 2172608 Рос. Федерация МПК A23L 1/212 A61K 35/78 / Газиев А.И.; заявитель и патентообладатель Газиев А.И.; № 2000125003; заявл. 04.10.2000; опубл. 27.08.2001, Бюл. № 24. 7 с.

26. Способ получения ликопина и лекарственный препарат ликопина: заявка 94017353 Рос. Федерация МПК A61K 35/78 / Капитанов А.В., Муратова Л.Е., Пименов А.М., Нестерова О.А.; заявитель и патентообладатель: Товарищество с ограниченной ответственностью «Инвест»; № 94017353; заявл. 11.05.1994; опубл. 10.08.1996. 9 с.

27. Способ получения высокочистого ликопина: патент на изобретение 472183, Китай, МПК C07C 7/14, C07C 11/02 / Z. Yaping, Y. Wenli, W. Daru; патентообладатель: Shaghai Communication Univ.; № 03129382.4; заявл. 19/06/2003; опубл. 04.02.2004. 8 с.

28. Способ выделения и очистки кристаллов ликопина: патент на изобретение 5858700, США, МПК C12N 1/00, C12P 23/00, A61K 36/00 / Ausich Rodney L., Sanders David J.; патентообладатель: Kemin Foods LC.; № 08832282; заявл. 03.04.1997; опубл. 12.01.1999. 6 с.

REFERENCES:

1. Achmiz A.D., Lisovaya E.V., Viktorova E.P. et al. Physiological role of carotenoids and their application in food technologies. *New technologies*. 2023; 19(1):14-25. [in Russian]
2. Klebanov G.I. Antioxidant properties of lycopene. *Biological membranes*. 1998; 15(2): 227-237. [in Russian]
3. Matos H.R. Mascio P.D., Marisa H.G. Protective effect of lycopene on lipid peroxidation and oxidative DNA damage in cell culture. 2000; 383(1): 56-59.
4. Stahl W. Lycopene: A biologically important carotenoid for humans? *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 1996; 336(1): 1-9.
5. Achmiz A.D., Lisovaya E.V., Sverdlichenko A.V. et al. Characteristics of existing methods for obtaining carotenoids from plant raw materials and secondary resources for their processing. *New technologies*. 2022; 18(2): 15-25. [in Russian]
6. Hackett M.M., Lee J.H., Francis D. Thermal stability and isomerization of lycopene in tomato oleoresins from different varieties. *Journal of food science*. 2004; 69(7): 536-541.
7. Lenucci M.S., Caccioppola A., Durante M. Optimization of biological and physical parameters for lycopene supercritical CO₂ extraction from ordinary and high-pigment tomato cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2010; 90(10):1709-1718.

8. Matulka R.A., Hood A.M., Griffiths J.C. Safety evaluation of a natural tomato oleoresin extract derived from food-processing tomatoes. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2004; 39(1): 390-402.

9. Zuorro A. Enhanced Lycopene Extraction from Tomato Peels by Optimized Mixed-Polarity Solvent Mixtures. *Molecules*. 2020; 25(9):2038.

10. Elbadrawy E., Amany Sello A. Evaluation of nutritional value and antioxidant activity of tomato peel extracts. *Arabian Journal of Chemistry*. 2016; 9: 1010-1018.

11. Gonza'lez I.N., Valverde V.G., Alonso J.G., Periago M.G. Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. *Food Research International*. 2011; 44: 1528-1535.

12. Korolevets A.A., Tyrsin Yu.A., Bykovskaya E.E. Application of nano- and microencapsulation in pharmaceuticals and food industry. *Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences*. 2013; 1:77-84. [in Russian]

13. Li Y., Cui Z., Hu L. Recent technological strategies for enhancing the stability of lycopene in processing and production. *Food chemistry*. 2023; 405:134799.

14. Kugeryan A.G., Stepanova E.F. Optimization of technology for producing β -carotene using the method of mathematical experimental planning. *Development and registration of medicines*. 2017; 1(8): 66-69. [in Russian]

15. Wei Y., Zhang T.Y., Xu G.Q. et al. Application of analytical and preparative high-speed counter-current chromatography for separation of lycopene from crude extract of tomato paste. *Journal of Chromatography*. 2001; 929: 169-173.

16. Baldermann S., Ropeter K., Köhler N. et al. Isolation of alltrans lycopene by high-speed counter-current chromatography using a temperature-controlled solvent system. *Journal of Chromatography*. 2008; 1192: 191-193.

17. Method for obtaining purified lycopene and water-soluble lycopene from tomatoes: patent for invention 101112053 Korea IPC A61K 36/81, A61K 9/20, A61P 35/00 / Oe Suk Mun; Applicant and Patentee: Oe Suk Mun; No. 1020110059833; appl. 22.02.2007; publ. 27.08.2008. 7 p.

18. Method for obtaining individual carotenoids: patent 2648452 Russ. Federation A61K 36/00, A61K 35/56, A61K 35/612, B01D 11/02 / Kugeryan A.G., Pechinsky S.V., Stepanova E.F.; patent holder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Medical University»; No. 2016148100; appl. 07.12.2016. publ. 26.03.2018, Bulletin. No. 9. 6 p.

19. Liu Y., Liu J., Chen X. et al. Preparative separation and purification of lycopene from tomato skins extracts by macroporous adsorption resins. *Food Chemistry*. 2010; 123(4):1027-1034.

20. Method for producing lycopene: patent for invention WO/2003/028481, China, IPC C09B 61/00 / Chen Huanzhong; Patentee: Xinjiang Jinqi Industry Limited; No. PCT/CN 2002/000080; appl. 09.28.2001; publ. 10.04.2003. 5 p.

21. Method for producing crystalline lycopene or oleoresin lycopene from tomato paste: invention patent 1298904 China IPC C09B 61/00 / Wen Gang, Hu Guang, Li Xin; Patentee: Shengminghong Science and Technology Investment Development Co Ltd, Xinjiang; No. 00128226.3; appl. 18.12.2000; publ. 13.06.2001. 6 p.

22. Method for obtaining lycopene: patent for invention 1775867 A China IPC C09B 61/00 / Manjiang W., Li A. Tongyu S.; patent holder: Xinjiang Technical Institute of Physics and Chemistry of the Chinese Academy of Sciences; No. 200510126592.2A; appl. November 30, 2005; publ. 24.05.2006. 7 p.

23. Method for obtaining lycopene crystals and concentrate: patent for invention 1687239 A China IPC C09B 61/00 / Manjiang W., Li A. Tongyu S.; patent holder: Xinjiang Technical Institute of Physics and Chemistry of the Chinese Academy of Sciences; No. 200510071552; appl. 25.05.2005; publ. 26.10.2005. 7 p.

24. Method for obtaining and purifying lycopene: patent for invention 1807410 A China IPC C07C 403/24, C09B 61/00 / Ronghou L., Xiaoyan M.; patent holder: Shanghai University. Jiaotong; No. 200610024083.3A; appl. 26.07.2006; publ. 23.02.2006. 9 p.

25. Method for producing lycopene: patent for invention 2172608 Ros. Federation IPC A23L 1/212 A61K 35/78 / Gaziev A.I.; applicant and patent holder A.I. Gaziev; No. 2000125003; appl. 04.10.2000; publ. 27.08.2001, Bulletin. No. 24. 7 p.

26. Method of obtaining lycopene and medicinal preparation of lycopene: application 94017353 Ros. Federation IPC A61K 35/78 / Kapitanov A.V., Muratova L.E., Pimenov A.M., Nesterova O.A.; applicant and patent holder: Limited Liability Partnership «Invest»; No. 94017353; appl. 11.05.1994; publ. 10.08.1996. 9 p.

27. Method for producing high-purity lycopene: patent for invention 472183 China IPC C07C 7/14, C07C 11/02 / Z. Yaping, Y. Wenli, W. Dapu; Patentee: Shanghai Communication Univ.; No. 03129382.4; appl. 19.06.2003; publ. 04.02.2004. 8 p.

28. Method for isolating and purifying lycopene crystals: invention patent 5858700 USA IPC C12N 1/00, C12P 23/00, A61K 36/00 / Ausich Rodney L., Sanders David J.; Patent owner: Kemin Foods LC.; No. 08832282; appl. 03.04.1997; publ. 12.01.1999. 6 p.

Информация об авторах / Information about the authors

Екатерина Валериевна Лисовая, кандидат технических наук, заведующий отделом пищевой технологии, контроля качества и стандартизации, КНИИХП – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ

e.kabalina@mail.ru
тел. +7 (961) 504 21 27

Ekaterina V. Lisovaya, PhD (Eng.), Head of the Department of Food Technology, 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 and Winemaking»

e.kabalina@mail.ru
тел. +7 (961) 504 21 27

Аминет Довлетовна Ачмиз, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела пищевой технологии, контроля качества и стандартизации, КНИИХП – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ

anna.achmiz@gmail.com
тел. +7 (918) 379 32 77

Aminet D. Achmiz, PhD (Eng.), Senior Researcher, Department of Food Technology, Quality Control and Standardization, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of FGBNU «The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking»

anna.achmiz@gmail.com
тел. +7 (918) 379 32 77

Елена Павловна Викторова, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела пищевой технологии, контроля качества и стандартизации, КНИИХП – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ

kornena@bk.ru
тел. +7 (918) 078 65 78

Elena P. Viktorova, Dr Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, Department of Food Technology, Quality Control and Standardization, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of FGBNU «The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking»

kornena@bk.ru
тел. +7 (918) 078 65 78

Анзаур Адамович Схалыхов, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии, машин и оборудования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»
arama75@mail.ru
тел. +7 (918) 220 08 88

Anzaur A. Skhalyakhov, Dr Sci. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Technology, Machines and Equipment of Food Production of the FSBEI HE «Maikop State Technological University»
arama75@mail.ru
тел. +7 (918) 220 08 88

Заявленный вклад соавторов

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Claimed contribution of co-authors

All authors of the research were directly involved in the design, execution, and analysis of the research. All authors of this article have read and approved the final version submitted.

Поступила в редакцию 29.01.2024; поступила после рецензирования 04.03.2024; принята к публикации 05.03.2024

Received 29.01.2024; Revised 04.03.2024; Accepted 05.03.2024