



Научная статья  
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)  
УДК664.34

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.04.017



## ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА ЛИКОПИНОМ ЭКСТРАКЦИЕЙ ИЗ НЕКОНДИЦИОННОГО АРБУЗНОГО СЫРЬЯ

Владимир Анатольевич Васильев <sup>1</sup>, Анна Станиславовна Реснянская <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

<sup>2</sup> Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, Астрахань, Россия

<sup>1</sup> osmiy.7272@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-3054-7525>

<sup>2</sup> resnyanskaya-as@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2821-6658>

**Аннотация.** Переработка вторичных ресурсов сельскохозяйственного сырья в ценные пищевые продукты является одним из приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса. Ликопин – неполярное полиненасыщенное соединение, обладающее разносторонней физиологической активностью, обусловленной его сильнейшей из всех каротиноидов антиоксидантной активностью. Основным ликопинсодержащим сырьём в России являются отходы производства томатной пасты и некондиционные арбузы. В работе рассмотрены вопросы экстракции ликопина маслом подсолнечника из концентрата, полученного из красной мякоти некондиционного арбузного сырья. Выбор экстрагента обусловлен хорошей растворимостью в нем ликопина и широким использованием в пищевой индустрии. В отличие от применения классических углеводородных экстрагентов, используемых в технологии ликопина, данный подход полностью удовлетворяет требованиям для продуктов здорового питания и зелёной химии. Изучено влияние ультразвуковой обработки на интенсивность и глубину процесса экстракции. В ходе эксперимента определены оптимальные условия: соотношение экстрагент – сырьё 20:1; температура – 60 °С; общее время экстракции – 120 минут, использование ультразвука частотой 35 кГц мощностью 150 Вт/дм<sup>2</sup>, общее время обработки – 15 минут, максимально достигнутая степень экстракции 73 %. При данных условиях достигается оптимальное соотношение между степенью экстракции и стоимостью процесса. Потери ликопина в процессе хранения в масле при условии хранения в затемненной таре при температуре 4 °С составило не более 20 % за 6 месяцев.

**Ключевые слова:** ликопин, антиоксиданты, каротиноиды, экстракция маслом подсолнечника, арбуз, некондиционное сырьё, ультразвуковая обработка, переработка сельскохозяйственных отходов, эффективность экстракции, потери в процессе хранения.

**Для цитирования:** Васильев В. А., Реснянская А. С. Технология обогащения подсолнечного масла ликопином экстракцией из некондиционного арбузного сырья // Ползуновский вестник. 2025. № 4, С. 103–108. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.04.017. EDN: <https://elibrary.ru/WVQLAO>.

Original article

## TECHNOLOGY OF SUNFLOWER OIL ENRICHMENT WITH LYCOPENE EXTRACTION FROM SUBSTANDARD WATERMELON RAW MATERIALS

Vladimir A. Vasilyev <sup>1</sup>, Anna S. Resnyanskaya <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

<sup>2</sup> Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

<sup>1</sup> osmiy.7272@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-3054-7525>

<sup>2</sup> resnyanskaya-as@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2821-6658>

**Abstract.** The processing of agricultural raw materials into valuable food products is one of the priority areas for the development of agro-industrial complex. Lycopene is a non-polar polyunsaturated compound with versatile physiological activity due to its strongest antioxidant activity of all carotenoids. The main lycopene-containing raw materials in Russia are tomato paste and watermelon waste. The paper discusses issues of extraction of lycopene with sunflower oil from concentrate obtained from red pulp of substandard watermelon raw materials. The choice of extractant is due to the good solubility of lycopene in it and its wide use in the food industry. Unlike the classic hydrocarbon extractants used in lycopene technology, this approach fully meets the requirements for healthy foods and green chemistry. The effect of ultrasonic treatment on the intensity and depth of the extraction process was studied. During the experiment, optimal conditions were determined: the ratio of extractant to raw materials is 20:1; 60 °C temperature; total extraction time

© Васильев В. А., Реснянская А. С., 2025

120 minutes, use of ultrasonication frequency 35 kHz and power 150 W/dm<sup>2</sup>, total treatment time 15 minutes, maximum achieved degree of 73 % extraction. Under these conditions, an optimal ratio between the degree of extraction and the cost of the process is achieved. Lycopene loss in oil storage when stored in a darkened container at 4 °C was not more than 20 % over 6 months.

**Keywords:** lycopene, antioxidants, carotenoids, extraction with sunflower oil, watermelon, substandard raw materials, ultrasonic treatment, processing of agricultural waste, extraction efficiency, loss during storage.

**For citation:** Vasilyev, V.A. & Resnyanskaya, A.S. (2025). Technology of sunflower oil enrichment with lycopene extraction from substandard watermelon raw materials. *Polzunovskiy vestnik*, (4), 103-108. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.04.017. EDN: <https://elibrary.ru/WVQLAO>.

## ВВЕДЕНИЕ

Рост потребления продуктов функционального назначения является одним из главных трендов изменения структуры питания в большинстве развитых стран на протяжении последних десятилетий. Одним из наиболее эффективных направлений повышения биологической ценности пищи является введение в её состав естественных компонентов, нивелирующих негативное воздействие синглетного кислорода на организм человека, проявляя, таким образом, антиоксидантные свойства. Ликопин – природный пигмент красного цвета, содержащийся в ряде растений: томаты, арбуз, грейпфрут, агава и др. Ликопин является постоянным компонентом, присутствующим в плазме крови человека. Данный пигмент относится к классу невитаминных каротиноидов, который представляет собой высоко липофильное соединение, хорошо растворимое в растительных маслах, и экстрагируется ими из растительного сырья. В большинстве случаев при использовании ликопина в профилактических целях отсутствует необходимость его выделения в кристаллическом виде. Синергизм физиологического воздействия комплекса ликопина, токоферолов и ненасыщенных жирных кислот, а также их лучшая сохранность в составе масляного раствора делает перспективным непосредственную его экстракцию из подготовленного растительного сырья коммерчески доступным маслом. Подобный подход исключает необходимость использования химических экстрагентов, таких как гексан, хлороформ, ацетон и др., применяемых в классических технологических схемах выделения ликопина и других каротиноидов. Масляная экстракция проста в аппаратном отношении и не требует высоких давлений в отличие от использования углекислоты [1]. Минимальная норма потребления ликопина не определена и оценивается величиной 5 мг [2]. При этом даже эта минимальная величина не всегда выполняется. Входящие в состав масла фосфолипиды за счёт образования двойного биполярного слоя повышают биодоступность ликопина, улучшая его всасываемость и облегчая попадание в органы и ткани [3]. Поэтому практика обогащения премиальных растительных масел ликопином – вос-

ходящий тренд в производстве продуктов функциональной направленности [4]. Оливковое масло, обогащённое ликопином (в количестве 7 мг в расчёте на дневную норму потребления), оказало выраженное положительное воздействие на способность к нейтрализации свободных радикалов кислорода [5]. Данная композиция была успешно использована для лечения желудочно-кишечных заболеваний и склерозомии [6, 7]. Анализ литературных источников, описывающих масляную экстракцию ликопина, показал, что основным сырьевым источником в данных технологиях являются отходы томатного производства [8]. Помимо этого сырья предложено использовать гуаву, папайю и др. [9, 10, 11]. Работы, посвященные экстракции ликопина из арбуза, ориентированы на лабораторное применение и предполагают использование органических растворителей [12, 13]. В работе [14] предложено технологическое решение производства сухих ликопинсодержащих концентратов на основе мякоти арбуза. Экстракция ликопина из мякоти арбуза имеет целый ряд преимуществ по сравнению с другими источниками:

- **неограниченная сырьевая база.** По данным астраханских сельхозпроизводителей, доля некондиционных арбузов, остающихся на полях, варьируется в зависимости от условий на уровне 15 до 30 процентов, поэтому их переработка является актуальной задачей. Учитывая объёмы выращивания арбузов в южных регионах России, можно говорить, что ежегодно невостребованными оказываются более 100 тысяч тонн продукции хорошего качества, но непригодные для реализации в условиях пресыщенности рынка;

- **доступность ликопина** для выделения при переработке мякоти арбуза на глюкозно-фруктозный сироп, который может быть использован для пищевых и микробиологических целей [15];

- **высокое содержание ликопина в сырье.** Содержание ликопина в мякоти арбуза зависит от степени зрелости, условий выращивания, сорта и других факторов. В таблице 1 приводятся данные по содержанию ликопина из различных литературных источников.

Таблица 1 – Содержание ликопина в пульпе арбуза

Table 1 – Lycopene content in water melon pulp

№ п/п	Регион произрастания	Содержание ликопина в сырой массе, мг/кг	Источник
1	Корея	24,2 – 69,1	16
2	США	21,3 – 65,1	17
3	Индия	34,6 – 80,0	18
4	Португалия	23,0 – 72,0	19
5	Россия	43,0 – 62,0	14

Из приведённых данных видно, что среднее содержание ликопина находится в области 50 мг/кг сырой массы или 500 мг/кг в пересчёте на абсолютно сухое вещество. Таким образом, переработка даже

1000 тонн арбузного сырья позволит обеспечить получить десятки килограмм этого ценного компонента в виде масляного раствора.

Цель работы – исследовать параметры экстрак-

# ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА ЛИКОПИНОМ ЭКСТРАКЦИЕЙ ИЗ НЕКОНДИЦИОННОГО АРБУЗНОГО СЫРЬЯ

ции ликопина подсолнечным маслом из арбузного сырья с применением ультразвукового воздействия.

## МЕТОДЫ

**Материалы и оборудование.** В качестве объекта исследования была использована мякоть (пульпа) арбуза (*Citrullus lanatus*) сорта – «Холодок». Три образца арбуза были приобретены в начале сентября 2024 года на бахче в районе рабочего посёлка «Красные баррикады» Икрянинского района Астраханской области. Средний вес образцов 11,3 кг. В качестве экстрагента было использовано масло подсолнечное нерафинированное прямого холодного отжима. Для контрольной экстракции использовался *n*-гексан для УФ спектроскопии (УФС) по ТУ 2631-158-44493179-13 производства АО «ЭКОС.1». Сок мякоти арбуза выделяли на соковыжималке центробежного типа с нержавеющей ситом и размером перфорации 200 мкм, скоростью вращения ротора 3000 об/мин. Измельчение и гомогенизацию образцов проводили на стационарном блендере «Kitchen Aid 5KSB4026» мощностью 1200 Вт (Италия). Скорость вращения ротора 15000 об/мин. Высушивание образцов проводили на анализаторе влажности МХ-50 до влажности 10 % в изотермическом режиме при 90 °С, концентрат измельчали на кофемолке Bosch MKM 6003. Ультразвуковую экстракцию проводили на приборе ПСБ-4035-05 производства «ПСГ-Галс», рабочая частота 35 кГц, общая мощность 450 Вт (три излучателя по 150 Вт каждый), рабочий объём 4 л.

**Методика исследования.** Мякоть арбуза нарезают на сегменты, перекладывали в лоток, застеленный фольгой, маркировали и хранили в лабораторном холодильнике при температуре 4 °С. Семена удаляли вручную. Навеску сегментированной и лишённой семян мякоти пропускали через соковыжималку. Отжатый сок

Таблица 2 – Параметры проведения экстракции  
Table 2 – Extraction parameters

№ образца	Масса навески, г	Масса масла, г	Температура экстракции, °С	Время и кратность обработки в блендере	Время и кратность обработки ультразвуком
1	1	100	30	2 раза по 10 мин	отсутствовала
2	5	100	30	2 раза по 10 мин	отсутствовала
3	10	100	30	2 раза по 10 мин	отсутствовала
4	20	100	30	2 раза по 10 мин	отсутствовала
5	5	100	45	2 раза по 10 мин	отсутствовала
6	5	100	60	2 раза по 10 мин	отсутствовала
7	5	100	75	2 раза по 10 мин	отсутствовала
8	5	100	60	2 раза по 10 мин	2 раза по 5 мин
9	5	100	60	2 раза по 10 мин	2 раза по 15 мин
10	5	100	60	2 раза по 10 мин	4 раза по 30 мин
11	5	100	60	2 раза по 10 мин	5 раза по 15 мин
12	5	100	60	2 раза по 15 мин	3 раза по 15 мин
13	5	100	60	3 раза по 15 мин	3 раза по 15 мин
14	5	100	60	4 раза по 15 мин	3 раза по 15 мин

По окончании экстракции образцам давали отстояться 10 минут для осаждения осадка, после чего от каждого образца осторожно, чтобы не взмутить осадок, отбиралось 1 см<sup>3</sup> пробы с помощью дозатора пипеточного и переносилось в пробирку с 9 см<sup>3</sup> гексана. После этого пробирку интенсивно перемешивали, оставляли на 5 минут. Затем содержимое пробирки наливали в кювету с шириной поглощающего слоя 1 см и измеряли величину оптической плотности при длине волны 472 нм. Рассчитывали содержание ликопина по величине удельного показателя поглощения. Все данные представлены как средние арифметические значения и их стандартные отклонения из трех независимых измерений. В целях установления потерь ликопина при хранении раствор ликопина в масле, полученный при оптимальных

нагревали на бане водяной лабораторной при температуре 85 °С в течение 10 минут. После расслоения гомогенной смеси гетерогенную фазу отделяли и смешивали с остающимися на сите центрифуги волокнами и гомогенизировали на блендере, время обработки 5 минут. Оставшаяся после выделения ликопиновой фракции бесцветная опалесцирующая жидкость представляет собой раствор глюкозы, фруктозы, сахарозы, минеральных веществ и витаминов в воде. Затем выделенную ликопинсодержащую массу частично обезвоживали отжимом на марле, а затем досушивали на анализаторе влажности до остаточного содержания влаги 10 % в изотермическом режиме при 90 °С. Дегидратированный ликопиновый концентрат измельчали на кофемолке в течение 3 минут и просеивали через сито 1 мм.

Экстракцию ликопина из порошка концентрата проводили с использованием двух различных экстрагентов: гексан (стандартный вариант) и нерафинированное подсолнечное масло (экспериментальный вариант). Навеску порошка концентрата массой 1 г заливали 100 см<sup>3</sup> *n*-гексана. Экстракцию проводили при температуре 40 °С в течение 60 минут, растворитель сливали и проводили повторную экстракцию при тех же условиях, после чего оба экстракта объединяли, раствор фильтровали и определяли содержание ликопина спектрофотометрическим методом с использованием литературных данных по значениям удельного показателя поглощения ликопина  $E_{1\text{см}}^{1\%} = 3450$  при  $\lambda_{\text{max}} = 472$  нм. Экстракцию ликопина подсолнечным маслом проводили с кратностью 2 раза по 50 г в нескольких вариантах, варьируя соотношение экстрагент – сырьё, время смешения в миксере, температуру, время воздействия ультразвука. Параметры проведения экстракции отражены в таблице 2.

условия экстракции, помещали в емкость из непрозрачного стекла и хранили в холодильнике при температуре 4 °С в течение 6 месяцев. Пробы отбирали через 3 и 6 месяцев хранения и анализировали на содержание ликопина.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из объёма полученных экспериментальных данных следует, что существует относительно простой механический способ отделения ликопиновой фракции из мякоти арбуза путём термического воздействия на арбузный сок. В условиях эксперимента наблюдалось, что при подобном воздействии изначально гомогенная система переходит в гетерогенную, состоящую из всплывших наверх крупных хлопьев ярко красного цвета – ликопинсодержащую фракцию и нижнюю бесцветную опалесцирующую жид-

кость, содержащую преимущественно сахара. Ликопиновая фракция легко отделяется механическим способом.

При последующем обезживании путём фильтрации она уплотняется и приобретает форму фруктовой пастилы сладкого вкуса. Подобным же образом ведет себя и гомогенизированная в блендере фракция, оставшаяся на сите в соковыжималке, при этом образуя несколько более плотный слой. При высушивании до 10 % влажности оба образца легко измельчаются, но очень мелкий порошок потом плохо отделяется от экстрагента.

Контрольная исчерпывающая экстракция гексаном с последующим фотометрическим определением пигмента показала, что удельное содержание ликопина, перешедшего в раствор, составило 9,85 мг ( $\pm 0,32$  мг) в пересчете на грамм используемого в экстракции концентрата. Аналогичным образом была рассчитана данная величина для каждого образца масляного извлечения, полученного в результате эксперимента. Степень экстракции рассчи-

тывалась как отношение содержания удельного извлечения ликопина масляным экстрактом по отношению к гексановому экстракту.

Первоначальной задачей было определить оптимальное соотношение ликопинового концентрата и экстрагента (масла подсолнечника), а потом при выбранном соотношении определить влияние температуры на протекание процесса. Как видно из полученных данных, эффективность извлечения целевого компонента увеличивается по мере увеличения количества экстрагента, но при переходе от соотношения 1:100 до 1:5 растёт незначительно, поэтому по технологическим характеристикам принимаем соотношение 1:20 как оптимальное. Сходная тенденция наблюдается и при увеличении температуры, но небольшой рост концентрации при переходе от 60 до 75 °C не оправдывает риск деструкции ликопина. Поэтому принимаем оптимальной данную температуру.

Таблица 3 – Эффективность экстракции в зависимости от температуры и соотношения компонентов

Table 3 – Extraction efficiency depending on temperature and ratio of components

Соотношение компонентов	Содержание ликопина, мг/г концентрата			
	Температура °C			
	30	45	60	75
1:5	3,11 $\pm$ 0,19	–	–	–
1:10	4,14 $\pm$ 0,21	–	–	–
1:20	4,56 $\pm$ 0,23	5,11 $\pm$ 0,17	5,84 $\pm$ 0,26	6,01 $\pm$ 0,21
1:100	4,63 $\pm$ 0,17	–	–	–

Примечание: «–» при данных условиях определение содержания ликопина не проводилось

На втором этапе оценено влияние времени экстракции и эффективность использования ультразвука, представленные в таблице 4.

Как видно из данных, приведённых в таблице 4, определяющее значение играет увеличение времени

экстракции до 60 минут и увеличение времени обработки ультразвуком до 45 минут. При этом использование ультразвука позволяет повысить степень экстракции на 20 %.

Таблица 4 – Эффективность экстракции в зависимости от обработки ультразвуком

Table 4 – Extraction efficiency depending on sonication

Общее время обработки в миксере, мин	Содержание ликопина, мг/г концентрата			
	Общее время обработки ультразвуком, мин			
	10	30	45	75
20	6,29 $\pm$ 0,16	6,63 $\pm$ 0,18	7,19 $\pm$ 0,21	7,24 $\pm$ 0,23
30	–	–	7,49 $\pm$ 0,19	–
60	–	–	7,61 $\pm$ 0,17	–
75	–	–	7,67 $\pm$ 0,23	–

Примечание: «–» при данных условиях определение содержания ликопина не проводилось

Потери ликопина при хранении в виде масляного раствора составили за 3 и 6 месяцев 8 и 20 % соответственно.

## ВЫВОДЫ

В настоящий момент ликопин присутствует на рынке в виде лекарственных препаратов и биологически активных добавок со средней дозировкой 5–10 мг и стоимостью порядка 500 рублей за упаковку в 30 таблеток. Данные препараты производятся из зарубежных субстанций, изготовленных с использованием химических экстрагентов, содержащие помимо основного компонента другие вспомогательные вещества. При этом обогащение масла подсолнечника ликопином из некондиционного арбузного сырья с доведением его концентрации до 0,5 мг на 1 г масла позволит обеспечить потребность организма в данном компоненте при обычной заправке салата малом (10 г). Причём себестоимость подобного продукта как минимум на порядок дешевле, а физиологичность намного выше за счёт полного отсутствия непищевых компонентов в его составе. Ликопин является нетоксичным веществом, и поэтому отсутствует

опасность его передозировки. Использование подсолнечного масла обеспечивает синергетический эффект воздействия антиоксиданта и стабильность при хранении. Подобный подход позволяет решать проблему арбузов, остающихся на полях, и уменьшить тем самым экологическую нагрузку и улучшить показатели рентабельности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dhakane-Lad J., Kar A. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of lycopene from pink grapefruit (*Citrus paradise* Macfad) and its degradation studies during storage // Food Chemistry. 2021. Vol. 361. P. 130113. 361. 130113. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130113.
2. Изучение содержания ликопина в рационе различными методами воспроизведения / Е.В. Кирпиченкова [и др.] // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 2. С. 182–186. DOI: 10.33029/0016-9900-2020-99-2-182-186.
3. Amiri-Rigi A. & Abbasi S. Extraction of lycopene using a lecithin-based olive oil microemulsion // Food Chemistry. 2018. Vol. 272. P. 568–573. DOI:

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 4 2025

## ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА ЛИКОПИНОМ ЭКСТРАКЦИЕЙ ИЗ НЕКОНДИЦИОННОГО АРБУЗНОГО СЫРЬЯ

10.1016/j.foodchem.2018.08.080.

4. State of the Art on Functional Virgin Olive Oils Enriched with Bioactive Compounds and Their Properties / P. Reboredo-Rodríguez [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. 2017. Vol. 18(3). P. 668. DOI: 10.3390/ijms18030668.

5. A lycopene-enriched virgin olive oil enhances antioxidant status in humans / M. Garrido [et al.] // *Journal of the science of food and agriculture*. 2013. Vol. 93. P. 1820–1826. DOI: 10.1002/jsfa.5972.

6. Nieva-Echevarría B., Goicoechea E., Guillen M. Oxidative stability of extra-virgin olive oil enriched or not with lycopene. Importance of the initial quality of the oil for its performance during in vitro gastrointestinal digestion // *Food Research International*. 2020. Vol. 130. P. 108987. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.108987.

7. Xerostomia: From Pharmacological Treatments to Traditional Medicine - An Overview on the Possible Clinical Management and Prevention Using Systemic Approaches / L. Sardellitti [et al.] // *Current Oncology*. 2023. Vol. 30. P. 4412–4426. DOI: 10.3390/curroncol30050336.

8. Rahimi S., Mikani M. Lycopene green ultrasound-assisted extraction using edible oil accompany with response surface methodology (RSM) optimization performance: Application in tomato processing wastes // *Microchemical Journal*. 2019. Vol. 146. DOI: 10.1016/j.microc.2019.02.039.

9. Lima R., Nunes I., Block J. Ultrasound-Assisted Extraction for the Recovery of Carotenoids from Guava's Pulp and Waste Powders // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2020. Vol. 75. P. 1–7. DOI: 10.1007/s11130-019-00784-0.

10. Lara-Abia S., Welti-Chanes J., Cano M.P. Effect of Ultrasound-Assisted Extraction of Carotenoids from Papaya (*Carica papaya* L. cv. Sweet Mary) Using Vegetable Oils // *Molecules*. 2022. Vol. 27. P. 638. DOI: 10.3390/molecules27030638.

11. An Edible Oil Enriched with Lycopene from Pink Guava (*Psidium guajava* L.) Using Different Mechanical Treatments / Gomez C. [et al.] // *Molecules*. 2022. Vol. 27. P. 1038. DOI: 10.3390/molecules27031038.

12. Oberoi D., Sogi D. Utilization of watermelon pulp for lycopene extraction by response surface methodology // *Food Chemistry*. 2017. Vol. 232. P. 316–321. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.04.038.

13. Okonkwo S., Ofodum N. Determination of lycopene from water melon (*Citrullus lanatus*) // *International Journal of Scientific and Engineering Research*. 2018. Vol. 9(8). P. 5.

14. Решение адаптированной к блокам мякоти арбуза математической модели их дефростации / В.А. Лебедев [и др.] // *Вестник КрасГАУ*. 2021. № 4(169). С. 133–139. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-4-133-139.

15. Васильев В.А., Реснянская А.С. Ресурсосберегающие подходы к производству пищевого масла *Mortierella alpina* на основе отходов сельскохозяйственного производства // *Известия Дагестанского ГАУ*. 2024. № 3(23). С. 116–123. DOI: 10.52671/26867591\_2024\_3\_116.

16. Park H., Kim Y.-J., Shin Y. Estimation of daily intake of lycopene, antioxidant contents and activities from tomatoes, watermelons, and their processed products in Korea // *Applied Biological Chemistry*. 2020. Vol. 63. P. 50. DOI: 10.1186/s13765-020-00534-w.

17. Lycopene content differs among red-fleshed watermelon cultivars / P. Perkins [et al.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2001. Vol. 81. P. 983–987. DOI: 10.1002/jsfa.880.

18. Lycopene content, antioxidant capacity and colour attributes of selected watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars grown in India / S. Nagal [et al.] // *Int J Food Sci Nutr*. 2012. Vol. 63(8). P. 996–1000. DOI: 10.3109/09637486.2012.694848.

19. Lycopene content and antioxidant capacity of Portuguese watermelon fruits / M.P. Pinto [et al.] // *EJEAFChe*. 2011. Vol. 10. P. 2090–2097.

### Информация об авторах

В. А. Васильев – кандидат химических наук, научный сотрудник научно-исследовательской части Астраханского государственного технического университета.

А. С. Реснянская – кандидат химических наук, доцент кафедры «Фундаментальной и прикладной химии» Астраханского государственного университета им. В.Н. Татищева.

### REFERENCES

1. Dhakane-Lad, J. & Kar, A. (2021). Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of lycopene from pink grapefruit (*Citrus paradise* Macfad) and its degradation studies during storage. *Food Chemistry*. 361. 130113. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130113.

2. Kirpichenkova, E.V., Korolev, A.A., Nikitenko, E.I., Denisova, E.L., Fetisov, R.N., Petrova, E.S. & Fanda, E.A. (2020). The study of lycopene content in the diet by various assessment methods. *Hygiene and Sanitation*. 99 (2), 182-186. (In Russ.). DOI: 10.33029/0016-9900-2020-99-2-182-186.

3. Amiri-Rigi, A. & Abbasi, S. (2018). Extraction of lycopene using a lecithin-based olive oil microemulsion. *Food Chemistry*. 272. 568-573. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.08.080.

4. Reboredo-Rodríguez, P., Figueiredo-González, M., Gonzalez-Barreiro, C., Simal-Gandara, J., Salvador, M., Cancho-Grande, B. & Fregapane, G. (2017). State of the Art on Functional Virgin Olive Oils Enriched with Bioactive Compounds and Their Properties. *International Journal of Molecular Sciences*. 18. 668. DOI: 10.3390/ijms18030668.

5. Garrido, M., González-Flores, D., Marchena, A., Prior, E., Parra, J., Barriga, C. & Moratinos, A. (2013). A lycopene-enriched virgin olive oil enhances antioxidant status in humans. *Journal of the science of food and agriculture*. 93. 1820–1826. DOI: 10.1002/jsfa.5972.

6. Nieva-Echevarría, B., Goicoechea, E. & Guillen, M. (2020). Oxidative stability of extra-virgin olive oil enriched or not with lycopene. Importance of the initial quality of the oil for its performance during in vitro gastrointestinal digestion. *Food Research International*. 130. 108987. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.108987.

7. Sardellitti, L., Bortone, A., Filigheddu, E., Seralutzu, F. & Milia, E. (2023). Xerostomia: From Pharmacological Treatments to Traditional Medicine - An Overview on the Possible Clinical Management and Prevention Using Systemic Approaches. *Current Oncology*. 30. 4412-4426. DOI: 10.3390/curroncol30050336.

8. Rahimi, S. & Mikani, M. (2019). Lycopene green ultrasound-assisted extraction using edible oil accompany with response surface methodology (RSM) optimization performance: Application in tomato processing wastes. *Microchemical Journal*. 146. DOI: 10.1016/j.microc.2019.02.039.

9. Lima, R., Nunes, I. & Block, J. (2020). Ultrasound-Assisted Extraction for the Recovery of Carotenoids from Guava's Pulp and Waste Powders. *Plant Foods for Human Nutrition*. 75. 1-7. DOI: 10.1007/s11130-019-00784-0.
10. Lara-Abia, S., Welte-Chanes, J. & Cano, M.P. (2022). Effect of Ultrasound-Assisted Extraction of Carotenoids from Papaya (*Carica papaya* L. cv. Sweet Mary) Using Vegetable Oils. *Molecules*. 27. 638. DOI: 10.3390/molecules27030638.
11. Gomez, C., Guerra, A., Argel Pérez, Sh., Velásquez-Cock, J., Villegas, M., Gañán, P. & Zuluaga, R. (2022). An Edible Oil Enriched with Lycopene from Pink Guava (*Psidium guajava* L.) Using Different Mechanical Treatments. *Molecules*. 27. 1038. DOI: 10.3390/molecules27031038.
12. Oberoi, D. & Sogi, D. (2017). Utilization of watermelon pulp for lycopene extraction by response surface methodology. *Food Chemistry*. 232. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.04.038.
13. Okonkwo, S. & Ofodum, N. (2018). Determination of lycopene from water melon (*Citrullus lanatus*). *International Journal of Scientific and Engineering Research*. 9(8). 5.
14. Lebedev, V.A., Nugmanov, A.H.H., Aleksanian, I.YU., Aisungurov, N.D., Meshcheriakova, G.S. & Polikarpova, V.E. (2021). Solution of the mathematical model of their defrostation adapted to the pulse blocks. *The Bulletin of KrasGAU*. 4. 133-139. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2021-4-133-139.
15. Vasiliev, V.A. & Resnyanskaya, A.S. (2024). Resource-saving approaches to producing mortierella alpina edible oil from agricultural waste. *Daghestan GAU Proceedings*. 3(23). 116-123. (In Russ.). DOI: 10.52671/26867591\_2024\_3\_116.
16. Park, H., Kim, Y.-J. & Shin, Youngjae. (2020). Estimation of daily intake of lycopene, antioxidant contents and activities from tomatoes, watermelons, and their processed products in Korea. *Applied Biological Chemistry*. 63. 50. DOI: 10.1186/s13765-020-00534-w.
17. Perkins, P., Collins, J., Pair, S. & Roberts, W. (2001). Lycopene content differs among red-fleshed watermelon cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81. 983-987. DOI: 10.1002/jsfa.880.
18. Nagal, S., Kaur, C., Choudhary, H., Singh, J., Bhushan, Singh B. & Singh, K.N. (2012). Lycopene content, antioxidant capacity and colour attributes of selected watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars grown in India. *Int J Food Sci Nutr*. 63(8). 996-1000. DOI: 10.3109/09637486.2012.694848.
19. Pinto, M.P., Cláudia, N.S., Henriques, C., Lima, G. & Fátima, Q. (2011). Lycopene content and antioxidant capacity of Portuguese watermelon fruits. *EJEAFChe*. 10. 2090-2097.

#### Information about the authors

V.A. Vasilyev - Candidate of Chemical Sciences, researcher at the research department of of the Astrakhan State Technical University.

A.S. Resnyanskaya - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of «Fundamental and applied chemistry» of the Astrakhan Tatishchev State University

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07 июня 2025; одобрена после рецензирования 24 ноября 2025; принята к публикации 28 ноября 2025.

The article was received by the editorial board on 07 June 2025; approved after editing on 24 Nov 2025; accepted for publication on 28 Nov 2025.