

Функциональные компоненты питания: технология получения концентрата, содержащего ликопин, из томатного сырья

Ш. М. Велямов, М. Т. Велямов, Ж. З. Уразбаев, Т. Н. Бакытжан, А. У. Абитбекова

Казахский
научно-исследовательский
институт перерабатывающей
и пищевой промышленности,
г. Алматы, Республика Казахстан

АННОТАЦИЯ

Введение: Ухудшение экологической ситуации, особенно в промышленных регионах и мегаполисах, приводит к росту интереса к функциональному питанию как способу профилактики хронических заболеваний. В этом контексте особую ценность приобретают природные каротиноиды - биологически активные соединения с выраженными антиоксидантными свойствами. Среди них ликопин, содержащийся в томатах, выделяется высокой биологической активностью, устойчивостью к окислению и способностью снижать риск сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Однако для широкого промышленного применения необходимы эффективные технологии экстракции, обеспечивающие стабильный выход вещества при сохранении его активности.

Цель: Обоснование эффективного технологического режима экстракции ликопина из томатного сырья.

Материалы и методы: Объектом исследования служил районированный сорт томата «Самаладай». Использовали высушенный порошок из плодов и полученный из него ликопинсодержащий экстракт. Содержание экстрактивных веществ определяли по фармакопейным стандартам. Для количественного анализа β -каротина применяли спектрофотометрический метод ($\lambda = 452$ нм), а для ликопина — метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ГОСТ 33277). Определяли влияние типа растворителя, соотношения сырья и экстрагента, температуры, времени и кратности экстракции на выход активных компонентов.

Результаты: Наиболее эффективным экстрагентом оказался этилацетат. Оптимальные условия экстракции: температура 50 °С, время 30 минут, соотношение сырья к растворителю 1:2,5, двукратное экстрагирование. Полученный экстракт содержал $22,4 \pm 1,29$ мг/100 г ликопина и $21,59 \pm 1,2$ мг/100 г β -каротина. Путем вакуумного испарения получен сухой концентрат ($1,26 \pm 0,12$ г из 1 кг порошка) с содержанием ликопина 17–20 %. Новизна исследования заключается в экспериментальной разработке и обосновании оптимального технологического режима получения ликопинсодержащего концентрата на основе местного томатного сырья, что способствует расширению сырьевой базы и внедрению функциональных компонентов в пищевую промышленность Казахстана.

Выводы: Разработанная технология экстракции ликопина может быть эффективно использована при создании пищевых добавок, направленных на повышение биологической и профилактической ценности продуктов повседневного потребления.

Ключевые слова: функциональное питание; ликопин; каротиноиды; томатное сырье; пищевая экстракция; технологические параметры экстракции; пищевая добавка; биоактивные соединения

Корреспонденция:

Шухрат Масимжанович

Велямов

E-mail: sh.velyamov@rpf.kz

Конфликт интересов:

авторы сообщают
об отсутствии конфликта
интересов.

Поступила: 03.11.2024

Принята: 15.03.2025

Опубликована: 31.03.2025

Copyright: © 2025 Авторы



Для цитирования: Велямов, Ш.М., Велямов, М.Т., Уразбаев, Ж.З., Бакытжан, Т.Н., & Абитбекова, А.У. (2025). Функциональные компоненты питания: технология получения концентрата, содержащего ликопин, из томатного сырья. *FOOD METAENGINEERING*, 3(1), 33-41. <https://doi.org/10.37442/fme.2025.1.77>

Functional Components in Nutrition: Technology for Producing a Lycopene-Containing Concentrate from Tomato Raw Materials

Shukhrat M. Velyamov, Masimzhan T. Velyamov, Zhumatay Z. Urazbayev, Turar N. Bakytzhan, Aelina U. Abitbekova

Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, Republic of Kazakhstan

ABSTRACT

Introduction: The deterioration of the environmental situation, especially in industrial regions and large cities, has led to growing interest in functional nutrition as a means of preventing chronic diseases. In this context, natural carotenoids (biologically active compounds with pronounced antioxidant properties) have become particularly valuable. Among them, lycopene, found in tomatoes, stands out for its high biological activity, oxidative stability, and ability to reduce the risk of cardiovascular and oncological diseases. However, for broad industrial application, efficient extraction technologies are needed to ensure a stable yield of the compound while preserving its activity.

Purpose: To substantiate an effective technological regime for the extraction of lycopene from tomato raw materials.

Materials and Methods: The research object was the regional tomato variety "Samaladay." Dried tomato powder and the lycopene-containing extract obtained from it were used. The content of extractive substances was determined according to pharmacopoeial standards. β -carotene content was quantified by spectrophotometric method ($\lambda = 452$ nm), and lycopene content by high-performance liquid chromatography (HPLC) according to GOST 33277. The influence of solvent type, raw material to solvent ratio, temperature, extraction time, and number of extractions on the yield of active components was analyzed.

Results: Ethyl acetate was identified as the most effective solvent. The optimal extraction conditions were: temperature 50 °C, extraction time 30 minutes, raw material to solvent ratio 1:2.5, with double extraction. The resulting extract contained 22.4 ± 1.29 mg/100 g of lycopene and 21.59 ± 1.2 mg/100 g of β -carotene. Through vacuum evaporation, a dry concentrate was obtained (1.26 ± 0.12 g from 1 kg of powder) with a lycopene content of 17–20%. The novelty of the study lies in the experimental development and substantiation of the optimal technological regime for obtaining a lycopene-containing concentrate based on local tomato raw materials, contributing to the expansion of the raw material base and the introduction of functional components into Kazakhstan's food industry.

Conclusion: The developed lycopene extraction technology can be effectively applied in the creation of food additives aimed at enhancing the biological and preventive value of everyday food products.

Keywords: functional nutrition; lycopene; carotenoids; tomato raw materials; food extraction; technological extraction parameters; food additive; bioactive compounds

Correspondence:

Shukhrat M. Velyamov

E-mail: usama.soultan@mu.edu.eg

Conflict of interest:

The authors report the absence of a conflict of interest.

Received: 03.11.2024

Accepted: 15.03.2025

Published: 31.03.2025

Copyright: © 2025 The Authors



To cite: Velyamov, Sh.M., Velyamov, M.T., Urazbayev, Zh.Z., Bakytzhan, T.N., & Abitbekova, A.U. (2025). Functional components in nutrition: Technology for producing a lycopene-containing concentrate from tomato raw materials. *FOOD METAENGINEERING*, 3(1), 33-41. <https://doi.org/10.37442/fme.2025.1.77>

ВВЕДЕНИЕ

Быстрая урбанизация современного общества, наряду с увеличением выбросов токсичных веществ из-за роста городского транспорта и промышленной деятельности, значительно влияет на здоровье человека, в частности на иммунную систему. Распространение фастфуда и продуктов с низкой питательной ценностью усугубляет эти проблемы, способствуя росту ожирения среди молодежи, развитию заболеваний желудочно-кишечного тракта и повышению уровня холестерина в крови. Эти факторы, в сочетании с загрязнением окружающей среды, могут привести к увеличению числа хронических заболеваний среди трудоспособного населения (Dawood et al., 2020).

Для решения этих проблем со здоровьем необходимо разрабатывать повседневные продукты питания с высокими функциональными свойствами, направленные на улучшение общественного здоровья и повышение устойчивости организма к воздействию токсинов окружающей среды. Одной из эффективных стратегий является увеличение потребления продуктов, богатых антиоксидантами, которые помогают детоксифицировать вредные вещества, укреплять иммунную систему и поддерживать микрофлору кишечника (Zeng et al., 2019).

Функциональные соединения, такие как полифенолы, пектин, инулин и ликопин, вызывают значительный научный интерес. Пектин, полисахарид, содержащийся в корнеплодах, фруктах и овощах, хорошо изучен благодаря своим детоксикационным свойствам и положительному влиянию на липидный и углеводный обмен. Низкоэтерифицированный пектин снижает уровень холестерина в крови, повышает устойчивость иммунной системы к аллергенам, способствует восстановлению слизистых оболочек при воспалениях и улучшает терапевтический эффект лекарственных препаратов при одновременном снижении побочных действий (Жексенбай и соавт., 2020; Донченко & Фирсов, 2017; Зайко, 2017).

Инулин, природный полисахарид, состоящий в основном из фруктозы, получают из цикория и топинамбура. Он улучшает работу пищеварительной системы, способствует росту полезной микрофлоры кишечника, укрепляет иммунитет, улучшает усвоение минералов и снижает уровень холестерина. Инулин широко применяется в производстве молочных продуктов, детского питания, злаковых и хлебобулочных изделий,

особенно полезен для людей с диабетом и ожирением (Надежкина & Сагина, 2020; Маслова, 2018; Перковец, 2010; Гулюк и соавт., 2009).

Полифенолы, природные соединения, содержащиеся в растительных продуктах, обладают широким спектром биологической активности, включая антибактериальное, противоопухолевое, противовоспалительное и антиоксидантное действие. В отличие от синтетических соединений, полифенолы имеют низкую токсичность и минимальные побочные эффекты, что делает их подходящими для функционального питания и биологически активных добавок (Фоменко и соавт., 2009).

Ликопин, каротиноидный пигмент, содержащийся преимущественно в помидорах, привлекает особое внимание благодаря своим мощным антиоксидантным свойствам. Поскольку он не синтезируется в организме человека, его необходимо получать с пищей. Ликопин играет важную роль в снижении окислительного стресса, поддержании целостности ДНК и клеток, а также в профилактике раковых заболеваний груди, простаты, пищеварительного тракта и кожи (Сморозинская и соавт., 2022; Marzocco et al., 2021; Япаров и соавт., 2020).

Экстракция ликопина из томатов включает различные технологии, такие как экстракция с использованием растворителей, ферментативная обработка и современные методы, включая ультразвуковую и микроволновую экстракцию. Исследователи разрабатывают эффективные и экологически чистые методы экстракции, чтобы оптимизировать выход и чистоту ликопина, минимизируя использование опасных растворителей (Ачмиз и соавт., 2022; Arballo et al., 2021; Тукова, 2019; Бондаренко и соавт., 2016; Han et al., 2010; Газиев, 2001). Тем не менее, остаётся пробел в знаниях, касающийся влияния различных технологических параметров на биологическую активность ликопина, а также оптимизации экологически безопасных методов экстракции, обеспечивающих максимальную сохранность его функциональных свойств.

Цель текущей статьи — проанализировать актуальность разработки функциональных пищевых концентратов и добавок с высокими оздоровительными свойствами. Особое внимание уделено особенностям экстракции ликопина из томатов и обоснованию технологических параметров получения экстрактов, обогащенных ликопином.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования

Объектом исследования служил районированный в Республике Казахстан сорт томата «Самаладай», выведенный Казахским научно-исследовательским институтом картофелеводства и овощеводства (авторы — Курганская Н.В., Максимова Н.В.). В работе использовались высушенный порошок из томатов данного сорта, а также ликопинсодержащий экстракт, полученный из этого порошка.

Определение содержания экстрактивных веществ

Определение содержания экстрактивных веществ проводилось в соответствии с общей фармакопейной статьей «Определение содержания экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах». Методика регламентирует стандарты для определения экстрактивных веществ, которые извлекаются из растительного материала с использованием воды, спирта и других органических растворителей. Эти вещества обладают потенциальной биологической активностью и находят применение в пищевой, медицинской и косметической промышленности.

Инструменты и оборудование

Для количественного определения β -каротина применялся метод, описанный в ГОСТ 8756.22. Анализ основан на экстракции каротиноидов с использованием 80% ацетона. Экстракт фильтровали в мерную колбу объемом 25 мл, доводили до метки растворителем и определяли концентрацию каротина с помощью спектрофотометра при длине волны 452 нм.

Для определения содержания ликопина и β -каротина использовался метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), регламентированный ГОСТ 33277. Метод позволяет проводить точный количественный анализ каротиноидов в сложных матрицах.

Условия экстракции

Для разработки эффективной технологии получения ликопинсодержащего томатного экстракта были определены оптимальные условия экстракции, обеспечи-

вающие максимальный выход экстрактивных веществ. Подбор оптимального экстрагента осуществлялся на основе анализа выхода экстрактивных веществ при использовании различных органических растворителей, таких как хлороформ, метилхлорид, гексан и этилацетат, широко применяемых для экстракции каротиноидов. Эксперименты проводились при одинаковых условиях, за исключением типа растворителя. Далее оценивалось соотношение экстрагента к сырью, варьировавшееся от 1:2,5 до 1:12,5, что позволило выявить наилучшие условия для максимального извлечения активных компонентов. Влияние кратности экстрагирования изучалось при однократной, двукратной и трёхкратной экстракциях. Температурный режим варьировался от 40 до 70°C для определения оптимальной температуры, способствующей повышению эффективности извлечения ликопина. Продолжительность экстракции изменялась от 10 до 30 минут, что позволило выявить оптимальное время для достижения наилучшего выхода целевых веществ. Эти параметры были выбраны для комплексной оценки влияния технологических условий на эффективность извлечения ликопина, что позволило обосновать оптимальный режим для получения экстракта с высокими функциональными свойствами.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты определения оптимального экстрагента по выходу экстрактивных веществ представлены в Таблице 1.

Таблица 1
Определение оптимального экстрагента по выходу экстрактивных веществ

Table 1
Определение оптимального экстрагента по выходу экстрактивных веществ

№ п/п	Наименование экстрагента	Выход экстрактивных веществ, %
1	Хлороформ	2,80 ± 0,20 %
2	Метилхлорид	3,61 ± 0,23 %
3	Гексан	2,49 ± 0,23 %
4	Этилацетат	4,17 ± 0,22 %

Таблица 2

Выход экстрактивных веществ при различных соотношениях сырья к экстрагенту

Table 2

Выход экстрактивных веществ при различных соотношениях сырья к экстрагенту

№ п/п	Соотношение сырье: экстрагент	Выход экстрактивных веществ, %	Содержание β-каротина, мг/100г	Содержание ликопина, мг/100г
1	1:2,5	2,34 ± 0,12 %	2,218 ± 0,11 %	2,323 ± 0,11 %
2	1:5	2,51 ± 0,12 %	2,201 ± 0,11 %	2,305 ± 0,13 %
3	1:7,5	2,79 ± 0,15 %	2,055 ± 0,11 %	2,185 ± 0,12 %
4	1:10	3,17 ± 0,15 %	2,023 ± 0,11 %	2,167 ± 0,12 %

Согласно данным в Таблицы 1, в растворителе этилацетата выделяется наибольшее количество экстрактивных веществ — 4,17 ± 0,22 %. Следовательно, для получения ликопинсодержащего сухого порошка нами был отобран растворитель — этилацетат.

Оптимальное соотношение сырья и экстрагента определяли по выходу экстрактивных веществ. Результаты представлены в Таблице 2.

По полученным результатам видно, что при соотношении сырья к экстрагенту — 1:10 выделяется наибольшее количество экстрактивных веществ. При этом, также были определены показатели содержания бета-каротина и ликопина. Наибольшее содержание β-каротина составило на уровне: 2,218 мг/100г и ликопина — 2,323 мг/100 г, при соотношении сырья к экстрагенту: 1:2,5. Поэтому для технологии получения ликопинсодержащего сухого порошка было отобрано соотношение 1:2,5.

Таблица 4

Содержание β-каротина и ликопина в экстрактах, полученных при температуре от 40 до 70°C в течение 10...30 минут при гидромодуле 1:2,5

Температура, °C	40	50	60	70
	10 минут			
β-каротин, мг/100г	9,83 ± 1,19 %	14,92 ± 1,22 %	19,80 ± 1,25 %	20,86 ± 1,31 %
Ликопин, мг/100г	9,36 ± 1,18 %	19,30 ± 1,23 %	20,37 ± 1,24 %	20,38 ± 1,24 %
	20 минут			
β-каротин, мг/100г	19,08 ± 0,12 %	20,50 ± 1,23 %	20,90 ± 1,26 %	20,61 ± 1,22 %
Ликопин, мг/100г	20,0 ± 1,15 %	21,40 ± 1,24 %	21,68 ± 1,31 %	21,32 ± 1,25 %
	30 минут			
β-каротин, мг/100г	18,40 ± 1,11 %	21,59 ± 1,26 %	20,16 ± 1,21 %	20,05 ± 1,15 %
Ликопин, мг/100г	19,05 ± 1,12 %	22,4 ± 1,29 %	21,32 ± 1,22 %	21,18 ± 1,18 %

Результаты определения оптимальной кратности экстракции по выходу экстрактивных веществ представлены в Таблице 3.

Таблица 3

Определение кратности экстракции по выходу экстрактивных веществ

№ п/п	Кратность экстракции	Выход экстрактивных веществ, %
1	Однократная экстракция	3,23 ± 0,12 %
2	Двукратная экстракция	1,15 ± 0,13 %
3	Трехкратная экстракция	0,67 ± 0,11 %

Данные Таблицы 3 свидетельствуют, что наибольший выход экстрактивных веществ наблюдается при однократной — 3,23 % и двукратной экстракции — 1,15 %. Следовательно, проводить трехкратную экстракцию

томатного порошка нецелесообразно, а для более полной экстракции экстрактивных веществ достаточно провести двукратную экстракцию растворителем этилацетатом.

Результаты определения оптимального времени и температуры экстракции представлены в Таблице 4.

По результатам указанным в Таблице 4, видно, что в экстракте, полученном при температуре 50°C в течение 30 минут, содержится наибольшее количество β -каротина ($21,59 \pm 1,26$ мг/100г) и ликопина ($22,4 \pm 1,29$ мг/100г). Следовательно, для дальнейших экспериментальных анализов нами отобраны, как наиболее оптимальные: температура 50°C и время экстракции 30 минут.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Разработка технологии извлечения каротиноидов из томатов с использованием органических растворителей остаётся важным направлением для повышения эффективности производства функциональных пищевых ингредиентов. Оптимизация параметров процесса экстракции, таких как выбор растворителя, температурный режим, время экстрагирования и соотношение массы сырья к объему растворителя, оказывает значительное влияние на выход и качество каротиноидного экстракта (Гаджиева и др., 2020; Бондаренко и др., 2016; Нежинец и др., 2004; Буряк и др., 2004).

На основании полученных экспериментальных данных установлено, что этилацетат является наиболее эффективным экстрагентом для получения ликопинсодержащего экстракта из томатов. Экстрактивность составила $4,17 \pm 0,22\%$ при оптимальном соотношении сырья к растворителю 1:2,5 и двукратной экстракции. Оптимальные условия для экстрагирования включают температуру 50°C и время экстракции 30 минут, что подтверждает эффективность предложенного подхода.

Сравнительный анализ с существующими методами экстракции каротиноидов, такими как способ, предложенный учёными Волгоградского государственного медицинского университета (Курегян и др., 2018), показывает, что наш метод имеет ряд преимуществ. В традиционном подходе используется предварительная сушка сырья до содержания влаги не более 15 % при температуре до 30°C и измельчение до частиц размером не более 0,5 мм. Экстракция проводится трёхкратно с применением спирта, ацетона, хлороформа или гексана

при гидромодуле 1:5. Дополнительные этапы включают обработку экстракта раствором гидрокарбоната натрия и использование колоночной хроматографии для выделения индивидуальных каротиноидов.

Несмотря на то, что предложенная нами технология может приводить к получению экстракта с несколько более низким содержанием биологически активных веществ по сравнению с более сложными методами, она имеет ряд экономических и технологических преимуществ. В частности, упрощение технологического процесса и сокращение количества используемых растворителей снижают производственные затраты и делают метод более привлекательным для промышленного применения. Экстракт, полученный по предложенной технологии, обладает функциональными свойствами и может использоваться в пищевой промышленности в качестве натурального красителя или биологически активной добавки.

Оптимизация процесса экстракции ликопина с использованием этилацетата при умеренных температурных режимах и сокращённом времени обработки демонстрирует потенциал для создания конкурентоспособных продуктов с функциональной ценностью для пищевой индустрии.

ВЫВОДЫ

Рост антропогенного воздействия на здоровье человека усиливает необходимость разработки пищевых концентратов и добавок с высокими функциональными свойствами. Одним из перспективных функциональных ингредиентов является ликопин, обладающий выраженными антиоксидантными свойствами. В данном исследовании представлены результаты, направленные на оптимизацию процесса экстракции ликопина из томатов сорта «Самаладай».

Оптимизация технологических параметров экстракции позволила определить, что наибольшая эффективность достигается при использовании этилацетата в качестве экстрагента. Экстрактивность составила $4,17 \pm 0,22\%$ при соотношении сырья к растворителю 1:2,5 и двукратной экстракции. Оптимальные условия экстракции включали температуру 50°C и продолжительность процесса 30 минут. Полученный этилацетатный экстракт содержал β -каротин ($21,59 \pm 1,2$ мг/100 г) и ликопин ($22,4 \pm 1,29$ мг/100 г).

В дальнейшем, посредством вакуумного испарения на ротационном вакуумно-испарительном аппарате при температуре 40–50°C и вакууме 0,5–0,7 атм, был получен ликопинсодержащий сухой порошок интенсивно красного цвета. Из 1 кг томатного порошка получено $1,26 \pm 0,12$ г (0,126%) сухого порошка с содержанием ликопина $17\text{--}20 \pm 1,22\%$. Этот концентрат может быть использован в качестве пищевой добавки с высокими функциональными свойствами, включая применение в качестве антиоксиданта и натурального красителя в пищевой промышленности.

Текущее исследование имеет определённые ограничения. В частности, не были проведены исследования по стабильности ликопина в процессе хранения, а также не изучено влияние различных пищевых матриц на его биодоступность. Кроме того, экстракция проводилась только с использованием органических растворителей, что может ограничивать её применение в некоторых отраслях пищевой промышленности. Перспективные направления дальнейших исследований включают разработку более экологичных методов экстракции, а также оценку функциональной эффективности полученного продукта в реальных условиях пищевого производства.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Шухрат Масимжанович Велямов: концептуализация; администрирование данных; проведение исследования; написание черновика рукописи и её редактирование.

Масимжан Турсунович Велямов: проведение исследования; создание рукописи и её редактирование.

Жуматай Зейноллаевич Уразбаев: написание черновика рукописи и её редактирование.

Тұрар Нуртуғанұлы Бакытжан: проведение исследования, создание рукописи и её редактирование.

Аэлина Улановна Абитбекова: проведение исследования, создание рукописи и её редактирование.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Shukhrat M. Velyamov: investigation; writing — review & editing.

Masimzhan T. Velyamov: writing — original draft preparation & editing.

Zhumatay Z. Urazbayev: investigation; writing — review & editing.

Turar N. Bakytzhan: investigation; writing — review & editing.

Aelina U. Abitbekova: investigation; validation; writing — review & editing.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Ачмиз, А. Д., Лисовая, Е. В., Лисовая, Е. В., Свердличенко, А. В., & Викторова, Е. П. (2022). Характеристика существующих способов получения каротиноидов из растительного сырья и вторичных ресурсов его переработки. *Новые технологии*, 18(2), 15–25. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-2-15-25>
- Achmiz, A.D., Lisovaya, E.V., Sverdlichenko, A.V., & Viktorova, E.P. (2022). Characteristics of the existing methods for the production of carotenoids from vegetable raw materials and secondary resources of its processing. *New Technologies*, 18(2), 15–25. (In Russ.) <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-2-15-25>
- Бондаренко, Ж. В., Эмелло, Г. Г., & Хаванская, О. И. (2016). Влияние термообработки на устойчивость к окислению и жирнокислотный состав растительных смесей. *Труды БГТУ*, 4, 162–166.
- Bondarenko, Zh.V., Emello, G.G., & Khavanskaya, O.I. (2016). The influence of thermal processing on oxidation stability and fatty acids composition of vegetable oil mixture. *Proceedings of BSTU*, 4, 162–166. (In Russ.)
- Буряк, Д. И., Ильинова, С. А., & Калманович, С. А. (2004). Влияние биологически активных добавок растительного происхождения на потребительские свойства и пищевую ценность кулинарных жиров. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 1, 74–76.

- Buryak, D. I., Ilinova, S. A., & Kalmanovich, S. A. (2004). The influence of plant-based biologically active additives on the consumer properties and nutritional value of culinary fats. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Food Technology*, 1, 74–76. (In Russ.)
- Гаджиева, А. М., Султанов, Ю. М., & Рамалданова, З. Н. (2020). Комплексная переработка томатного сырья с получением томатного красителя ликопина — эликсира жизни. *Вестник ВГУИТ*, 82(4), 219–223. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-4-219-223>
- Gadzhieva, A.M., Sultanov, Y.M., & Ramaldanova, Z.N. (2020). Complex processing of tomato raw materials to produce tomato dye lycopene — the elixir of life. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 82(4), 219–223. (In Russ.) <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-4-219-223>
- Газиев, А. И. (2001). *Способ получения индивидуальных каротиноидов* (Патент RU2172608). Российское патентное ведомство.
- Gaziev, A. I. (2001). Method for obtaining individual carotenoids (Patent RU2172608). Russian Patent Office. (In Russ.)
- Гулюк, Н. Г., Пучкова, Т. С., & Пихало, Д. М. (2009). Исследование технологических процессов получения и модификаций фруктофуранозных полисахаридов из цикория корневого. *Материалы Международной научно-практ. Конф. "XVII International Starch Convention"* (с. 36–37). Москва.
- Gulyuk, N. G., Puchkova, T. S., & Pikhlo, D. M. (2009). Study of technological processes for obtaining and modifying fructofuranose polysaccharides from root chicory. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "XVII International Starch Convention"* (pp. 36–37). Moscow. (In Russ.)
- Донченко, Л.В., & Фирсов, Г.Г. (2017). *Пектин: основные свойства, производство и применение*. ДеЛи принт.
- Donchenko, L. V., & Firsov, G. G. (2017). Pectin: Basic Properties, Production, and Application. DeLi Print. (In Russ.)
- Жексенбай, Н., Набиева, Ж. С., Амирханова, А. Ш., Кизатова, М. Ж., & Искакова, Г. К. (2020). Актуальность создания пектинсодержащих продуктов питания с детоксикационными свойствами. *Фармация Казахстана*, 7–8, 46–50.
- Zheksenbai, N., Nabyeva, Zh. S., Amirkhanova, A. Sh., Kizatova, M. Zh., & Iskakova, G. K. (2020). Relevance of developing pectin-containing food products with detoxification properties. *Pharmacy of Kazakhstan*, 7–8, 46–50. (In Russ.)
- Зайко, Г. М. (2017). *Получение и применение пектина для лечебных и профилактических целей*. КубЛГУ.
- Zaiko, G. M. (2017). *Production and application of pectin for therapeutic and preventive purposes*. KubLGU. (In Russ.)
- Курегян, А. Г., Печинский, С. В., & Степанова, Э. Ф. (2018). *Способ получения индивидуальных каротиноидов* (Патент RU2648452). Российское патентное ведомство.
- Kuregyan, A. G., Pechinsky, S. V., & Stepanova, E. F. (2018). *Method for obtaining individual carotenoids* (Patent RU2648452). Russian Patent Office. (In Russ.)
- Маслова, Е. П. (2018). Применение инулина в косметическом производстве. *Молодой ученый*, 49, 46–48.
- Надежкина, М. С., & Сагина, О. А. (2020). Инулин: свойства, применение. Мировой рынок инулина. *Modern Science*, (1–2), 76–80.
- Nadezhkina, M. S., & Sagina, O. A. (2020). Inulin: Properties and applications. Global inulin market. *Modern Science*, (1–2), 76–80. (In Russ.)
- Нежинец, Е. В., Ильинова, С. А., Колманович, С. А., Корнева, Е. П., & Молочкова, М. Л. (2004). Влияние томатного — масляного экстракта на потребительские свойства сливочного масла. *Известия вузов. Пищевая технология*, 1, 71–74.
- Nezhinets, E. V., Ilinova, S. A., Kolmanovich, S. A., Korneva, E. P., & Molochkova, M. L. (2004). Influence of a tomato-oil extract on the consumer properties of butter. *Pisevaa tehnologia*, 1, 71–74. (In Russ.)
- Перковец, М. В. (2010). Правда и неправда об инулине и целесообразности его производства в России. *Пищевые ингредиенты. Сырьё и добавки*, (2), 20.

- Perkovets, M. V. (2010). Truth and myths about inulin and the feasibility of its production in Russia. *Food Ingredients. Raw Materials and Additives*, (2), 20. (In Russ.)
- Смородинская, С. В., Грибкова, В. А., Алексеев, А. Е., & Глебова, И. А. (2022). Применение экстракта ликопина как компонента функционального питания в хлебобулочных изделиях из дрожжевого теста. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 84(2), 93–100. <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-2-93-100>
- Vorobyov, V.I., Chernega, O.P., & Berseneva, A.R. (2022). The use of hydrobiont collagen in the production of products based on minced fish. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 84(2), 84–92. (In Russ.) <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-2-84-92>
- Тукова, А. А. (2019). Разработка рецептуры мясного продукта для лечебно-профилактического питания с использованием антиоксиданта ликопин. *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*, (21), 263–266.
- Tukova, A. A. (2019). Development of a meat product formulation for therapeutic and preventive nutrition using the antioxidant lycopene. *Topical Issues of Improving the Technology of Production and Processing of Agricultural Products*, (21), 263–266. (In Russ.)
- Фоменко, С. Е., Кушнерова, Н. Ф., Спрыгин, В. Г., Парфенова, Т. В., & Кушнерова, Т. В. (2009). Применение растительных полифенолов в составе функциональных продуктов питания. *Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление*, (1), 62–69.
- Fomenko, S.E. Kushnerova N.F., Sprigin, V.G., Parfenova, T.V., & Kushnerova, T.V. (2009). Application of plant polyphenols in the composition of functional foods. *The Bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management*, (1), 62–69. (In Russ.)
- Япаров, А. Э., Бабина, С. А., Желтышева, А. Ю., Шуклин, Г. О., & Шуклина, А. А. (2020). Влияние ликопина и других каротиноидов на когнитивную функцию. *Международный студенческий научный вестник*, (3).
- Yaparov, A. E., Babina, S. A., Zheltysheva, A. Yu., Shuklin, G. O., & Shuklina, A. A. (2020). The influence of lycopene and other carotenoids on cognitive function. *International Student Scientific Bulletin*, (3). (In Russ.)
- Arballo, J., Amengual, J., & Erdman, J. W. (2021). Lycopene: A critical review of digestion, absorption, metabolism, and excretion. *Antioxidants*, 10(3), 342. <https://doi.org/10.3390/antiox10030342>
- Dawood, M. A. O., Abdel-Tawwab, M., & Abdel-Latif, H. M. R. (2020). Lycopene reduces the impacts of aquatic environmental pollutants and physical stressors in fish. *Reviews in Aquaculture*, 12(4), 2511–2526. <https://doi.org/10.1111/raq.12455>
- Marzocco, S., Singla, R. K., & Capasso, A. (2021). Multifaceted effects of lycopene: A boulevard to the multitarget-based treatment for cancer. *Molecules*, 26(17), 5333. <https://doi.org/10.3390/molecules26175333>
- Zeng, J., Zhao, J., Dong, B., Cai, X., Jiang, J., Xue, R., & Liu, C. (2019). Lycopene protects against pressure overload-induced cardiac hypertrophy by attenuating oxidative stress. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 66, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2019.01.002>