ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-3-2525
https://elibrary.ru/UHDAVH

Обзорная статья
https://fptt.ru

Перспективы комплексной переработки ягод черной смородины

В. М. Коденцова[1], Д. В. Рисник[2], Е. М. Серба[3,*], И. М. Абрамова[3], Е. Н. Соколова[3], Е. Р. Крючкова[3], Л. В. Римарева[3]

[1] *Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия*

[2] *Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

[3] *Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии, Москва, Россия*

Поступила в редакцию: 09.02.2024
Принята после рецензирования: 26.03.2024
Принята к публикации: 02.04.2024

**Е. М. Серба: serbae@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1660-2634*
В. М. Коденцова: https://orcid.org/0000-0002-5288-1132
Д. В. Рисник: https://orcid.org/0000-0002-3389-8115
И. М. Абрамова: https://orcid.org/0000-0001-9297-0554
Е. Н. Соколова: https://orcid.org/0000-0002-6084-7786
Е. Р. Крючкова: https://orcid.org/0000-0001-8012-0907
Л. В. Римарева: https://orcid.org/0000-0003-3097-0836

© В. М. Коденцова, Д. В. Рисник, Е. М. Серба, И. М. Абрамова, Е. Н. Соколова, Е. Р. Крючкова, Л. В. Римарева, 2024

Аннотация.
Чёрная смородина (*Ribes nigrum* L.) является одной из самых доступных в России ягод, которую можно использовать в здоровом питании. Цель исследования – характеристика пищевой ценности ягод чёрной смородины и продуктов их переработки с позиции удовлетворения физиологической потребности человека в витамине С, антоцианах, пищевых волокнах, и оценка их использования в пищевой промышленности и питании.
В ходе работы провели анализ оригинальных исследовательских и обзорных статей на русском и английском языках, опубликованных в научных журналах в ретроспективе с 2015 по 2023 гг., индексируемых базами данных РИНЦ и Pubmed. Поиск осуществляли по ключевым словам: «blackcurrant» или «чёрная смородина».
Ягоды чёрной смородины содержат значительные количества пищевых волокон, полифенольных соединений, антоцианов, витамина С и калия, благодаря чему являются источником этих пищевых веществ, в значительной мере покрывая потребность человека в этих нутриентах. Добавление ягод или вторичных продуктов их переработки в кисломолочные, зерновые пищевые продукты в количестве 5–20 % взамен основного сырья позволяет достигнуть их обогащения пищевыми волокнами, витамином С, антоцианами, снизить калорийность. Ягоды чёрной смородины и вторичные продукты их переработки, содержащие цвето-, вкусо- и ароматобразующие соединения, используются при производстве различных спиртных напитков. В технологическом отношении выжимки ягод являются функциональным ингредиентом, обладающим влагоудерживающей способностью, повышающим антиоксидантную способность продукта. Сок (1,43 %) и водный экстракт выжимок применяют в составе маринадов для рыбной и мясной продукции, что повышает их микробиологическую безопасность и увеличивает срок годности.
Результаты исследований подтверждают целесообразность комплексной переработки ягод чёрной смородины, которые являются ценным источником пищевых волокон, витамина С и антоцианов. Вторичные продукты их переработки представляют собой концентрат пищевых волокон, содержащий значительное количество природных антиоксидантов. При разработке функциональных пищевых продуктов – источников биологически активных веществ – необходимо руководствоваться критериями, предъявляемыми к обогащенным продуктам. Добавление небольших количеств ягодного сырья и побочного сырья из них, потенциально являющихся источником ценных биологически активных веществ, хотя и послужит расширению ассортимента пищевых продуктов, но не позволит достигнуть цели обогащения дефицитными в рационе человека биологически активными веществами и снизить общую калорийность.

Ключевые слова. Чёрная смородина, выжимки ягод, пищевые волокна, фенольные соединения, витамин С, пищевые продукты, обогащение

Финансирование. Исследование выполнено в рамках поисковых научных исследований по теме № FGMF-2023-0004.

Для цитирования: Перспективы комплексной переработки ягод черной смородины / В. М. Коденцова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2024. Т. 54. № 3. С. 621–632. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-3-2525

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-3-2525
https://elibrary.ru/UHDAVH

Review article
Available online at https://fptt.ru/en

Prospects for Integrated Processing of Black Currant

Vera M. Kodentsova[1], Dmitry V. Risnik[2], Elena M. Serba[3], Irina M. Abramova[3], Elena N. Sokolova[3], Elizaveta R. Kryuchkova[3], Liubov V. Rimareva[3]

[1] *Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia*

[2] *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

[3] *All-Russian Research Institute of Food Biotechnology, Moscow, Russia*

Received: 09.02.2024
Revised: 26.03.2024
Accepted: 02.04.2024

Elena M. Serba: serbae@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1660-2634
Vera M. Kodentsova: https://orcid.org/0000-0002-5288-1132
Dmitry V. Risnik: https://orcid.org/0000-0002-3389-8115
Irina M. Abramova: https://orcid.org/0000-0001-9297-0554
Elena N. Sokolova: https://orcid.org/0000-0002-6084-7786
Elizaveta R. Kryuchkova: https://orcid.org/0000-0001-8012-0907
Liubov V. Rimareva: https://orcid.org/0000-0003-3097-0836

Abstract.
Black currant (*Ribes nigrum* L.) is one of the most popular berries in Russia. Its biochemical properties make it part of a healthy diet. This review describes the role of black currant and its by-products in the food industry and defines its nutritional value, i.e., vitamin C, anthocyanins, and dietary fiber. It covered original Russian and English research articles and reviews published in 2015–2023 and indexed in the Russian Research Citation Index or Pubmed databases. The keywords were *black currant* in Russian and English.
Black currant berries are rich in dietary fiber, polyphenolic compounds, anthocyanins, vitamin C, and potassium. They cover human needs for these nutrients. Added to fermented dairy and grain foods at 5–20%, fresh or processed berries fortify them with dietary fiber, vitamin C, and anthocyanins while reducing energy value. As ingredients with color, taste, and aromatic compounds, black currant berries and their secondary products can be introduced into the formulations of various alcoholic beverages. Berry pomace is a technologically functional ingredient with a moisture-retaining ability that increases the antioxidant capacity of the final product. Juice and aqueous extracts of black currant pomace are used as picklers for fish and meat products to increase their microbiological safety and shelf-life.
Complex processing of black currant berries is feasible as they are a valuable source of dietary fiber, vitamin C, and anthocyanins. Products of their processing provide a concentrate of dietary fiber with natural antioxidants. However, functional foods as sources of biologically active substances need to follow special criteria for fortified products. Black currant and its by-products are a potential source of valuable biologically active substances. In small quantities, they can expand the range of food products but fail to satisfy human diet with biologically active substances or reduce the overall energy value.

Keywords. Black currant, black currant berry pomace, dietary fiber, phenolic compounds, food products, vitamin C, fortification

Financing. The study was carried out as part of exploratory scientific research on topic No. FGMF-2023-0004.

For citation: Kodentsova VM, Risnik DV, Serba EM, Abramova IM, Sokolova EN, Kryuchkova ER, *et al.* Prospects for Integrated Processing of Black Currant. Food Processing: Techniques and Technology. 2024;54(3):621–632. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-3-2525

Введение

Ягоды и фрукты, а также продукты на их основе, являются неотъемлемой частью рациона человека. Ягоды чёрной смородины (*Ribes nigrum* L.) являются одними из самых доступных в России, которые можно использовать в здоровом питании [1]. Ягоды чёрной смородины содержат целый комплекс биологически активных и пищевых веществ (витаминов, фенольных соединений, органических кислот, пищевых волокон, микронутриентов), оказывающих стимулирующее воздействие на многие функции организма человека. В составе сахаров, характеризующих пищевую ценность ягод, количественно преобладает фруктоза с незначительным содержанием глюкозы и сахарозы [2].

Ягоды чёрной смородины и продукты их переработки используются в пищевой промышленности для повышения пищевой ценности продукции, придания ей специфических органолептических свойств, характерных для данного вида сырья, и уменьшения калорийности

пищевых продуктов. Наиболее широко черносмородиновое сырье применяют в производствах соков, сиропов, фруктовых нектаров, варенья, джемов, желе, мармелада, начинок для пирогов, кондитерских изделий, консервов, йогуртов, мороженого, минеральных вод, травяных чаев, алкогольных и безалкогольных напитков, уксуса. Чёрную смородину и продукты её переработки применяют в качестве вспомогательных средств для улучшения качества и повышения хранимоспособности целевой продукции [3].

Польза ягод чёрной смородины для здоровья человека напрямую связана с наличием в них пищевых волокон, полифенольных соединений, антоцианов, витамина С и минеральных элементов. Полифенолов (производных фенольной кислоты, антоцианов, флавонолов, конденсированных дубильных веществ (проантоцианидины), флаван-3-ола (катехины) и гидролизуемых дубильных веществ (эллагитанины и галлотанины) в ягодах чёрной смородины содержится больше, чем в плодах крыжовника, клубники, красной и белой смородины и малины [4]. Однако недостаточное внимание уделяется обоснованию целесообразности применения этого вида сырья для формирования функциональных свойств создаваемой пищевой продукции.

Цель обзора – анализ и обобщение данных, характеризующих пищевую ценность ягод чёрной смородины и продуктов их переработки, с позиции удовлетворения физиологической потребности человека, и оценка перспективы их использования в пищевой промышленности и питании.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись актуальные данные научных статей о свойствах и биохимическом составе ягод чёрной смородины, о методах выделения и применения функциональных компонентов черносмородинового сырья, перспективах его комплексной переработки для производства пищевых продуктов.

Методология. Базы данных и временные рамки. Обзор существующей по проблеме литературы, преимущественно за последние 8 лет, осуществляли по ключевым словам по базам данных Pubmed и РИНЦ: «blackcurrant» или «чёрная смородина». Поиск источников был ограничен периодом с 2015 по 2023 гг., за редким исключением для статей, имеющих принципиальное значение. Во всех найденных статьях была изучена библиография с целью выявления дополнительных, не обнаруженных публикаций. Анализировали оригинальные исследовательские и обзорные статьи на русском и английском языках, опубликованные в научных журналах.

Критерии включения и исключения источников. Критериями включения были статьи, в которых имеются данные по химическому составу ягод, продуктов их переработки, в частности выжимок ягод чёрной смородины. В обзор включали данные об использовании ягод, сока, выжимок ягод и экстрактов в технологиях разных пищевых продуктов. Критерием включения в обзор данных о пользе ягод чёрной смородины или сока были только наблюдения с участием людей, которые содержали сведения о продолжительности наблюдения и количестве перорально потребляемого продукта.

Критериями исключения были тезисы, опубликованные в сборниках материалов конференций, исследования, не содержащие сведения о влиянии введения продуктов переработки ягод на физико-химические свойства пищевых продуктов, а также данные, касающиеся химического состава и применения листьев, семян чёрной смородины и способов получения экстрактов антоцианов. Современная зарубежная литература в основном сконцентрирована на разработке различных способов получения экстрактов антоцианов, что не являлось целью данного исследования, поскольку в задачу исследования входила оценка пищевой ценности ягод чёрной смородины и продуктов их переработки с позиции удовлетворения физиологической потребности человека. Несмотря на большое количество статей, опубликованных на русском языке, в основном посвященных разработке новых пищевых продуктов смешанного состава с добавлением ягод чёрной смородины, т. е. расширению ассортимента, они либо не содержат сведений о содержании в них витамина С и/или антоцианов, либо содержат результаты определения суммы полифенольных соединений, антиоксидантной способности продукта, что не позволяет достоверно оценить степень возможного вклада таких продуктов в потребление антоцианов и витамина С потребителем. В исследованиях, опубликованных на английском языке, приводятся сведения о содержании индивидуальных антоцианов, что позволяет систематизировать данные о полифенольных соединениях, среди которых антоцианы составляют лишь определенную часть.

Количество публикаций, содержащих ключевые слова «чёрная смородина» в базе данных РИНЦ составило 246, подавляющее большинство из них тезисы. После исключения тезисов и статей ботанического плана по выведению новых сортов и характеристике их макронутриентного состава (углеводы, сахара и т.д.) были отобраны 18 статей, соответствующих цели исследования.

Количество публикаций, содержащих ключевое слово «blackcurrant» в базе данных Pubmed, составило 330, подавляющее большинство из них посвящены разработке современных способов получения антоцианов и полифенольных соединений. В результате были отобраны 30 статей на английском языке, соответствующих цели исследования.

Результаты и их обсуждение

Пищевая ценность сырья из чёрной смородины. Химический состав ягод чёрной смородины значительно варьирует в зависимости от сорта и года выращивания. На химический состав влияют многие факторы

окружающей среды (широта места произрастания, температура и др.). В ягодах, собранных на молодых побегах, обнаружено более высокое содержание фенольных соединений, аскорбиновой кислоты, а также более высокая способность удаления радикалов DPPH – 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила, представляющего собой стабильный свободный радикал, который используют для измерения способности антиоксидантов улавливать радикалы [5]. Более высокое содержание летучих веществ было обнаружено в ягодах, выращенных на более высокой широте (66°34’ северной широты), чем в ягодах, выращенных южнее (60°23’ северной широты). Содержание летучих веществ имеет отрицательную связь с инсоляцией ультрафиолетом и температурой в течение последнего месяца перед сбором урожая, а также продолжительностью хранения ягод [6].

Основными сахарами в ягодах чёрной смородины являются фруктоза 48–60 % от общего содержания сахаров, глюкоза 38–47 %, и сахароза. Содержание фруктозы в отечественных сортах чёрной смородины из Тамбовской области в среднем составило 4,2 %, глюкозы 2,6 % [7]. Отношение содержания сахаров к содержанию органических кислот в плодах отечественных сортов черной смородины, выращенных в Ленинградской области, составило 15 [8]. Сахарокислотный индекс ягод, выращенных в условиях средней подзоны тайги Республики Коми, составил примерно 3,5 [9].

Органические кислоты, содержащиеся в чёрной смородине, представлены лимонной – 75–97 % от общего содержания кислот, яблочной, хинной и аскорбиновой кислотами [10]. Содержание лимонной кислоты в 100 г ягод, выращенных в Тамбовской области, составило около 2 г, яблочной – 0,18 г [7]. Основной органической кислотой, обнаруженной в выжимках чёрной смородины, была лимонная кислота, хотя также была идентифицирована и яблочная кислота [11].

Ягоды чёрной смородины содержат значительные количества пищевых волокон, в том числе 2,68 % нерастворимых и 1,62 % растворимых [7]. Общее содержание пищевых волокон в микронизированных бессемянных выжимках ягод смородины составило 71,3 г/100 г (5,6 г растворимых пищевых волокон, 65,7 г нерастворимых пищевых волокон) [4]. По другим данным в выжимках черной смородины содержится значительное количество пищевых волокон: растворимые волокна составляют от 25 до 30 % по массе, а нерастворимые пищевые волокна около 47 % [12].

В таблице 1 представлен диапазон содержания пищевых волокон, микронутриентов и антоцианидинов в ягодах черной смородины.

Высокое содержание пектина 0,9–1,5 % определяет вязкость ягоды, которая сильно отличается от других ягод [14]. Сок, изготовленный с применением пектиназ, получается менее вяжущим, но более горьким по сравнению с соком, полученным без обработки ферментами. Это обусловлено тем, что сок, полученный с добавлением ферментов, содержит в 4–10 раз больше фенольных соединений, имеет немного более высокий pH (увеличение на ~ 0–0,2) и более низкое соотношение сахара и кислот (увеличение на ~ 0,6–1,1) [14]. Жмых после прессования быстрозамороженных ягод содержал 1,2 % фенольных соединений и 2,4 % пектиновых веществ и 0,8 % органических кислот в пересчете на яблочную [15].

Фенольные соединения. По данным сравнительного анализа 21 сорта ягод чёрной смородины, выращенных в Шотландии (9 сортов), Литве (5 сортов), Латвии (1 сорт), Польше (1 сорт) и Финляндии (5 сортов), в ягодах было идентифицировано 63 химических соединения, среди которых антоцианы (15 соединений), флавонолы (19), флаван-3-олы (4), производные фенольной кислоты (14), органические кислоты (4) и сахара (6) [10].

По своей сути выжимки ягод чёрной смородины представляют собой концентрат пищевых волокон, содержащий значительное количество природных антиоксидантов (фенольные соединения), связанных с углеводной матрицей. В отношении организма человека выжимки ягод сочетают в себе свойства двух типов веществ – пищевых волокон и антиоксидантов. Общее содержание фенольных соединений в ягодах варьирует от 598 до 2798 мг/100 г, содержание антоцианов нахо-

Таблица 1. Содержание пищевых волокон, микронутриентов и антоцианидинов в ягодах черной смородины

Table 1. Dietary fiber, micronutrients, and anthocyanidins in black currant berries

Пищевое вещество	РНП [14] (АУП) [15]	Содержание в 100 г	% от РНП (АУП) в 100 г
Пищевые волокна	20–25 г	3,4–4,3 г	17–21
Витамин С	100 мг	116–342 мг	116–342
Калий	3500 мг	250–360 мг	7–10
Магний	420 мг	24–34 мг	6–8
Медь	1 мг	60–130 мкг	2–13
Антоцианины (гликозиды цианидина, мальвидина и др.)	(50 мг)	160–411 мг	320–822

Примечание: РНП – рекомендуемая норма потребления, АУП – адекватный уровень потребления.

Note: РНП – recommended intake; АУП – adequate level of intake.

дится в диапазоне 160–411 мг/100 г, среди которых дельфинидин-3-О-глюкозид, дельфинидин-3-О-рутинозид, цианидин-3-О-глюкозид и цианидин-3-О-рутинозид характерны именно для черной смородины [10, 11]. 92–97 % от общего количества антоцианов в чёрной смородине составляют гликозиды цианидина и дельфинидина (3-О-глюкозид и 3-О-рутинозид) [10].

В технологическом отношении выжимки ягод являются функциональным ингредиентом, обладающим влагоудерживающей способностью, а также способствующим повышению антиоксидантных свойств продукта. Согласно определению R. Apak, антиоксидантная способность отражает эффективность окислительного стехиометрического превращения антиоксиданта окисляющим агентом и связана с константой равновесия этого превращения, единицами ее измерения обычно является количество молей активных веществ, поглощенных 1 молем антиоксиданта в течение определенного периода времени [16]. Общая антиоксидантная способность чёрной смородины, измеренная фотометрическим методом FRAP (Ferric Reducing/Antioxidant Power) с использованием фотометрического реагента – трипиридилтриазин, 1,10-фенантролин, 2,2'-дипиридила по интенсивности восстанавления Fe^{3+}, составляет 51,6 ± 1,2 мкмоль Fe^{2+}/г, и является одной из самой высоких по сравнению с другими ягодами [14].

Микронутриенты. Плоды чёрной смородины содержат 116–342 мг/100 г аскорбиновой кислоты и 160–411 мг/100 г антоцианов, которые являются наиболее распространенными представителями полифенольных соединений в этом фрукте [11, 17]. Содержание аскоркорбиновой кислоты, определенное в 15 образцах ягод чёрной смородины, составило 235 ± 103 мг/100 г (медиана 230 мг, диапазон значений 20–400 мг в 100 г) [18]. В ягодах 12 сортов, выращенных в экспериментальных насаждениях «Федерального научного центра им. И. В. Мичурина» и собранных по достижении потребительской спелости, среднее содержание витамина С составило 178 мг/100 г (116–248 мг/100 г), антоцианов – 28,5 мг/100 г [7].

Одна порция (150 г) ягод чёрной смородины служит хорошим источником витамина С, с избытком покрывая суточную потребность организма в этом витамине. Содержание витаминов группы В в ягодах весьма небольшое, такая же порция ягод покрывает потребность организма человека в витаминах B_1, B_2 и Е всего лишь на 6 % [7]. Другими словами, за исключением витамина С существенного вклада в обеспечение организма другими витаминами ягоды чёрной смородины не вносят. Это означает, что отнесение многими авторами ягод чёрной смородины к поливитаминным продуктам является ошибочным [19].

При хранении быстрозамороженной ягоды в течение 6–9 мес. наблюдается незначительное снижение содержания витамина С на 5 % [19, 20]. Сублимационная сушка ягод при 50 °С с продолжительностью процесса 18 ч приводит к снижению содержания витамина С на 20 % [21]. Содержание витамина С в соке чёрной смородины варьирует от 150 до 172 мг/л [17].

В 100 г ягод чёрной смородины содержится около 250–360 мг калия, 25–34 мг магния (табл. 1), что составляет 7–8 % от их рекомендуемой нормы потребления, а также 60–130 мкг меди и 0,3 мг марганца, что обеспечивает 13–15 % от рекомендуемой нормы потребления [7, 22].

Ягоды чёрной смородины являются источником ряда пищевых веществ (пищевые волокна, углеводы) и природных биологически активных соединений (полифенольные соединения, витамин С), которые обладают антиоксидантными и другими полезными для здоровья человека свойствами.

Использование ягодного сырья из чёрной смородины для повышения пищевой ценности и уменьшения калорийности пищевых продуктов. ***Разнообразие пищевой продукции из ягод черной смородины.*** Ягоды чёрной смородины и продукты их переработки имеют большой потенциал для применения в пищевой промышленности. Черносмородиновое сырье используют в соко-морсовом производстве, в составе кондитерских и хлебобулочных изделий, в производстве безалкогольных и спиртных напитков, мороженого и кисломолочных продуктов [15, 20]. В торговой сети продают ягоды в свежем виде, ягоды индивидуальной быстрой заморозки, ягоды блочной заморозки, а также в качестве продукта «Чёрная смородина в сахарной пудре» [25]. Сохраняемость витамина С в консервах, изготовленных из плодов 10 различных сортов, находилась в пределах: компот – 43,8–90,3 %, ягоды протертые с сахаром – 37,4–64,3 %, нектар с мякотью – 45,0–67,0 %, ягоды дробленные с сахаром – 43,5–66,5 %, содержание фенольных соединений уменьшилось на 35,7–49,5 %, пектиновых веществ на 47,0–67,9 %, сохранение окраски составило 25,0–37,2 % от таковой у свежих ягод [24]. По степени сохранности исходного качества сырья продукты переработки распределились в следующий ряд: компот > ягоды, дробленные с сахаром > ягоды, протертые с сахаром > нектар с мякотью, такая последовательность, по мнению автора, является следствием большего измельчения и длительного контакта с кислородом воздуха [24]. Эти данные противоречат известным фактам о том, что аскорбиновая кислота нестабильна в условиях кислой среды, при нагревании, окисляется на свету и ее потери могут достигать 100 %, что объясняется тем, что в приведенном исследовании спектрометрически после реакции с *α*-*α*-дипиридилом определяли сумму аскорбиновой кислоты и окисленной формы витамина С – дегидроаскорбиновой кислоты.

Снэки сублимационной сушки из ягод чёрной смородины сохраняют антиоксидантную способность и содержат примерно 380 мг калия в 100 г продукта [25]. Антиоксидантная способность, обусловленная содержанием фенольных соединений, в определенной мере сохраняется в джемах и мармеладах, приготовленных

из ягод черной смородины, причем даже через 6 мес. хранения [26]. Показано, что в 100 г джема содержание витамина С составило 97 мг (для сравнения в свежих ягодах чёрной смородины – 213 мг), содержание калия – около 300 мг [27].

На основе ягод чёрной смородины и йогурта с добавлением мёда и изомальта, или изомальта и стевии были разработаны рецептуры лиофилизированных конфет, целью разработки которых было снижение потребления сахара и увеличение потребления фруктов [21]. Ягоды и выжимки ягод использовали для получения экстрактов, применяемых в качестве ингредиента при производстве специализированных и функциональных пищевых продуктов, биологически активных добавок к пище и натуральных красителей – антоцианов (blackcurrant extract) E163iii, а также природных консервантов.

Использование чёрной смородины в технологиях кисломолочных продуктов. Ягодное сырье из чёрной смородины использовали в качестве наполнителя при производстве мороженого, кисломолочных продуктов, творожков, в том числе для детского питания, изготовления смузи, фруктовых десертов, пюреобразных полуфабрикатов. Добавление ягодного сырья чёрной смородины к творогу привело к окрашиванию его в фиолетовый цвет, увеличило содержание аскорбиновой кислоты и антоцианов, обеспечило отсутствие плесеней на протяжении 47 сут. хранения [28].

Разработали рецептуру творожного полуфабриката (сырники) функциональной направленности с частичной заменой основного сырья (творог) на цитрусовые пищевые волокна (5 %) и ягоды черной смородины (5 %) [29].

Добавление в сырную массу порошков ягод чёрной смородины и черноплодной аронии в соотношении 1:1 в дозе 3 %, позволило получить новый вид десертного мягкого сыра, разнообразив его потребительские характеристики [30].

В полумягком сыре Качотта, изготовленном из пастеризованного цельного коровьего молока с добавлением лиофилизированных ягод чёрной смородины, обнаружено более высокое количество молочнокислых бактерий, более высокие уровни органических кислот, аминокислот, γ-аминомасляной кислоты, гистамина и меньшее количество моносахаридов, образующихся в результате бактериальной ферментации, что позволило предположить положительное влияние соединений чёрной смородины на рост и активность молочнокислых бактерий [13].

Разработали кисломолочный продукт с добавлением в ходе сквашивания 15 % сиропа чёрной смородины, содержащего 378 мг антоцианов и 198 мг аскорбиновой кислоты, что не повлияло на процесс образования сгустка, накопление молочной кислоты и качество готового продукта и повысило содержание в 100 г витамина С до ≈ 30 мг (30 % от рекомендуемой нормы потребления) и антоцианов до 56 мг (112 % от рекомендуемой нормы потребления), что позволяет отнести продукт к категории обогащенных этими пищевыми веществами [31].

Использование чёрной смородины в технологиях зерновых продуктов. Имеется положительный опыт использования высушенных измельченных выжимок чёрной смороды при выпечке крекеров (табл. 2). Сравнение свойств традиционных крекеров, рецептура которых содержала 50 % пшеничной муки, 30 % гречневой муки и 20 % кукурузной муки, с крекерами в которых кукурузная мука и гречневая мука были заменены выжимками в количестве 10, 20 и 30 %, привело к уменьшению на 57 % объема крекеров, содержащих 20 и 30 % выжимок, по сравнению с крекерами, изготовленными по традиционному рецепту, и крекерами, содержащими 10 % выжимок, а также снижению твердости готового изделия [34]. В отличие от обычного светло-коричневого цвета у крекеров с добавлением выжимок появился красный оттенок. Тем не менее, дегустаторы высоко оценили продукт с добавлением выжимок (4,17 по шкале приемлемости от 1 до 7 против 4,37 у эталонного крекера).

Выжимки чёрной смородины в количестве 30 % были использованы для изготовления снеков на основе ячменной или овсяной муки (40 %) и картофельного крахмала (30 %), небольшого количества сахара и соли, что положительно сказалось на их выраженном ягодном вкусе, цвете [33].

Введение жмыха, образовавшегося после прессования быстрозамороженных ягод чёрной смородины, предварительно высушенного при температуре 40 °С до влажности 20 %, в количестве 15 % от массы муки по сравнению с контрольным образцом сдобного печенья незначительно увеличило содержание в нем минеральных веществ и суммы фенольных соединений до 2,4 % [15]. Печенье с добавлением жмыха имело характерный для ягод чёрной смородины вкус и аромат, содержание в нем витамина С составило 30 мг/100 г. Однако содержание микроэлементов в печенье не превысило 5 % от рекомендуемого суточного потребления, что не позволяет отнести его к разряду обогащенных мучных кондитерских изделий, тем более что в случае высококалорийных продуктов расчет должен производиться на 100 ккал [34].

Использование чёрной смородины в технологиях спредов. В последнее время особое внимание придается комплексному использованию черносмородинового сырья, в том числе жмыха (выжимок) – вторичного ресурса, образуемого при переработке ягод на сок [15]. Даже после экстракции экстрагируемых фенольных соединений из выжимок ягод остаются неэкстрагируемые фенольные соединения или связанные фенольные соединения, которые включают широкий спектр фенольных соединений от низкомолекулярных до высокополимерных полифенолов, присоединенных к другим макромолекулам, например, клеточным стенкам и белкам [35].

Микронизированные до частиц с размером менее 30 мкм (путем влажного планетарного измельчения) смородиновые выжимки без семян, в количестве 16 г на 100 г были использованы при изготовлении фруктовых спредов с уменьшенным количеством кокосового масла, вкус которых напоминал сладкие ореховые спреды [4].

Использование чёрной смородины в технологиях ферментированных напитков. Проводятся исследования по подбору рас дрожжей, перспективных для сбраживания черносмородиновой мезги в технологиях дистиллированных напитков. Установлено, что для сбраживания сусла, приготовленного из мезги чёрной смородины, наиболее приемлемыми являются расы Черносмородиновая 7 или Red Fruit, проявившие наиболее высокую бродильную активность [36].

В соке чёрной смородины и напитках брожения идентифицировано 98 летучих соединений. В зависимости от использованных рас дрожжей наблюдалось значительное увеличение по сравнению с исходным соком содержания эфиров (131 %), высших спиртов (391 %) и жирных кислот (исходно отсутствующих в соке). При сенсорной оценке напитков, ферментированных дрожжами, не относящимися к *Saccharomyces*, выявлен более сильный аромат чёрной смородины. Однако все напитки обладали сильно кислым вкусом, что может стать серьезной проблемой при разработке алкогольных ягодных напитков [37].

В алкогольных напитках с низким содержанием этанола (3,84–4,47 % по объему), полученных ферментацией сока чёрной смородины дрожжами *Saccharomyces*, увеличилось содержание органических кислот и флавонолов, тогда как содержание антоцианов снизилось [38, 39]. Последовательная ферментация *Saccharomyces cerevisiae* и *Metschnikowia pulcherrima* привела к получению напитка с самым высоким общим содержанием гидроксикоричных кислот и антоцианов среди всех способов ферментации [38, 39].

Для получения напитка на основе выжимок чёрной смородины, ферментированных добавлением съедобного гриба *Wolfiporia cocos*, использовали среду, состоящую из 80 г/л выжимок чёрной смородины (с pH, доведенным до 4,4) и 100 мл сахарного сиропа (58 г/л сахарозы), ферментировали в течение трех-четырех дней до достижения pH 3,5 ± 0,1. После ферментации мицелий и другие твердые вещества удаляли, и напиток подвергали газированию. Напиток обладал приятным кисло-сладким вкусом [40].

Добавление измельченных ягод чёрной смородины к разбавленному мёду перед ферментацией *Saccharomyces cerevisiae* привело к увеличению содержания полифенольных соединений до 200 мг/л медовухи и появлению красного цвета [41].

Ягоды чёрной смородины, содержащие цвето-, вкусо- и ароматообразующие соединения, являются перспективным сырьем для разработки технологии производства оригинальных спиртных напитков на основе конверсии зерно-фруктового сырья, что позволит расширить ассортимент отечественных напитков, производимых на основе натурального отечественного сырья взамен использования синтетических ароматизаторов [42]. Исследования, проведенные на крысах, подтвердили снижение негативных последствий при хронической интоксикации животных для образцов настойки сладкой крепостью 20 %, содержащей черносмородиновый спиртованный морс, по сравнению с раствором этилового спирта аналогичной крепости [43].

Использование чёрной смородины в технологических целях. Известно, что ягоды и побочные продукты их переработки, являясь природными источниками полифенольных антиоксидантов, обладают антимикробными свойствами, что позволило их использовать в пищевых технологиях для повышения хранимо способности готовой продукции.

Добавление сока чёрной смородины в количестве 1,43 % к маринаду для маринования свиной грудинки (0,57 % соли, 2,85 % воды) предотвращало повышение pH и бактериальную порчу, а также ингибировало образование биогенных аминов при хранении в холодильнике в течение 10 сут. [3].

Добавление в маринад, содержащий 3 % сахара, 3 % соли, 1 % уксусной и 0,25 % лимонной кислоты, водного экстракта выжимок ягод чёрной смородины, полученного экстракцией при соотношении вес/объем 1:10, на водяной бане при температуре 70–80 °C в течение 30 мин., для филе форели радужной подавляло рост бактерий *Pseudomonas* и *Listeria Monocytogenes*, обеспечивая хорошее микробиологическое качество в течение 22 сут. [44]. При дегустации был отмечен приятный кисловатый ягодный вкус и запах.

В таблице 2 суммированы результаты использования черносмородинового сырья при изготовлении некоторых пищевых продуктов.

Использование продуктов переработки ягод чёрной смородины в технологических целях позволяет увеличить антиоксидантную способность продукции, предотвратить окислительную и бактериальную порчу.

Перспективные биологические эффекты чёрной смородины. Употребление студентами дважды в сутки в течение 8 дней по 450 мл нектара, приготовленного из 100 г ягод чёрной смородины, в 100 г которого содержалось 193 мг гликозида мальвидина, 175 мг гликозида цианидина и около 300 % от рекомендуемого суточного потребления витамина С, на 4-й день уменьшало симптомы мышечного повреждения (уровень креатинкиназы и интерлейкина-6 в крови), вызванного физической нагрузкой (эксцентрическое разгибание колена) по сравнению с показателями студентов из группы плацебо, принимавших изокалорийный напиток с таким же вкусом и цветом [45].

Прием в течение 6 мес. женщинами в ранней постменопаузе (n = 11) по 784 мг порошка ягод чёрной смородины по сравнению с женщинами, получавшими плацебо (n = 13), привел к значительному увеличению

Таблица 2. Влияние добавления ягод чёрной смородины и продуктов черносмородинового сырья в различные виды пищевых продуктов на технологические параметры и пищевую ценность

Table 2. Effect of black currant berries and their by-products on technological parameters and nutritional value of various foods

Продукт	Добавляемый продукт	Доза	Технологические параметры	Пищевая ценность	Источники
Для обогащения пищевой продукции					
Творожный полуфабрикат (сырники)	Измельченные ягоды + цитрусовые пищевые волокна	5 %	–	Пищевые волокна ↑, калорийность ↓	[29]
Кисломолочный продукт	Сироп черной смородины, содержащий 378 мг антоцианов и 198 мг аскорбиновой кислоты	15 %	Отсутствие влияния на образование сгустка, накопление молочной кислоты, качество продукта	Витамин С ↑, антоцианы ↑	[31]
Спред	Выжимки без семян взамен кокосового масла	16 %	Улучшение вкуса	Калорийность ↓	[4]
Крекеры	Выжимки ягод взамен кукурузной и гречневой муки	10 и 20 %	Уменьшение объема и снижение твердости, появление красного цвета	–	[32]
Печенье сдобное	Жмых ягод сухой	15 %	Вкус и аромат черной смородины	Витамин С ↑, фенольные соединения ↑	[15]
Снеки на основе ячменной или овсяной муки и картофельного крахмала	Выжимки ягод сухие	30 %	Ягодный вкус, приятный цвет	Пищевые волокна ↑	[33]
Для технологических целей					
Маринад для свиной грудинки	Сок черной смородины	1,43 %	Предотвращение повышения pH, бактериальной порчи, снижение образования биогенных аминов	–	[3]
Маринад для форели	Водный экстракт (1:1) выжимок ягод черной смородины	–	Подавление роста бактерий	Возникновение приятного кисловатого ягодного вкуса и запаха	[44]

Примечание: ↑ – увеличение, ↓ – уменьшение.

Note: ↑ – increase, ↓ – decrease.

в сыворотке крови маркера костеобразования – аминоконцевого пропептида проколлагена 1 типа (P1NP), что отражает улучшение костеобразования [46].

Употребления здоровыми мужчинами-курильщиками (n = 8) чёрной смородины (100 г) перед курением предотвращало обычно наблюдаемое у курильщиков уменьшение слюноотделения [47].

Результаты исследований эффективности сока ягод чёрной смородины показали, что потребление по 250 мл разбавленного водой сока чёрной смородины 4 раза в день в течение 6 недель привело к повышению уровня аскорбиновой кислоты в плазме крови и снижению концентрации маркера окислительного стресса F2-изопростана, что отражало уменьшение окислительного стресса по сравнению с участниками, получавшими плацебо [48].

Выводы

В большинстве статей, особенно отечественных авторов, содержатся утверждения о том, что ягоды чёрной смородины являются ценным пищевым сырьем, т. к. содержат большие количества витаминов, минеральных и биологически активных веществ. В этой связи следует отметить, что в соответствии с техническим регламентом Таможенного союза ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» (Приложение 5) и ГОСТ Р 55577— 2013 «Продукты пищевые функциональные информация об отличительных признаках и эффективности» содержание витаминов, минеральных веществ или биологически активных веществ в 100 см^3 или 100 г, или разовой порции пищевого продукта должно составлять не менее 15 % от уровня рекомендуемой нормы потребления. Источником пище-

вых волокон пищевой продукт является только при условии, если продукт содержит 3 г волокон на 100 г или, как минимум, 1,5 г волокон на 100 ккал; для продукта с высоким содержанием пищевых волокон эти показатели в 2 раза выше. Исходя из этих критериев, ягоды чёрной смородины действительно являются источником пищевых волокон, витамина С и антоцианов. Условием для заявления о пользе для здоровья, а именно о том, что продукт способствует защите клеток от окислительного стресса, является содержание витамина С ≥ 12 мг в 100 г продукта или ≥ 6 мг в 100 мл [49]. Другими словами, и ягоды, и сок соответствуют этим требованиям.

Оценку возможности обогащения пищевых продуктов путем добавления ингредиентов из чёрной смородины необходимо проводить исходя из величин рекомендуемой нормы потребления для пищевых волокон и адекватного уровня потребления для фенольных соединений. Добавление к продукту ягод чёрной смородины в количестве от 5 до 20 % приводит к тому, что на практике можно достичь обогащения конечного продукта в основном антоцианами, а также снизить калорийность.

Основными свойствами выжимок ягод чёрной смородины являются высокое содержание пищевых волокон и соединений, обладающих антиоксидантными свойствами. По своей сути выжимки ягод чёрной смородины представляют собой концентрат пищевых волокон, содержащий значительное количество природных антиоксидантов (фенольные соединения), связанных с углеводной матрицей. В отношении организма человека выжимки ягод сочетают в себе свойства двух типов веществ – пищевых волокон и антиоксидантов. Однако понятие «антиоксидант» различаются в пищевой промышленности и биомедицине, а антиоксидантные индексы, полученные с помощью химических анализов, не всегда можно экстраполировать на результаты исследования *in vivo* [50]. Выжимки ягод в подходящих формах (порошки, экстракты), обладающие антиоксидантными свойствами, предотвращающими окислительную порчу, могут использоваться в продуктах животного происхождения для повышения микробиологической безопасности этих продуктов и увеличения сроков годности.

Результаты исследований позволяют заключить, что ягоды чёрной смородины являются ценным источником пищевых волокон, витамина С и антоцианов, а вторичные продукты их переработки представляют собой концентрат пищевых волокон, содержащий значительное количество природных антиоксидантов. Однако остаются недостаточно изученными вопросы использования этого вида сырья при конструировании пищевых продуктов функционального и специализированного назначения, поскольку добавление небольших количеств ягодного сырья, потенциально являющегося источником ценных биологически активных веществ, в таком случае послужит расширению ассортимента пищевых продуктов, но не позволит достигнуть цели обогащения дефицитными в рационе биологически активными веществами, и снизить общую калорийность. Анализ научных публикаций о химическом составе и применяемых технологиях использования ягод чёрной смородины и побочных продуктов из них в производстве пищевой продукции подтверждает целесообразность комплексной переработки черносмородинового сырья для производства широкого спектра пищевой продукции.

Критерии авторства

В. М. Коденцова, Д. В. Рисник, Е. М. Серба, И. М. Абрамова, Л. В. Римарева – разработка концепции и дизайна исследования, анализ и интерпретация литературных данных, написание статьи и её редактирование, включающее существенные дополнения в содержании, подготовка статьи к публикации.

Е. Н. Соколова, Е. Р. Крючкова – сбор и анализ литературных данных, обработка таблиц.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

V.M. Kodentsova, D.V. Risnik, E.M. Serba, I.M. Abramova, and L.V. Rimareva developed the research concept and design, analyzed and interpreted the data, drafted the manuscript and proofread it for publication.

E.N. Sokolova and E.R. Kryuchkova collected, analyzed, and visualized the data as tables.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Prichko TG, Droficheva NV. Use of perspective varieties of black currant in the formation of products of medicinal and preventive purpose. Innovations and Food Safety. 2019;(4):109–116. (In Russ.) https://doi.org/10.31677/2311-0651-2019-26-4-109-116

2. Prichko TG, Droficheva NV, Smelyk TL. Chemical quality parameters of berries of black currant cultivars. Scientific Works North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making. 2019;25:123–127. (In Russ.). https://doi.org/10.30679/2587-9847-2019-25-123-127; https:/elibrary.ru/JFOCYA

3. Cho J, Kim H-J, Kwon J-S, Kim H-J, Jang A. Effect of Marination with Black Currant Juice on the Formation of Biogenic Amines in Pork Belly during Refrigerated Storage. Food Science of Animal Resources. 2021;41(5):763–778. https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e34

4. Reißner A-M, Rohm H, Struck S. Sustainability on Bread: How Fiber-Rich Currant Pomace Affects Rheological and Sensory Properties of Sweet Fat-Based Spreads. Foods. 2023;12(6):1315. https://doi.org/10.3390/foods12061315

5. Djordjević B, Djurović D, Zec G, Zagorac DD, Natić M, Meland M, *et al.* Does Shoot Age Influence Biological and Chemical Properties in Black Currant (*Ribes nigrum* L.) Cultivars? Plants. 2022;11(7):866. https://doi.org/10.3390/plants11070866

6. Marsol-Vall A, Kortesniemi M, Karhu ST, Kallio H, Yang B. Profiles of Volatile Compounds in Blackcurrant (*Ribes nigrum*) Cultivars with a Special Focus on the Influence of Growth Latitude and Weather Conditions. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2018;66(28):7485–7495. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02070

7. Akimov MYu, Bessonov VV, Kodentsova VM, Eller KI, Vrzhesinskaya OA, Beketova NA, *et al.* Biological value of fruits and berries of Russian production. Problems of Nutrition. 2020;89(4):220–232. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055; https://elibrary.ru/UOAQLM

8. Shelenga TV, Popov VS, Konarev AV, Tikhonova NG, Tikhonova OA, Kerv YuA, *et al.* Metabolomic profiles of *Ribes nigrum* L. and *Lonicera caerulea* L. from the collection of the N.I. Vavilov Institute in the setting of Northwest Russia. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2022;26(7):630–636. (In Russ.). https://doi.org/10.18699/VJGB-22-77

9. Timusheva OK, Sorokopudov VN. Comparative evaluation of black currant varieties in the conditions of the middle subzone of the taiga of the Komi Republic. Vegetable Crops of Russia. 2023;(3):73–78. (In Russ.). https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-73-78

10. Tian Y, Laaksonen O, Haikonen H, Vanag A, Ejaz H, Linderborg K, *et al*. Compositional Diversity among Black-currant *(Ribes nigrum)* Cultivars Originating from European Countries. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2019; 67(19):5621–5633. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00033

11. Ejaz A, Waliat S, Afzaal M, Saeed F, Ahmad A, Din A, *et al.* Biological activities, therapeutic potential, and pharmacological aspects of blackcurrants (*Ribes nigrum* L): A comprehensive review. Food Science and Nutrition. 2023; 11(10):5799–5817. https://doi.org/10.1002/fsn3.3592

12. Alba K, Macnaughtan W, Laws AP, Foster TJ, Campbell GM, Kontogiorgos V. Fractionation and characterisation of dietary fibre from blackcurrant pomace. Food Hydrocolloids. 2018;81:398–408. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.03.023

13. Skurikhin IM, Tutelyan VA. Chemical composition of Russian food products. Moscow: DeLi Print; 2002. 236 p. (In Russ.). [Скурихин И. М., Тутельян В. А. Химический состав российских пищевых продуктов. Москва: ДеЛи принт, 2002. 236 с.].

14. Kowalski R, Gustafson E, Carroll M, de Gonzalez ME. Enhancement of Biological Properties of Blackcurrants by Lactic Acid Fermentation and Incorporation into Yogurt: A Review. Antioxidants. 2020;9(12):1194. https://doi.org/10.3390/antiox9121194

15. Bakin IA, Mustafina AS, Vechtomova EA, Kolbina AYu. The use of secondary resources of fruit raw material in technology of confectionery and bakery products. Food Processing: Techniques and Technology. 2017.45(2):5–12. (In Russ.). [Бакин И. А., Мустафина А. С., Вечтомова Е. А., Колбина А. Ю. Использование вторичных ресурсов ягодного сырья в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 45, № 2. С. 5–12.]. https://elibrary.ru/ZCOQCZ

16. Apak R. Current Issues in Antioxidant Measurement. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2019;67(33):9187–9202. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b03657

17. Trych U, Buniowska M, Skąpska S, Kapusta I, Marszałek K. Bioaccessibility of Antioxidants in Blackcurrant Juice after Treatment Using Supercritical Carbon Dioxide. Molecules. 2022;27(3):1036. https://doi.org/10.3390/molecules27031036

18. Kosheleva OV, Kodentsova VM. Vitamin c in fruits and vegetables. Problems of Nutrition. 2013;83(3):45–52. (In Russ.). [Кошелева О. В., Коденцова В. М. Содержание витамина С в плодоовощной продукции // Вопросы питания. 2013. Т. 83, № 3. С. 45–52.]. https://elibrary.ru/QLIFDV

19. Myasishcheva NV, Makarkina MA, Knyazev SD. The use of fresh and frozen black currant berries in the technology of jelly products. Food industry. 2017;(3):18–21. (In Russ.). [Мясищева Н. В., Макаркина М. А., Князев С. Д. Использование свежих и замороженных ягод черной смородины в технологии желейных продуктов // Пищевая промышленность. 2017. № 3. С. 18–21.]. https://elibrary.ru/YNDGAN

20. Bakin IA, Mustafina AS, Lunin PN. The study of the black currant berry chemical composition in the processing. Bulletin of KSAU. 2015;6:159–162. (In Russ.). [Бакин И. А., Мустафина А. С., Лунин П. Н. Изучение химического состава ягод черной смородины в процессе переработки // Вестник КрасГАУ. 2015. № 6. С. 159–162.]. https://elibrary.ru/UDTMFZ

21. Archaina D, Sosa N, Rivero R, Schebor C. Freeze-dried candies from blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) and yoghurt. Physicochemical and sensorial characterization. LWT. 2019;100:444–449. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.049

22. Cosmulescu S, Trandafir I, Nour V. Mineral composition of fruit in black and red currant. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment. 2015;6(1):43–51.

23. Cortez RE, de Gonzalez ME. Blackcurrants (*Ribes nigrum*): A review on chemistry, processing, and health benefits. Journal of Food Science. 2019;84(9):2387–2401. https://doi.org/10.1111/1750-3841.14781

24. Maksimenko MG. Change of the chemical composition of blackcurrant at different ways of caning. Food industry: science and technology. 2017;(3):27–31. (In Russ.). [Максименко М. Г. Изменение химического состава смородины чёрной при разных способах консервирования // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2017. № 3. С.27–31.]. https://elibrary.ru/YQANBE

25. Makarova NV, Ignatova DF, Vasilyeva EA, Solina YuI, Eliseeva EA. Development of a technology for the production of snacks based on blackcurrant berries (*Ribes nigrum*). Proceedings Of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2019;81(3):158–167. https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-3-158-167. (In Russ.). https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-3-158-167; https://elibrary.ru/JYKSUH

26. Yucel EE, Kaya C. Effect of jam and marmalade processing and storage on the phytochemical properties of currant cultivars (*Ribes* spp.) Journal of Food Processing and Preservation. 2021. https://doi.org/10.1111/jfpp.15820

27. Svechnikova EM, Usubalieva AM, Kozhobekova KK. Content of vitamin C in blackcurrant jam growing in the Issyk-kul region. Science, New Technologies and Innovations in Kyrgyzstan. 2018;(2):39–40. (In Russ.). [Свечникова Е. М., Усубалиева А. М., Кожобекова К. К. Содержание витамина С в джеме из черной смородины, выращенной в Иссык-кульской области // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2018. № 2. С. 39–40.]. https://elibrary.ru/XSHLNR

28. Zakharov VL, Zubkova TV. Berry additives effect on the cottage cheese quality and preservation. Bulletin of KSAU. 2022;(5):200–205. (In Russ.). https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-5-200-205; https://elibrary.ru/CXOEEW

29. Tretyakova EN, Necheporuk AG. Functional prefabricated cottage cheese with fiber and berries of black currant and cranberry. Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex-Healthy Food Products. 2016;(3):62–67. (In Russ.). [Третьякова Е. Н., Нечепорук А. Г. Функциональный полуфабрикат из творога с пищевыми волокнами и ягодами черной смородины и клюквы // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 3. С. 62–67.]. https://elibrary.ru/WNGAFN

30. Rogachikova NM, Serpunina LT. Study of efficiency of use of berry powders in the technology of the soft cheese without ripening. Cheese- And Buttermaking. 2020;(3):30–32. (In Russ.). https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-3-30-32; https://elibrary.ru/XOXDYX

31. Chernyshenko YuN, Yarmukhamedova EI, Krupina OV, Mironova IV. Development of functional fermented milk products with berry fillings. *Russian Electronic Scientific Journal.* 2022;(4):55–65. (In Russ.). https://doi.org/10.31563/2308-9644-2022-46-4-55-65; https://elibrary.ru/RJHXVL

32. Schmidt C, Geweke I, Struck S, Zahn S, Rohm H. Blackcurrant pomace from juice processing as partial flour substitute in savoury crackers: Dough characteristics and product properties. International Journal of Food Science and Technology. 2018;53(1):237–245. https://doi.org/10.1111/ijfs.13639.

33. Mäkilä L, Laaksonen O, Diaz JMR, Vahvaselkä M, Myllymäki O, Lehtomäki I, *et al.* Exploiting blackcurrant juice press residue in extruded snacks. LWT- Food Science and Technology. 2014;57(2):618–627. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.005

34. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Spirichev VB, Shatnyuk LN. Substantation of vitamins and minerals level in fortified foodstuffs. Problems Of Nutrition. 2010;79(1):23–33. (In Russ.). [Коденцова В. М., Вржесинская О. А., Спиричев В. Б., Шатнюк Л. Н. Обоснование уровня обогащения пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами // Вопросы питания. 2010. Т. 79, № 1. С. 23–33.]. https://elibrary.ru/NDLOZX

35. Zeng Y, Zhou W, Yu J, Zhao L, Wang K, Hu Z, *et al.* By-Products of Fruit and Vegetables: Antioxidant Properties of Extractable and Non-Extractable Phenolic Compounds. Antioxidants. 2023;12(2):418. https://doi.org/10.3390/antiox12020418.

36. Oganesyants LA, Peschanskaya VA, Dubinina EV, Trofimchenko VA. Yeast selection for fruit pulp fermentation for further distillation. Beer and Beverages. 2017;(6):26–30. (In Russ.). [Оганесянц Л. А., Песчанская В. А., Дубинина Е. В., Трофимченко В. А. Подбор рас дрожжей для сбраживания фруктовой мезги, предназначенной для дистилляции // Пиво и напитки. 2017. № 6. С. 26–30.]. https://elibrary.ru/YMJWHX

37. Kelanne NM, Siegmund B, Metz T, Yang B, Laaksonen O. Comparison of volatile compounds and sensory profiles of alcoholic black currant *(Ribes nigrum)* beverages produced with *Saccharomyces*, *Torulaspora*, and *Metschnikowia* yeasts. Food Chemistry. 2022;370:131049. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131049

38. Nanashima N, Horie K, Kitajima M, Takamagi S, Mikami K, In N, *et al.* Hypocholesterolemic Effect of Blackcurrant (*Ribes nigrum*) Extract in Healthy Female Subjects: A Pilot Study. Molecules. 2021;26(13):4085. https://doi.org/10.3390/molecules26134085

39. Kelanne N, Yang B, Liljenbäck L, Laaksonen O. Phenolic Compound Profiles in Alcoholic Black Currant Beverages Produced by Fermentation with Saccharomyces and Non-*Saccharomyces* Yeasts. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2020;68(37):10128–10141. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c03354

40. Sommer S, Hoffmann JL, Fraatz MA, Zorn H. Upcycling of black currant pomace for the production of a fermented beverage with *Wolfiporia cocos.* Journal of Food Science and Technology. 2023;60(4):1313–1322. https://doi.org/10.1007/s13197-023-05677-4

41. Chitarrini G, Debiasi L, Stuffer M, Ueberegger E, Zehetner E, Jaeger H, *et al*. Volatile Profile of Mead Fermenting Blossom Honey and Honeydew Honey with or without *Ribes nigrum*. Molecules. 2020;25(8):1818. https://doi.org/10.3390/molecules25081818

42. Rimareva LV, Serba EM, Sokolova EN, Ignatova NI, Fursova NA. On the question of the expediency of using black currant berries to obtain original grain-fruit distillates. Food Industry. 2023;(5):61–63. (In Russ.). https://doi.org/10.52653/PPI.2023.5.5.017; https://elibrary.ru/YQKFEI

43. Kalinina AG, Abramova IM. Golovacheva NE. Morozova SS, Galliamova LP. Investigation of the effect of black-currant alcohol-based mors in the composition of an alcoholic beverage on the degree of intoxication of laboratory animals with ethyl alcohol. Food Industry. 2021;(9):29–31. (In Russ.). https://doi.org/10.52653/PPI.2021.9.9.009; https://elibrary.ru/exjadz

44. Roasto M, Mäesaar M, Püssa T, Anton D, Rätsep R, Elias T, *et al.* The Effect of Fruit and Berry Pomaces on the Growth Dynamics of Microorganisms and Sensory Properties of Marinated Rainbow Trout. Microorganisms. 2023;11(12):2960. https://doi.org/10.3390/microorganisms11122960

45. Hutchison AT, Flieller EB, Dillon KJ, Leverett BD. Black currant nectar reduces muscle damage and inflammation following a bout of high-intensity eccentric contractions. Journal of Dietary Supplements. 2016;13(1):1–15. https://doi.org/10.3109/19390211.2014.952864

46. Nosal BM, Sakaki JR, Macdonald Z, Mahoney K, Kim K, Madore M, *et al*. Blackcurrants Reduce the Risk of Postmenopausal Osteoporosis: A Pilot Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Clinical Trial. Nutrients. 2022;14(23):4971. https://doi.org/10.3390/nu14234971

47. Konić-Ristić A, Šavikin K, Zdunić G, Besu I, Menković N, Glibetić M, *et al.* Acute effects of black currant consumption on salivary flow rate and secretion rate of salivary immunoglobulin a in healthy smokers. Journal of Medicinal Food. 2015;18(4):483–488. https://doi.org/10.1089/jmf.2013.0149

48. Khan F, Ray S, Craigie AM, Kennedy G, Hill A, Barton KL, *et al.* Lowering of oxidative stress improves endothelial function in healthy subjects with habitually low intake of fruit and vegetables: A randomized controlled trial of antioxidant-and polyphenol-rich blackcurrant juice. Free Radical Biology and Medicine. 2014;72:232–237. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2014.04.006

49. Ciudad-Mulero M, Domínguez L, Morales P, Fernández-Ruiz V, Cámara M. A Review of Foods of Plant Origin as Sources of Vitamins with Proven Activity in Oxidative Stress Prevention according to EFSA Scientific Evidence. Molecules. 2023;28(21):7269. https://doi.org/10.3390/molecules28217269

50. Pérez-Lamela C, Franco I, Falqué E. Impact of High-Pressure Processing on Antioxidant Activity during Storage of Fruits and Fruit Products: A Review. Molecules. 2021;26(17):5265. https://doi.org/10.3390/molecules26175265