

На правах рукописи



Мотовилова Наталья Владимировна

**ОБОСНОВАНИЕ РЕГЛАМЕНТИРОВАННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЯГОД КРЫЖОВНИКА ДЛЯ
ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ**

Специальность 4.3.3. Пищевые системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Красноярск – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН)

Научный руководитель	доктор технических наук, профессор Голуб Ольга Валентиновна
Официальные оппоненты	Рожнов Евгений Дмитриевич, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный экономический университет», профессор кафедры биотехнологии и инжиниринга Кох Денис Александрович, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет», доцент кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств
Ведущая организация	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

Защита состоится «17» сентября 2025 г. в 11⁰⁰ на заседании диссертационного совета 35.2.018.023 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» по адресу: 660049, г. Красноярск, проспект Мира, 90, тел.: +7(391)227-36-09, e-mail: dissovet@kgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ <http://www.kgau.ru>.

Автореферат разослан «_____» _____ 2025 г.

Учёный секретарь
диссертационного
совета



Присухина
Наталья Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В последние годы отмечено возрастающее внимание к использованию в питании человека локальной сельскохозяйственной продукции аутентичной для региона произрастания, позволяющей скорректировать монотонность рационов за счет уникальности биоактивного состава, создать позитивный образ традиций и подлинности продукции, обеспечить экономическую устойчивость регионов и местных производителей пищевой продукции.

По данным Федеральной службы государственной статистики, площади крыжовника на территории нашей страны (4530,3 га) занимают пятое место среди ягодников уступая землянике/клубнике, малине/ежевике, смородине и облепихе, на территории Новосибирской области (113,0 га) – шестое, уступая еще и черноплодной рябине. Ягоды крыжовника имеют уникальный состав, содержат соединения (полисахариды, органические кислоты, пектиновые и минеральные вещества, пр.), обуславливающие оригинальность их органолептических характеристик. При непосредственном употреблении самой ягоды и продуктов ее переработки проявляются биоактивные воздействия на организм человека (антиоксидантное, антибактериальное, противовирусное, пр.).

Обладая значительным ресурсным потенциалом ягоды крыжовника в свежем виде и продукции переработки позволят компенсировать недостаток потребления населением плодов, в том числе ягод, (от 69,8 до 73,3 кг при норме 100 кг), что согласуется с основными стратегическими задачами государственного уровня и обозначенных «больших вызовов» Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации и «Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года». Обеспечение продовольственной безопасности требует решения комплекса задач, в том числе за счет создания: отечественной качественной пищевой продукции для формирования рациона здорового питания для всех групп населения, с заданными свойствами (физическими, химическими, биоактивными), имеющими потребительское признание; новых технологических решений при переработке и хранении сельскохозяйственной продукции, сырья, включая сокращение технологических операций (механических, массообменных, тепловых). Следовательно, поиск инновационных путей модернизации / совершенствованию / модификации технологий переработки ягод крыжовника и является актуальным и позволит обеспечить технологическое лидерство в данном направлении.

Степень разработанности темы. Исследованию ягодного сырья, совершенствованию технологий его переработки, использованию в составе пищевых систем посвящены работы Л.Г. Елисеевой, Н.С. Левгеровой, В.Н. Иванца, И.А. Бакина, Е.Д. Рожнова, L.M. Enache, T. Kłapeć, K. Pravallika, G.L. Salazar-Orbea, E. Vitová и др. Значимый вклад в развитие направления исследований биохимического состава ягод крыжовника внесли отечественные (Г.П. Атрощенко, В.С. Ильин, С.Д. Князев, Н.В. Хромов, В.В. Яковенко и др.) и зарубежные (J. Birgi, K. Hempfling, J. Krisch, K.R. Määtä-Riihinen, M.S.D.H. Şahin и др.) ученые. Вместе с тем, исследования по использованию ягод крыжовника при

изготовлении пищевой продукции носят неоднородный характер (М.Ю. Акимов, М.Э. Ахмедов, Е.В. Зубова, О.И. Квасенков, Н.Н. Типсина, А. Banaś, I. Davidson, М.М. Jenderek, D. Konrade, А.Е. Tokar и др.), ограничивая их промышленное применение. Поэтому важное значение имеют теоретические и практические исследования по расширению области знаний, посвященной созданию продукции из ягод крыжовника путем использования современных технологий переработки.

Цель и задачи исследования. Цель работы – обоснование использования ягод крыжовника с регламентированными характеристиками качества для изготовления пищевой продукции с добавленной полезностью.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- 1) определить влияние сорта, температуры и продолжительности хранения на изменения показателей качества ягод крыжовника;
- 2) исследовать влияние замораживания и низкотемпературного хранения на качество ягод крыжовника;
- 3) разработать технологию полуфабрикатов из ягод крыжовника, предусматривающую использование роторного аппарата (МАГ-50), определить показатели качества и срок хранения;
- 4) разработать рецептуру и технологию продукта из сливок с добавлением ягод крыжовника, обосновать показатели качества и срок хранения;
- 5) исследовать влияние полуфабриката из ягод крыжовника на формирование показателей качества пастилы, определить их стабильность в процессе хранения;
- 6) разработать нормативно-техническую документацию на новые виды продукции из ягод крыжовника, регламентирующую требования к показателям качества; провести апробацию результатов исследования в условиях производства.

Научная новизна. Работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 4, 11, 16 и 23 Паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3 – Пищевые системы. На основании проведенных экспериментальных исследований:

- впервые установлен и проанализирован состав микобиоты ягод крыжовника вида *Ribes uva-crispa* L., в зависимости от помологического сорта, температуры и продолжительности хранения (п. 4 Паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3);
- предложено технологическое решение, с использованием методологии построения поверхности отклика, по производству полуфабрикатов из ягод крыжовника, включающее применение МАГ-50 (п. 11, 16, 23 Паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3);
- научно обоснованы характеристики качества продукта с добавлением ягод крыжовника с учетом оптимальных технологических условий их получения (п. 11, 16, 23 Паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3);
- новизна технических решений подтверждена 2 патентами РФ на изобретения.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в расширении научных знаний относительно характеристик качества ягод крыжовника, включая возможность кратковременного

хранения, приемлемость для переработки и использования при разработке пищевой продукции, отвечающей критериям качества и принципам здорового питания.

Практическая значимость работы заключается в разработке комплекта нормативно-технической документации, включающих СТО 00024348-008-2023 «Полуфабрикаты из ягод крыжовника. Технические условия», СТО 00024348-009-2024 «Продукт из сливок повышенной жирности. Технические условия», СТО 00024348-010-2024 «Пастила крыжовенная. Технические условия» и технологические инструкции по производству новой продукции, СТО 00024348-016-2025 «Продукт из сливок повышенной жирности. Методика органолептической оценки». Осуществлена опытно-промышленная апробация разработанной продукции на ООО НПО «Здоровое питание» (Кемеровская обл., Кемеровский р-н, п. Металлоплощадка), ОПХ «Байкальское» филиал СФНЦА РАН (Р. Бурятия, Кабанский р-н, с. Кабанск), ООО «БК» (Тюменская область, г. Тюмень), что подтверждается актами внедрения.

Методология и методы исследования. В работе использовали методологию системного анализа и проектирования, а также общепринятые и специальные методы сбора, обработки и анализа научной информации, физико-химические, органолептические и микробиологические методы исследования ягод крыжовника, продуктов их переработки и с их использованием, методы математической статистики.

Положения, выносимые на защиту:

- комплекс характеристик качества, в том числе состава микобиоты, свежих ягод крыжовника сортов Сенатор и Розовый 2, собранных на биополигоне СФНЦА РАН, обосновывающий возможность их промышленной переработки;
- признаки качества, определяющие пригодность исследуемых ягод крыжовника к замораживанию и последующему низкотемпературному хранению;
- комплекс исследований характеристик качества полуфабрикатов из ягод крыжовника, обосновывающие оптимальные технологические условия их получения;
- результаты научного и практического обоснования использования ягод крыжовника и технологии, предусматривающей использование МАГ-50, при производстве продукта из сливок с добавлением ягод крыжовника;
- результаты технологической пригодности полуфабрикатов из ягод крыжовника при изготовлении пастилы.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов подтверждена значительным объемом экспериментальных данных, полученных не менее чем в трехкратной повторности, статистически обработанного с использованием пакетов компьютерных программ Microsoft Excel 2016 и Statistica 10.

Основные положения и результаты работы докладывались на конференциях различных уровней - международных «Пищевые инновации и биотехнологии» (Кемерово, 2022), «Трансформация потребительского рынка в контексте приоритетизации качества и безопасности товаров и услуг» (Донецк, 2022), «Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании»

(Екатеринбург, 2024), всероссийских (национальных) «Пищевые инновации и биотехнологии» (Кемерово, 2023, 2024), «Инновации в пищевой промышленности: образование, наука, производство» (Благовещенск, 2024).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 15 научных работ, из них 5 - в изданиях, входящих в Перечень ВАК, 2 – в Scopus, 2 патента на изобретения.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, основной части, содержащей обоснование направления исследований, процесс теоретических и экспериментальных исследований, обобщение и оценку результатов исследований, заключения, списка использованных источников информации, приложений. Общий объем работы изложен на 187 страницах, включает 29 иллюстраций, 36 таблиц, 201 источник информации, в том числе 94 иностранных, 5 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, степень ее разработанности, представлены цели и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробации результатов.

В **первой главе** обобщены данные исследований различных источников информации по теме диссертационной работы, отражающие потенциал использования ягод крыжовника в пищевой промышленности, включая вопросы послеуборочного качества плодового сырья и способов его консервирования для переработки.

Во **второй главе** представлено описание объектов и методов исследования. Структурная схема проведения исследований представлена на рисунке 1. Основные этапы исследования выполнялись в период с 2021 по 2025 гг. в технологических и экспериментальных лабораториях СФНЦА РАН. Объектами исследования на разных этапах работы являлись: свежие и быстрозамороженные ягоды крыжовника сортов Сенатор и Розовый 2, полуфабрикаты из них, модельные образцы пищевого продукта из сливок с добавлением ягод крыжовника и пастилы крыжовенной.

В **третьей главе** представлены результаты собственных исследований по теме диссертации.

На первом этапе провели исследование качества свежих ягод крыжовника сортов Сенатор и Розовый 2. Установили, что по характеристикам ягоды крыжовника исследуемых сортов соответствовали требованиям ГОСТ 33485-2015 «Крыжовник свежий. Технические условия». Отметили (табл. 1), что ягоды крыжовника сорта Розовый 2 превосходили по оценке величины (на 6,1 %), содержанию растворимых сухих веществ (на 21,5 %), сахаров (62,8 %), аскорбиновой кислоте (на 38,7 %), но уступали по содержанию органических кислот (на 56,5 %) ягодам сорта Сенатор.

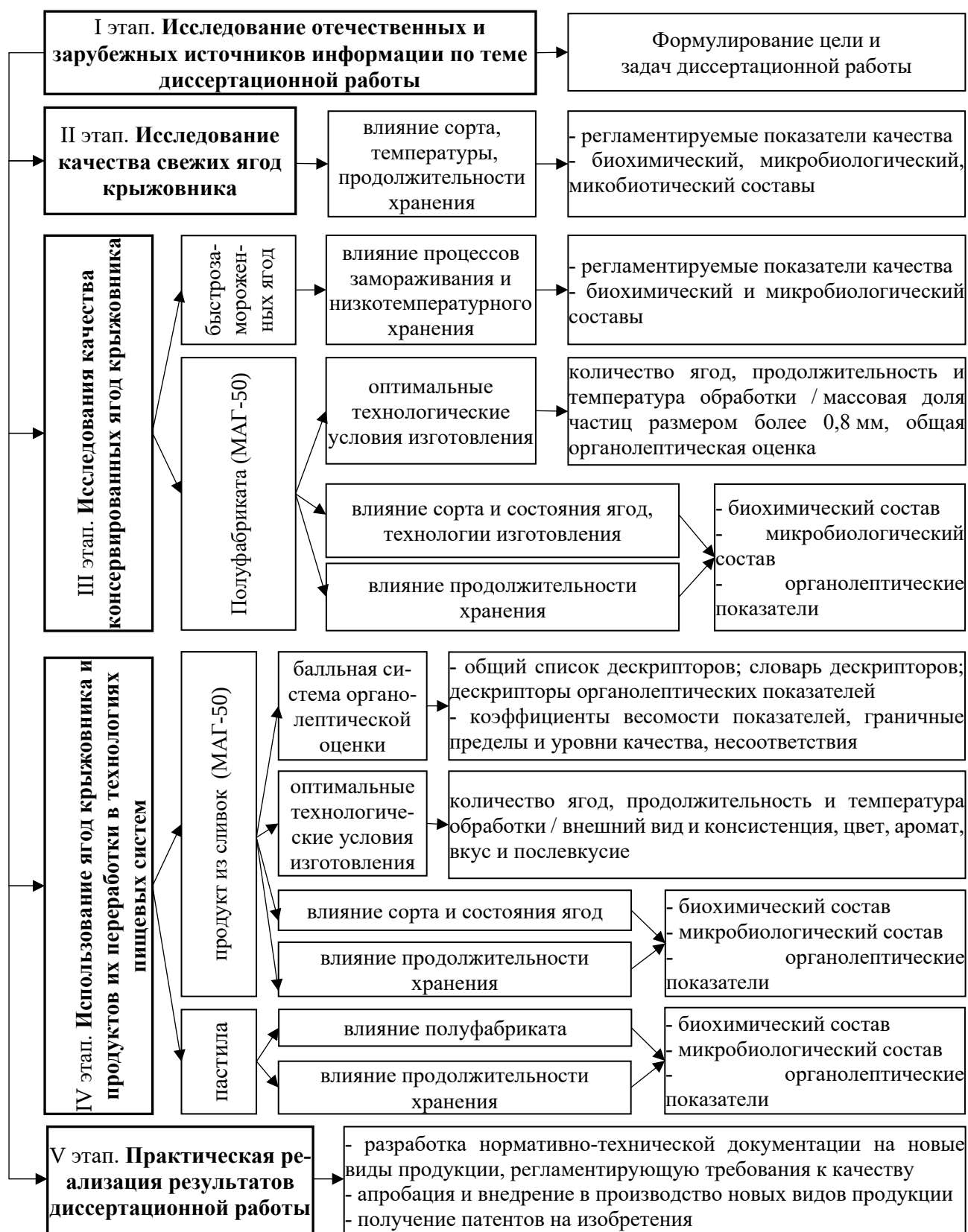


Рисунок 1 – Схема проведения экспериментальных исследований

В результате исследований установили, что температура и продолжительность хранения ягод крыжовника из-за интенсификации физиологических процессов приводили к ухудшению их органолептических показателей, количественным изменениям мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных

микроорганизмов, снижению массы ягод, содержания органических кислот, пищевых волокон и витамина С, увеличению – растворимых сухих веществ и сахаров. Отметили, что потери массы ягод, количества органических кислот, пищевых волокон, витамина С, оценок за привлекательность внешнего вида, вкуса и общее впечатление соответственно на 5,0, 7,0, 5,0, 0,5, 15,0, 5,0 и 14,5 % больше у ягод крыжовника сорта Сенатор, чем у сорта Розовый 2, но на 1,0% меньше золы. По истечении периода хранения количество плесеней и дрожжей в ягодах крыжовника увеличилось в 4,4 раза. Оценка бактериального профиля ягод крыжовника на третьи сутки хранения, при температуре: 18 ± 2 °С показала присутствие бактерий группы кишечной палочки; $0,5\pm 0,5$ °С – превышение регламентируемых норм у ягод сорта Сенатор количества плесеней и дрожжей, сорта Розовый 2 - мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Установили срок хранения ягод крыжовника при температуре 18 ± 2 °С 1 сутки, $0,5\pm 0,5$ °С – 2 суток.

Таблица 1 – Оценка органолептических показателей, содержание нутриентов и микроорганизмов свежих ягод крыжовника

Показатель	Ягоды сорта	
	Сенатор (а)	Розовый 2 (b)
Величина ягод, балл	$4,60\pm 0,10^b$	$4,88\pm 0,08^a$
Привлекательность внешнего вида ягод, балл	$4,82\pm 0,21$	$4,92\pm 0,08$
Вкус ягод, балл	$4,82\pm 0,25$	$4,88\pm 0,13$
Общее впечатление ягод, балл	$4,86\pm 0,11$	$4,96\pm 0,05$
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	$16,3\pm 0,7^b$	$19,8\pm 0,5^a$
Массовая доля сахаров, %	$7,8\pm 0,3^b$	$12,7\pm 0,5^a$
Массовая доля пищевых волокон, %	$2,92\pm 0,09$	$2,93\pm 0,10$
Массовая доля титруемых кислот (по лимонной), %	$3,6\pm 0,1^b$	$2,3\pm 0,1^a$
Массовая доля золы, %	$0,87\pm 0,03$	$0,94\pm 0,04$
Массовая концентрация аскорбиновой кислоты, мг/100 г	$22,367\pm 0,955^b$	$36,470\pm 1,796^a$
Среднее количество колоний мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г	$(1,91\pm 0,58) \times 10^4$	$(2,36\pm 0,64) \times 10^4$
Среднее количество колоний плесеней и дрожжей, КОЕ/г	$(1,36\pm 0,48) \times 10^2$	$(2,04\pm 0,60) \times 10^2$
Примечания: различия средних значений между сортами в строке с разными строчными буквами существенны ($p < 0,05$)		

Дальнейшие исследования микробиоты ягод крыжовника показали, что на общую численность выделенных родов мицелиальных грибов основное влияние оказывало взаимодействие факторов «сорт ягод и температура хранения», дрожжей и дрожжеподобных грибов сорт ягод. При детальном изучении установили: численность грибов родов *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium* и *Cryptococcus* в большей части определяли сортовые признаки ягод; *Aspergillus*, *Mucor* и анаэробных дрожжей - продолжительность хранения ягод; *Rhizopus* и *Alternaria* – взаимодействие факторов «сорт ягод и продолжительность хранения»; *Aureobasidium* - взаимодействие факторов «температура хранения и продолжительность хранения».

Таблица 2 - Состав микобиоты ягод крыжовника

Сорт ягод крыжовника	Температура хранения, °/ срок хранения, сут					
	4±2 / 0	4±2 / 3	4±2 / 18	18±2 / 0	18±2 / 3	18±2 / 18
Присутствие выделенных родов от общей численности родов, %						
Сенатор (a-f)	70,00 ^{cd}	50,00	70,00 ^{ad}	70,00 ^{ac}	60,00	80,00
Розовый 2 (g-l)	66,70 ^{h-j}	66,70 ^{gij}	66,70 ^{ghj}	66,70 ^{g-i}	22,22	33,33
из них, %: дрожжи						
Сенатор (a-f)	14,30 ^d	0,00 ^{cl}	0,00 ^{bl}	14,30 ^a	16,67 ^{hi}	12,50
Розовый 2 (g-l)	33,33 ^j	16,67 ^{ei}	16,67 ^{eh}	33,33 ^g	50,00	0,00 ^{bc}
дрожжеподобные грибы						
Сенатор (a-f)	42,85 ^{b-d}	50,00 ^{acd}	42,86 ^{abd}	42,85 ^{a-c}	33,33 ⁱ	37,50
Розовый 2 (g-l)	16,67 ^j	50,00	33,33 ^e	16,67 ^g	0,00 ^l	0,00 ^k
мицелиальные грибы						
Сенатор (a-f)	42,85 ^d	50,00 ^c	57,14 ^b	42,85 ^a	50,00 ^{fgi-k}	50,00 ^{egi-k}
Розовый 2 (g-l)	50,00 ^{efi-k}	33,33	50,00 ^{e-gjk}	50,00 ^{e-gik}	50,00 ^{e-gij}	100,0
Примечания: различия средних значений по показателю с разными строчными буквами не существенны ($p < 0,05$)						

В составе микобиоты исследуемых сортов ягод крыжовника (табл.2) идентифицировали микромицеты, отнесенные по морфологическому признаку к 9 родам, частота встречаемости которых менялась от 20 до 100 % (*Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Cryptococcus*, анаэробные дрожжи). Микромицеты рода *Fusarium* идентифицировали только в составе микобиоты ягод сорта Сенатор. Особенностью микобиоты ягод сорта Сенатор являлась 100 %-ая встречаемость грибов родов *Penicillium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, в микобиоте ягод сорта Розовый 2 80 % - *Penicillium* и *Cladosporium*. Численность микромицетов ягод сорта Сенатор была в 2 раза меньше, чем ягод сорта Розовый 2 - соответственно 558 и 945. Увеличение численности микромицетов ягод сорта Сенатор происходило за счет грибов рода *Cladosporium*, Розовый 2 - *Penicillium*. В составе микобиоты исследуемых сортов ягод не выявлены возбудители мучнистой росы – аскомицеты.

Данные оценки состава микобиоты определены в качестве приоритетных с целью регламентирования пригодности ягод крыжовника для технологии пищевых систем.

На втором этапе для минимизации развития микробной порчи применены физические методы консервации ягод крыжовника.

Определили, что в процессе замораживания и последующего низкотемпературного хранения ягод крыжовника, исследуемых сортов, происходили общеизвестные процессы изменения их качества (физические, химические, биохимические, микробиологические). Результаты исследования органолептических и физико-химических показателей показали, что быстрозамороженные ягоды сохраняли свое качество в течение 9 месяцев, что соответствовало требованиям ГОСТ 33823-2016 «Фрукты быстрозамороженные. Общие технические условия».

Разработан способ получения полуфабрикатов из ягод крыжовника с применением МАГ-50 в зависимости от количества ягод (x_1), продолжительности (x_2) и температуры (x_3) обработки по критериям: содержание частиц размером более 0,8 мм (y_1 – из свежих ягод; y_2 – быстрозамороженных); общая оценка

органолептических показателей (y_3 – из свежих ягод; y_4 – быстрозамороженных). Полученные поверхности отклика (рисунки 2 и 3) и уравнения регрессии 1-4, адекватно описывают влияние исследуемых факторов на выбранные критерии. Определены оптимальные технологические условия изготовления полуфабрикатов, предусматривающих использование МАГ-50.

$$y_1 = 18,97 + 0,18x_1 - 0,50x_2 - 0,31x_3, \quad (R^2 = 0,862) \quad (1)$$

$$y_2 = 18,26 + 0,17x_1 - 0,48x_2 - 0,30x_3, \quad (R^2 = 0,862) \quad (2)$$

$$y_3 = -0,04x_1 + 0,10x_2 + 0,08x_3, \quad (R^2 = 0,743) \quad (3)$$

$$y_4 = 1,78 - 0,05x_1 + 0,12x_2 + 0,05x_3, \quad (R^2 = 0,756) \quad (4)$$

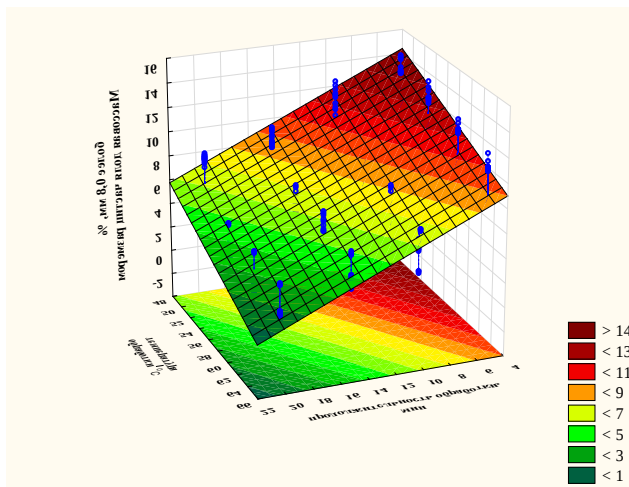


Рисунок 2 - Зависимость доли частиц размером более 0,8 мм в полуфабрикатах из быстрозамороженных ягод крыжовника от температуры и продолжительности обработки

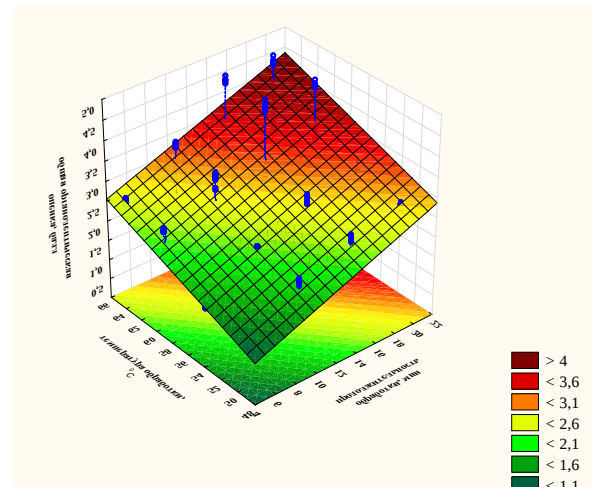


Рисунок 3 - Зависимость общей органолептической оценки полуфабрикатов из свежих ягод крыжовника от температуры и продолжительности обработки

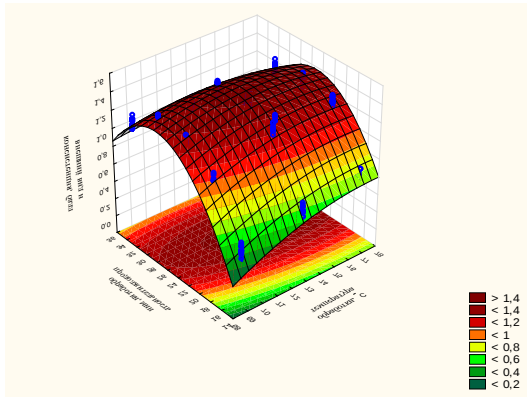


Рисунок 4 - Принципиальная схема производства полуфабриката из ягод крыжовника в среднем на 21,1 и 20,3 % (табл. 3). В полуфабрикатах из быстрозамороженных

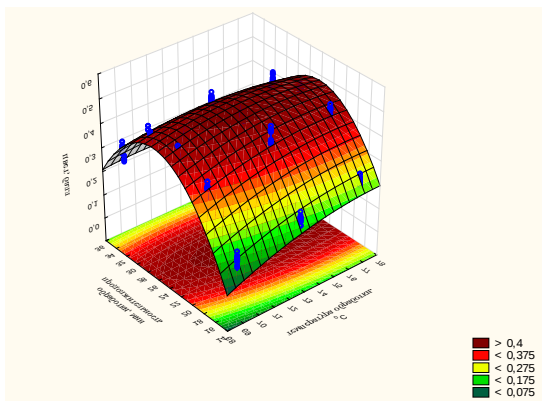
Получали полуфабрикаты по технологиям, предусматривающим: высокотемпературную обработку – смешивание ягод с водой, протирание, финиширование, уваривание в течение 45-50 мин; использование МАГ-50 (рис. 4).

Установили, что полуфабрикаты из ягод крыжовника сорта Розовый 2 содержали больше, чем из сорта Сенатор, растворимых сухих веществ, сахаров и аскорбиновой кислоты соответственно в среднем на 18,3, 58,8, 63,4 %, но уступали по количеству титруемых кислот и пищевых волокон

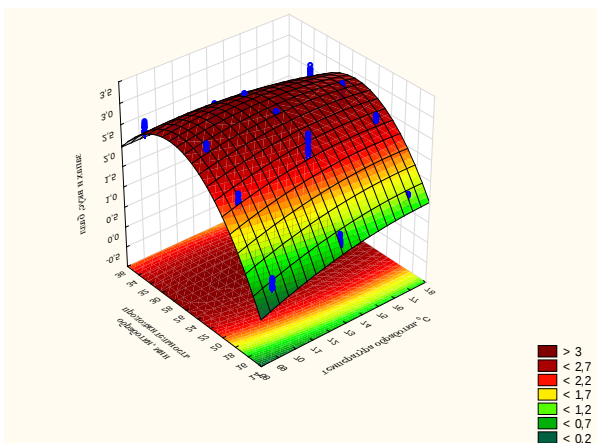
ягод количество дрожжей в 2 раза меньше, чем из свежих. Продукция, изготовленная по технологии, предусматривающей использование МАГ-50, оценивалась выше (в 1,04 раза) по органолептическим показателям; содержала меньшее количество исследуемых микроорганизмов, чем при высокотемпературной обработке (мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, плесеней соответственно в 5,96 и 3,32 раза).



а) внешний вид и консистенция



б) цвет



в) аромат, вкус и послевкусие

Рисунок 5 - Зависимость оценок органолептических характеристик продукта из сливок с добавлением ягод крыжовника от температуры и продолжительности обработки

По истечении 30 месяцев хранения полуфабрикатов, полученных по технологии с использованием МАГ-50, оценки за органолептические показатели приближались к предельно допустимым нормам (3,12 баллов), поэтому срок хранения ограничили 24 месяцами (4,05 баллов).

На следующем этапе осуществляли исследования по использованию ягод крыжовника и полуфабриката из них в технологиях пищевых систем двух видов.

В качестве первой модельной пищевой систем разработали продукт из сливок с добавлением ягод крыжовника с использованием МАГ-50, при моделировании и определении показателей качества применяли 5-ти балльную систему органолептической оценки. Ниже представлены уравнения зависимостей органолептических характеристик продукта (y_1 – внешнего вида и консистенции; y_2 – цвета; y_3 – аромата, вкуса и послевкусия) от исследуемых факторов (x_1 – количество ягод; x_2 – температура обработки; x_3 – продолжительность обработки):

$$y_1 = -36,434 + 0,264x_1 + 0,787x_2 - 0,005x_2^2 + 0,549x_3 - 0,006x_3^2 - 0,002x_2 - 0,003x_3 \quad (5)$$

$$y_2 = -11,474 + 0,242x_2 - 0,002x_2^2 + 0,213x_3 - 0,003x_3^2 - 0,001x_2 - 0,001x_3 \quad (6)$$

$$y_3 = -74,483 + 1,003x_1 - 0,015x_1^2 + 1,483x_2 - 0,008x_2^2 + 1,307x_3 - 0,014x_3^2 - 0,007x_1 - 0,005x_2 - 0,007x_3 \quad (7)$$

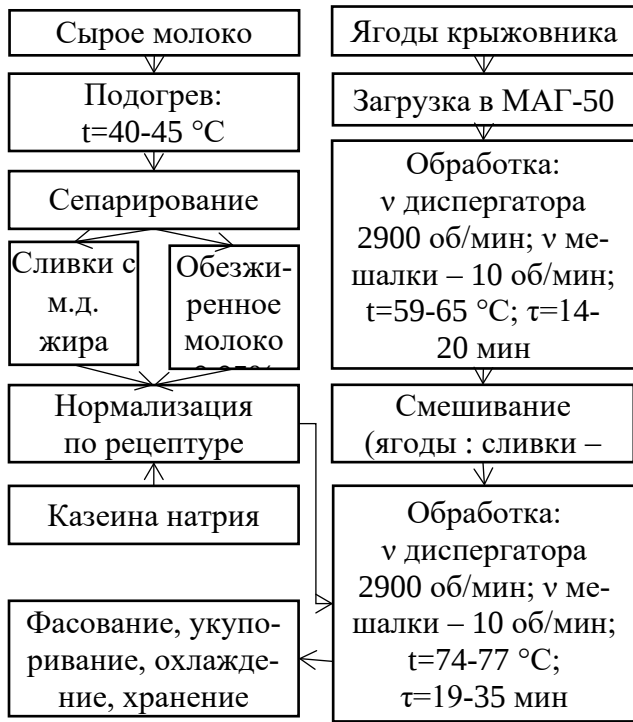
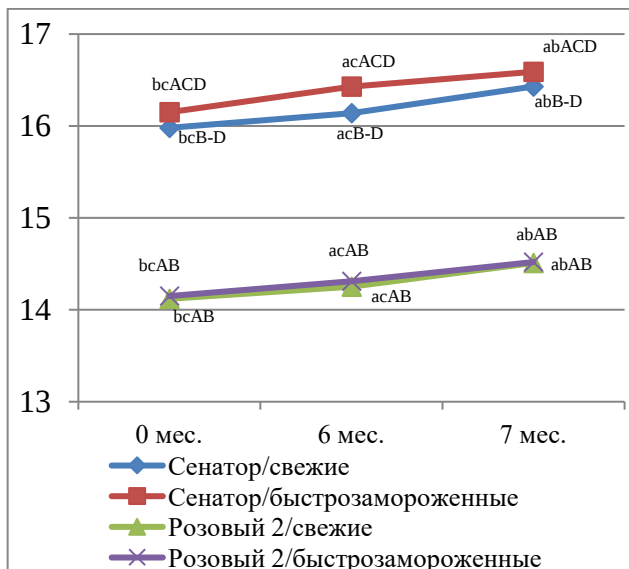


Рисунок 6 – Принципиальная схема производства продукта из сливок с добавлением ягод крыжовника

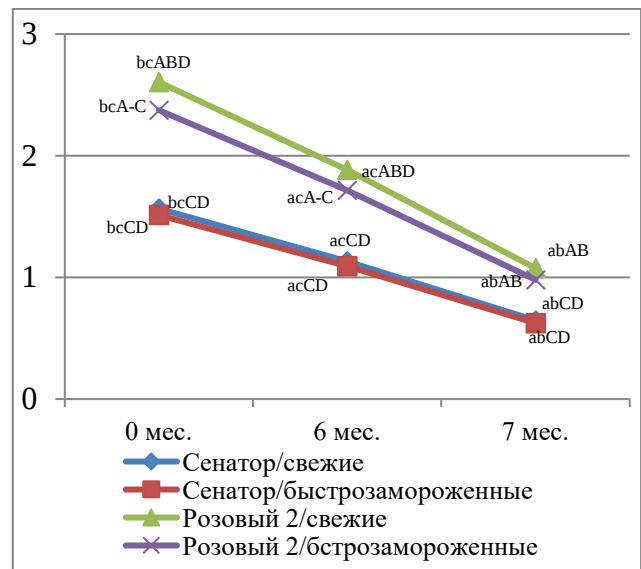
Проведя анализ поверхностей отклика (рис. 5), установили оптимальные технологические режимы изготовления продукта. На рисунке 6 визуализирована разработанная технология получения продукта. Количество жира в продукте из сливок на протяжении 6 месяцев хранения значимо не различалось от первоначального содержания (45,2 %), но снижалось на 0,3 % после 7 месяцев. В продукции на момент изготовления, по истечении исследуемого периода хранения, отсутствовали фосфатаза, бактерии *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы, плесеней.

Определили, что продукт из сливок, изготовленный с использованием

ягод крыжовник сорта Сенатор на 13,8 % больше содержал органических кислот, чем из сорта Розовый 2, но на 38,2 % меньше витамина С (рис. 7).



а) кислотность, °T



б) массовая концентрация витамина С, мг/100 г

Рисунок 7 – Показатели качества продукта из сливок с добавлением ягод крыжовника

Примечания: различия средних значений по показателю с разными буквами существенны ($p < 0,05$): а-с - по сроку хранения; А-Д – по разновидности ягод крыжовника

Продукт из сливок относился к отличной категории качества по органолептическим показателям (рис. 8): из свежих /быстрозамороженных ягод сорта Розовый 2 (в среднем 4,68 баллов) > из свежих /быстрозамороженных ягод сорта

Сенатор (в среднем 4,36 баллов). По истечении 7 месяцев хранения продукта из сливок содержание органических кислот приближалось к предельно допустимым нормам (не более 17,0 °Т), категория качества по органолептическим показателям становилась «удовлетворительной» (в среднем 2,96 баллов), поэтому срок хранения ограничили 6 месяцами.

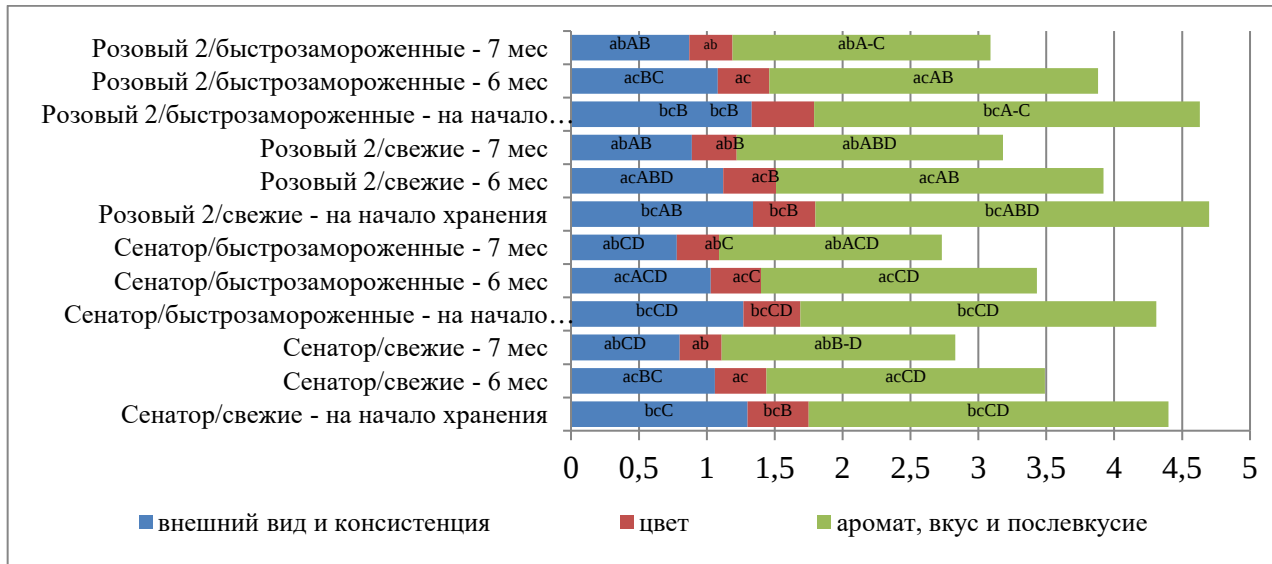


Рисунок 8 - Оценка органолептических показателей продукта из сливок с добавлением ягод крыжовника, балл

Примечания: различия средних значений по показателю с разными буквами существенны ($p < 0,05$): а-с - по сроку хранения; А-Д – по разновидности ягод крыжовника

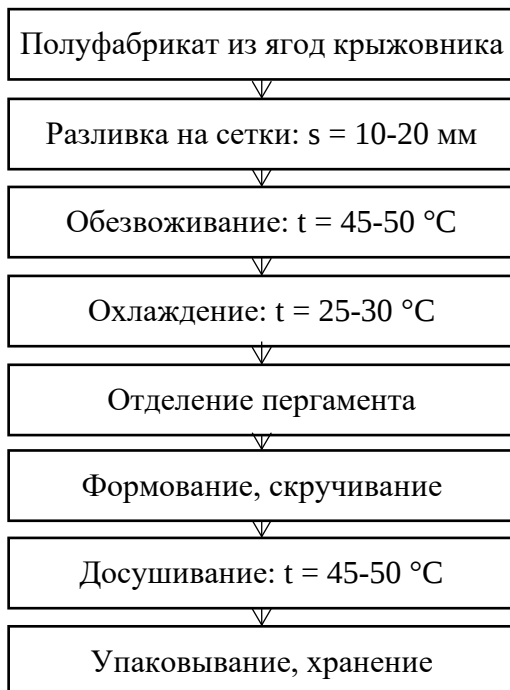
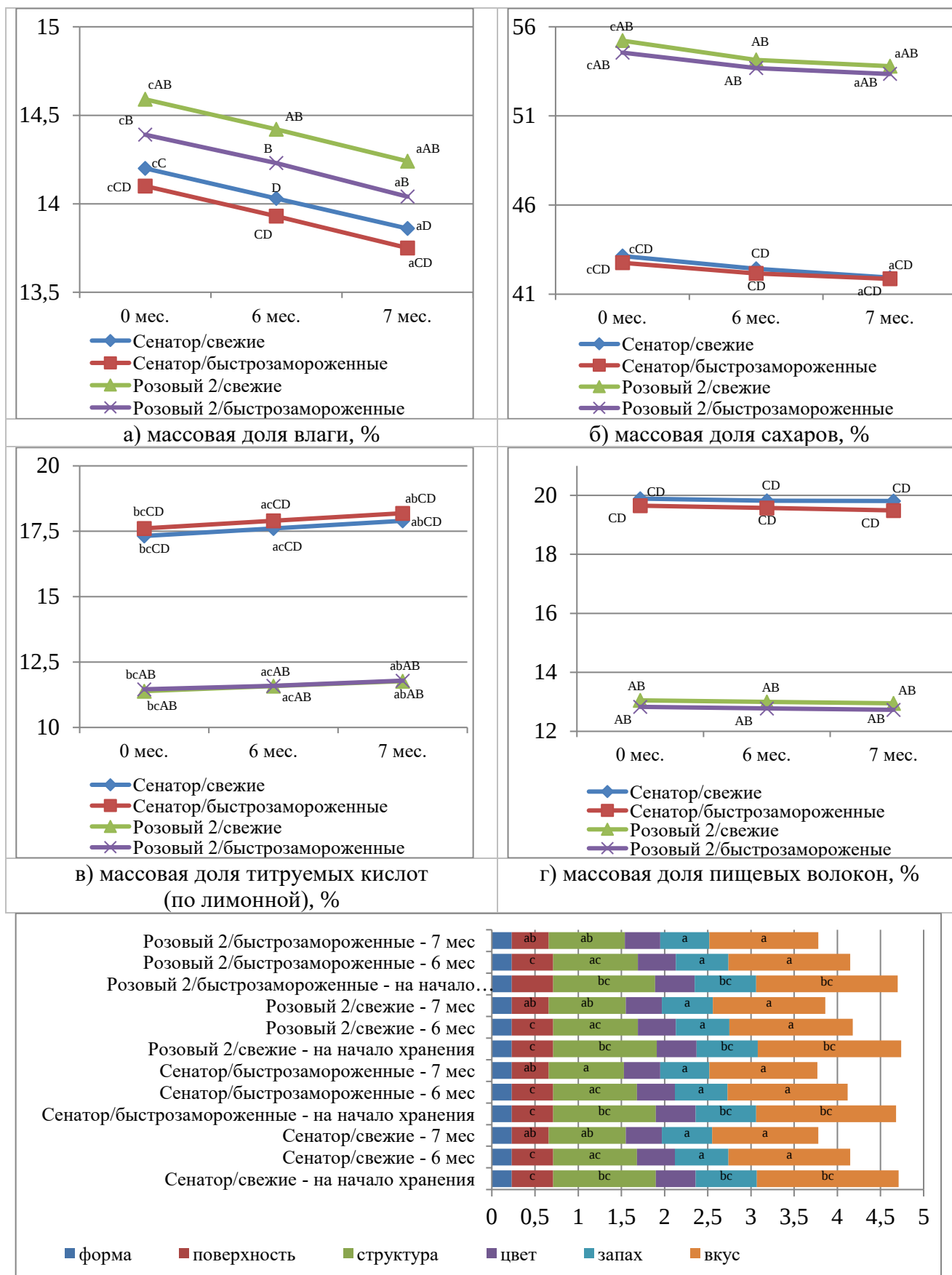


Рисунок 9 – Принципиальная схема производства пастилы крыжовенной

В качестве второй модельной пищевой системы использовалась пастила из полуфабриката ягод крыжовника (рис.9).

Определили, что пастила, изготовленная из полуфабрикатов свежих ягод крыжовника, содержала большее количество влаги, мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, плесеней, чем из быстрозамороженного сырья, но меньшее органических кислот – соответственно на 1,1, 57,4, 76,2 и 1,1 % (рис. 10а, 10в, табл. 4). Пастила, полученная из полуфабриката сорта Розовый 2, содержала на 27,7 % больше сахаров, чем сорта Сенатор, но на 34,6 и 33,2 % меньше соответственно пищевых волокон и дрожжей (рис. 10б, 10г, табл. 4). Разновидности используемых полуфабрикатов при изготовлении пастилы оказывали случайное воздействие на органолептические показатели (рис. 10д).



д) оценка органолептических показателей, балл

Рисунок 10 - Показатели качества пастилы крыжовенной

Примечания: различия средних значений по показателю с разными буквами существенны ($p < 0,05$): а-с - по сроку хранения; А-Д – по разновидности ягод крыжовника

Таблица 4 - Микробиологические показатели пастилы крыжовенной, КОЕ/г

Полуфабрикат из ягод крыжовника		Срок хранения, мес		
сорта	состояния ягод	0 (а)	6 (b)	7 (c)
Среднее количество колоний мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов				
Сенатор	свежие (А)	$(1,92 \pm 0,18) \times 10^{2bcBC}$	$(4,61 \pm 0,28) \times 10^{2acBD}$	$(9,03 \pm 0,40) \times 10^{2abB-D}$
	быстрозамороженные (В)	$(1,36 \pm 0,05) \times 10^{2bcAC}$	$(3,60 \pm 0,25) \times 10^{2acABC}$	$(4,22 \pm 0,27) \times 10^{2abAC}$
Розовый 2	свежие (С)	$(2,50 \pm 0,20) \times 10^{2bcABD}$	$(5,78 \pm 0,32) \times 10^{2acABD}$	$(9,58 \pm 0,41) \times 10^{2abABD}$
	быстрозамороженные (D)	$(1,68 \pm 0,17) \times 10^{2bcC}$	$(4,45 \pm 0,27) \times 10^{2acBC}$	$(5,15 \pm 0,30) \times 10^{2abAC}$
Среднее количество колоний плесеней				
Сенатор	свежие (А)	$(1,55 \pm 0,05) \times 10^{bcB-D}$	$(3,27 \pm 0,08) \times 10^{acBD}$	$(4,82 \pm 0,09) \times 10^{abB}$
	быстрозамороженные (В)	$(0,55 \pm 0,03) \times 10^{bcACD}$	$(2,14 \pm 0,06) \times 10^{acACD}$	$(3,86 \pm 0,08) \times 10^{abACD}$
Розовый 2	свежие (С)	$(1,82 \pm 0,06) \times 10^{bcABD}$	$(3,09 \pm 0,07) \times 10^{acBD}$	$(4,96 \pm 0,09) \times 10^{abBD}$
	быстрозамороженные (D)	$(1,09 \pm 0,04) \times 10^{bcA-C}$	$(2,55 \pm 0,07) \times 10^{acA-C}$	$(4,68 \pm 0,09) \times 10^{abBC}$
Среднее количество колоний дрожжей				
Сенатор	свежие (А)	$(2,36 \pm 0,06) \times 10^{bcB-D}$	$(3,72 \pm 0,08) \times 10^{acCD}$	$(4,46 \pm 0,09) \times 10^{abCD}$
	быстрозамороженные (В)	$(1,91 \pm 0,06) \times 10^{bcACD}$	$(3,59 \pm 0,08) \times 10^{acCD}$	$(4,55 \pm 0,09) \times 10^{abCD}$
Розовый 2	свежие (С)	$(1,77 \pm 0,06) \times 10^{bcABD}$	$(3,32 \pm 0,08) \times 10^{acABD}$	$(4,18 \pm 0,09) \times 10^{abABD}$
	быстрозамороженные (D)	$(0,79 \pm 0,05) \times 10^{bcA-C}$	$(2,55 \pm 0,07) \times 10^{acA-C}$	$(2,86 \pm 0,07) \times 10^{abA-C}$
Примечания: различия средних значений в строке /столбце с разными строчными /прописными буквами существенны ($p < 0,01$)				

По истечении 7 месяцев хранения пастилы содержание мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, плесеней и дрожжей приближалось к предельно допустимым нормам, поэтому срок годности ограничили 6 месяцами (табл. 4).

Практическая реализация результатов исследований заключается в: разработке нормативной документации на новые виды продукции из ягод крыжовника, включающей регламентируемые характеристики качества, сроков годности, рецептуры и нормы расхода сырья и материалов, технологий производства (рис. 4, 5, 8); апробации разработанной продукции, получении патентов на изобретения.

В результате проведенных исследований установлено, что продукция из исследуемых ягод крыжовника обладает доступной розничной стоимостью: быстрозамороженные – 47,66 руб. за упаковку массой нетто 0,5 кг; полуфабрикат – из свежих и быстрозамороженных ягод соответственно 75,73 и 81,67 руб. за упаковку массой нетто 0,5 кг; продукт из сливок с добавлением ягод крыжовника – из свежих и быстрозамороженных ягод соответственно 159,26 и 161,02 руб. за упаковку массой нетто 0,25 кг; пастила - из свежих и быстрозамороженных ягод соответственно 1212,88 и 1367,42 руб. за упаковку массой нетто 1,0 кг (20 шт.).

Добавленная полезность новой продукции:

– в полуфабрикате из ягод крыжовника, пастиле крыжовенной за счет содержания нативных форм сахаров и пищевых волокон в количестве не менее соответственно 6,8 /48,1 и 2,1 /16,3 г в 100 г продукции, в соответствии с ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» позволяют их реализацию с информацией об отличительных признаках: «содержит сахара природного (естественного) происхождения», «источник пищевых волокон»;

– в продукте из сливок с добавлением ягод крыжовника заключается в обеспечении новых вкусо-ароматических восприятий неофилов от продукции, 1,4 % рекомендуемой нормы потребления в насыщенных жирных кислотах при употреблении 2,75 г /сутки, что соответствует требованиям Приказа Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» и МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании новых научных данных, полученных в результате выполненного комплекса исследований, сформулированы следующие выводы:

1. Ягоды крыжовника сортов Сенатор и Розовый 2, выращенные на биополигоне СФНЦА РАН, обладают показателями качества, обуславливающими их потенциал при создании пищевой продукции, отвечающей критериям качества и принципам здорового питания. Исследуемое ягодное сырье представляют собой источник сахаров, пищевых волокон, органических кислот, в том числе аскорбиновой - соответственно не менее 7,5, 2,83 и 2,2 %, 21,412 мг/100 г. Установлен рекомендуемый срок хранения ягод при температуре 18 ± 2 °C 1 сутки, $0,5 \pm 0,5$ °C 2 суток. В микобиоте ягод идентифицированы микромицеты, отнесенные по морфологическим признакам к родам *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Cryptococcus*, анаэробные дрожжи характерны только для сорта Сенатор – рода *Fusarium*.

2. Установлено незначительное влияние процесса быстрого замораживания на изменения показателей качества ягод крыжовника сортов Сенатор и Розовый 2. Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели быстрозамороженных ягод по истечению 9 месяцев хранения при температуре минус 18 °C и относительной влажности воздуха не более 95 % соответствуют требованиям регламентируемым нормативно-технической документацией.

3. Разработана технология полуфабрикатов из ягод крыжовника. Определены оптимальные технологические условия изготовления полуфабрикатов, предусматривающих использование МАГ-50 – обработка в течение 14-20 мин при температуре 59-65 °C не менее 72% свежих ягод или 58-65 °C не менее 66% быстрозамороженных. Установлено, что технология, предусматривающая использование МАГ-50, по сравнению с высокотемпературной, позволяет получить продукцию с меньшим содержанием мезофильных аэробных и

факультативно-анаэробных микроорганизмов, плесеней (соответственно на 97,7 и 69,8%), лучшими характеристиками внешнего вида (на 1,7%), цвета, текстуры и запаха (на 2,3%), вкуса и послевкусы (на 3,6%).

4. Доказано, что для получения продукта из сливок с добавлением ягод крыжовника в количестве не менее 10 %, обладающего оригинальными органолептическими характеристиками и способностью сохранять свое качество в течение длительного срока при температуре не выше 20 °С, целесообразно использовать обработку в МАГ-50 при температуре не менее 74 °С в течение не менее 19 мин.

5. Установили, что разновидности полуфабриката из ягод крыжовника оказывали значимое влияние на формирование физико-химических и микробиологических показателей качества пастилы (сила влияния по Снедекору более 93,3 %, $p < 0,05$), случайное – на органолептические. Употребление пастилы в количестве 27,3 г в сутки обеспечивает не менее 21 % от суточной физиологической потребности в пищевых волокнах.

6. Обоснованы регламентируемые показатели качества новой продукции из ягод крыжовника, обладающие стабильностью при хранении в банках стеклянных, относительной влажности воздуха не более 75 % в защищенном от прямых солнечных лучей месте - полуфабрикатов 24 месяца, продукта из сливок с добавлением ягод крыжовника 6 месяцев хранения при температуре 18 ± 2 °С. Установлены регламентируемые показатели качества пастилы крыжовенной, устойчивые к негативным изменениям на протяжении 6 месяцев хранения в полипропиленовых стик-пакетах при температуре 18 ± 2 °С и относительной влажности воздуха не более 70 %.

7. Разработан комплект нормативно-технической документации на новую продукцию из ягод крыжовника, регламентирующую требования к характеристикам качества, апробация которой осуществлена в условиях ООО НПО «Здоровое питание» (Кемеровская обл., Кемеровский р-н, п. Металлоплощадка), ОПХ «Байкальское» филиал СФНЦА РАН (Р. Бурятия, Кабанский р-н, с. Кабанск), ООО «БК» (Тюменская область, г. Тюмень). Новизна технических решений подтверждена 2-мя патентами на изобретения.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, индексируемых в RSCI, WoS/Scopus

1. **Мотовилова, Н.В.** Развитие микробиоты ягод крыжовника при хранении /Н.В. Мотовилова, О.В. Голуб, Г.П. Чекрыга. – DOI 10.21603/2074-9414-2024-2-2505 //Техника и технология пищевых производств. – 2024. – Т. 54, № 2. – С. 261-274.

2. Голуб, О.В. Определение оптимальных технологических условий изготовления полуфабрикатов из ягод крыжовника /О.В. Голуб, О.К. Мотовилов, **Н.В. Мотовилова**, Н.И. Давыденко. – DOI 10.21323/2618-9771-2024-7-3-454-465 //Пищевые системы. – 2024. – Т. 7, № 3. – С. 454-465.

3. Голуб, О.В. Стабильность при хранении полуфабрикатов-пюре из ягод крыжовника /О.В. Голуб, О.К. Мотовилов, **Н.В. Мотовилова**, Н.И. Давыденко. - DOI

10.36107/spfr.2024.2.567 //Хранение и переработка сельхозсырья. – 2024. - № 32(2). – С. 99-115.

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК (К2)

4. Голуб, О.В. Влияние процессов замораживания и последующего хранения на качество ягод крыжовника /О.В. Голуб, Г.П. Чекрыга, А.В. Паймулина, **Н.В. Мотовилова**, О.К. Мотовилов. – DOI 10.29141/2500-1922-2022-7-1-2 //Индустрия питания. – 2022. – Т. 7, № 1. – С. 14-23.

5. **Мотовилова, Н.В.** Качественные характеристики пастилы на основе пюре из крыжовника /Н.В. Мотовилова, Н.И. Давыденко, О.В. Голуб, Г.П. Чекрыга, О.К. Мотовилов. – DOI 10.33979/2219-8466-2022-74-3-93-99 //Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2022. – № 3(74). – С. 93-99.

6. Голуб, О.В. Влияние хранения на характеристики качества ягод крыжовника (*Ribes uva-crispa* L.) /О.В. Голуб, **Н.В. Мотовилова**, Г.П. Чекрыга, В.А. Петрук //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13, № 1(65). – С. 75-82.

7. Голуб, О.В. Оптимизация условий получения продукта из сливок повышенной жирности /О.В. Голуб, **Н.В. Мотовилова**, Е.М. Лобачева и др. //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2025. – Т. 14, № 1(69). – С. 92-99.

Прочие публикации

8. **Мотовилова, Н.В.** Органолептические и физико-химические показатели соков из ягод крыжовника /Н.В. Мотовилова //Пищевые инновации и биотехнологии: Сборник тезисов X Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 17 мая 2022 года. Том 1. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. – С. 76-78.

9. **Мотовилова, Н.В.** Использование ягод крыжовника при формировании ассортимента продуктов питания /Н.В. Мотовилова //Трансформация потребительского рынка в контексте приоритизации качества и безопасности товаров и услуг: Материалы международной научно-практической интернет-конференции, Донецк, 19-20 апреля 2022 года. – Донецк: ГО ВПО «ДОННУЭТ», 2022. – С. 129-130.

10. **Мотовилова, Н.В.** Изменение характеристик качества быстрозамороженных ягод крыжовника в процессе хранения /Н.В. Мотовилова, О.В. Голуб, Г.П. Чекрыга //Пищевые инновации и биотехнологии: Сборник тезисов XI Всероссийской (национальной) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 18 мая 2023 года. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2023. – С. 260-263.

11. **Мотовилова, Н.В.** Исследования качественных характеристик свежих ягод крыжовника /Н.В. Мотовилова, О.В. Голуб //Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании: Материалы XI Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 24 апреля 2024 года. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2024. – С. 154-158.

12. Голуб, О.В. Определение возможности использования полуфабриката-пюре из ягод крыжовника при изготовлении пастилы /О.В. Голуб, **Н.В. Мотовилова** //Пищевые инновации и биотехнологии: Сборник тезисов XII Всероссийской (национальной) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 16 мая 2024 года. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2024. – С. 204-206.

13. Голуб, О.В. Разработка и применение балльной шкалы для органолептической оценки фруктовой пастилы /О.В. Голуб, **Н.В. Мотовилова** //Инновации в пищевой промышленности: образование, наука, производство: Материалы VI всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Благовещенск, 20 февраля 2024 года. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2024. – С. 52-59.

Результаты интеллектуальной деятельности

14. Патент № 2783214 С1 Российская Федерация, МПК А23С 23/00. Способ получения продукта из сливок и плодов: № 2021135564: заявл. 02.12.2021: опубл. 10.11.2022 /О.В. Голуб, **Н.В. Мотовилова**, Е.М. Лобачева, Г.П. Чекрыга; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук.

15. Патент № 2791330 С1 Российская Федерация, МПК А23L 3/30. Способ получения полуфабриката-пюре из ягод крыжовника: № 2022113988: заявл. 24.05.2022: опубл. 07.03.2023 /О.В. Голуб, Г.П. Чекрыга, **Н.В. Мотовилова** [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук.