

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ».

На правах рукописи

БЫСТРОВА ЕКАТЕРИНА АЛЕКСАНДРОВНА

**Совершенствование технологии порошкового концентрата ягод брусники и
его применение для создания продуктов повышенной пищевой ценности**

Специальность 05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых,
бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции
и виноградарства

диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
Алексеевко Елена Викторовна, доктор технических наук, доцент

Москва – 2018

ОЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1.Обзор литературы.....	9
1.1 Брусника. Биологически активные вещества ягод брусники и их роль в жизнедеятельности организма человека.....	9
1.2 Современные способы высушивания плодов и ягод.....	20
1.3 Применение ферментов в технологиях переработки плодово-ягодного сырья.....	29
1.4 Применение плодово-ягодных порошков при получении пищевых продуктов.....	33
Заключение.....	36
2 Экспериментальная часть.....	37
2.1 Объекты и методы исследования.....	37
2.1.1 Сырье и материалы, применявшиеся при проведении исследований.....	37
2.1.2 Методы определения активностей и оптимальных условий действия ферментных препаратов.....	38
2.1.3 Методы исследования химического состава.....	41
2.1.4 Метод определения антиоксидантной активности.....	46
2.1.5 Методы исследования микробиологических показателей.....	47
2.1.6 Методы исследования гранулометрического состава порошкового концентрата ягод брусники.....	47
2.1.7 Методы исследования органолептических показателей пирога и торта.....	48
2.1.8 Методы определения кислотности молока и молочных продуктов.....	48
2.1.9 Методы определения жира в молоке и молочных продуктах.....	48
2.1.10 Способ получения порошкового концентрата ягод брусники.....	49
2.1.11 Методы математической обработки экспериментальных данных.....	40
2.2 Результаты исследований и их обсуждение.....	49
2.2.1 Исследование химического состава ягод брусники.....	49
Заключение.....	54
2.2.2 Разработка условий применения направленного биокатализа при получении порошкового концентрата ягод брусники.....	56
2.2.2.1 Обоснование выбора ферментных препаратов для обработки ягод брусники.....	56
2.2.2.2 Характеристика ферментных препаратов.....	58
2.2.2.3 Мониторинг эффективности применения пектолитических и глюканолитических ферментных препаратов для обработки ягод брусники.....	63

Заключение.....	71
2.2.3 Исследование химического состава соковой фракции мякоти ягод брусники, полученной с применением ферментативной обработки.....	72
Заключение.....	91
2.2.4 Получение и характеристика сублимированного порошкового концентрата ягод брусники.....	92
2.2.4.1 Получение порошкового концентрата ягод брусники.....	94
2.2.4.2 Изучение органолептических показателей, гранулометрического, химического состава и антиоксидантной активности порошкового концентрата ягод брусники.....	99
2.2.4.3 Исследование изменений состава, органолептических, микробиологических характеристик порошкового концентрата ягод брусники.....	113
2.2.4.4 Разработка принципиальной технологической схемы получения сублимированного порошкового концентрата ягод брусники.....	118
Заключение.....	121
2.2.5 Применение порошкового концентрата ягод брусники при получении пищевых продуктов.....	123
2.2.5.1 Применение порошкового концентрата ягод брусники при получении мучных кондитерских изделий.....	123
2.2.5.2 Перспективы применения порошкового концентрата ягод брусники при производстве кисломолочных продуктов.....	131
Заключение.....	135
ВЫВОДЫ.....	137
Список сокращений и условных обозначений.....	140
Список литературы.....	141
Приложения.....	160
Приложение 1- ТУ на концентрат ягод брусники порошковый	161
Приложение 2 – ТИ по производству порошкового концентрата ягод брусники	164
Приложение 3- протокол производственных испытаний порошкового концентрата ягод брусники при производстве пирога арахисового «Орешник» с малиновым джемом	167
Приложение 4 – протокол производственных испытаний порошкового концентрата ягод брусники при производстве торта «Творожник».....	170
Приложение 5 – Рецепт пирога арахисового «Орешник» с малиновым джемом.....	173
Приложение 6- Рецепт торта песочного «Творожник».....	179
Приложение 7 – Акт внедрения ПКБ на ПАО «МК Воронежский»	187

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Инновации в сфере переработки ягодного сырья ориентированы на создание интенсивных технологий, обеспечивающих эффективное и рациональное использование растительных биоресурсов, и производство на их основе пищевых продуктов нового поколения, призванных улучшить структуру питания и способствующих сохранению и укреплению здоровья, что отвечает Основам государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года.

Лесная ягода брусники весьма привлекательна для производителей пищевых продуктов благодаря высокому содержанию витаминов, антиоксидантов, органических кислот, в т.ч. бензойной и салициловой. По данным Федерального агентства лесного хозяйства Министерства природных ресурсов и экологии РФ биологический запас ягод оценивается в 3020 тыс. тонн, а эксплуатационный запас - 1508 тыс. тонн. Значительные ареалы произрастания и биологические запасы, пищевые и фармакологические свойства обуславливают высокий спрос на ягоду брусники и несомненный интерес для индустрии здорового питания.

В связи с сезонностью сбора и закупки ягод брусники современные технологии переработки нацелены на получение технологичных ягодных полуфабрикатов, удобных в хранении, транспортировке и применении. В этом контексте порошковые технологии являются одними из наиболее перспективных. Однако следует учитывать, что в силу природной организации значительная доля полезных для здоровья человека минорных и биологически активных веществ ягод находится в недоступной для усвоения форме и не проявляет физиологическую активность, будучи сорбирована на белке и структурных образованиях клеточных стенок, основу которых составляют некрахмальные полисахариды. И лишь часть их локализуется в клеточном соке и потому

является биодоступной, т.е. усвояемой. Поэтому при переработке брусники в ягодные порошковые концентраты ресурсный потенциал реализуется недостаточно эффективно. В свете этого, **актуальными** являются исследования, направленные на разработку прогрессивных технологий глубокой переработки ягод брусники в порошковые полуфабрикаты, обеспечивающих наиболее полное использование уникального природного состава ягод. Эта задача может быть решена за счет проведения частичного ферментативного гидролиза некрахмальных полисахаридов ягод, вызывающего деструкцию клеточных стенок, и, как следствие, повышение экстрактивных свойств растительной ткани и обогащение соковой фракции (растворимой части продукта) дополнительными количествами природных компонентов ягод, обладающих биологической активностью и формирующих палитру цвета, вкуса и аромата.

Решению этих вопросов и посвящена настоящая работа.

Работа проводилась в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение НИР в соответствии с Задаaniem от 01.01.2017 № 15.7831.2017/БЧ «Поиск живых систем и субстанций природного происхождения с анализом их биологической активности для создания функциональных продуктов питания и кормов».

Степень разработанности темы исследования: Существенный вклад в разработку научных основ и технологий переработки плодово-ягодного сырья для применения в составе пищевых продуктов внесли работы российских ученых С.Т. Антипова, Е.В. Алексеенко, С.Н. Бутовой, М.В. Гернет, А.С. Джабоевой, Г.Н.Дубцовой, А.А. Емельянова, А.А. Жашкова, Л.А. Ивановой, О.В. Кислухиной, В.В. Колпаковой, С.Я. Корячкиной, А.А. Кочетковой, Е.В. Лоскутовой, Н.В. Макаровой, А.П. Нечаева, Г.Н. Румянцевой, В.Г. Семенова, С.Е. Траубенберг, Г.Ц. Цыбиковой, Т.Б. Цыгановой, В.Я. Черных, Wang L. S., Crozier S. J., Camire M. E. др. Вместе с тем, исследований по применению направленного биокатализа для предобработки ягодного сырья при получении порошковых концентратов как инновационных ингредиентов для создания продуктов здорового питания практически не проводилось.

Целью настоящей работы является экспериментальное обоснование и разработка технологических решений для ферментативной предобработки ягод брусники при получении порошкового концентрата и его применения для повышения пищевой ценности продуктов питания и в качестве источника природных красителей, консервантов и антиоксидантов.

Для достижения поставленной цели определены **основные задачи**:

- исследовать химический состав ягод брусники с позиции пищевой ценности и обосновать целесообразность проведения предварительной ферментативной обработки ягод при получении порошкового концентрата;
- дать характеристику и исследовать условия применения ферментных препаратов (ФП) пектолитического и глюканолитического действия, провести мониторинг эффективности действия отдельных ФП и мультэнзимных композиций (МЭК) на их основе по увеличению доли соковой фракции в мезге ягод и осуществить выбор вариантов для использования на стадии предобработки ягод при получении порошкового концентрата;
- провести сравнительный анализ химического состава и антиоксидантной активности соковых фракций мезги ягод брусники, полученных с применением предварительной ферментативной обработки и без использования ФП;
- провести наработку опытной партии сублимированного порошкового концентрата на основе мезги ягод брусники, обработанной ФП, и дать его характеристику по химическому и гранулометрическому составу, антиоксидантной активности, органолептическим и микробиологическим показателям качества;
- разработать принципиальную технологическую схему получения порошкового концентрата ягод брусники и технологические решения по его применению в качестве источника природных красителей, консервантов и антиоксидантов и для повышения пищевой ценности пищевых продуктов;
- разработать проект технической документации (ТД) на порошковый концентрат ягод брусники и провести опытно-промышленную апробацию по его применению при производстве мучных кондитерских и кисломолочных изделий.

Научная новизна. Теоретически и экспериментально обоснованы выбор ФП пектолитического и глюканолитического действия и условия биокатализа для предварительной обработки ягод брусники при получении порошкового концентрата, способствующей максимальной деструкции некрахмальных полисахаридов, увеличению доли соковой фракции в мезге ягод, извлечению и переводу в растворимую (биодоступную) форму природных биологически активных веществ (БАВ) ягод, натуральных красителей, антиоксидантов и консервантов.

Выявлено, что наибольший эффект достигается при предобработке ягод с использованием мультэнзимных композиций (МЭК) на основе *Rapidaza CR - Laminex BG2* и *Pectinex XXL - Брюзайм BGX*: увеличение доли соковой фракции в мезге и ее антиоксидантной активности (соответственно на 20 - 25 % и 40 %), повышение экстрактивной способности по БАВ и натуральным красителям и консервантам в 1,2 - 2 раза.

Получены данные, характеризующие качественный и количественный состав флавоноидов, органических, в том числе оксикоричных кислот, катехинов, антоцианов, минеральных веществ соковой фракции мезги ягод брусники, обработанной ФП. Выявлено присутствие эпигаллокатехина, наличие которого в соковой фракции мезги ягод, не обработанной ФП, обнаружено не было.

Установлено, что применение способа вакуумной сублимационной сушки ферментированной мезги ягод брусники при получении порошкового концентрата позволяет сохранить физиологически активные и технологически значимые природные компоненты, такие как красители, консерванты, антиоксиданты, а также биологически активные и минорные вещества (витамин С, антоцианы) без существенных потерь в течение 9 месяцев при установленных условиях хранения.

Дана биохимическая характеристика сублимированного порошкового концентрата ягод брусники. Установлена его высокая антиоксидантная активность.

Практическая значимость работы. Усовершенствована технология порошкового концентрата ягод брусники (ПКБ) путем включения стадии

ферментативной предобработки ягодной мезги композицией ФП пектолитического и глюколитического действия при разработанных условиях, обеспечивающей увеличение выхода соковой фракции и наиболее полное извлечение в сок природных компонентов ягод в том числе, функциональных пищевых ингредиентов, натуральных антиоксидантов, красителей и консервантов, а также повышение его антиоксидантной активности.

Даны технологические рекомендации по проведению стадии ферментативной предобработки ягодной мезги и разработана принципиальная технологическая схема получения ПКБ с применением способа вакуумной сублимационной сушки.

Установлены сроки годности и условия хранения ПКБ, обеспечивающие потребительские характеристики, микробиологическую безопасность и сохранность биологически активных веществ.

Разработан комплект технической документации (ТУ и ТИ) (проект) на ПКБ.

Проведена опытно-промышленная апробация в условиях ОАО «Хлебпром» (г. Красногорск) по применению ПКБ в качестве источника природных биологически активных компонентов, натуральных красителей и консервантов при получении пирога арахисового «Орешник» и песочного торта «Творожник».

Разработаны и утверждены рецептуры на новые виды пирога и торта с применением ПКБ и исключения из рецептуры синтетических консервантов и лимонной кислоты при обеспечении гарантированных показателей качества и потребительских характеристик.

Сублимированный ПКБ принят к внедрению на Воронежском молочном комбинате в линии производства диетических пищевых продуктов, сырково-творожных изделий и кисломолочных питьевых напитков.

Основные положения, выносимые на защиту:

- экспериментальное обоснование выбора ферментных препаратов и условий ферментативной предобработки мезги ягод брусники при получении

порошкового концентрата, базирующееся на всестороннем исследовании химического состава и антиоксидантных свойств соковой фракции;

- совокупность экспериментальных данных по характеристике химического состава и антиоксидантной активности сублимированного порошкового концентрата с позиции пищевой ценности, позволяющая оценивать ПКБ как перспективный ингредиент для создания нового ассортимента продуктов питания

- технологические решения по применению сублимированного ПКБ при получении продуктов питания для повышения пищевой ценности и исключения из рецептур искусственных консервантов, красителей и регуляторов кислотности.

Степень достоверности и апробация результатов работы.

Достоверность полученных результатов подтверждена применением современных физико-химических методов анализа и промышленной апробацией. Получены протоколы производственной проверки результатов исследований и акты производственных испытаний на 2-х пищевых предприятиях.

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных научно-технических и научно-практических конференциях и выставках: «Повышение качества и безопасности пищевых продуктов» (Дагестан, 2014 г.), «Живые системы и биологическая безопасность населения» (Москва, 2015 г.), «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств» (Алтайский край, 2017 г.), «Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука» (Москва, 2017 г.).

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Брусника. Биологически активные вещества ягод брусники и их роль в жизнедеятельности организма человека

Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea*)- вечно зеленый кустарник высотой 18-30см. Плоды красные, сочные, ягоды блестящие, сильно варьируют по форме. Брусника - одна из наиболее популярных ягод, чему способствует ее хорошая сохраняемость. Ареал брусники обыкновенной охватывает арктический пояс, в том числе Европейский, Северный, Западный, и Восточную Сибирь, Дальний Восток. Предпочитает бедные кислые почвы разной степени увлажненности. Плодоносит с 10 - 15 лет. Живет брусника 300 лет [43, 61, 63, 78]. Биологический запас брусники в мире составляет 3,3 млн. тонн [43]. Растет в лесной и тундровой зоне в сухих и сырых хвойных, смешанных и лиственных лесах, в зарослях кустарников, иногда на торфяных болотах, на гольцах, альпийских лугах, в горных и равнинных тундрах [43, 61, 63, 72, 74, 78, 96, 109, 128]. Собирают бруснику, когда она совершенно поспевает [96, 109, 128].

Сведения о первых попытках культивирования брусники относятся к 1745 г. В Центральном историческом архиве Санкт-Петербурга есть известный указ Елизаветы Петровны, в котором повелевалось в Царском саду «партери убирать брусницею и бушбомами», а также указ 1765 г. Канцелярии от строений, в котором предписывается мастеру Фоку изыскать способы высадить в Петергофе «в Монплизе и у Шахматной горы» бруснику вместо бушбома, который «от бываемых великих морозов вызябает» [43]. Но настоящие работы по окультуриванию брусники начались в 1960-е годы в США, ФРГ, Швеции, Голландии, Финляндии, Польше [61, 78, 100]. В это время в Швеции проводились опыты по введению брусники в культуру, что позволило выделить следующие сорта – «Sussi», «Sunna», «Ida», «Linea» [59]. В Германии выведены сорта «Erntedank», «Erzgebirgeperle». В США и Канаде из отобранных в Финляндии

растений брусники были получены американские сорта этого вида - «Splendor», «Regal», «Scarlet» [61, 73, 100, 128]. К основным российским сортам брусники следует отнести «*Костромская розовая*», «*Костромичка*» и «*Рубин*» [61, 126]. Работы по введению брусники в культуру проводились также в Финляндии, Эстонии, Литве, Украине [61, 126]. В ФРГ в 1994 году было создано 40 га брусничных плантаций, разработан полный комплекс машин для возделывания и уборки урожая. В 1980-е годы культурные плантации брусники были заложены в Белоруссии, Литве, России [63]. По сравнению с дикими зарослями, урожайность ягод на культурных плантациях выше в 20 - 30 раз. С одной сотки можно получать 50 - 60 кг ягод ежегодно [61, 63].

Свежие ягоды брусники применяют при авитаминозах, как слабительное, диуретическое, бактерицидное, антисептическое, антигельминтное и желчегонное средство [7, 8, 48, 74, 98, 131]. Отвар листьев — при заболеваниях почек, диабете, ревматизме, подагре (он способствует размягчению и выведению камней и солей) [7, 8, 74, 98, 131]. Ягоды также применяют при туберкулёзе лёгких, катаре желудка с недостаточной кислотностью, почечнокаменной болезни, ревматизме, как витаминное и противовоспалительное средство [98, 131, 160]. Отвар ягод хорошо утоляет жажду при лихорадке. Сок или морс пьют при повышенном артериальном давлении (хорошо снимает похмельный синдром), при неврозах и анемии у беременных [74, 98, 131, 160].

Целебные свойства ягод и листьев брусники обусловлены их химическим составом [66, 67, 68, 72, 100].

Ягоды брусники на 84-88 % состоят из воды. В сухом веществе ягод первое место занимают углеводы, второе - органические кислоты. Сахара представлены фруктозой (4,47 %), глюкозой (3,91 %) и сахарозой (0,53 %) [66, 67, 68]. По мере созревания общее количество сахаров увеличивается до 10 раз [100].

Полисахариды брусники представлены целлюлозой, гемицеллюлозой и пектиновыми веществами (0,8 % - 1,0 %). Из пектиновых веществ 0,5 – 0,8 % приходится на долю растворимого пектина и около 0,25 % - на долю протопектина, не растворимого в воде [66, 67, 68]. Пектиновые вещества

отвечают за важные биологические процессы, образуя со многими металлами нерастворимые комплексные соединения (хелаты), которые не перевариваются и выводятся из организма [35, 115, 133]. Пектины известны своими антибактериальными свойствами, поэтому их используют для лечения пищеварительного тракта [35, 115, 133].

Целлюлоза, гемицеллюлоза, пектиновые вещества и инкрустирующий компонент клеточной стенки – лигнин, объединяют единым термином – «пищевые волокна». Ценность пищевых волокон заключается в способности нормализовывать пищеварение, оказывать детоксицирующее действие, регулировать кишечную микрофлору и стимулировать моторную функцию желудочно-кишечного тракта [9, 35, 115, 133]. Пищевые волокна не перевариваются пищеварительными ферментами человека, оказывая свое благоприятное действие, они выводятся из организма человека [35, 115, 133]. Физиологическая потребность в пищевых волокнах для взрослого человека – 20 г/сутки [79]. Дефицит пищевых волокон в пище способен привести к раку толстой кишки, желчнокаменной болезни, сахарному диабету, ишемической болезни сердца, ожирению и варикозному расширению вен, запорам, геморрою, аппендициту [9, 35, 133].

Пищевые волокна следует разделить на растворимые и нерастворимые [35, 115]. Растворимые пищевые волокна способны выводить из организма тяжелые металлы, токсичные вещества, радионуклиды, способствуют снижению уровня холестерина в крови [35, 115]. Нерастворимые пищевые волокна лучше удерживают воду, способствуют снижению вязкости содержимого кишечника и естественному его очищению [9].

Список присутствующих в ягодах брусники *органических кислот* достаточно велик. Среди кислот ягод брусники следует выделить лимонную, яблочную, винную и хинную кислоты: на их долю которых приходится до 3 % сухого вещества [66, 67, 68]. Преобладают в ягодах лимонная кислота (1,02 – 1,39 %) и яблочная кислоты (0,16 – 0,30 %) [66, 67, 68]. В менее значимых количествах в ягодах содержатся салициловая, щавелевая, уксусная, пировиноградная,

глиоксиловая кислоты [66, 67, 68]. В благоприятных для произрастания климатических условиях количество кислот в ягодах увеличивается [67].

Фенолокислоты в ягодах брусники присутствуют в основном в связанном состоянии в виде эфиров и гликозидов [118]. Это производные бензойной и коричной кислот, к ним следует отнести галловую, феруловую, кофейную, хлорогеновую, синаповую и др.

Фенольные кислоты являются сильными антиоксидантами и обладают противораковым действием [118]. Содержание фенольных кислот достигает 24 мг % сырой массы [67].

В ягодах брусники синтезируются бензойная и салициловая кислоты, имеющие важное технологическое значение [66, 67, 68, 100].

Известно, что бензойная кислота обладает консервирующими и антисептическими свойствами, что благоприятствует длительному хранению ягод и низкой сбраживаемости брусничного сока [86, 98]. Свежевыжатый сок способен подавить рост грибов рода *Candida* и проявляет антимикробные свойства в отношении *Bacillus coli commumis*, *Salmonella Enteretidis* [67, 68, 100]. Бензойная кислота в ягодах накапливается в количествах 0,05 - 0,2 % сырой массы ягод и содержится как в свободном, так и в связанном виде (гликозид вакцинин). Связанная форма бензойной кислоты не обладает антисептическими свойствами [100].

Тритерпеновые кислоты преимущественно содержатся в кожице ягод, к ним относятся олеиновая, урсуловая кислоты [100]. Они оказывают противосклеротическое, противораковое действие [100]. Урсуловая кислота снижает уровень холестерина [100]. Терпеновые соединения входят в состав эфирных масел и обуславливают характерный аромат ягод [72]. Урсуловая кислота по своему действию близка к гормону надпочечников (дезоксикортикостерону). Кроме того, урсуловая и олеиновая кислоты проявляют противогрибковую и антимикробную активность [83]. Благодаря наличию этих кислот брусника обладает противовоспалительным и ранозаживляющим эффектом [74].

Совсем в незначительных количествах брусника содержит жирные кислоты, которые входят в состав ацильных липидов растительной ткани, благоприятно влияя на устойчивость растения к низким температурам [68].

Белковых веществ в ягодах брусники довольно мало, поэтому азотистые вещества брусники редко вызывают интерес. В ягодах брусники идентифицировано 14 аминокислот, причем из незаменимых аминокислот в составе брусники присутствуют фенилаланин, лизин и треонин [67, 68, 100].

Ягоды брусники богаты витаминами, особенно витамином С. Известно, что витамин С в ягодах находится в трех формах: восстановленная (аскорбиновая кислота), окисленная (дегидроаскорбиновая кислота), связанная (аскорбиноген) [66, 67, 68]. Основная часть витамина С (90 - 95 %) находится в восстановленной форме [66, 67, 68].

Витамин С является общепризнанным антиоксидантом, значение которого для организма сложно переоценить. Аскорбиновая кислота принимает участие в непрерывно происходящих в живой клетке окислительно-восстановительных процессах, и её рассматривают как мощный стимулирующий фактор для укрепления иммунной системы, повышающий устойчивость организма к агрессивному воздействию окружающей среды [77, 132, 133].

Исследования показали, что накопление витаминов в ягодах зависит от метеорологических факторов: чем выше коэффициент экстремальности, тем больше в бруснике витаминов [43, 68]. Дождливая холодная погода неблагоприятно сказывается на накоплении витамина С, в противоположность этому, теплая солнечная погода с непродолжительными дождями способствует наибольшему накоплению витамина С [68, 72, 100]. Также важно содержание микроэлементов в почве, на которой произрастает брусника. Недостаток в почве азота приводит к уменьшению аскорбиновой кислоты, а принудительное внесение в почву азота, фосфора, калия, марганца оказывает благоприятное влияние на накопление аскорбиновой кислоты [2, 74].

Витамины группы В, отвечающие за иммунную и нервные системы присутствуют в ягодах в количестве 0,03 мг % [66, 67, 68, 95, 98, 100, 131]. Также

в бруснике синтезируется витамин Е (1 мг %), который является мощным антиоксидантом, замедляет процесс старения клеток и препятствуют их увяданию [77, 132].

По содержанию каротина (0,05 - 0,1 мг %) брусника превосходит клюкву, лимоны, груши, яблоки, виноград и чернику [106]. Провитамин А способствует скорейшему заживлению ран, благоприятно влияет на репродуктивную систему человека [132].

Ягоды брусники являются важным источником *биоактивных* полифенольных соединений [7, 66, 67, 68, 95, 98, 100, 131, 162].

В спелых ягодах брусники количество полифенольных соединений достигает порядка 36 наименований [100]. Содержание полифенольных соединений может колебаться от 500 – 1910 мг % [66, 68, 100].

Флавоноиды - самая многочисленная группа природных полифенольных соединений, являющихся вторичными метаболитами растений, которым отводится важная роль в поддержании здоровья человека [60, 74, 98, 120, 125, 131, 162].

Огромный интерес к флавоноидам в последние годы объясняется их противовоспалительными, нейропротекторными, антиканцерогенными свойствами, а также способностью снижать риск развития некоторых хронических заболеваний (сердечнососудистых, сахарного диабета 2 типа (СД 2), определенных видов рака и др.) [60, 74, 98, 120, 125, 131, 162]. Флавоноиды угнетают ферменты, разрушающие гиалуроновую кислоту – вещество, которое входит в состав хрящевой ткани и стенок сосудов [60, 74, 98, 120, 125, 131, 162]. Поэтому флавоноиды способствуют укреплению капилляров, улучшают их эластичность и препятствуют их склеротическому поражению [60, 98, 120, 125, 131, 162]. Кроме того, флавоноиды оказывают противоотечное действие при травмах [60, 98, 120, 125, 131, 160, 162].

Для флавоноидных соединений показаны мощные антиоксидантные свойства [60].

Антиоксидантная активность флавоноидных соединений объясняется тем, что они связывают ионы тяжелых металлов в устойчивые комплексы, тем самым лишая последние каталитического действия, а также служат акцепторами образующихся при окислении свободных радикалов, то есть гасят свободнорадикальные процессы [12, 60, 98, 120, 125, 131, 160, 162].

К флавоноидам относят флавонолы, флавоны, катехины, антоцианидины, лейкоантоцианы, проантоцианидины, антоцианы [60, 70, 83, 125].

Флавоны и флавонолы представляют собой 2 основных класса флавоноидов, антиоксидантные свойства и высокая биологическая активность многих представителей которых доказаны не только *in vitro*, но и *in vivo* [70]. Следует отметить наличие в ягодах брусники известных флавонолов – кверцетина (2,5 – 11,3 мг %) мирицетина (3,9 мг %) и кемпферола (0,5 мг %) [66, 67, 125].

Всё разнообразие оттенков антоцианов обусловлено строением, положением и количеством функциональных групп в их каркасе [83]. Качественный состав антоцианов, как правило, специфичен для конкретного вида растений и довольно стабилен, что позволяет считать его визитной карточкой ботанического вида растения [74]. Как правило, основная локализация антоцианов ягод – это оболочка [2, 7]. Содержание их в мякоти ягод примерно в 8 раз меньше [91]. Самой сильной окислительной способностью обладает цианидин-3-глюкозид [141, 146, 161, 166]. Антоцианы, как и все семейство флавоноидов обладают сильной антиоксидантной активностью [141, 146, 161, 166]. Из литературных источников известно, что антоцианы способны улавливать три типа кислородных радикалов (пероксид радикал, гидроксил радикал и пероксинитрит). Установлено, что чем больше концентрация антоцианов в ягодах, тем выше антиоксидантная активность [141, 146, 161, 166].

Биологическая ценность антоцианов:

- являются сильными антиоксидантами и нейтрализуют действие свободных радикалов;
- помогают при нарушениях сердечной и сосудистой деятельности;

- тормозят воспалительные процессы, активизируют сопротивление организма канцерогенам, вирусам;
- защищают сосуды, уменьшают ломкость капилляров [141, 146, 161, 166, 167].

Проантоцианидины - это группа веществ с гетерогенной химической структурой, выполняет в ягодах защитную функцию [83]. Содержание проантоцианидинов в ягодах брусники может достигать 280 мг /100 г массы [66, 67, 68].

Олигомерные проантоцианидины – одни из самых интересных и важных для человека представителей растительных полифенольных соединений [149].

Согласно статистическим данным, ежедневное потребление биофлавоноидов с растительной пищей в европейских странах достигает 1,5 г [120]. Основная часть приходится на проантоцианидины и их мономерные звенья – катехины и лейкоантоцианидины, так как только эти соединения (флаван-3-олы и флаван-3,4-диола) способны образовывать полимерные структуры [70].

Важность проантоцианидинов как компонента здорового питания обусловила выделение очищенных комплексов проантоцианидинов в качестве биологически активных добавок к пище. В некоторых странах созданы административные органы, регулирующие их качество и употребление. Так, в США Федеральный комитет регулирует качество поступающего на рынок экстракта из виноградных косточек, который представляет собой комплекс олигомерных проантоцианидинов [149].

Как и другие полифенольные соединения, проантоцианидины являются отличными хелаторами трехвалентного алюминия и двухвалентной меди [41, 60]. Способность проантоцианидинов связывать ионы железа обуславливает ограничение биодоступности негемового железа из желудочно-кишечного тракта [83, 132]. Негемовое железо является прорадикальной частицей, поэтому снижение его уровня ослабляет нагрузку на антиоксидантную защитную систему. Связывание ионов алюминия – также существенное проявление биологической активности проантоцианидинов [132]. Избыток алюминия повышает риск

заболевания болезнью Альцгеймера, а умеренное употребление красного вина способно снизить риск развития старческого слабоумия [9].

Из литературных данных известно, что лейкоантоцианы обладают противоопухолевым действием [41, 60, 70, 120]. Проантоцианидины препятствуют образованию зубного камня, замедляют процессы сорбции в мочевыводящих путях *E-coli* и предотвращают воспаление мочевыводящих путей [163].

По сравнению со всеми группами флавоноидных соединений, катехины обладают наибольшей Р-витаминной активностью, усиливающие эффект рентгенооблучения при лечении опухолей [138].

Из витаминоподобных веществ в ягодах брусники обнаружен бетаин, являющийся производным аминокислоты – глицина [67]. В организме человека некоторое количество бетаина образуется при окислении холина [67]. Бетаин обладает противоязвенным действием, способен снижать уровень холестерина в крови [9].

Входящие в состав ягод и листьев брусники дубильные вещества обладают способностью связывать и обезвреживать некоторые тяжёлые металлы, вредные для организма, например, соли цезия и свинца [67]. Дубильные вещества находятся в стеблях, корнях и корневищах, а также в кожице ягод брусники [131]. Содержание дубильных веществ в ягодах колеблется от 100 до 400 мг % [66, 67, 68]. В основном дубильные вещества представлены танином, содержание которого уменьшается по мере созревания плодов [66, 67, 68].

Биохимический состав ягод брусники дополняет комплекс минеральных веществ. Из макроэлементов в ягодах брусники преобладает калий около 685 - 1160 мг на кг свежих ягод [68, 100]. Соли калия обеспечивают требуемый уровень содержания воды в тканях, нормальную работу сердечной мышцы [67]. Фосфор и кальций являются главнейшими составными частями костной системы [132]. Кальций накапливается в ягодах в количестве 95 - 400, а фосфор - 45 – 165 мг/кг сырой массы ягод [80]. Магний имеет большое значение для работы сердца и

состояния всей мышечной системы; содержание магния колеблется в пределах 23 – 75 мг на кг сырых ягод [66, 67, 68, 80].

Натрий регулирует водный обмен, содержание натрия в ягодах колеблется в пределах 70 - 170 мг на кг сырых ягод [66, 67, 100].

Из микроэлементов в ягодах брусники идентифицированы йод, барий, бор, кобальт, никель, олово, серебро, титан, хром, цинк, алюминий, играющие важную роль в жизнедеятельности организма человека [7, 9, 98, 131].

Таким образом, приведенные в литературе данные позволяют оценить по достоинству весь спектр полезных свойств ягод брусники, обусловленных уникальным набором минорных и биологически активных веществ ягод, играющих чрезвычайно важную роль в обеспечении нормального функционирования организма человека, а также природных красителей и консервантов, что обуславливает широкие возможности применения ягод брусники и продуктов их переработки в пищевой промышленности для повышения пищевой ценности продуктов питания и придания им функциональных свойств.

* * *

В настоящее время ассортимент пищевой продукции из ягод брусники довольно ограничен. В основном - это производство замороженной продукции, варенья, компотов, морсов, маринадов, соусов.

Одним из самых крупных предприятий по промышленной переработке брусники в России является компания «Ягоды Карелии».

Однако следует признать, что многие из перечисленных видов заготовок сопровождаются существенными потерями БАВ брусники.

В последние годы большую популярность получило производство плодово-ягодных порошков [5, 53, 54, 64, 113, 114, 124, 137, 144, 145]. Основными преимуществами порошкообразных продуктов являются способность к восстановлению при добавлении жидкости, удобство в транспортировке и хранении. Высушенный продукт обладает микробиологической и химической стабильностью. К преимуществам сухих продуктов обязательно следует отнести

продление сроков годности, а главное – высокую концентрацию биологически-активных соединений исходного сырья [3, 5, 6, 64].

При этом существенно расширяется сфера применения плодов и ягод: фармакология, кулинария, хлебобулочная, кондитерская, молочная и др. промышленности [13, 32, 53, 54, 64, 113, 114, 124, 127, 128].

Известны две принципиально различные технологические схемы производства плодово-ягодных порошков. Приготовление плодово-ягодного порошка из сырья, прошедшего предварительную обработку (мойку, сушку, дробление и др.), которое затем сушат на вальцовых или распылительных сушилках с добавлением или без других продуктов (крахмал, сахар и т.п.). Полученный порошок, при необходимости, дробят и фасуют в герметичную тару. Порошки, полученные с добавками, приобретают бóльшую пищевую ценность и более устойчивы при хранении [45]. По другой технологии порошки получают методом прямой сушки, при которой цельное нарезанное на кусочки сырье сушат на ленточных сушилках, а затем дробят до порошкообразного состояния [45].

В свете вышеизложенного основной задачей научных разработок в области порошковых технологий является обоснование, выбор и рациональное сочетание способов предварительной обработки ягодного сырья и высушивания, способствующих максимальному использованию и сохранению полезных для здоровья человека природных компонентов сырья и получение ягодных полуфабрикатов для применения в составе рецептур продуктов питания для повышения пищевой ценности и в качестве источника красителей, консервантов и антиоксидантов.

1.2 Современные способы высушивания плодов и ягод

Отличие различных способов сушки пищевого сырья состоит в методе удаления влаги из продукта. Выбор способа сушки зависит от морфолого-анатомического строения сырья и его химического состава.

Нередко для улучшения качества высушенного продукта могут быть использованы комбинированные способы обезвоживания [3, 5, 75, 150].

Самыми распространёнными способами сушки являются:

Естественная сушка пищевого сырья используется при благоприятных климатических условиях. Осуществляется она простым раскладыванием продукта на стеллажах, щитах или сетках. Сушка проходит на открытом воздухе [5].

Проведены исследования по влиянию условий естественной сушки на сохранность полифенольных соединений в ягодах брусники, клюквы, голубики и черники [64]. Естественную сушку осуществляли при комнатной температуре (20 - 25 ° С). При естественных условиях сушки потери полифенольных окисляемых веществ незначительны и в среднем составили: для ягод брусники – 14 %, клюквы – 4,3 %, голубики – 2,17 %, черники – 2,14 %. Однако было отмечено, что длительность естественной сушки составила 65 дней. В связи с этим применение естественной сушки в производстве является нецелесообразным [64].

Получены данные о влиянии естественной сушки на сохранность БАВ в плодах лимонника [6]. Исследования показали, что при естественной сушке теряется часть биологически активных компонентов. В первые часы сушки даже происходит подбраживание продукта, за счет чего теряются редуцирующие вещества и окисляются полифенольные соединения [6].

Показано, что естественная (воздушно-тенивая) сушка приводит к снижению количеств антоцианов в ягодах черники на 44,8 %, а катехинов – на 65 % по сравнению с исходным сырьем [64].

Конвективный способ сушки. При этом способе сушки за счет сообщаемой продукту тепловой энергии идет испарение находящейся в продукте влаги, а удаление паров влаги осуществляется сушильным агентом [3, 45, 52].

Проведены исследования по сушке ягод брусники, клюквы, голубики, черники при температуре 50 ° С [64]. Начальная влажность ягод брусники, клюквы, голубики, черники составила 84,32 %, 85,31 %, 87,93%, 85,21% соответственно. Продолжительность сушки составила 12 часов. Оценка органолептических показателей ягодных порошков брусники и клюквы показала, что порошки имели выраженный запах, свойственный исходному сырью. Однако у обоих образцов наблюдалось изменение цвета. Интенсивно темный оттенок наблюдался у порошков, полученных из высушенных ягод, за счет оболочки ягод [64]. Установлено, что при конвективном способе наиболее нестабильны к воздействию температуры антоцианы, их содержание в ягодах брусники снизилось в 2 раза по сравнению с исходной концентрацией [64].

Представлены данные по выбору режимов конвективной сушки облепихового жома с влажностью 60 - 62 % [113]. Показано, что для получения порошка с конечной массовой долей влаги 12 - 13 %, температура сушильного агента должна быть не более 65 ° С, продолжительность сушки 4 - 6 ч. При увеличении температуры происходит ухудшение органолептических показателей [113].

Разработана новая технология фруктовых и овощных порошков из вторичного сырья сокового производства (выжимки, вытерки, пюре) способом двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушки, которая предлагается для внедрения на предприятиях, изготавливающих соки прямого отжима [90].

Исследована сушка лука [154]. Луковые ломтики размерами 0,8 × 0,8 × 0,15 см, пропитанные раствором хлорида натрия в различных концентрациях - 10 и 15 % (мас./мас.) в течение 60 мин при 22 ° С, подвергали сушке на воздухе. Результаты показывают, что образцы, пропитанные 10 % раствором NaCl, имели более высокую скорость сушки и коэффициенты диффузии влаги. Время высыхания лука может быть уменьшено менее, чем наполовину за счет введения

часового осмотического обезвоживания в солевом растворе. Высушенные ранее осмосные образцы имели более естественную окраску, чем необработанные [154].

Кавитационная сушка основана на явлении кавитации, которая наблюдается при определенной интенсивности звука. Кавитация – образование в жидкости пульсирующих пузырьков (каверн, полостей), заполненных паром, газом или их смесью [45].

В настоящее время на кафедре пищевой биотехнологии Ориенбургского государственного университета разрабатывается технология производства плодоовощных консервов на основе использования ультразвуковой кавитации [126]. Установлено, что обработка сырья при индексе кавитации 1,1 обеспечивает его диспергирование до размера частиц твердой фазы 48 - 55 мкм. Полученная степень измельчения соответствует требованиям, предъявляемым к плодоовощным пюре для детского питания и отличается высоким содержанием сухих веществ и повышенной вязкостью. Повышение индекса кавитации приводит к увеличению потерь биологически активных веществ и потому нецелесообразно [126].

Микроволновый способ сушки основан на воздействии на обезвоживаемый продукт интенсивного электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ) [59].

Ограничением этого метода является относительно низкий (60 %) КПД преобразования энергии электрического тока в энергию СВЧ поля в микроволновом оборудовании [59]. В этой связи целесообразно применять микроволновое оборудование при низких значениях влажности (ниже 50 %), т.е. в том диапазоне влажностей, где энергоемкость этого метода ниже, чем у конвекционного метода. Следует отметить, что под воздействием интенсивного СВЧ поля происходит практически полное уничтожение микрофлоры (обеззараживание продукта), что многократно увеличивает срок годности полученного сухопродукта и делает микроволновое оборудование еще более эффективным средством промышленного производства [5, 59].

Показана эффективность использования разработанного способа СВЧ конвективной сушки с мощностью СВЧ – генератора 0,36 кВт, скоростью воздуха 0,2 м/с, температурой воздуха 321 К в процессе сушки плодов яблок [59].

Проведены исследования микроволновой вакуумной сушки грибной культуры *Agaricus bisporus* в сравнении с сушкой горячим воздухом [150]. Установлено, что кинетика микроволновой вакуумной сушки протекает с большей скоростью в сравнении с сушкой горячим воздухом. Грибная культура высушенная способом микроволновой вакуумной сушкой имела более пористую структуру, чем продукт, высушенный на воздухе. Грибные ломтики высушивались до достижения влажности 6 % в течение 25-30 мин. Микроволновая вакуумная сушка позволила сократить время сушки на 70-90 % [150].

Проведена серия экспериментов по изучению влияния характеристик микроволновой сушки на качество сухих продуктов [165]. При использовании двухстадийной микроволновой сушки моркови исследовали влияние скорости сушки на содержание в моркови β -каротина. Содержание β - каротина уменьшалось с увеличением мощности, применяемой во второй стадии сушки, и продолжительностью первой стадии [165].

Акустический способ сушки. При этом способе влага экстрагируется из подвергаемого сушке продукта под действием звука с соответствующими характеристиками [127]. Принципиальная особенность способа: сушка продуктов протекает без повышения температуры продуктов. Реализуется "холодная" сушка. Это обстоятельство снимает все негативные последствия, связанные с термическим воздействием на сухопродукт [127].

Авторами создана конструкция ультразвуковой сушильной установки, обеспечивающей эффективную сушку термолабильных материалов (моркови и корня женьшеня) при температуре сушильного агента не более 40 ° С с одновременным воздействием ультразвуковыми колебаниями высокой интенсивности. С помощью ультразвуковых колебаний удалось

интенсифицировать процесс и получить прирост до 50 г на 1 кг высушиваемого материала [127].

Терморадимальный (инфракрасный) способ сушки заключается в поглощении инфракрасного излучения облучаемым телом: в нем увеличивается тепловое движение атомов и молекул, что вызывает его нагревание [75]. Удаление влаги возможно при невысокой температуре (+40 - + 60 ° C), что позволяет практически полностью сохранить витамины, биологически активные вещества, естественный цвет, вкус и аромат подвергающихся сушке продуктов [75].

Инфракрасное оборудование применяется для сушки овощей и фруктов, пищевых полуфабрикатов, закусок и готовых блюд [46, 75].

Исследования, проведенные в Харьковском университете питания и торговли, позволили теоретически и экспериментально доказать, что использование ИК - излучения в технологии сушки плодово-ягодного сырья позволяет максимально сохранить БАВ в продукте, а основной целью при проектировании сушилок с использованием инфракрасного излучения является достижение равномерного распределения теплового потока от источника ИК-излучателя на приемную поверхность [46]. Данные, полученные в результате исследования, позволили спроектировать простой в эксплуатации и обслуживании промышленный образец ИК - сушилки с минимальной энерго- и металлоемкостью, а также реализовать возможность использования вторичного теплоносителя (нагретый воздух) [46].

В основе *вакуумной сушки* лежит понижение давления, что приводит к существенному снижению температуры высушиваемого продукта [10, 87, 88, 89, 94, 102, 103]. Этот метод применяется в пищевой промышленности в двух направлениях: редко с использованием высокой температуры и, наиболее часто, в виде *вакуумной сублимационной сушки*, которая называется еще как возгонка или лиофилизация [10, 87, 88, 89, 94, 102, 103].

Процесс вакуумной сушки свежемороженых продуктов заключается в удалении влаги в условиях вакуума. Это наиболее совершенный метод на современном этапе, хотя и несколько дорогостоящий [10, 87, 88, 89, 94, 102, 103].

В производстве продуктов питания сублимационно-вакуумная сушка используется в качестве средства консервации путем замораживания свежих продуктов и удаления из них жидкости, что позволяет практически полностью (до 95 %) сохранить в них питательные вещества, микроэлементы, витамины и даже первоначальную форму, естественный вкус, цвет и запах продолжительное время (от двух до пяти лет) [89].

Процесс сублимационной сушки включает три этапа:

Первый - *замораживание продукта*. Происходит в скороморозильных установках или сублиматоре. В процессе увеличения вакуума материал охлаждается и самозамораживается за счет затраты теплоты на интенсивное испарение. В этот период испаряется 10 - 15 % всей влаги. Окончание замораживания определяется при достижении температуры внутри продукта от - 5 до - 20 ° С. Продолжительность замораживания составляет 10-15 мин.

Второй - *сублимация* – период постоянной скорости сушки. В этот период удаляется основная масса влаги (60 % и более). Чем больше влаги удаляется в этот период, тем лучше сохраняются свойства продукта. Интенсивность сушки в этот период равна интенсивности испарения.

Третий - *удаление остаточной влаги* – период убывающей скорости сушки. К началу этого периода заканчивается сублимация льда и температура продукта положительная. В этот период удаляется связанная влага, не замерзшая в продукте. На интенсивность испарения влияют структура, пористость высушиваемого продукта, форма, размер частиц. Скорость сушки уменьшается, а температура продукта повышается. В этот период удаляется 10 - 20 % всей влаги [88, 89, 94, 95, 102].

Первые технологические схемы производства плодово-ягодной продукции способом сублимационной вакуумной сушки разработаны специалистами Молдавского НИИ пищевой промышленности и Ростовского завода «Смычка» [94]. Широкое технологическое производство развернулось на заводе сублимационной сушки в Волгограде [10].

Широко представлен ассортимент сублимированных плодов и ягод и на российском рынке. Одно из успешно работающих в этом направлении предприятий – компания «Натурекс», предлагающая к реализации разнообразный спектр сублимированной плодово-ягодной продукции [170].

Научные исследования, проводимые по применению сублимационной вакуумной сушки, направлены в основном на снижение энергозатрат и разработку режимов сушки, способствующие максимальному сохранению БАВ и получению продукта с достойными потребительскими характеристиками [4, 5, 6, 10].

Успешно апробирована энергосберегающая установка сублимационной сушки для мелкокусковых сушительных материалов типа УСС-НД-КЭ-И непрерывного действия с комбинированным энергоподводом, с использованием СВЧ- и УЗ-излучения без стадии бланширования плодово-ягодного сырья на базе газового ИК-излучателя. Удаление остаточной влаги проводилось конвективно-звуковым способом [10].

Создана вакуумная индукционная комбинированная сушилка, способствующая формированию пористости продукта, лучшему сохранению вкуса, цвета и запаха продукта [5]. Этот вид сушки позволяет снизить воздействие температуры на продукт, а также сократить энергозатраты [5].

Авторы Мякинникова Е.И. и Касьянов Г.И. предложили способ низкотемпературного обезвоживания ягодного сырья в среде углекислого газа при давлении выше атмосферного с последующим резким сбросом давления под воздействием электромагнитного поля низкой частоты [75]. Результаты исследований показали, что данный способ сублимационной сушки обеспечивает более интенсивный перенос влаги из глубинных слоев к поверхности продукта, следовательно, продолжительность обезвоживания сокращается. По мнению авторов, представленный процесс технологической обработки клюквы позволяет получить продукт высокого качества с максимальным содержанием биологически активных веществ исходного сырья [75].

К.В. Анисимовой представлены результаты по выбору режимов сушки ягод и ее основные периоды (период постоянной скорости сушки – удаляется до 75 %

влаги и период падающей скорости сушки - удаляется до 8 % влаги) [4]. Изучено влияние режимов сублимационной сушки на содержание витамина С в плодах рябины [4].

Ермолаевым В.А. и др. разработан способ вакуумной сушки ягод, характеризующийся тем, что сушка осуществляется в два этапа [88]. Измельченную до 5-10 мм ягоду помещают в один слой в вакуумную камеру, где на первом этапе сушки остаточное давление поддерживают на уровне 8 - 12 кПа, а температуру – 60 - 65 ° С. На втором этапе сушки остаточное давление понижают до 3 - 4 кПа, а температуру повышают до 70 - 80 ° С при величине тепловой нагрузки 3,85 - 7,35 кВт/м² и сушат до достижения в ягодах влажности 2 - 4 % [88].

Соснина О.Б. и Федоров Д.Е. разработали способ вакуумной сушки фруктов и ягод, включающий в себя бланширование и измельчение сырья [89]. Сушка осуществляется в два этапа: на первом этапе сушки - этапе сублимации - остаточное давление поддерживают на уровне 10 - 30 Па, а на втором этапе сушки остаточное давление повышают до 3 - 5 кПа включают инфракрасные лампы нагрева, поддерживающие температуру сушки 70 - 80 ° С [89].

Предложен способ сушки замороженного плодово-ягодного сырья, характеризующийся тем, что дефростацию и сушку сырья осуществляют путем СВЧ-энергоподвода и вакуума при остаточном давлении 70-80 мм рт.ст., температуре 37 - 43 ° С, удельной СВЧ-мощности 170 - 190 Вт/кг до влажности 12 % [59].

Просековым А.Ю., Ермолаевым В.А. и Ивановой С.А. разработан способ вакуумной сушки, включающий измельчение и сушку при положительной температуре и остаточном давлении. Пищевые продукты измельчают, помещают в вакуумную камеру, нагревают до температуры 70 - 80 ° С при величине тепловой нагрузки 9,0 - 9,5 кВт / м² и сушат в течение 3 - 5 ч до достижения продуктом массовой доли влаги 3 - 5 %, при этом конденсацию испарившейся влаги осуществляют испарителем холодильной машины с температурой поверхности минус 25 - 30 ° С [87].

Таким образом, в настоящее время востребованы и широко применяются различные способы высушивания при получении плодово-ягодных порошков. Анализ представленных в литературе данных показывает, что для повышения качества порошкового продукта эффективным является комбинирование способов обезвоживания и проведение предварительной обработки плодов и ягод, в том числе механической, тепловой и физической.

1.3 Применение ферментов в технологиях переработки плодово-ягодного сырья

Применение ФП следует отнести к биотехнологическим способам интенсификации процессов переработки плодоовощной продукции, позволяющим произвести расщепление структурных элементов клетки и осуществить гидролиз некрахмальных полисахаридов и белковых веществ [31, 35, 40, 42, 68]. Использование ФП способствует улучшению процессов сокоотдачи, увеличению выхода сока, предотвращению окислительных процессов и развития аэробных микроорганизмов в соках, интенсификации процессов экстракции биологически активных веществ в сок [34, 35, 40, 75, 101, 129].

В технологиях переработки плодово-ягодного сырья важную роль играют ФП пектолитического, целлюлазного и гемицеллюлазного действия [23, 25, 26, 30, 31, 35, 40, 42, 68, 101, 119, 129].

В настоящее время в пищевой промышленности применяется достаточно широкий спектр ферментных препаратов пектолитической направленности. В качестве основных продуцентов пектолитических ферментов следует назвать *A. niger*, *A. oryzae*, *A. wentii*, *A. foetidus*, *P. Italicum*, *P. Expansum*, *Rhizopus spp* [14, 30, 37, 42].

Активно используются пектолитические ФП: *Pectinex 5 XL*, *Pectinex Ultra Mash*, *Pectinex Ultra SPL*, *Pectinex Ultra Color*, *Fructacim Color* и др. [36, 38,81,84,93,107,169,171]. Показана роль мацерирующих ферментов в деликатном расщеплении полисахаридов тканей сырья [15, 30, 36, 38, 93].

Немецкой фирмой «Erbloch Gesencheim Getraenketechnologie» разработана серия ФП *Fructozym*, предназначенных для обработки растительного сырья, в т.ч. темноокрашенных ягод [90]. В данный препарат помимо пектолитических ферментов включены целлюлазы и гемицеллюлазы, позволяющие не только повысить выход сока и экстрактивные свойства растительной ткани, но и получить сок путем отделения жидкой фазы от твердой [90].

С помощью генетически модифицированных штаммов *P. verruculosum PB4* и *PB7* получены и охарактеризованы новые ФП *BI 7.4* и *BI 7.7*, содержащие комплекс ферментов, необходимых для эффективной биоконверсии полисахаридов плодового и ягодного сырья [14]. Новые ФП *BI 7.4* и *BI 7.7* позволили существенно интенсифицировать процессы деструкции полисахаридов растительного сырья, вследствие чего на 20 - 50 % увеличивался выход сока по сравнению с контролем (без применения ФП) в зависимости от вида сырья. Показана более высокая эффективность обработки винограда новыми ФП по сравнению с коммерческими аналогами (ФП серии «Тренолин») с точки зрения увеличения выхода самотечной фракции сока из мезги. Увеличение выхода виноградного сусла в случае применения ФП *BI 7.7* составило 40 % относительно контрольного образца, тогда как максимальный прирост сусла при использовании коммерческих ФП достигал 30 % [14].

Исследованиями, проведенными Овсянниковой Е.А., показывают эффективность применения ФП пектолитического действия *Fructozym P6L* (в концентрации 0,05 % к массе сырья) для обработки ягод клюквы и брусники с целью интенсификации процесса экстрагирования. [82].

Представлены результаты, демонстрирующие эффективность применения мультиэнзимных композиций на основе ФП *Пектомацерин Г10Х*, *Целловиридин Г10Х*, *Целлюлаза* и др. при получении овощных и овощефруктовых соков [50].

При этом установлено увеличение содержания в соках пектина и экстрактивных веществ, в том числе флавоноидов и каротина [50].

Результаты, полученные Чернобровиной А.Г., иллюстрируют эффективность применения *Фруктоцим-колор* в сочетании с гемицеллюлолитическим ФП *Ксибитен-Цел* для обработки ягод красной смородины при получении сока [129]. Проведение предварительной ферментативной обработки ягод позволяет увеличить выход сока – на 40 % и экстрактивных веществ в сок: редуцирующих веществ – в 1,4 раза, органических кислот – в 1,3 - 1,7 раза, витамина С – в 1,8 раза, полифенольных соединений – в 2,9 раза, антоцианов – в 1,7 раза, катехинов – в 1,6 раза [129].

Проведены исследования по применению комплексных ФП *Рапидаз-Ц-80Л*, *Фруктоцим П*, *Брюзайм*, *Ламинекс супер*, *Целловиридин Г20Х*, *Ультрафлотах*, *Cellic Htec* при получении сока из рябины садовой [130]. Применение биокатализаторов позволило повысить выход сухих веществ в сок в 1,7 - 2 раза, а выход сока - в 1,3 раза. Разработан состав мультиэнзимной композиции, состоящей из ФП *Рапидаз-Ц-80Л* и *Ламинекс супер*, позволяющий повысить выход сока на 11,5 %, а содержание сухих веществ в 2 раза [130].

Исследована возможность применения ФП для обработки плодово-ягодных выжимок (черной смородины) и отходов переработки овощей (моркови) [134]. После проведения ферментативной обработки препаратом гемицеллюлазного действия *Виско Стар 150 L* выявлена закономерность: с увеличением дозировки фермента наблюдается увеличение красящих веществ в экстракте каротин содержащего сырья, а для антоцианового сырья закономерность носит обратный характер [134].

Показана эффективность применения ФП *Брюзайм BGX* (оригинальное название – *BrewZyme BGX*), *Celluclast 1,5 L*, *Целловиридин Г20Х* при получении полуфабриката с повышенным содержанием пектина из тыквы и облепихи [42]. Разработанный способ обработки сырья позволяет повысить содержание пектина в полуфабрикате в 1,5 - 2 раза, обеспечить его высокие качественные характеристики и снизить себестоимость производства [42].

Проведены исследования по обработке яблок ФП *Pectinex Ultra* [107]. Установлено, что предобработка мякоти ФП в течение 60 мин увеличивает выход сока на 12 - 15 %, а добавление ФП *Clarex*, способствует увеличению выхода сока на 25 - 30 % [107].

На кафедре «Технология бродильных производств и консервирования» КТИПП проведены исследования по обработке ягод брусники ФП различной субстратной специфичности – *Фруктозим Колор*, *Фруктозим П6Л*, *Биоцеллюлаза* [81]. Определены оптимальные условия применения исследуемых ФП для обработки ягод брусники. Для *Фруктозим Колор*: концентрация 0,1 % к массе мякоти ягод, температура 30 ° С и продолжительность 120 мин; *Фруктозим П6Л*: концентрация 0,05 %, продолжительность 120 – 150 мин, температура 30 ° С; *Биоцеллюлаза* – концентрация 0,05 %, температура 30 ° С и продолжительность 90 мин [81]. При этом выход сухих веществ из ягод брусники составил 1,8 % [81].

Разработан способ предобработки ягод облепихи при получении сока с применением композиции ФП *Фруктозим-колор* и *Laminex BG Glucanase Complex* в соотношении 1:1 [34]. Показано, что проведение ферментативного гидролиза в течение 2,0 часов при температуре 45 ° С способствует увеличению выхода сока на 25 % и содержания витамина С и каротиноидов в соке в 1,4 и 3,2 раза соответственно [34].

Экспериментально обоснована целесообразность применения ФП *Fructozim Color* для обработки ягод черной смородины для повышения выхода сока и максимального извлечения в сок фенольных соединений сырья [84]. Препарат вносили в соответствии с рекомендуемыми концентрациями - 0,02 % от массы мякоти, обработку проводили при температуре 50 ° С в течение 60 мин. Обработка мякоти ферментным препаратом *Fructozime Color*, обеспечивает выход сока на 66 %, что на 24 % больше, чем при механическом измельчении [84].

Выявлено влияние ферментативной мацерации пульпы на сохранность антоцианов и цвета в пастеризованном пюре из клубники [152]. Установлено, что обработка полигалактуроназой существенно увеличивает потери пектинов, а применение пектинэстеразы приводит к увеличению содержания пектинов,

растворимых в оксалате и обеспечивает наилучшую сохранность антоцианов при хранении в темном месте, температуре 4 ° С, в течение 24 недель [152].

Таким образом, обобщая приведенные в литературе данные, можно заключить, что применение ФП для обработки плодово-ягодного сырья является одним из наиболее перспективных направлений, открывающих широкие перспективы рационального использования природных сырьевых биоресурсов и получения уникальных продуктов питания с повышенной пищевой ценностью и биологической активностью.

1.4 Применение плодово-ягодных порошков при получении пищевых продуктов

Использование плодово-ягодных порошков в пищевых технологиях является объективной предпосылкой, стимулирующей производство высококачественной конкурентоспособной пищевой продукции, отвечающей современным требованиям науки о питании. Наиболее востребованы плодово-ягодные порошки при производстве мучных и кондитерских изделий, молочных и мясных продуктов, напитков [53, 64, 114, 113, 124]. Плодово-ягодные порошки широко применяются в общественном и индивидуальном питании. Они являются сырьем для детского и диетического питания [124].

На кафедре технологии хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств Красноярского государственного аграрного университета успешно проведены исследования по применению порошка голубики в кондитерских изделиях [124]. Для разработки рецептуры кекса использовался порошок ягод голубики в дозировке 3,5 %, 4,5 %, 5,5 % к муке. Установлено, что изделие с добавлением 3,5 % порошка голубики характеризуется лучшими

органолептическими и физико-химическими показателями и обладает повышенной пищевой ценностью: изделие обогащено клетчаткой, органическими кислотами и витаминами [124].

В лаборатории кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств Красноярского государственного аграрного университета проведены исследования по разработке рационального способа внесения порошка моркови в булочные изделия для детского и диетического питания [114]. Порошок моркови вносили в тесто в количестве 3 %, 5 %, 7 %. Охлажденные изделия подвергали анализу не ранее, чем через 4 часа после выпечки и не позднее, чем через 24 часа. Оптимальным для внесения в тестовые заготовки была признана дозировка 5 % по сравнению с контрольным образцом [114].

Разработана рецептура и технологическая схема производства песочного печенья с применением порошка облепихи, полученного на основе вторичного продукта – облепихового жома, высушенного способом конвективной сушки [113]. Исследована пищевая ценность готовых изделий. Показано, что применение в рецептуре печенья облепихового порошка позволяет обогатить готовый продукт биологически активными веществами ягод облепихи [113]. Установлено увеличение содержания витамина С – в 2,3 раза, минеральных веществ на 7,8 %, витамина В₁ – на 69 % по сравнению с содержанием в печенье, полученном по классической рецептуре [113].

В работе [93] обоснована целесообразность применения ягодных порошков в рецептурах кваса. Показано, что образцы кваса, полученные с добавлением порошков брусники и клюквы в количестве 20 % и порошков голубики и черники в количестве 25 %, имели цвет, соответствующий сырью, были полупрозрачны с блеском, имели аромат с оттенком вносимого ягодного порошка и кисло-сладкий вкус, насыщенный диоксидом углерода [93].

Представлены данные, демонстрирующие положительное влияние плодово-ягодных порошков на качество хлебобулочных изделий [55]. Установлено, что внесение ягодных порошков (брусники, клюквы, черники, голубики) в количестве

10 % способствует повышению формоустойчивости (на 20; 22,2; 24,4; 26,7 % соответственно) и пористости теста (на 4,1; 2,73; 5,48; 6,84 % соответственно) [55]. При дальнейшем увеличении дозы вносимого ягодного порошка было отмечено снижение пористости и формоустойчивости. Авторы полагают, что компоненты ягодных порошков оказывают положительное влияние на процессы миграции влаги в готовых изделиях, в результате чего повышается качество готовых изделий и увеличивается срок их годности [55].

Изучены физико-химические свойства порошков из лимона, яблок и свеклы и их влияние на структурно-механические свойства ржано-пшеничного теста [137]. Отмечается снижение продолжительности брожения образцов с порошком из лимона на 12,5 %, с порошком из яблок и свеклы на 10 и 6 % соответственно по сравнению с контролем. При этом продолжительность расстойки тестовых заготовок существенно не изменяется. Авторы предполагают, что сокращение брожения теста происходит за счет активации микрофлоры теста компонентами порошков [137].

На кафедре «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства» Орловского государственного университета им. И. С. Тургенева проведен широкий комплекс исследований по применению и изучению влияния композиций тонкодисперсных фруктовых и овощных порошков на качество затяжного теста и готового печенья [53]. В качестве контрольного образца была принята рецептура затяжного печенья «Мария». Установлено, что в опытных образцах печенья, полученных с применением композиции 1 (на основе порошков апельсина, банана, кабачка, яблока) и композиции 2 (на основе порошков груши, тыквы, моркови, яблока) в количестве 7 % существенно выше содержание белка на 14,5 % - 15 %, пищевых волокон - на 25 %, макроэлементов (Ca, Mg, Na, P, S, Se) на 11 - 40 %, микроэлементов (Fe, F, Cr, Mn, Cu, B, Zn) – в 1,45 – 6 раз по сравнению с контрольным образцом [53]. Содержание селена в опытных образцах увеличилось почти в три раза. Значительно увеличивается содержание ниацина (на 45 %), тиамин (на 50 %), холин (на 34 %), пиридоксин (на 38 %). В среднем увеличилось содержание фолиевой кислоты на 24 % и пантотеновой кислоты на

29 %. Рекомендована дозировка первой и второй композиции растительных порошков в количестве 7 % взамен муки в составе традиционной рецептуры [53].

Таким образом, анализ приведенных в литературе данных показывает, что применение плодово-ягодных порошков в пищевых технологиях позволяет интенсифицировать технологический процесс, существенно повысить пищевую ценность готовых изделий, обогатив их комплексом полезных для здоровья человека компонентов сырья, придать новые оттенки вкуса и аромата, расширить ассортимент натуральной и полезной продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные, представленные в литературе, позволяют охарактеризовать ягоды брусники как перспективное растительное сырье при производстве продуктов здорового питания благодаря наличию комплекса полезных для здоровья человека функциональных пищевых ингредиентов, природных антиоксидантов, а также натуральных красителей и консервантов.

Анализ современных тенденций в развитии технологий переработки плодов и ягод, показывает, что в последние годы динамично развивается производство плодово-ягодных порошков как технологичных полуфабрикатов, удобных в хранении и транспортировке. Современные технологии высушивания позволяют максимально сохранить природные компоненты сырья и атрибуты, присущие спелым плодам и ягодам (вкус, цвет, аромат), обеспечить микробиологическую и химическую стабильность, увеличить сроки годности и получить продукт с высокой концентрацией биологически активных веществ природного сырья. Последний фактор имеет решающее значение в оценке эффективности переработки плодов и ягод и реализации их ресурсного потенциала.

Анализ современного состояния и достижений в области порошковых технологий показывает, что для повышения качества высушенного продукта нередко применяются комбинированные способы обезвоживания, а также предварительная обработка плодов и ягод, среди которых наиболее распространенными являются механические и физические способы.

В тоже время следует констатировать, что в технологиях переработки плодово-ягодного сырья весьма значимую роль играют ферментные препараты, применение которых дает возможность разработать и внедрить качественно новые, экологически безопасные технологии, увеличить выход готовой продукции, улучшить его качество и снизить потери биологически активных веществ при переработке сырья.

Однако, несмотря на имеющийся накопленный опыт успешного применения ферментов в различных пищевых технологиях в литературе практически не встречается сведений о применении биокаталитических приемов при получении порошковых продуктов.

Рациональное сочетание биокаталитических способов предобработки плодово-ягодного сырья и современных технологий высушивания станет залогом эффективной и успешной реализации интенсивных технологий переработки растительных биоресурсов, ориентированных на сохранность и наиболее полное использование уникального природного состава плодов и ягод и получение порошковых полуфабрикатов как инновационных ингредиентов для создания продуктов повышенной пищевой ценности.

Решению этих вопросов и посвящена настоящая работа.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Объекты и методы исследования

2.1.1 Сырье и материалы, применявшиеся при проведении исследований

При проведении исследований использовали:

- ягоды брусники дикорастущей, урожая 2012-2013 гг., произрастающей в Тверской области Российской Федерации;
- ферментные препараты:
 - Rapidaza CR* (производитель- DSM-Food-Specialties, Франция),
 - Pectinex XXL* (производитель- Novozymes, Дания),
 - Брюзайм BGX* (производитель- Polfa Tarchomin Pharmaceutical Works S.A., Польша) ,
 - Laminex BG2* (производитель- Danisco, Дания);
- пищевое сырье, отвечающее требованиям ГОСТ, ОСТ, ТУ.

2.1.2 Методы определения активностей ферментных препаратов и оптимальных условий действия

Эндополигалактуроназную активность определяли вискозиметрическим методом (метод разработан Д. Б. Лифшиц), основанным на гидролизе пектина с последующим контролем степени расщепления по снижению вязкости субстрата. За единицу эндополигалактуроназной активности принято такое количество фермента, которое катализирует гидролиз 1 г пектина со снижением вязкости раствора на 30 % за 1 мин при 30 ° С [92].

Экзопалигалактуроназную активность определяли по методу, разработанному Д. Б. Лифшиц с сотр., основанному на определении скорости ферментативной реакции гидролиза пектина по количеству разрушенных гидролизом связей, которые рассчитывают по увеличению числа конечных альдегидных групп. Количество образовавшихся альдегидных групп определяют химическим йодометрическим методом с применением метода обратного титрования [92].

За единицу экзопалигалактуроназной активности *ЭкзоПгА* принято такое количество фермента, которое при температуре 30 ° С и оптимальном рН катализирует гидролиз 1 мкмоль эквивалента гликозидных связей в молекуле пектовой кислоты за 1 мин. Экзопалигалактуроназную активность выражают числом единиц фермента в 1 г (или в 1 см³) ферментного препарата [92].

Пектинэстеразную активность определяли по методу, разработанному Б. Д. Лифшиц и Д. Е. Плотниковой, основанному на определении скорости ферментативной реакции гидролиза сложноэфирных связей с последующим установлением количества образовавшихся свободных карбоксильных групп, которые определяют титриметрическим методом [92].

За единицу активности пектинэстеразы при этом принимают такое количество фермента, которое катализирует при 30 ° С и оптимальном рН гидролиз 1 мкмоль сложноэфирных связей в молекуле пектина за 1 мин. Пектинэстеразную активность *ПгА* выражают числом указанных единиц в 1 г (или в 1 см³) исследуемого препарата [92].

В основу разработанного А. П. Рухлядовой колориметрического метода определения **пектиназной (полигалактуроназной) активности** ферментного препарата положено определение скорости ферментативной реакции гидролиза пектина, которую устанавливают по количеству образовавшихся продуктов, не осаждаемых сульфатом цинка [92].

За условную единицу активности в данном методе принимают такое количество фермента, которое катализирует превращение за 1 ч при температуре 30 ° С и рН 4,1 в галактуроновую кислоту 1 г пектина, что составляет 30 % от количества пектина, введенного в ферментативную реакцию. Пектолитическую

активность выражают числом указанных единиц в 1 г или 100 см³ анализируемого материала [92].

В основу метода определения **экзоглюканазной активности** положен расчет скорости ферментативной реакции по количеству образовавшихся спирторастворимых углеводов, определяемых колориметрическим методом с применением антронового реактива [92].

За единицу экзоглюканазной активности *ЦАк* принято такое количество фермента, которое в стандартных условиях катализирует за 1 ч гидролиз целлюлозы с образованием 1 г глюкозы, составляющего 1,8 % от количества глюкозы, получающегося при полном превращении в этот сахар целлюлозы, взятой для проведения ферментативной реакции.

Эксглюканазная активность характеризуется числом единиц фермента, содержащегося в 1 г (или в 100 см³) препарата [92].

Эндоглюканазную активность определяли вискозиметрическим методом, основанным на определении скорости уменьшения вязкости 0,3 %-ного раствора Na-КМЦ после действия целлюлазы. Эндоглюканазную активность определяют по способности снижать вязкость раствора Na-КМЦ при температуре 28 ° С с применением вискозиметра Оствальда [92].

За единицу эндоглюканазной активности *ЦА_х* в данном методе принято такое количество фермента, которое в принятых условиях приводит к увеличению текучести (величины, обратной относительной вязкости), равной 1 мин⁻¹ [92].

Ксиланазную активность определяли ацидиметрическим методом, разработанным Т. А. Черемновой и В. И. Родзевич во ВНИИПБ. Метод основан на определении скорости ферментативной реакции по количеству образовавшихся редуцирующих углеводов в результате гидролиза ксилана. Содержание образовавшихся редуцирующих углеводов находят методом, основанным на окислении сахара Фелинговой жидкостью [92].

За единицу ксиланазной активности *Г_хА* в данном методе принято такое количество фермента, которое катализирует гидролиз ксилана за 1 ч с

образованием 1 мг редуцирующих углеводов (в пересчете на ксилозу) в принятых условиях [92].

Метод определения **β -глюканазной активности** основан на регистрации начальной скорости уменьшения вязкости 0,5 %-ного раствора β -глюкана после действия фермента [92]. Активность β -глюканазы определяется по ее способности снижать вязкость раствора β -глюкана, фиксируемой с применением вискозиметра Оствальда при температуре 30 ° С.

За единицу активности β -глюканазы (ед/г) принято такое количество фермента, которое приводит в принятых условиях к увеличению текучести, равному 1 мин⁻¹ [92].

Для определения **оптимальной температуры действия** гидролиз субстрата (1 %-го пектина, Na-КМЦ) проводили при температуре от 30 до 70 ° С. Затем определяли соответствующую (пектолитическую, эндоглюканазную) активность [92].

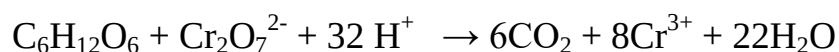
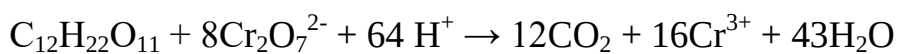
Для определения **рН-оптимума** гидролиз субстрата (1 %-го пектина, Na-КМЦ) проводили при различных значениях рН от 3,0 до 8,0. рН среды создавали при помощи ацетатной и фосфатной буферных смесей, затем определяли соответствующую (пектолитическую, эндоглюканазную) активность [92].

2.1.3 Методы исследования химического состава

Содержание массовой доли **влаги** определяли по методу Карла Фишера, основанному на экстрагировании воды из образца соответствующим растворителем и последующем титровании полученного экстракта реактивом Карла Фишера. Химическая реакция протекает в две стадии. Сначала метанол, который служит для пробы растворителем, с помощью диоксида серы

подвергается этерификации до метилсернистой кислоты. Образовавшийся метилсульфит окисляется йодом до метилсульфата. Метод использовали в модификации рабочей среды, продолжительности экстрагирования и температуры титрования [85]. В работе использовали установку «701 - KF Titrino» фирмы «Metrohm».

Содержание **общего сахара** (суммарного содержания сахарозы и редуцирующих сахаров) определяли фотоколориметрическим методом, основанным на окислении общего сахара дихроматом калия в сильноокислой среде:



Соединения хрома окрашены в сине-зеленый цвет, их количество пропорционально содержанию общего сахара. Колориметрирование проводили на фотоэлектроколориметре КФК-3 при длине волны $\lambda = 670$ нм и толщине кюветы 5 см [37].

Редуцирующие сахара определяли ускоренным йодометрическим методом, основанным на определении количества окисленной меди до и после восстановления щелочного раствора меди сахаром [37].

Пектиновые вещества определяли карбазольным методом, основанным на получении специфического фиолетово-розового окрашивания уроновых кислот с карбазолом в серноокислой среде. При этом образуется 5-карбоксифурфурол, обладающий максимумом поглощения при 535 нм. Колориметрирование проводили на спектрофотометре СФ-26 при $\lambda = 535$ нм и толщине слоя кюветы 10 мм. Количество уроновых кислот рассчитывали по градуировочному графику, построенному по галактуроновой кислоте [37].

Определение **целлюлозы** проводили по методу Кюршнера и Ганека, основанному на окислении, разрушении и растворении различных химических соединений, входящих в состав растений, смесью уксусной и азотной кислот. При этом целлюлоза (клетчатка) практически не растворяется, отфильтровывается и взвешивается [37].

Общее количество **гемицеллюлоз** определяли методом, основанным на гидролизе гемицеллюлоз исследуемого продукта соляной кислотой. В результате чего сахара переходят в раствор, где определяется их общее содержание по методу Бертрана [37]

Лигнин определяли модифицированным методом Класона путем удаления целлюлозы и гемицеллюлозы при гидролизе концентрированной серной кислотой и учетом по массе остатка, представляющего «сырой» лигнин (остаток содержит и минеральные вещества) [37]

Определение **пищевых волокон** проводили в соответствии с ГОСТ Р 54014-2010 «Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом».

Содержание **общего белка** определяли по методу Кьельдаля, основанному на минерализации навесок при нагревании с концентрированной серной кислотой в присутствии катализаторов. Аммиак отгоняют в раствор борной кислоты, титруют его 0,1 н раствором серной кислоты и определяют содержание азота в пробе. Содержание сырого белка вычисляют, умножив полученное значение на 6,25 [37].

Содержание **растворимого белка** определяли колориметрическим методом (по Лоури), основанным на реакции белков с реактивом Фолина, дающей синее окрашивание. Колориметрирование проводили на спектрофотометре СФ-26 при $\lambda = 750$ нм и толщине слоя кюветы 10 мм. Содержание белка в продукте рассчитывали, используя предварительно построенный градуировочный график (по альбумину) [37].

Определение содержания **титруемых кислот** основано на титровании экстракта, полученного из известной навески исследуемого продукта, раствором 0,1н щелочи в присутствии фенолфталеина [37].

Анализ **качественного состава органических кислот** проводили с применением метода **ВЭЖХ** [121].

Условия хроматографического анализа:

Колонка *Kromasil C18 5 mkm 250 x 4.6 mm*; подвижная фаза 0,2 М Фосфатный буфер pH 2,6; скорость 1,0 см³ / мин. УФ, λ = 254 нм. Объем вводимой пробы: 5 мкл.

Определение **бензойной кислоты** проводили методом ОФ ВЭЖХ со спектрофотометрическим детектированием [26].

Условия хроматографического анализа:

Колонка: октадецилсиликагель 250 × 4,6 мм, 5 мкм (*Phenomenex Luna 5mkm C18(2)*); подвижная фаза: 0,025 М CH₃COONa, pH 4, 5 – 82 %: ацетонитрил – 18 %; скорость подачи подвижной фазы: 1,0 см³ / мин, детектирование: УФ, λ = 272 нм. Объем вводимой пробы: 10 мкл.

Определение **гидроксикоричных кислот** проводили с применением метода ВЭЖХ [101]. Условия хроматографирования: колонка - октадецилсиликагель 5мкм, 250 × 4,6 (*Hypersil Gold C18*); подвижная фаза: (А) 0,05 % трифторуксусная кислота; (В) ацетонитрил; скорость подачи подвижной фазы: 0,9 см³ / мин; температура колонки: 25 ° С; детектирование: УФ, λ = 330 нм. Объем вводимой пробы: 10 мкл.

Определение качественного состава **антоцианов** проводили методом ВЭЖХ [168]. Колонка *PolymerLabs PLPR-S 250 x 4.6 mm 5 mkm 100 A*, подвижная фаза 4 % Н₃РO₄:Ацетонитрил: 90:10, длина волны 520 нм, скорость 1 см³ / мин.

Суммарное содержание **полифенольных соединений** определяли модифицированным методом Фолина – Чокальтеу. Полифенольные соединения окисляются реактивом Фолина - Чокальтеу, состоящим из смеси фосфорновольфрамовой и фосфорно-молибденовой кислот, который, в свою очередь, восстанавливается в смесь окислов вольфрама голубого цвета и молибдена. Абсорбция раствора при 750 нм пропорциональна содержанию фенольных соединений. Значение массовой концентрации фенольных веществ в мг/л определяли по градуировочному графику, построенному по галловой кислоте [121].

Определение содержания **проантоцианидинов** основано на окислительном расщеплении проантоцианидинов по методу Бейта-Смита с последующим

фотометрическим определением. Измерение проводили на спектрофотометре СФ-26 при $\lambda = 550$ нм в кюветах с толщиной слоя 0,5 см. Содержание проантоцианидинов рассчитывали, используя предварительно построенный градуировочный график (по стандартизированному экстракту). Раствором сравнения служит раствор на основе экстракта косточек винограда. [121].

Определение суммарного содержания **флавонов и флавонолов** (в пересчете на рутин) проводили спектрофотометрическим методом анализа, основанным на образовании кислотоустойчивых комплексов алюминия (III) с С-4 кето- и/или с С-3 или С-5 гидроксильными группами, имеющих максимумы поглощения в диапазоне длин волн 415 нм. Для количественных расчетов использовали предварительно построенный градуировочный график по стандартному раствору рутина [121].

Профиль флавоноидов определяли методом ВЭЖХ с последовательным применением диодноматричного детектора (ДМД) и масс-спектрофотометрического детектора (МС) [39]. Исследования проводили на хроматографе Agilent 1200. В качестве экстрагента использовали 50 %-ный раствор метанола. Условия хроматографирования: колонка *ProteCol C18 HPL125* 250 × 4,6 мм, 5 мкм; подвижная фаза: А – 0,1 % раствор муравьиной кислоты, В – ацетонитрил. Температура колонки 30 ° С, скорость подвижной фазы 0,5 см³/мин, объем вводимой пробы 10 мкл, аналитические длины волн – 360, 330 и 290 нм. Сканирование масс - в режиме регистрации положительных ионов в диапазоне m/z 150–1000. Рабочие параметры источника ионизации: напряжение на капилляре - 3500 В, поток газа-осушителя (азот) – 9 дм³/мин, температура – 325 ° С, давление на распылителе – 0,27 МПа.

Групповой состав и количественное содержание **катехинов и галловой кислоты** определяли методом ОФ ВЭЖХ с детектированием при $\lambda = 275$ нм [121]. Условия хроматографического анализа: подвижная фаза - ацетонитрил: трихлоруксусная кислота с рН = 2,5; скорость подачи подвижной фазы - 1,0 см³/мин; объем вводимой пробы - 10 мкл. Колонка - октадецилсиликагель 250 × 4,6 мм, 5 мкм (*Phenomenex Luna 5мкм C18 (2)*).

Содержание **танинов** определяли в соответствии с ГОСТ 24027.2-80 «Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла».

Содержание **витамина С** определяли в соответствии с ГОСТ 24556-89 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С».

Определение содержания **золы** проводили в соответствии с ГОСТ 25555.4-91 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и водорастворимой золы.

Определение **содержания макро- и микроэлементов** проводили с применением атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на приборе iCAP 6300 Duo (Thermo Fisher Scientific, США) [62]. Образцы предварительно озоляли на плитке способом «мокрого озоления», затем сжигали в муфельной печи при 600 ° С, золу растворяли в 50 см³ 2 % раствора H₂SO₄ при нагревании. Для анализа готовили раствор с массовой долей элементов, соответствующей градуировочному графику.

Содержание **«тяжелых металлов»** определяли методом инверсионной вольтамперометрии, основанным на предварительном выделении анализируемого вещества на индикаторном электроде в тонкой пленке ртути с последующим анодным растворением полученной амальгамы [85] Измерение проводили на полярографе ПЛС-2А с трехэлектродной электрохимической ячейкой: индикаторный электрод – твердый графитовый; электрод сравнения – хлорсеребряный; вспомогательный электрод – графитовый.

2.1.4 Метод определения антиоксидантной активности

Антиоксидантную активность (АОА) определяли с применением DPPH-радикала [140]. Регистрировали кинетику убыли оптической плотности при $\lambda =$

517 нм раствора DPPH (1,1-дифенил-2-пикрилгидразил) в присутствии антиоксидантов исследуемого образца и стандартного раствора (тролокс - аналог витамина Е) после предварительной его инкубации.

Измерение оптической плотности проводили на спектрофотометре Shimadzu модель UV 1800.

2.1.5 Методы исследования микробиологических показателей

Микробиологические показатели определяли в соответствии с:

ГОСТ 31904-2012 «Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний»;

ГОСТ 10444.12-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов (с Поправкой)»;

ГОСТ 10444.15-94. «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов»;

ГОСТ 31747-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)»;

ГОСТ 31659-2012 «Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*».

2.1.6 Метод исследования гранулометрического состава порошкового концентрата ягод брусники

Для анализа гранулометрического состава порошкового концентрата ягод брусники использовали информационно-измерительную систему, созданную в МГТУ им. Баумана на базе микроскопа «Биолан-И» - «ГИУ-1», принцип действия которого основан на анализе изображений, полученных с помощью микроскопа «Биолан-И» для порошка, напыленного на предметное стекло. Анализ изображений осуществлялся с использованием специализированного программного обеспечения «Flour32».

2.1.7 Методы исследования органолептических показателей пирога и торта

Органолептическую оценку проводили в соответствии с ГОСТ 53159-2008 «Органолептический анализ. Методология».

2.1.8 Методы определения кислотности молока и молочных продуктов

Кислотность йогурта проводили в соответствии с ГОСТ 3624-92 «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности».

2.1.9 Методы определения жира в молоке и молочных продуктах

Содержание жира в йогурте определяли в соответствии с ГОСТ 5867-90 «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира».

2.1.10 Способ получения порошкового концентрата ягод брусники

Порошковый концентрат ягод брусники получали на кафедре "Технологии и биотехнологии продуктов питания животного происхождения" ФГБОУ ВО МГУПП способом сублимационной вакуумной сушки с использованием экспериментального стенда СВП - 0,36 (стенд вакуумных процессов).

2.1.11 Методы математической обработки экспериментальных данных

Для обработки результатов исследований использовали статистический метод обработки экспериментальных данных, в ходе которого определяли средние значения определяемой величины из 3 - 6 повторностей, среднеквадратичное отклонение и доверительный интервал [28]. В таблицах и на рисунках результаты представлены в виде средних арифметических.

2.2 Результаты исследований и их обсуждение

2.2.1 Исследование химического состава ягод брусники

Исследование биологически активных веществ, входящих в состав ягод брусники, с давних времен интересует исследователей разных стран мира, в первую очередь из-за большой популярности ягоды в народной медицине. Бруснику принимают с целью укрепления иммунитета при авитаминозе, как жаропонижающее средство [9, 98, 131, 160]. Ягода обладает уропротекторным, ранозаживляющим действием, также применяется при гипертонии и невротении, по причине того, что брусника в своем составе содержит большой спектр биологически активных веществ, микроэлементов и витаминов, к тому же ягоды обладают небольшой калорийностью [68, 98, 72]. Брусника в значительной степени насыщена бензойной кислотой, благодаря которой ягоды имеют длительный срок хранения [68, 98, 72]. Брусника обладает антисептическими свойствами, т.к. в своем составе содержит салициловую кислоту, наделяющие ягоды противомикробным и противовоспалительным действием [74]. Однако следует учитывать, что формирование ее биохимического состава, а также пищевой ценности ягод может зависеть от ряда факторов. К подобным факторам следует отнести температуру окружающей среды, состав почвы, влажность воздуха, интенсивность светового потока и др. [74, 160].

В таблице 1 представлены результаты исследований химического состава ягод брусники дикорастущей, урожая 2012 г.

Лидером среди сухих веществ ягод брусники бесспорно являются сахара $47,7 \pm 0,64$ г/100 г с.в. и органические кислоты $25,2 \pm 0,7$ г/100 г с.в. (таблица 1). Калорийность ягод брусники на 100 г ягод составляет 33 ккал, что позволяет считать данный продукт низкокалорийным и легко усвояемым.

Таблица 1- Химический состав ягод брусники (урожай 2012 г.)

Наименование компонента	Содержание, г/100 г	
	ягод брусники (сырой массы)	Сухого вещества
Вода	84,50±0,45	–
Белок	0,70±0,22	4,51±0,13
Общий сахар, в т.ч. редуцирующие сахара	7,40±0,10	47,7±0,6
	4,43±0,08	28,5±0,5
Органические кислоты (титруемые) (в пересчете на лимонную кислоту)	3,90 ± 0,11	25,2±0,7
Гемицеллюлоза	0,61±0,12	3,93±0,77
Целлюлоза	1,28±0,05	8,25±0,32
Пектиновые вещества, в т.ч. растворимый пектин протопектин	0,81±0,11	5,22±0,71
	0,56±0,09	3,61±0,58
	0,25±0,07	1,61±0,15
Лигнин	0,5±0,1	3,22 ± 0,71
Витамин С, мг	24,8±2,4	160±15
Зола	0,20±0,05	1,29±0,08

Органические кислоты придают характерный кислый вкус ягодам и, создавая кислую среду, способствуют защите ягод от инфицирующей микрофлоры. Органические кислоты в ягодах брусники представлены лимонной, яблочной, винной, щавелевой, бензойной, салициловой кислотами [76, 83, 132]. В наибольшем количестве в ягодах содержатся лимонная и яблочная кислоты. Они оказывают благоприятное воздействие на деятельность желудочно-кишечного тракта. Полностью окисляясь в организме, они дают 2 - 3,5 ккал, образуя при окислении углекислоту и воду, которые быстро выводятся из организма, уменьшая отеки [9, 132, 133]. Бензойная кислота, содержащаяся в незначительном количестве, обладает антисептическими свойствами, выступает в качестве консерванта и препятствует образованию плесеней. Наличие салициловой кислоты наделяет бруснику не только антисептическими свойствами, но и противомикробными и противовоспалительными. Благодаря этому бруснику можно применять в качестве жаропонижающего средства [98, 123, 131, 160].

Ягода брусники в значительном количестве содержит пищевые волокна, благоприятно влияющие на пищеварение, такие как целлюлоза, гемицеллюлоза, пектин. Содержание целлюлозы в ягодах составляет $8,25 \pm 0,32$ г/100 г с.в., гемицеллюлозы – $3,93 \pm 0,77$ г/100 г с.в. (таблица 1). Пектин в ягодах присутствует в виде растворимого пектина и протопектина, он связывает токсичные вещества и выводит их из организма. Растворимый пектин содержится в ягодах в количестве $3,61 \pm 0,58$ г/100 г с.в., протопектин $1,61 \pm 0,45$ г / 100 г с.в. (таблица 1).

В составе брусники также содержится белок, его содержание составляет $4,51 \pm 0,13$ г/100 г с.в. (таблица 1).

Особое внимание следует уделить витамину С, который синтезируется в бруснике (по сравнению с другими витаминами) в наибольшем количестве [46]. Известно, что витамин С участвует в окислительно-восстановительных процессах, тканевом дыхании. Содержание витамина С составляет $24,8 \pm 2,4$ мг/100 г сырой массы (таблица 1). Другие витамины содержатся в ягодах в значительно меньших количествах, но своим присутствием существенно дополняют комплекс полезных свойств ягод брусники, расширяя спектр оказываемого ими физиологического действия. К ним следует отнести тиамин (В₁), рибофлавин (В₂), ниацин (РР) бета-каротин [74, 98, 131, 160].

Безусловную ценность ягодам брусники придает высокое содержание полифенольных соединений, таких как антоцианов, лейкоантоцианов, катехинов, флавонов и флавонолов и фенольных кислот, обладающих выраженным Р-витаминным действием и получивших название биофлавоноидов.

Содержание полифенольных соединений в ягодах брусники составляет $679,2 \pm 40,1$ мг/100 г ягод (таблица 2).

Таблица 2- Содержание полифенольных веществ в ягодах брусники

Компонент	Содержание, мг/100 г ягод
Полифенольные соединения	$679,2 \pm 40,1$
Антоцианы (в пересчете на цианидин-3 гликозид), мг	$301,1 \pm 10,5$
Проантоцианидины, мг	$7,80 \pm 1,12$

В ягодах брусники синтезируется уникальный набор природных пигментов таких как хлорофилл, каротиноиды и антоцианы, что дает основание рассматривать ягоды брусники в качестве источника природных красителей. В состав незрелых, зеленых ягод брусники входят в основном хлорофилл и каротиноиды, в бурых ягодах содержатся все три группы пигментов, а в спелых ягодах преобладают каротиноиды и антоцианы. Причем в этом природном дуэте доминируют антоцианы [60, 70, 125]. Содержание антоцианов в ягодах брусники составило $301,1 \pm 10,5$ мг/100 г ягод брусники (таблица 2).

Проантоциандины – это димерные или олигомерные производные флаван-3,4-диолов и флаван-3-олов (катехинов) [149]. Проантоцианидины обладают мощной антиоксидантной активностью [149]. Содержание проантоцианидинов в ягодах составило $7,8 \pm 1,12$ мг/100 г ягод (таблица 2).

В значительных количествах минеральные вещества содержатся в семенах ягод (10,3 %), заметно меньше их в кожице (1,26 %), в мякоти ягод представлены следовые количества минеральных веществ (порядка 0,2 %) [100].

В таблице 3 приведены результаты исследований минерального состава ягод брусники.

Таблица 3- Содержание некоторых макро-, микроэлементов и «тяжелых» металлов в ягодах брусники

Наименование элемента	Содержание, мг/кг	Наименование элемента	Содержание, мг/кг
Калий	730,0	Медь	19,1
Кальций	230,1	Кремний	5,1
Фосфор	198,6	Литий	1,3
Марганец	92,2	Серебро	0,98
Натрий	81,4	Никель	0,54
Магний	48,0	Хром	0,3
Железо	38,2	Токсичные элементы	
Алюминий	26,4	Кадмий	н/о
Цинк	21,0	Свинец	0,09

Из макроэлементов в ягодах брусники в наибольших количествах представлены калий, кальций, фосфор, натрий, магний. Их содержание составило 730,0; 230,1; 198,6; 81,4; 48,0 мг/кг свежих ягод соответственно (таблица 3).

Из микроэлементов в существенных количествах присутствуют марганец, железо, алюминий, цинк, медь, кремний. Их содержание соответственно: 92,2; 38,2; 26,4; 21,0; 19,1 мг/кг свежих ягод (таблица 3).

Обнаружены также кремний, литий, серебро, никель, хром. Микроэлементы, входящие в состав разнообразных биологически активных соединений, играют важную роль в поддержании здоровья человека [100].

В настоящее время уделяется особое внимание вопросам безопасности пищевого сырья и продуктам питания. В связи с этим были проведены исследования по определению в ягодах брусники токсичных элементов кадмия и свинца, которые могут накапливаться в ягодах в процессе созревания. С применением метода инверсионной вольтамперометрии показано отсутствие кадмия, а содержание свинца не превышает ПДК, регламентированной для плодов и ягод [85].

Таким образом, полученные результаты показывают, что лесная ягода брусники представляет несомненный интерес для пищевой промышленности и создания продуктов нового поколения, отвечающих современным требованиям науки о питании, поскольку является природным носителем полезных для здоровья человека пищевых веществ, функциональных пищевых ингредиентов, натуральных красителей, консервантов и антиоксидантов.

Заключение

Изучен химический состав ягод брусники обыкновенной, произрастающей в Тверской области, урожая 2012 г. Полученные данные убедительно демонстрируют, что ягоды брусники содержат уникальную комбинацию ценных природных компонентов, антиоксидантов, биологически активных веществ, натуральных красителей и консервантов и являются важнейшим источником неалиментарных компонентов пищи – пищевых волокон, которые обладают многочисленными физиологическими эффектами, что и обуславливает их существенную роль в обеспечении нормального функционирования организма человека. Показано, что значительная часть сухих веществ ягод приходится на долю пищевых волокон ($\sim 20,6$ г/100 г. с.в.). Это, в основном, представители некрахмальных полисахаридов, сосредоточенные в коже и клеточной стенке мякоти: целлюлоза, гемицеллюлоза и пектин, прочно удерживающие клеточный сок и биологически активные вещества ягод, которые в силу природной организации сорбированы на растительных биополимерах и потому непосредственно из ягод усваиваются в малой степени, поскольку не являются биодоступными. Применение направленного биокатализа с использованием ферментных препаратов (ФП), гидролизующих некрахмальные полисахариды, при получении порошкового концентрата ягод брусники будет способствовать повышению экстрактивной способности растительной ткани и переводу комплекса полезных для здоровья человека природных компонентов ягод из связанного состояния в растворимую форму. Кроме того, применение ферментов на стадии предобработки приведет к увеличению доли соковой фракции в мезге ягод и изменению соотношения т.н. «связанной» и «свободной» влаги в пользу последней. Это обстоятельство дает возможность смягчить режимы высушивания и минимизировать потери биологически активных веществ ягод при получении порошковых концентратов для использования в рецептурах пищевых продуктов.

Результаты этих исследований представлены в главах 2.2.2-2.2.4.

Общая структурная схема проведения исследований представлена на рисунке 1

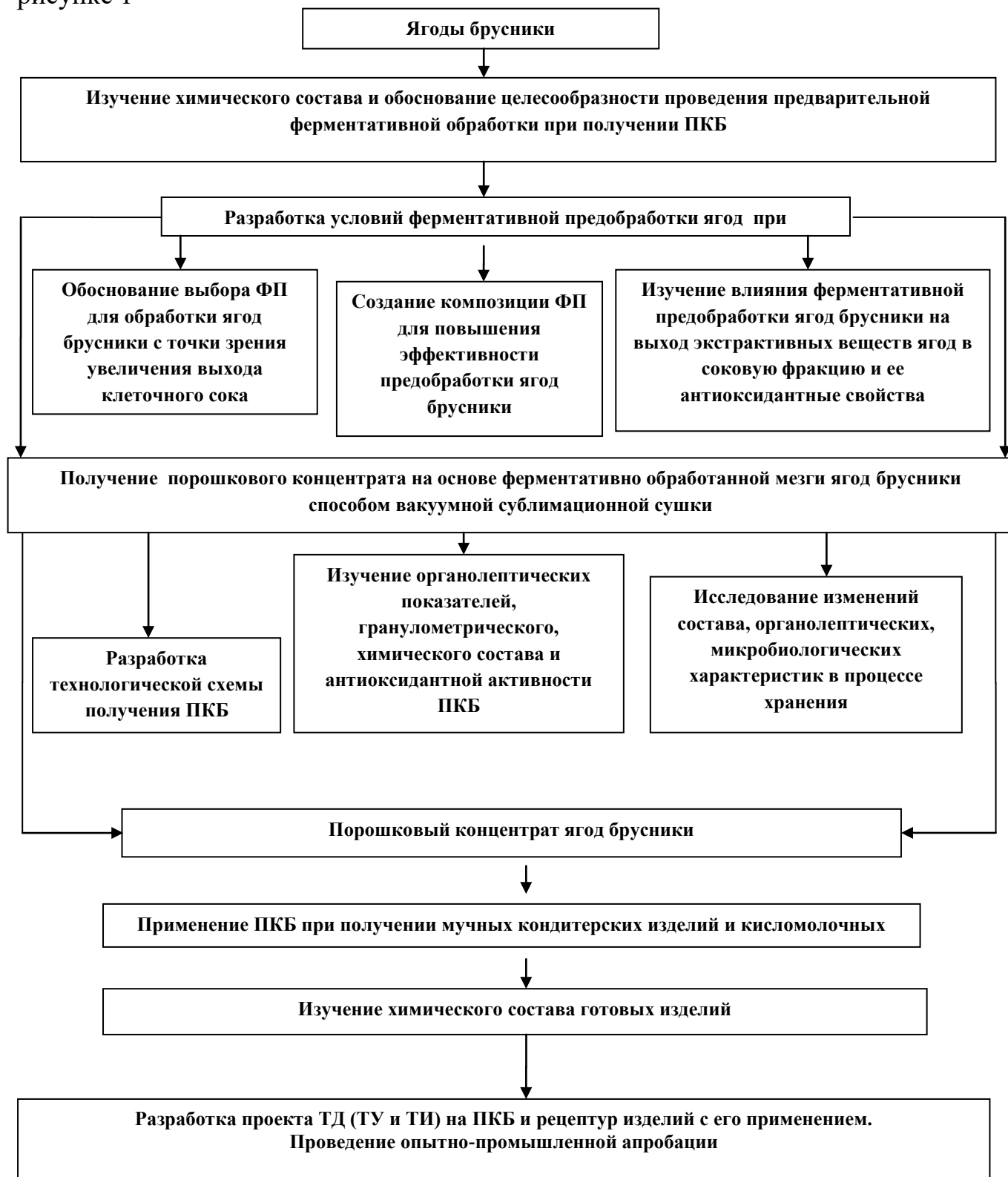


Рисунок 1- Общая структурная схема проведения исследований

2.2.2 Разработка условий применения направленного биокатализа при получении порошкового концентрата ягод брусники

2.2.2.1 Обоснование выбора ферментных препаратов для обработки ягод брусники

Выбор ФП определяется прежде всего химическим составом растительного сырья и реализуемыми задачами. В свете обозначенных приоритетов по переработке ягод брусники и получении порошкового концентрата основными «мишенями» для действия ферментов являются полисахариды клеточных стенок – целлюлоза, гемицеллюлоза и пектиновые вещества, которые отличаются друг от друга по целому ряду показателей, но в совокупности своей образуют структуру растительной клетки. Характер взаимодействия этих полисахаридов между собой и с другими компонентами клеток – различен. В основе этих взаимодействий могут лежать водородные и ковалентные связи, благодаря которым происходит образование достаточно жесткой структуры в виде трехслойного «сэндвича», в котором гемицеллюлоза выполняет роль связующего полимера, осуществляющего связь между целлюлозой и пектином [69, 99]. Причем, прочность взаимосвязи возрастает в направлении целлюлоза – гемицеллюлоза – пектин [99]. Поэтому вполне обоснованным представляется выбор и применение соответствующих ферментов (пектолитического и глюканолитического действия).

Пектолитические препараты вызывают полное разрушение первичного состояния тканей плодов, уменьшают молекулярную массу и снижают вязкость пектиновых веществ, что способствует увеличению выхода сока и растворимых сухих веществ ягод: сахаров, органических кислот, витаминов, флавоноидных соединений, природных красителей и антиоксидантов [31, 42]. Наличие в ягодах брусники различных форм пектиновых веществ: протопектина $1,61 \pm 0,45$ г / 100 г с.в. и растворимого пектина $3,61 \pm 0,58$ г / 100 г с.в. (таблица 1) обуславливает целесообразность применения ФП с выраженной пектолитической активностью.

Субстратом для действия глюканолитических ферментов являются целлюлоза и гемицеллюлоза, содержание которых в ягодах составляет $8,25 \pm 0,32$ г/100 г с.в. и $3,93 \pm 0,77$ г / 100 г с.в. соответственно (таблица 1). Ферменты целлюлолитического и гемицеллюлазного комплекса разрушают структуру клеточных стенок за счет частичной деструкции высокоупорядоченных нативных структур природных биополимеров, в результате чего ослабевают или полностью разрушаются связи, удерживающие биологически активные вещества в ассоциативном комплексе с полисахаридами. Известно, что с применением глюканолитических ферментов можно существенно повысить степень извлечения из растительного сырья природных компонентов: органических кислот, полифенольных соединений, антоцианов, катехинов, витаминов [30, 42, 49, 50, 51, 71, 73, 84, 99, 126, 130, 134].

В настоящей работе для исследований выбрали ФП пектолитического и глюканолитического действия: *Rapidaza CR* (производитель- DSM-Food-Specialties, Франция), *Pectinex XXL* (производитель- Novozymes, Дания), *Брюзайм BGX* (производитель- Polfa Tarchomin Pharmaceutical Works S.A., Польша) , *Laminex BG2* (производитель- Danisco, Дания).

2.2.2.2 Характеристика ферментных препаратов

Залогом успешного применения ФП в конкретных пищевых технологиях является правильный выбор и согласование оптимальных параметров действия фермента (тип катализируемой связи, pH, $t^{\circ}C$) с естественными условиями применения. Кроме того, следует принимать во внимание, что промышленные ферменты могут содержать не только набор ферментов с определенной субстратной специфичностью, но и обладать дополнительными ферментативными

активностями, что, безусловно, следует учитывать при практическом применении для наиболее полного использования ферментативных систем. В связи с этим были проведены исследования по характеристике ФП, определены основные и сопутствующие активности и оптимальные условия действия.

В таблице 4 представлена характеристика целлюлолитических ФП.

Таблица 4- Характеристика целлюлолитических ФП

Наименование ферментативной активности	Laminex BG2	Брюзайм BGX
Экзоглюканазная, ед ЦА _к / см ³	1688	1375
Эндоглюканазная, ед ЦА _х /см ³	2725	2640
Ксиланазная, ед ГцА/ см ³	840	1200
β-глюканазная. ед / см ³ (г)	507	483
Диапазоны действия		
Температура (t _{опт}) °С	40÷60	45÷65
pH _{опт} ед. pH	3,5÷4,5	3,0÷4,0

Как свидетельствуют полученные результаты в ФП *Брюзайм BGX* (штамм продуцент- *Trichoderma longibrachiatum*), *Laminex BG2* (штамм продуцент- *Trichoderma reesei*) представлены ферменты, способные расщеплять целлюлозу и гемицеллюлозу, что дает очевидные преимущества в конверсии многокомпонентного природного сырья. Исследуемые препараты характеризуются наличием в их составе активных компонентов целлюлолитической системы (комплекса эндо- и экзоферментов) и содержат представительный набор гемицеллюлаз, в том числе, активную ксиланазу и β-глюканазу, хотя количественное соотношение отдельных компонентов гидролитического комплекса в препаратах не одинаково (таблица 4).

Комплекс ферментов препарата *Laminex BG2* имеет более выраженную целлюлолитическую направленность, в то время как в препарате *Брюзайм BGX* преобладают ферменты гемицеллюлазного действия.

Важная роль в процессе диспергирования и гидролиза целлюлозы принадлежит эндоглюканазе, которая способна адсорбироваться на поверхности целлюлозы и определять эффективность последующего ферментативного гидролиза [69, 99]. Поэтому полноценные целлюлазные комплексы, как правило, содержат прочно сорбирующуюся эндоглюканазу.

В исследуемых препаратах эндоглюканазе принадлежит главенствующая роль. В *Laminex BG2* и *Брюзайм BGX* эндоглюканазы присутствуют в значительных количествах 2725 и 2640 ед ЦАх/см³ соответственно (таблица 4). А если принять во внимание, что эндоглюканазы получены из *Trichoderma reesei* и *Trichoderma longibrachiatum*, то с учетом литературных данных, можно полагать, что они способны прочно сорбироваться на субстрате и гидролизовать нативную целлюлозу с высокой степенью кристалличности [99].

Активность экзоглюканаз в *Laminex BG2* и *Брюзайм BGX* составила - 1688 и 1375 ед ЦА_к/см³ соответственно (таблица 4). Экзогенные ферменты усиливают действие эндоглюканаз за счет синергетического эффекта [30].

Исследуемые препараты обладают активным комплексом гемицеллюлаз (в особенности ксиланазы – 1200 ед ГЦА/см³ у *Брюзайм BGX* и 840 ед ГЦА/см³) (таблица 4). Ксиланы, как и глюканы входят в состав клеточных стенок высших растений и ассоциируются с целлюлозными молекулами посредством водородных связей [74, 98]. Поэтому частичное расщепление этих полисахаридов будет способствовать усилению подвижности целлюлозных микрофибрилл и повышению их доступности для действия комплекса целлюлаз. В этом проявляется синергизм действия целлюлаз и гемицеллюлаз [69, 99].

В ФП *Laminex BG2* и *Брюзайм BGX* выявлена практически одинаковая β-глюканазная активность – 507 и 483 ед /см³, соответственно) (таблица 4).

Известно, что глубокий гидролиз глюкана осуществляет комплекс эндо- и экзоглюканаз [99]. Для гидролиза растительных глюканов чаще используют препараты глюканаз, полученные из грибов рода *Geotrichum*, *Trichoderma* и др., которые синтезируют неспецифические эндоглюканазы, способные гидролизовать оба типа связи: β-1,3 и β-1,4 гликозидные связи [69]. Учитывая это,

можно обоснованно предположить что глюканы, входящие в состав препаратов *Laminex BG2* и *Брюзайм BGX* (продуценты *Trichoderma reesei* и *Trichoderma longibrachiatum*), могут с успехом гидролизовать как гемицеллюлозу, так и целлюлозу.

Исследованы оптимальные условия проявления основной ферментативной активности (эндоглюканазной) для *Laminex BG2* и *Брюзайм BGX*: $t_{\text{опт}}$ и $pH_{\text{опт}}$, которые составили соответственно 40 - 60 ° C; pH 3,5 – 4,5 и 45 - 65 ° C; pH 3,0 – 4,0 (таблица 4).

Пектины представляют собой весьма гетерогенную группу биополимеров, и их гидролиз осуществляет комплекс ферментов, включающий эндо- и экзополигалактуроназы, пектинметилэстеразы и ферменты, расщепляющие нейтральные пектиновые полисахариды (рамногалактуронаны), которые в структуре растительной клеточной стенки служат прослойкой между кислыми галактуронанами и гемицеллюлозой, покрывающей микрофибриллы целлюлозы [30, 36, 42, 71, 136]. Поэтому для эффективного применения ФП для предобработки ягод брусники необходимо, чтобы выбранные препараты обладали набором соответствующих ферментативных активностей.

Исследования, проведенные по характеристике ФП *Рапидаза CR* (штамм продуцент - *Aspergillus niger*) и *Pectinex XXL*, показывают, что они содержат полноценный набор ферментов пектолитического комплекса, обеспечивающих мацерацию растительной ткани за счет последовательно-параллельного действия всех составляющих комплекса (таблица 5).

Таблица 5 - Характеристика пектолитических ФП

Наименование ферментативной активности	Рапидаза CR	Pectinex XXL
Эндополигалактуроназная ед ЭндоПГА/см ³	48	33
Экзополигалактуроназная ед ЭкзоПГА/см ³	1750	1570

Наименование ферментативной активности	Рапидаза CR	Pectinex XXL
Полигалактуроназная (пектиназная) ед ПГА/см ³	550	490
Пектинэстеразная ед ПЭА/см ³	334	255
Экзоглюканазная ед ЦА/см ³	688	н/о
Эндоглюканазная ед ЦА _х /см ³	395	н/о
Диапазоны действия ФП		
	Рапидаза CR	Pectinex XXL
Температура (t _{опт}) °С	30-50	30÷55
pH _{опт} ед. pH	3,0÷5,5	3,5÷6,5

В составе препаратов сочетаются эндо- и экзополигалактуроназы, дополняет спектр активностей – пектинэстераза (таблица 5). По проявлению активностей отдельных компонентов пектолитического комплекса нельзя отдать предпочтение ни одному ФП, но именно им принадлежит главенствующая роль в разрушении пектиновых веществ (таблица 5). Значима роль эндополигалактуроназы в соковом производстве: за счет разрушения коллоидной структуры пектина и образования водорастворимой моногалактуроновой кислоты имеет место снижение вязкости сока до 50 %, поскольку при этом разрывается 2-3% гликозидных связей, тогда как с экзогенным ферментом такое же снижение наблюдается только после разрыва более 40 % этих связей [42].

На процесс гидролиза пектина большое влияние оказывает пектинэстераза, присутствующая в *Рапидаза CR* и *Pectinex XXL* в значительном количестве – 334 и 255 ед ПЭА/см³, действие которой необходимо для проявления активности эндополигалактуроназы (таблица 5).

При совместном воздействии эндополигалактуроназы и пектинэстеразы на высокометоксилированный пектин, стадия гидролиза пектина под действием пектинэстеразы предшествует процессу гидролиза полигалактуроновой кислоты [42].

Экзополигалактуроназная активность стабилизирует действие эндогенных ферментов: в случае временной потери активности эндополигалактуроназы

дальнейшее расщепление олигомеров происходит под действием экзоферментов [30]. Это способствует смещению равновесного процесса разрыва фермент-субстратного комплекса с высвобождением продуктов реакции и регенерацией фермента, что и лежит в основе синергизма в действии эндо- и экзогенных полигалактуроназ [92]. В исследуемых препаратах *Rapidaza CR* и *Pectinex XXL* активность экзополигалактуроназ наиболее высокая – 1750 и 1570 ед ЭкзоПГА/см³ соответственно (таблица 5).

В значительном количестве представлена в препаратах полигалактуроназная активность 550 и 490 ед ПГА/см³ (таблица 5).

Мацерирующее действие пектолитических ферментов дополняется действием сопутствующих глюканолитических ферментов. В отличие от *Pectinex XXL*, *Rapidaza CR* содержит эндо- и экзоглюканазу (688 ед ЦАх/см³ и 395 ед ЦАх/см³ соответственно) (таблица 5). В связи, с чем следует ожидать более глубоких изменений в полисахаридном комплексе ягод брусники, усиления процесса мацерации растительной ткани и повышения ее экстрактивной способности.

Исследованы оптимальные условия действия ФП: величина pH и интервал температур (по проявлению экзополигалактуроназной активности). Установлено, что максимальную активность *Rapidaza CR* проявляет в зоне pH 3,0 – 5,5; $t_{\text{опт}}$ составляет 30 - 50 ° C; *Pectinex XXL* 3,5 – 6,5; $t_{\text{опт}}$ составляет 30 - 55 ° C (таблица 5).

Таким образом, выбранные ФП *Laminex BG2*, *Брюзайм BGX*, *Rapidaza CR*, *Pectinex XXL* с определенной субстратной специфичностью содержат полноценный набор основных ферментных систем, способных гидролизовать пектиновые вещества, нативную регенерированную целлюлозу и гемицеллюлозу, а оптимальные параметры действия ферментов согласуются между собой и приближены к естественным условиям их применения, в частности по показателю pH (pH мезги ягод ~ 2,7), что создает благоприятные предпосылки для их совместного использования. Эти выводы в совокупности позволяют

прогнозировать успешное применение выбранных ФП для гидролиза полисахаридов ягод брусники с целью повышения сокоотдачи и экстрактивной способности растительной ткани.

2.2.2.3 Мониторинг эффективности применения пектолитических и глюканолитических ферментных препаратов для обработки ягод брусники

Эффективность применения ФП для обработки ягод брусники оценивали по увеличению доли соковой фракции в мезге ягод. Выход клеточного сока являлся косвенным показателем, по которому опосредованно судили о степени деструкции структурных полисахаридов под воздействием ФП.

Для проведения гидролиза, ягоды измельчали, в полученную мезгу вносили ФП в различной концентрации и вели гидролиз в оптимальных для действия фермента условиях (45 ° C) в течение 3-х часов.

Диапазон концентраций выбирали, основываясь на литературных данных по применению ФП для обработки плодово-ягодного сырья, которые составили 0,01 – 0,04 % к массе перерабатываемого сырья [14, 34, 49, 117, 129, 107, 130, 134, 136, 155]. Через определенные промежутки времени, ФП инактивировали нагреванием и определяли долю соковой фракции в мезге ягод брусники. Для этого сок отжимали прессованием. Контролем служила мезга ягод брусники, не подвергнутая обработке ФП.

Как свидетельствуют полученные результаты, применение выбранных ФП для обработки ягод брусники способствует увеличению доли соковой фракции в мезге ягод. Наилучшие результаты получены с применением пектолитических ФП (рисунок 2, рисунок 3). Причем наиболее заметные изменения происходят в течение первого часа обработки.

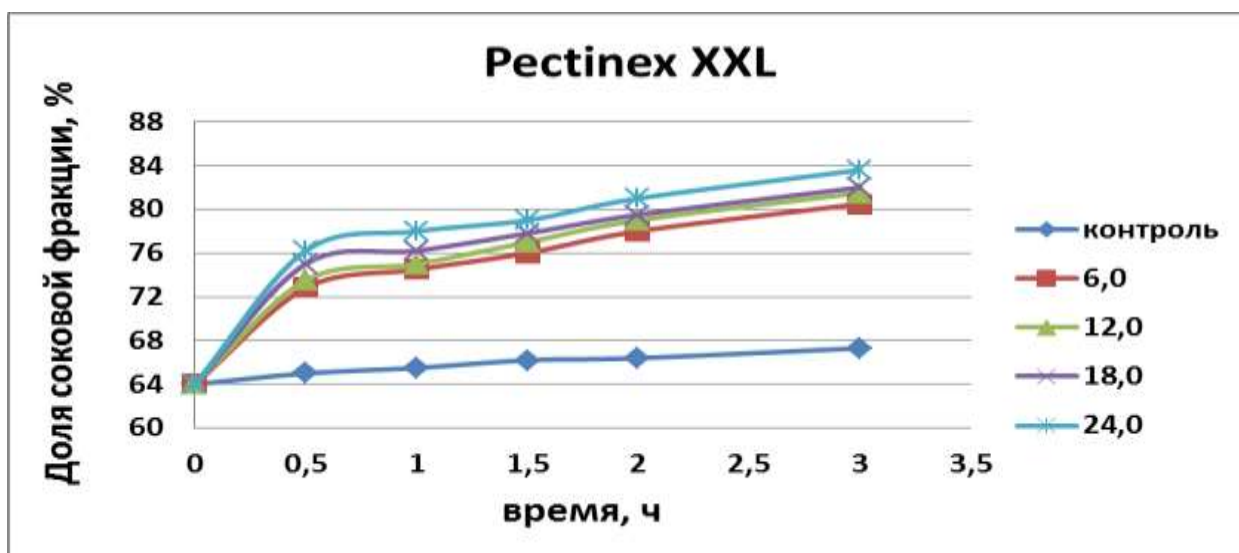


Рисунок 2- Изменение доли соковой фракции в мезге ягод брусники под действием ФП *Pectinex XXL* при различных концентрациях 6,0 – 24,0 ед ПгА/г пектина

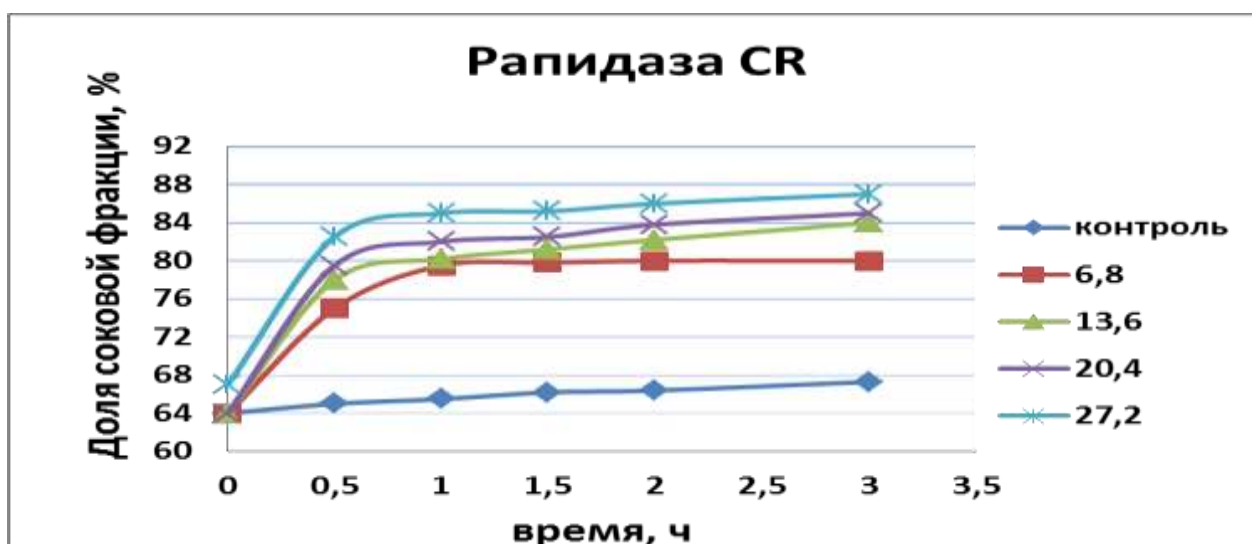


Рисунок 3- Изменение доли соковой фракции в мезге ягод брусники под действием ФП *Рапидаза CR* при различных концентрациях 6,8 – 27,2 ед ПгА/г пектина

С учетом полученных данных могут быть рекомендованы дозировки ФП *Рапидаза CR* и *Pectinex XXL* для обработки ягод брусники 6,8 – 13,6 едПгА/г пектина и 6,0 – 12,0 едПгА/г пектина соответственно, использование которых через 1 - 1,5 часа гидролиза приводит к увеличению доли соковой фракции на 12-18 % по сравнению с контролем (рисунок 2, рисунок 3). Последующее увеличение времени обработки и дозировки ферментов не приносит существенных результатов, т.к выход сока меняется незначительно.

В меньшей степени выражен эффект от применения целлюлолитических ФП. Применение *Брюзайм BGX* и *Laminex BG 2* в дозировках 19,5 – 39,0 ед ГцА/г гемицеллюлозы и 21,3 – 42,6 ед ЦАх/г целлюлозы соответственно и продолжительности обработки 1-1,5 часа способствует увеличению выхода клеточного сока на 7 - 10 % относительно контрольного образца (рисунок 4, рисунок 5).

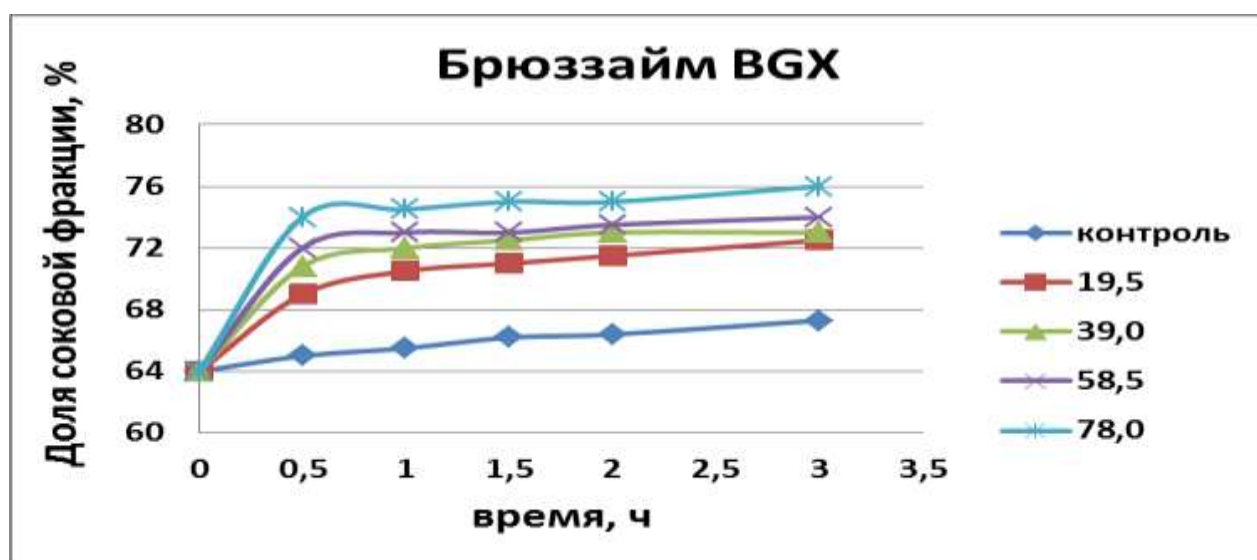


Рисунок 4- Изменение доли соковой фракции в мезге ягод брусники под действием ФП *Брюзайм BGX* при различных дозировках 19,5 – 78,0 ед ГцА/г гемицеллюлозы

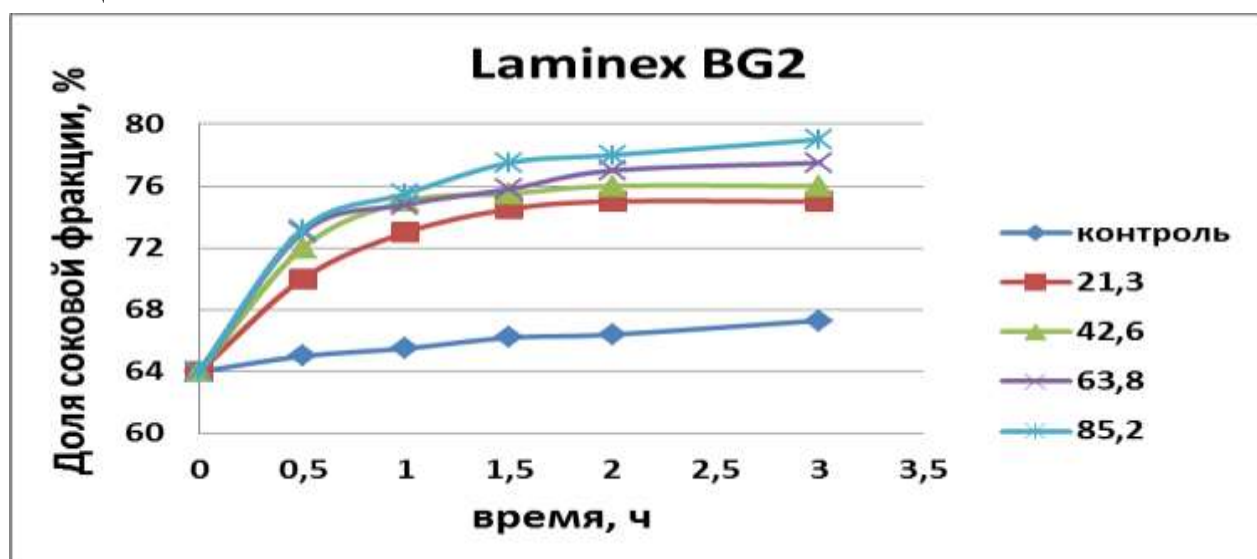


Рисунок 5- Изменение доли соковой фракции в мезге ягод брусники под действием ФП *Laminex BG2* при различных дозировках 21,3 – 85,2 ед ЦАх/г целлюлозы

Таким образом, анализ полученных результатов показывает, что применение ФП пектолитического и глюканолитического действия *Ranidaza CR*, *Pectinex XXL*, *Брюзайм BGX* и *Laminex BG2* для обработки ягод брусники способствует деструкции структурных биополимеров, о чем свидетельствует увеличение доли соковой фракции в мезге ягод. Применение пектолитических препаратов *Pectinex XXL* и *Ranidaza CR* в концентрациях 6,0 – 12,0 ед ПГА/г пектина и 6,8 -13,6 ед ПГА/г пектина (соответственно) для обработки мезги ягод брусники в течение 1,0 – 1,5 часов и температуре 45 ° С приводит к увеличению доли соковой фракции на 12-18 %, а глюканолитических ФП *Брюзайм BGX* и *Laminex BG2* в дозировках 19,5 – 39,0 едГЦА/г гемицеллюлозы и 21,3 – 42,6 ед ЦАх/г целлюлозы соответственно на 7 – 10 % по сравнению с контролем (мезга ягод брусники, не обработанная ФП).

Анализ научно-технической литературы показывает, что при работе с многокомпонентным природным растительным сырьем, целесообразно использовать композиции ФП, в которых активны и достаточно полно представлены ферменты пектолитического и глюканолитического действия [90, 92, 101]. Наилучший результат достигается за счет комплексного воздействия на компоненты ягодного сырья и синергетического эффекта, выражающегося в параллельно-последовательном действии ферментных систем препаратов [14, 34, 69]. Как свидетельствуют литературные данные, применение ФП различной субстратной специфичности в составе композиции позволяет сократить дозировку ФП и достигнуть большего эффекта по сравнению с их индивидуальным применением [34, 117, 129].

В этой связи были проведены исследования с использованием четырех вариантов мультэнзимных композиций (МЭК) на основе ФП *Laminex BG2*, *Брюзайм BGX*, *Ranidaza CR*, *Pectinex XXL*, отличающиеся дозировкой входящих в состав композиций ФП. С учетом литературных данных концентрации ФП уменьшали вдвое по сравнению с той, которая была рекомендована для индивидуального применения ФП (таблица 6) [34, 117, 129].

Таблица 6- Увеличение доли соковой фракции в мезге ягод брусники, предварительно обработанной МЭК

МЭК	Качественный и количественный состав МЭК	Увеличение доли соковой фракции в мезге ягод брусники, %
МЭК-1	Pectinex XXL 3,0 ед ПгА/г пектина - Брюзайм BGX 19,5 ед ГцАх/г гемицеллюлозы	20
МЭК-2	Рапидаза CR 3,4 ед ПгА/г пектина - Laminex BG2 21,3 ед ЦАх/г целлюлозы	26
МЭК-3	Pectinex XXL 3,0 ед ПгА/г пектина - Брюзайм BGX 9,8 ед ГцА/г гемицеллюлозы	16
МЭК-4	Рапидаза CR 3,4 ед ПгА/г пектина: Laminex BG2 10,6 ед ЦАх/г целлюлозы	18

В представленных двух вариантах композиционного состава *Pectinex XXL–Брюзайм BGX*, *Рапидаза CR - Laminex BG2* концентрации пектолитических ферментов не менялись и составили: для *Pectinex XXL*- 3,0 ед ПгА/г пектина (МЭК-1,МЭК-3), *Рапидазы CR* - 3,4 ед ПгА/г пектина (МЭК- 2, МЭК-4), а концентрацией глюканолитических ФП варьировали, принимая во внимание, что именно с частичным расщеплением целлюлозы связывают усиление экстрактивных свойств растительной ткани. Концентрация *Брюзайм BGX* в МЭК-3 составила – 9,8 ед ГцА/г гемицеллюлозы, в МЭК-1 – 19,5 ед ГцА/г гемицеллюлозы (таблица 6). Концентрации *Laminex BG2* в МЭК-2, МЭК-4 составили 21,3 и 10,6 ед ЦАх/г целлюлозы соответственно (таблица 6).

Для проведения гидролиза с использованием МЭК ягоды измельчали, в полученную мезгу вносили ФП в составе композиции и вели гидролиз 1,5 часа при температуре 45 ° С. Режим гидролиза был выбран с учетом ранее полученных результатов по применению индивидуальных ФП для обработки мезги ягод брусники. По истечении времени ферменты инактивировали нагреванием и определяли долю соковой фракции в мезге ягод. Контролем служила мезга ягод брусники, не подвергнутая обработке ФП.

Как свидетельствуют представленные данные, применение ФП в составе композиции позволяет существенно увеличить выход клеточного сока из ягод брусники по сравнению с применением индивидуальных ФП (таблица 6).

Результаты, полученные с применением МЭК-2, МЭК-4, в которых в качестве пектолитического фермента использовали *Rapidaza CR*, превосходят данные, полученные с *Pectinex XXL* в составе МЭК-1, МЭК-3 (таблица 6). По всей видимости, это может объяснить тем, что на фоне незначительных различий в величинах активностей ферментов основного пектолитического комплекса в дуэте *Pectinex XXL* - *Rapidaza CR* все же преимущество за последним, ввиду наличия в его составе ферментов глюканазного действия, которые усиливают действие пектиназ (таблица 5). Результаты, полученные с использованием глюканолитических ФП *Брюзайм BGX* и *Laminex BG2* в составе МЭК также неоднозначны: лучшие показатели по выходу клеточного сока имеют МЭК-2 и МЭК-4, в состав которых включен *Laminex BG 2* (таблица 6). Учитывая данные, полученные по характеристике ФП (таблица 4), следует заметить, что *Laminex BG 2* и *Брюзайм BGX* являются препаратами с активными комплексами ферментов, способных гидролизовать нативную и регенерированную целлюлозу и гемицеллюлозу. И в то же время ферментный комплекс *Laminex BG 2* имеет большую целлюлолитическую направленность, а в препарате *Брюзайм BGX* более выражена гемицеллюлазная, а именно ксиланазная активность (1200 ед ГЦА/см³), (таблица 4). Вероятно, в клеточных стенках тканей ягод брусники содержание ксиланов незначительно и ксиланазный потенциал, заложенный в препарате *Брюзайм BGX*, при его использовании реализуется не в полном объеме.

Лучшие результаты получены с использованием МЭК-1 (*Pectinex XXL* - *Брюзайм BGX*) и МЭК-2 (*Rapidaza CR* - *Laminex BG2*): доля соковой фракции в мезге ягод брусники увеличивается на 20 и 26 % соответственно (таблица 6).

Таким образом, применение ФП в составе композиций (при уменьшенной вдвое дозировке) позволяет достичь эффекта большего, чем при индивидуальном их использовании.

На основании результатов мониторинга эффективности применения отдельных ФП пектолитического и глюканолитического действия и МЭК на их основе по увеличению доли соковой фракции в мезге ягод брусники определены условия применения и обоснован композиционный состав МЭК для обработки ягод брусники при получении порошкового концентрата: МЭК-1 (*Pectinex XXL - Брюзайм BGX*) и МЭК-2 (*Рapidаза CR - Laminex BG2*), продолжительность обработки 1,5 часа, температура обработки 45 ° С. Дозировки ФП, входящих в состав МЭК (на 100 г ягодной мезги):

МЭК-1: *Pectinex XXL* и *Брюзайм BGX*, соответственно, 3,0 ед. ПГА/г пектина и 19,5 ед ГЦА/г гемицеллюлозы;

МЭК-2: *Рapidаза CR - Laminex BG2*, соответственно, 3,4 ед ПГА/г пектина и 21,3 ед. ЦА_х/г целлюлозы.

Результаты экспериментальных исследований явились основой для разработки процессуальной схемы предварительной ферментативной обработки мезги ягод брусники при получении порошкового концентрата (рисунок 6).

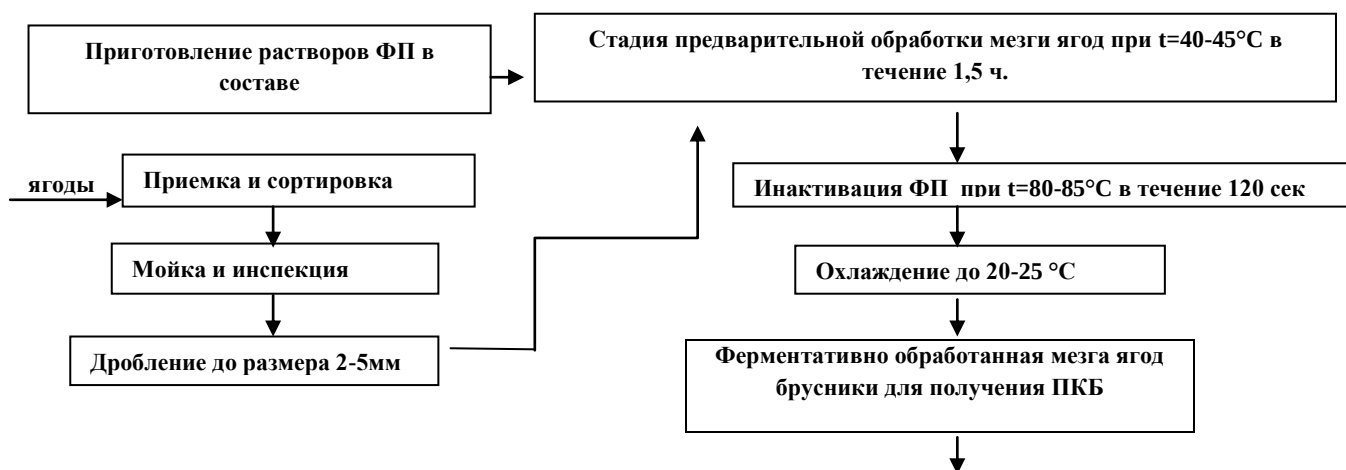


Рисунок 6 – Процессуальная схема предварительной обработки мезги ягод брусники при получении порошкового продукта

Заключение

С учетом данных химического состава ягод брусники произведен выбор ФП пектолитического и глюканолитического действия *Pectinex XXL*, *Рapidаза CR*, *Брюзайм BGX*, *Laminex BG2* и дана характеристика с позиции целесообразности их применения для обработки мезги ягод брусники. Исследованы условия и осуществлен мониторинг эффективности применения отдельных ФП и МЭК на их основе для обработки мезги ягод брусники с точки зрения увеличения выхода соковой фракции как косвенного показателя, демонстрирующего степень деструкции полисахаридов ягод, имеющей место в результате ферментативного воздействия.

Показано, что предварительная обработка мезги ягод брусники ФП пектолитического действия *Pectinex XXL* в концентрации 6,0 – 12,0 ед ПгА/г пектина и *Рapidаза CR* в концентрации 6,8 - 13,6 ед ПгА/г пектина в течение 1,0 – 1,5 часов при температуре 45 ° С приводит к увеличению доли соковой фракции на 12-18 %, а глюканолитическими ФП *Брюзайм BGX* и *Laminex BG2* в дозировках 19,5 – 39,0 ед ГЦА/г гемицеллюлозы и 21,3 – 42,6 ед ЦАх/г целлюлозы соответственно- на 7 – 10 % по сравнению с контролем (мезга ягод брусники, не обработанная ФП).

Экспериментально установлено, что применение ФП в составе композиции даже при уменьшенной вдвое дозировке позволяет достичь эффекта большего, чем при раздельном их применении: выход клеточного сока в мезгу ягод увеличивается на 16 - 26 %.

Наилучшие результаты получены с использованием композиций на основе ФП *Pectinex XXL* - *Брюзайм BGX* (МЭК-1) в дозировках 3,0 ед ПгА/г пектина и 19,5 ед ГцАх/г гемицеллюлозы соответственно, и *Рapidаза CR* - *Laminex BG2* (МЭК-2) в концентрациях 3,4 ед ПгА/г пектина и 21,3 ед ЦАх/г целлюлозы

соответственно: через 1,5 часа гидролиза при температуре 45 ° С увеличение доли соковой фракции в мезге ягод брусники составляет 20 и 26 % соответственно.

С учетом полученных результатов разработана процессуальная схема проведения предварительной ферментативной обработки мезги ягод брусники при получении порошкового концентрата.

2.2.3 Исследование химического состава соковой фракции мезги ягод брусники, полученной с применением ферментативной обработки

Для оценки эффективности предварительной ферментативной обработки ягод брусники при получении порошкового концентрата проводили сравнительный анализ химического состава соковых фракций мезги ягод брусники, полученных с проведением предварительной ферментативной обработки (СФБ) и без использования ФП (контроль) (без ФОЯ). С учетом полученных результатов (глава 2.2.2.3) предварительную ферментативную обработку ягод брусники проводили в двух вариантах: с использованием МЭК-1 (*Pectinex XXL* (3,0 ед ПгА/г пектина) - *Брюззайм BGX* (19,5 ед ГЦА/г гемицеллюлозы)) и МЭК-2 (*Ранидаза CR* (3,4 ед ПгА/г пектина) - *Laminex BG 2* (21,3 ед ЦАх/г целлюлозы)). Результаты исследований приведены в таблице 7.

Таблица 7- Химический состав брусничных соков, полученных с применением предварительной ферментативной обработки ягод

Наименование компонента	Содержание компонента, мг/100 г ягод брусники		
	Соковая фракция без ФОЯ	СФБ, полученная с применением МЭК-1	СФБ, полученная с применением МЭК-2
Растворимый белок, г	0,35±0,05	0,42 ±0,06	0,46 ±0,05
Редуцирующие сахара (в пересчете на глюкозу), г	2,92±0,06	3,37±0,05	3,48±0,06
Органические кислоты (титруемые) (в пересчете на лимонную кислоту), г	1,68 ± 0,14	1,99 ± 0,12	2,15 ± 0,15
Витамин С, мг	11,4±0,9	17,5±1,1	18,2 ±1,1
Полифенольные соединения, мг	389,4 ±15,1	460,2 ±15,4	495,6 ±15,7
Проантоцианидины, мг	2,3±0,3	3,1±0,3	4,7±0,4
Антоцианы (в пересчете на цианидин-3 гликозид), мг	175±12,3	209,5 ± 12,0	233 ± 14

Как следует из представленных данных, ферментативная обработка ягодной мякоти влияет на химический состав соковой фракции (СФБ): усиливаются экстрактивные свойства растительной ткани, и в клеточном соке увеличивается содержание природных компонентов и биологически активных веществ ягод по сравнению с соком без ФОЯ – органических кислот, сахаров, белка (в 1,2 – 1,3 раза), витамина С (в 1,5 – 1,6 раза), полифенольных соединений (в 1,2 - 1,3 раза), антоцианов (в 1,2 - 1,3 раза), проантоцианидинов (в 1,3 - 2,0 раза) (таблица 7). Благоприятные изменения химического состава соковой фракции ягод брусники имеют место при обработке мякоти ягод брусники МЭК-1 и МЭК-2, но все же предпочтение на стороне композиции МЭК-2 на основе ФП *Rapidaza CR-Laminex BG2* (таблица 7). Выход экстрактивных веществ в соковую фракцию мякоти ягод брусники, предварительно обработанной МЭК-2 (по сравнению с МЭК-1), увеличивается на 4 - 11 %, а проантоцианидинов-более чем на 50 %

(таблица 7). Следует учитывать и тот факт, что применение МЭК-2 для обработки мезги ягод способствует увеличению доли соковой фракции на 26 % (глава 2.2.2.3), что косвенно свидетельствует о глубине и степени расщепления полисахаридов ягод под действием входящих в состав композиции ФП. В связи с этим более подробно был исследован химический состав соковой фракции мезги ягод брусники, предварительно обработанной МЭК-2, с позиции пищевой ценности (профиль флавоноидов, качественный и количественный состав антоцианов, катехинов, органических и гидроксикоричных кислот) и определена антиоксидантная активность.

В таблице 8 представлен химический состав соковой фракции мезги ягод брусники, обработанной МЭК-2.

Таблица 8 - Химический состав соковой фракции мезги ягод брусники, обработанной МЭК-2

Компонент	Содержание в 100 см ³
Растворимый белок, г	0,55±0,07
Редуцирующие вещества (в пересчете на глюкозу), г	4,75±0,14
Органические (титруемые) кислоты (в пересчете на лимонную), г	3,01±0,15
Витамин С, мг	21,9±1,5
Полифенольные соединения, мг	597±16,2
Проантоцианидины, мг	5,6±0,07
Катехины, мг	10,5±1,2
Антоцианы, мг	280,7±11,3

Оригинальный вкус брусничного сока формируют органические кислоты в сочетании с сахарами.

Органические кислоты в организме принимают участие в ощелачивании организма, уменьшают риск синтеза в организме канцерогенных нитрозаминов, тем самым препятствуют развитию онкологической патологии [83]. Из фруктовых кислот в составе брусничного сока выявлены лимонная и яблочная кислоты, с явным доминированием лимонной кислоты (таблица 9).

Таблица 9 - Состав и содержание органических кислот в брусничном соке, мг/100 г ягод

Наименование кислоты,	Содержание в соке без ФОЯ, мг/100 г ягод	Содержание в СФБ, полученной с применением МЭК-2 мг/100 г ягод
Лимонная кислота	1608	2006
Яблочная кислота	57,5	119,9
Бензойная кислота	16,5	23,2
Салициловая кислота	4,9	8,6

Особенностью ягод брусники является наличие в их составе природных консервантов - бензойной и салициловой кислот, которые обладают антисептическими свойствами, что обуславливает способность самих ягод и продуктов их переработки к длительному хранению. Помимо лимонной, яблочной, бензойной и салициловой кислот, в составе ягод брусники в малом количестве присутствуют винная кислота [83].

Применение комплекса гидролитических ферментов позволяет увеличить в 1,3 раза выход органических кислот в соковую фракцию – с 1,68 г/100 г ягод брусники в соке до 2,15 г/100 г в СФБ, полученной с МЭК-2, и их содержание составляет $3,01 \pm 0,15$ г/100 см³ (таблица 7, таблица 8). Экстракция лимонной и яблочной кислот возросла в 1,3 и 2,1 раза соответственно, а бензойной и салициловой кислот - в 1,4 и 1,7 раза (таблица 9, рисунок 7, рисунок 8, рисунок 9).

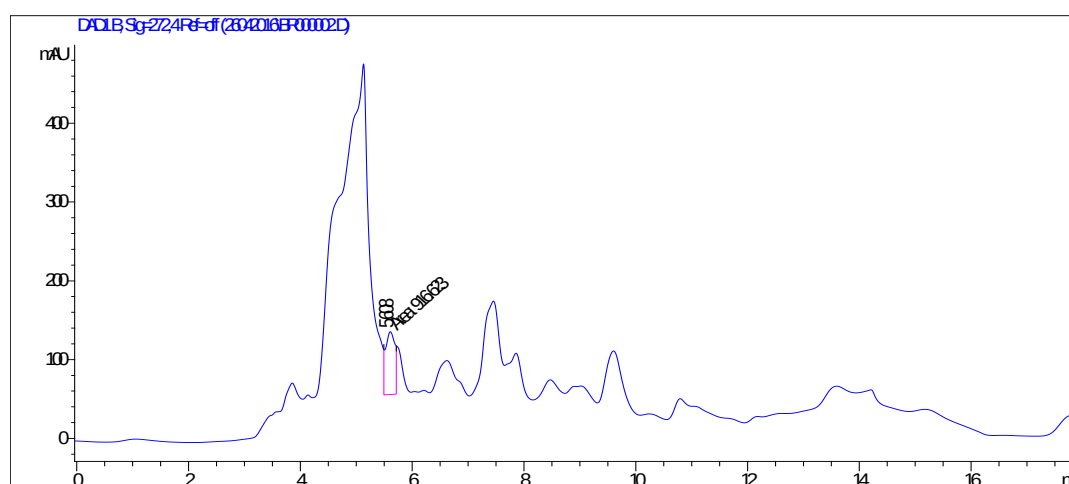


Рисунок 7 – Хроматограмма бензойной кислоты в соковой фракции мезги ягод без ФОЯ

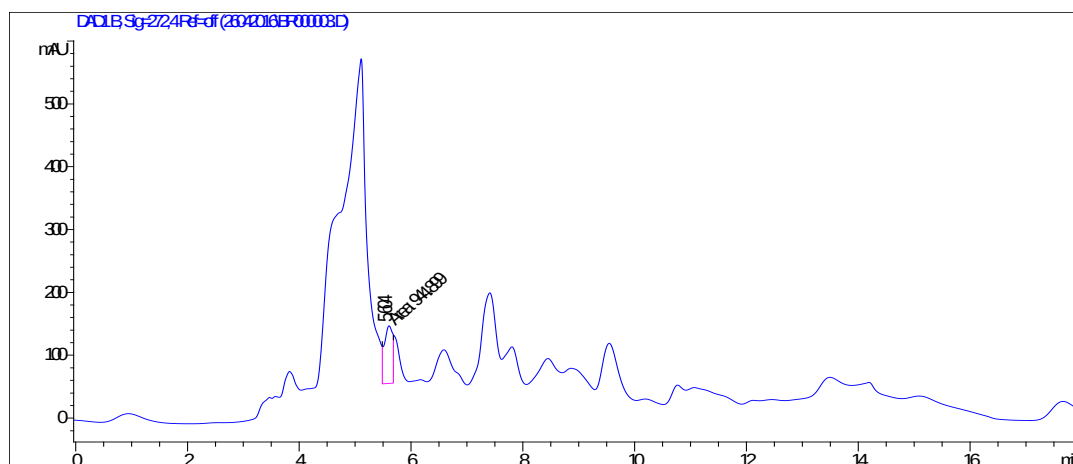


Рисунок 8 – Хроматограмма бензойной кислоты в СФБ

Углеводы ягод брусники представлены легкоусвояемыми сахарами, обуславливающими энергетическую ценность. Проведение предварительной ферментативной обработки ягод брусники позволяет увеличить содержание редуцирующих сахаров в соковой фракции в 1,2 раза (с 2,92 до 3,37 - 3,48 г/100 г ягод брусники) (таблица 7). Их содержание в СФБ, полученном с применением МЭК-2, составляет $4,75 \pm 0,14$ г / 100 см³ (таблица 8).

Наличие органических кислот в растворимой соковой фракции мякоти ягод и в СФБ обуславливает низкое значение активной кислотности среды (рН ~ 2,7), которое способствует естественной защите сока от действия микроорганизмов [7].

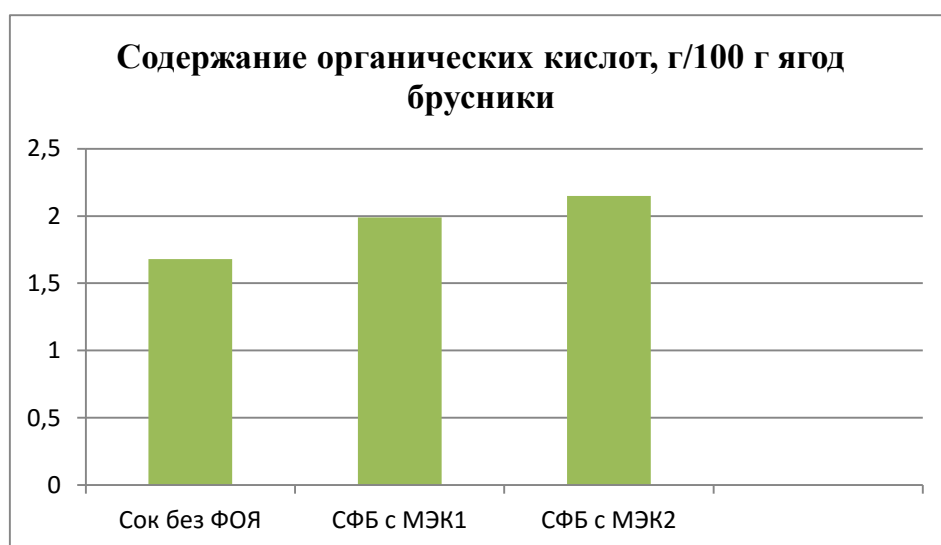


Рисунок 9 - Содержание органических кислот в соке без ФОЯ и СФБ, г/100 г ягод брусники

Важным показателем эффективности предварительной ферментативной обработки ягод брусники при получении сока является увеличение содержания растворимых форм белка. Известно, что белки в растительном сырье образуют комплексы со структурными полисахаридами и в силу сложной природной организации вплетены в ткань клеточной стенки. Гидролитическое расщепление гемицеллюлозы, целлюлозы и пектиновых веществ – структурных составляющих клеточных стенок – способствует высвобождению и переводу в растворимое состояние связанных форм белка [83].

В ходе исследований установлено увеличение выхода растворимого белка в СФБ в 1,2-1,3 раза (таблица 7). Содержание белка в брусничном соке, полученном с применением МЭК-2, составляет $0,55 \pm 0,07$ г/100 см³ (таблица 8).

Как показали результаты исследований, выход витамина С в соковую фракцию после обработки ягод МЭК-1 и МЭК-2 увеличился в 1,5 - 1,6 раза, и его содержание в соке, полученном с применением МЭК-2, составило $21,9 \pm 1,5$ мг/100 см³ (таблица 7, таблица 8, рисунок 10). Повышение содержания витамина С в растворимой форме под воздействием МЭК, объясняется гидролитическим расщеплением структурных компонентов клеточной стенки - целлюлозы и гемицеллюлозы, и, как следствие, высвобождением связанных форм витамина С [48].

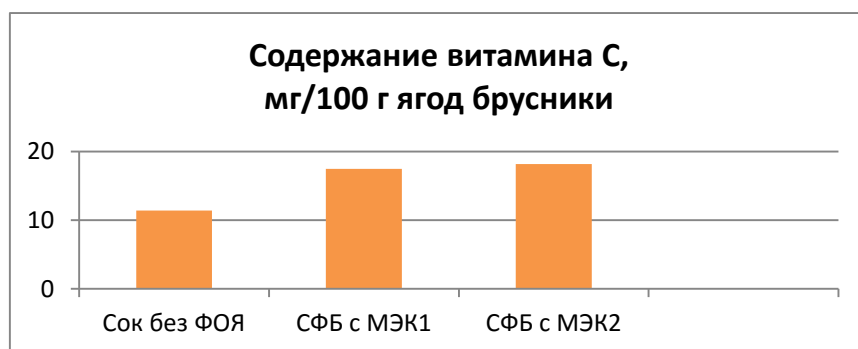


Рисунок 10 - Содержание витамина С в соке без ФОЯ и СФБ, мг/100 г ягод брусники

Содержание в растительном сырье фенольных соединений является важнейшим показателем их биологической ценности, определяющим его антиокислительную активность. Процессы окисления в организме человека приводят к преждевременному старению и развитию целого ряда патологий [9,132,133].

Полученные результаты свидетельствуют, что проведение предварительной ферментативной обработки ягод брусники позволило повысить выход биоактивных полифенольных соединений в 1,2 - 1,3 раза в соковую фракцию мезги до $460,2 \pm 15,4$ мг/100 г ягод брусники (с МЭК-1) и $495,6 \pm 15,7$ мг / 100 г ягод брусники (с МЭК-2) (таблица 7, рисунок 11), и их содержание в СФБ, полученной с применением МЭК-2, составило $597 \pm 16,2$ мг / 100 см³ (таблица 8).

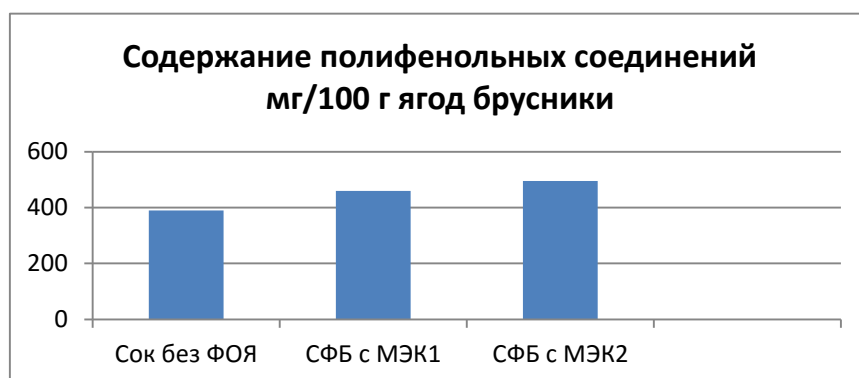


Рисунок 11 - Содержание полифенольных соединений в брусничном соке без ФОЯ и СФБ, мг/100 г ягод брусники

Существенную фракцию фенольных соединений составляют флавоноиды. В последние годы существенно возрос интерес к этой группе органических соединений ввиду присущего им широкого спектра биологической активности [12, 60, 120, 125]. Как показали проведенные исследования, применение композиции ФП для обработки ягод брусники при получении сока, позволяет увеличить выход в сок представителей флавоноидов: антоцианов (в 1,2 - 1,3 раза), катехинов (в 1,7 раза), проантоцианидинов (в 1,3 - 2,0 раза) (таблица 7). Их содержание в брусничном соке, полученном с применением МЭК-2, составило

$280,7 \pm 11,3$ мг/100 см³, $10,5 \pm 1,2$ мг/100 см³, $5,6 \pm 0,07$ мг/100 см³ соответственно (таблица 8).

Изучен профиль флавоноидных соединений соковых фракций мезги ягод брусники, обработанной МЭК-2 и полученной без использования ФП. Исследования проводили с применением высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Наиболее информативным способом детектирования в ВЭЖХ с точки зрения определения химической структуры вещества является последовательное применение диодноматричного детектора (ДМД) и масс-спектрофотометрического детектора (МС), что и было использовано в работе. Полученные результаты представлены в таблице 10, таблице 11.

Таблица 10- Профиль флавоноидов соковой фракции мезги ягод брусники, выявленной с применением ВЭЖХ-ДМД-МС

№	Флавоноид	t _R , мин	ESI-MS ⁺ , m/z	Детектируемый ион	λ _{max} , нм
1.	Гиперозид	21,3	465.10 303.05	[M+H] ⁺ [M – галактоза* +H] ⁺	256, 266, 356
2.	Авикулярин	23,4	435.09 303.05	[M+H] ⁺ [M – арабиноза +H] ⁺	256, 266, 350
3.	Кверцитрин	23,7	449.10 303.05	[M+H] ⁺ [M – рамноза +H] ⁺	256, 266, 344
4.	Неидентифицированный ацилированный гликозид кверцетина	26,7	593.15 303.05	[M+H] ⁺ [M – ацилированный сахар +H] ⁺	256, 266, 350
5.	Неидентифицированный ацилированный гликозид кверцетина	30,5	569.13 303.05	[M+H] ⁺ [M – ацилированный сахар +H] ⁺	258, 270, 346
6.	Кверцетин	31,2	303.05	[M+H] ⁺	256, 266, 370

*Здесь и далее молекулярная масса сахара минус 18 Да (молекула воды, теряющаяся при образовании гликозидной связи)

Таблица 11- Содержание флавоноидов в соковой фракции мезги ягод брусники

№	Наименование	Сок без ФОЯ		СФБ с МЭК2	
		мг/100см ³	мг/100 г ягод	мг/100см ³	мг/100 г ягод
1.	Гиперозид	4,02	2,65	4,72	3,90
2.	Авикулярин	4,54	3,0	5,74	4,76
3.	Кверцитрин	4,90	3,23	4,65	3,86
4.	Неидентифицированный ацилированный гликозид кверцетина	3,11	2,05	2,71	2,25
5.	Неидентифицированный ацилированный гликозид кверцетина	0,32	0,21	0,29	0,24
6.	Кверцетин	0,48	0,32	0,46	0,38

Как свидетельствуют полученные результаты, в брусничном соке присутствуют кверцетин и, в подавляющих количествах, его гликозиды – *кверцитрин* – 3 - рамнозид-кверцетина, *авикулярин*- 3-арабинозид-кверцетина, *гиперозид*- 3-галактозид-кверцетина. На их долю приходится порядка 77 % (в соке без ФОЯ) и 81 % (в СФБ), обнаруженных флавоноидных соединений (таблица 11).

С каждым годом возрастает число выделенных из растений флавоноидных гликозидов, ацилированных по углеводным остаткам. К сожалению, в брусничных соках не удалось идентифицировать обнаруженные в их составе ацилированные гликозиды кверцетина (рисунок 12). И в этом направлении, по всей видимости, предстоит еще определенная работа. Но, в общем, тенденция прослеживается, и полученные результаты убедительно демонстрируют, что проведение предварительной обработки ягод способствует существенному увеличению выхода в соковую фракцию флавоноидных компонентов (в 1,1 - 1,6 раза) (таблица 11).

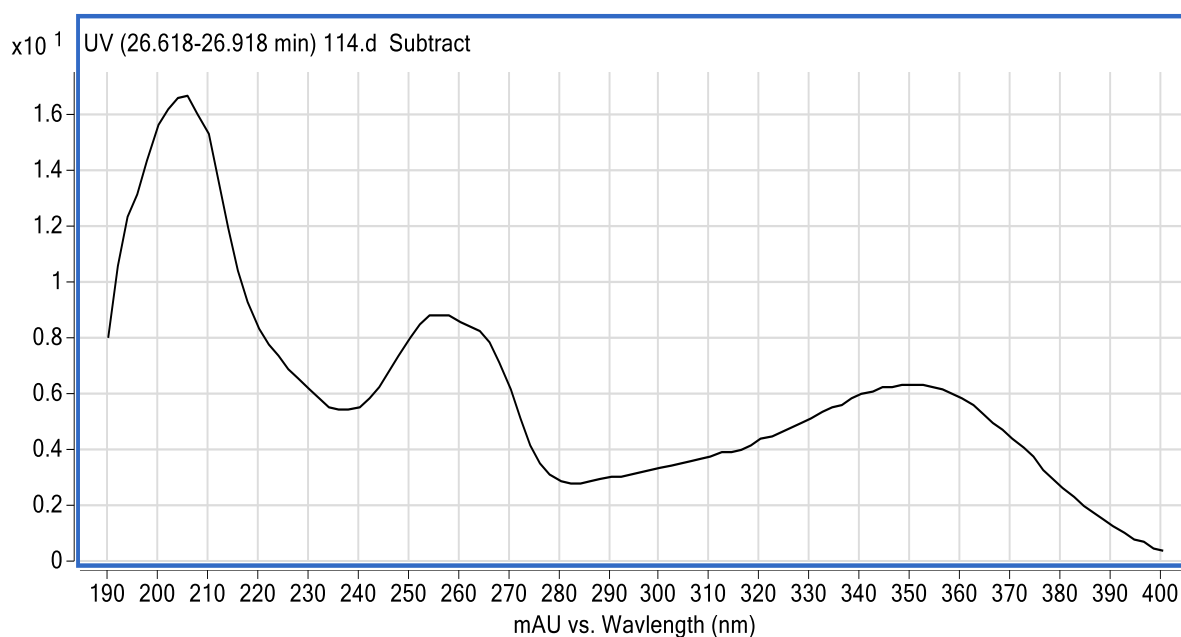


Рисунок 12 - УФ - спектр неидентифицированного ацилированного гликозида кверцетина ($t_r = 26,7$ мин)

Относительно немногочисленную группу флавоноидных соединений составляют антоцианы. В растительном мире они присутствуют в виде разнообразных гликозидов, обуславливая богатейшую гамму окраски цветов, плодов и листьев [91, 141, 146, 152, 166].

Антоцианы брусники представлены цианидин-3-галактозидом, цианидин-3-арабинозидом, цианидин-3-глюкозидом (таблица 12, рисунок 13, рисунок 14). Самой сильной антиокислительной способностью среди представленных антоцианов обладает цианидин-3-глюкозид [166].

Таблица 12 - Состав антоцианов брусничного сока, %

Наименование	Сок, полученный без ФОЯ	СФБ, полученная с МЭК-2
Цианидин-3-галактозид	79,6	80,0
Цианидин 3-глюкозид	5,4	4,3
Цианидин 3-арабинозид	15,0	15,7

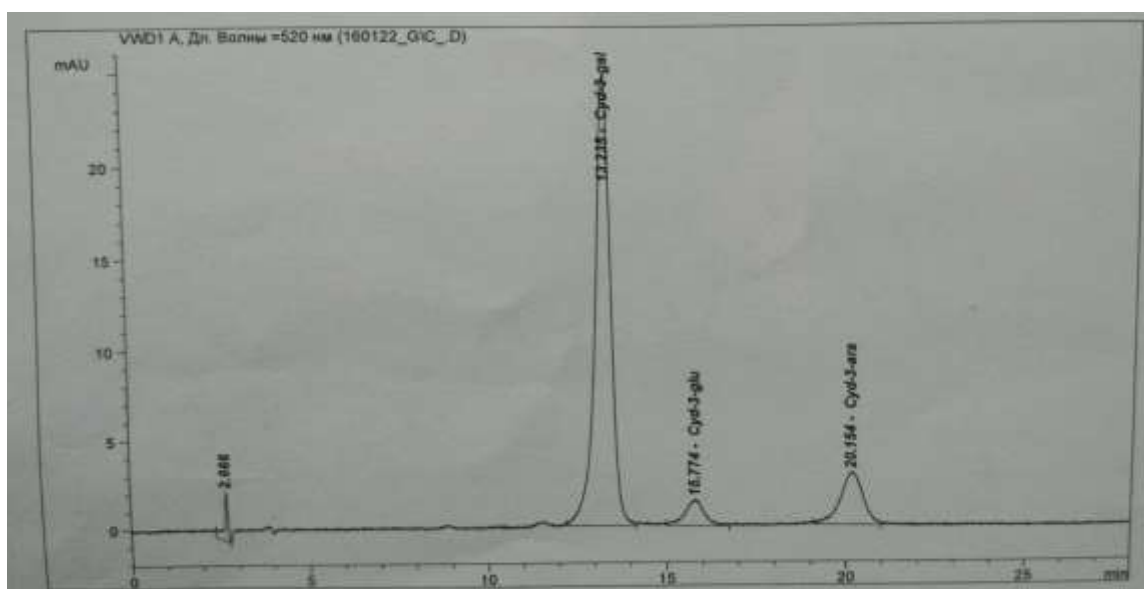


Рисунок 13-Хроматограмма антоцианов сока без ФОЯ

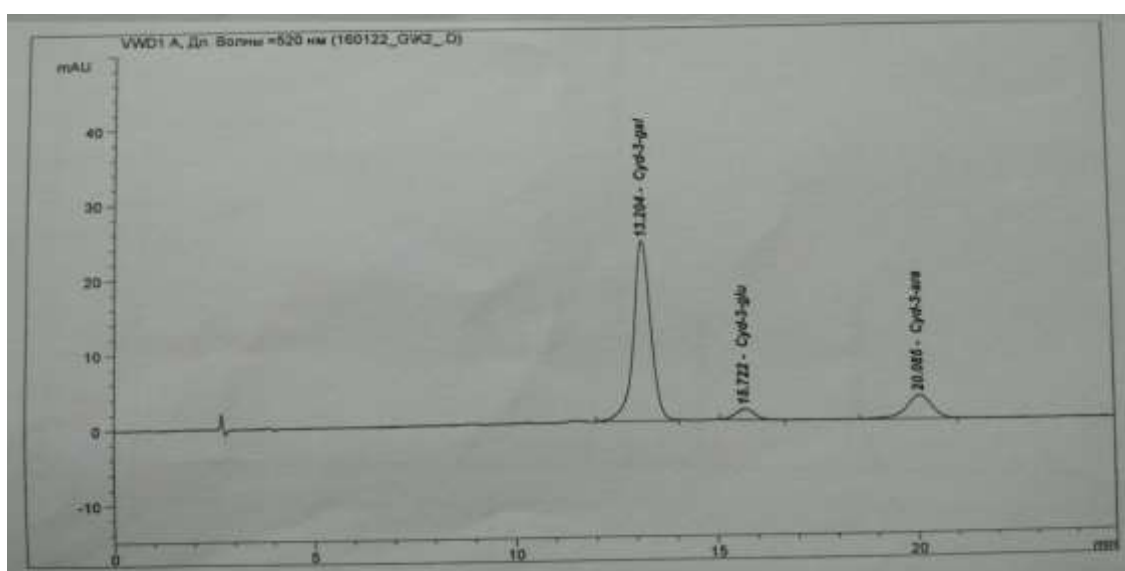


Рисунок 14- Хроматограмма антоцианов СФБ, полученной с МЭК-2

Доминирует из антоцианов цианидин-3-галактозид: на его долю приходится порядка 80 % обнаруженных антоцианов; затем следует цианидин-3-арабинозид (15 и 15,7 %) и завершает количественный ряд цианидин-3-глюкозид (порядка 5 %) (таблица 12). Причем проведение ферментативной обработки существенно не сказывается на количественном перераспределении антоциановых компонентов.

Важнейшими среди флавоноидов являются соединения, которые зачастую называют катехинами. В настоящее время к ним проявляется неподдельный

Таблица 13 - Содержание катехинов и галловой кислоты в соке без ФОЯ и СФБ

наименование компонента	время удерживания, мин	Сок без ФОЯ		СФБ с МЭК2	
		мг/кг	мг/кг ягод	мг/кг	мг/кг ягод
галловая кислота	8,4	1,71	1,13	1,97	1,64
эпигаллокатехин	16,9	-	-	11,28	9,36
эпикатехин	23,0	67,78	44,73	74,67	62,0
эпигаллокатехин	23,5	3,94	2,60	7,85	6,52
галлат	24,9	4,36	2,88	7,08	5,88
галлокатехин галлат	30,2	2,83	1,87	3,68	3,05
эпикатехин галлат		80,62	53,21	104,5	86,81
сумма катехинов (без учета галловой кислоты)				6	

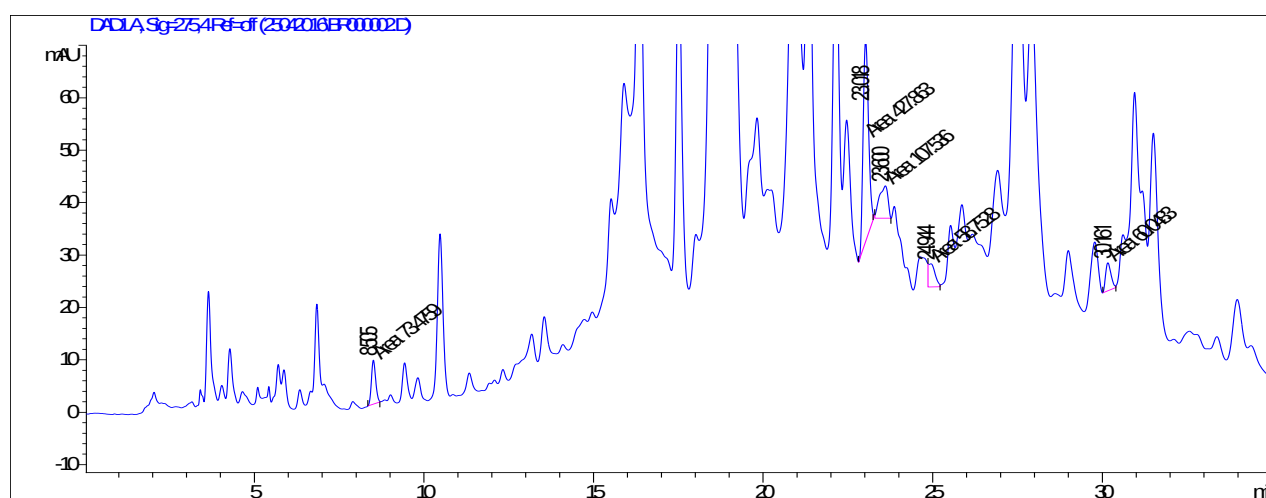


Рисунок 15 – Хроматограмма катехинов в брусничном соке без ФОЯ

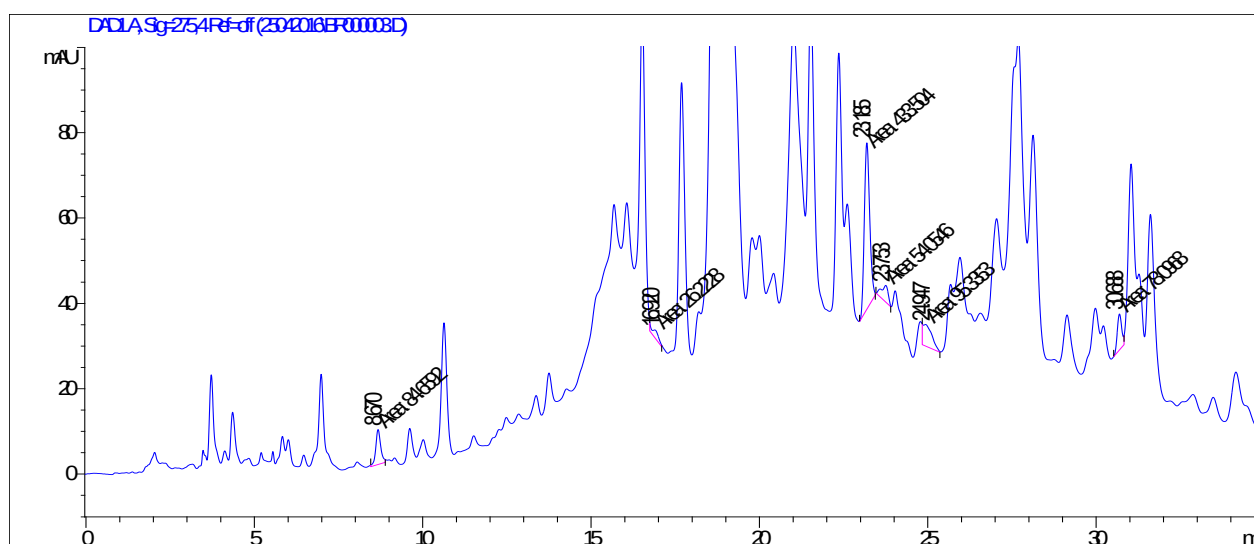


Рисунок 16 – Хроматограмма катехинов в СФБ, полученной с МЭК-2

В составе катехинов в СФБ отмечается увеличение выхода по всем соединениям катехинов (в 1,4 - 2,5 раза) (таблица 13). Среди катехиновых соединений явно преобладает эпикатехин: 85,8 и 71,4 % в соке без ФОЯ и СФБ соответственно. Уменьшение доли эпикатехина среди катехиновых соединений СФБ объясняется наличием в составе достаточного количества эпигаллокатехина (10,8 %), присутствие которого в соке без ФОЯ не обнаружено. На долю галловых эфиров катехинов - эпигаллокатехин галлата, галлокатехин галлата и эпикатехин галлата приходится 14,2 и 17,8 % в соке без ФОЯ и в СФБ соответственно (таблица 13).

Особенной фракцией флавоноидных соединений, а точнее сказать, их метаболитов, являются фенольные кислоты: гидроксикоричные и гидроксibenзойные. В бруснике присутствуют представители всех этих кислот [118].

Гидроксикоричные кислоты усиливают защитные функции организма и способствуют поддержанию адаптационного потенциала организма, оказывают противовоспалительное действие, усиливают активность белков, защищающих организм от чужеродных агентов (в т.ч. микроорганизмов), стимулируют действие фагоцитов против вирусов и бактерий, повышают выработку интерферонов [83].

Согласно результатам хроматографических исследований в соках обнаружены: кафтаровая, хлорогеновая, 4-кофеилхинная, п-кумаровая, феруловая и кофейная кислоты (таблица 14, рисунок 17, рисунок 18). Из гидроксibenзойных определяли галловую кислоту (таблица 14).

Таблица 14- Состав и содержание гидроксикоричных кислот соковой фракции мезги ягод брусники

Наименование кислоты	время удерживания, мин	Сок без ФОЯ		СФБ с МЭК-2	
		мг/кг	мг/кг ягод	мг/кг	мг/кг ягод
кафтаровая кислота	14,9	0,87	0,57	1,64	1,36
хлорогеновая кислота	19,2	35,17	23,21	38,72	32,14
(5-кофеилхинная)	19,8	18,64	12,31	20,04	16,63
4-кофеилхинная кислота	21,9	4,85	3,20	5,24	4,35
кофейная кислота	28,0	15,21	10,04	15,70	13,03
п-кумаровая кислота	30,9	36,13	23,85	39,34	32,65
феруловая кислота		110,87	73,18	120,68	100,16
сумма гидроксикоричных кислот					

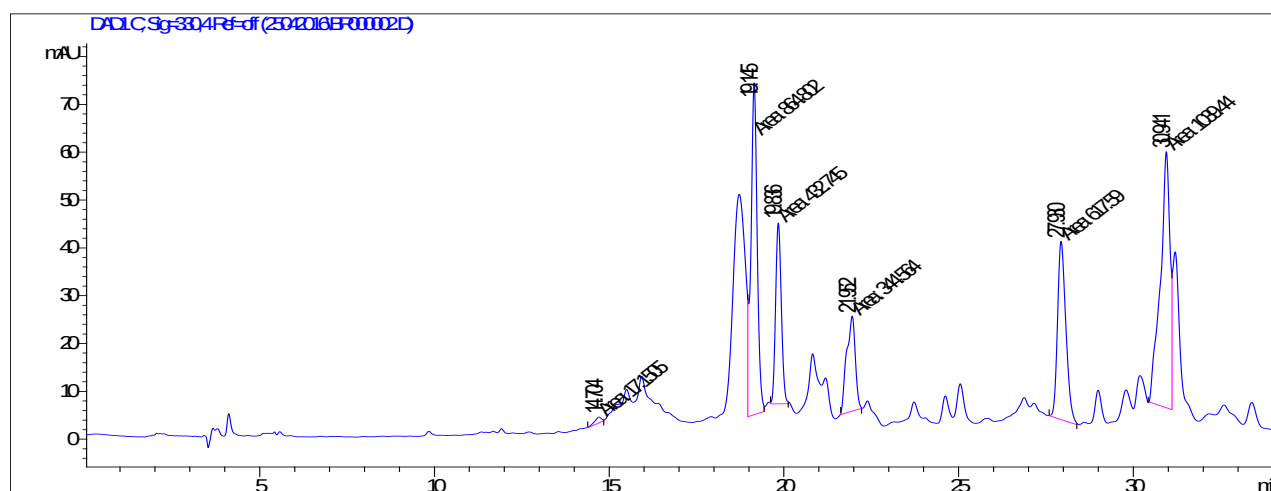


Рисунок 17 – Хроматограмма гидроксикоричных кислот в соке без ФОЯ

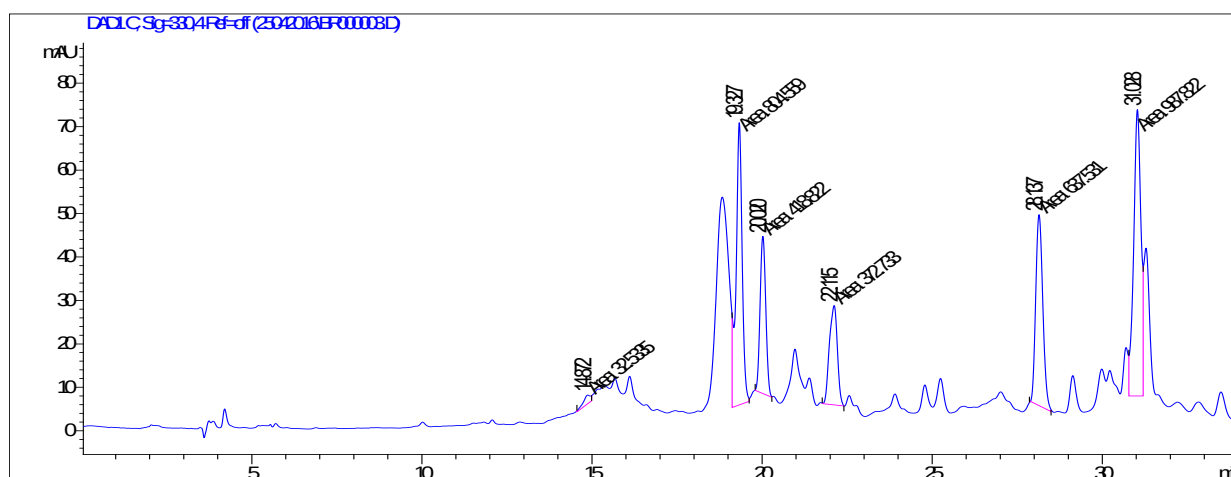


Рисунок 18 – Хроматограмма гидрохлоркоричных кислот в СФБ с МЭК-2

С точки зрения количественной оценки соковая фракция ферментативно обработанной мезги ягод характеризуется более высоким (в 1,1 - 1,9 раза) содержанием гидрохлоркоричных и галловой кислот (таблица 13, таблица 14).

Галловая кислота обладает антибактериальным, антивирусным, гипогликемическим, антиоксидантным действием, ускоряет заживление ран и ожогов [118]. Содержание галловой кислоты в образцах составляет 1,71 и 1,97 мг/кг в соке без ФОЯ и СФБ соответственно (таблица 13).

Бесспорным лидером среди гидрохлоркоричных кислот являются феруловая и хлорогеновая кислоты. На их долю приходится порядка 65 % от общего содержания кислот (таблица 14). Применение композиции ФП для обработки мезги ягод брусники позволяет интенсифицировать процесс их экстракции в 1,4 раза (таблица 14). Известно, что феруловая кислота связана с арабиноксиланами стенок растительных клеток [118]. Поэтому эффект от применения ферментов очевиден. Выявленные кислоты обладают высокими антиоксидантными свойствами. Установлено, что антиоксидантная активность хлорогеновой кислоты в 27 раз превышает антиоксидантную активность нарингенина (главного флавоноида грейпфрута) [118]. И по антиоксидантной активности их можно расположить в ряд: кофейная > феруловая > хлорогеновая >> нарингенин [118]. Кофейная кислота содержится в соках в незначительном количестве (4,85 и 5,24 мг/кг в соке без ФОЯ и СФБ соответственно), но ее присутствие будет

способствовать повышению антиоксидантной активности соков. Кроме того, для хлорогеновой и кофейной кислот показано гипогликемическое действие [159]. В опытах *in vivo* и *in vitro* установлена более высокая биодоступность кофейной кислоты по сравнению с хлорогеновой кислотой [159]. Показано, что после приема хлорогеновой и кофейной кислот в тонком кишечнике всасывается порядка 33 % хлорогеновой и почти вся кофейная кислота (95 ± 4 %). При этом ~ 11 % кофейной кислоты выводится с мочой, в то время как после приема хлорогеновой кислоты в моче обнаруживались лишь ее следы [159]. По мнению авторов, хлорогеновая кислота интенсивно включается в процессы биохимических превращений в организме человека. В литературе приводятся данные, что хлорогеновая, кофейная, феруловая кислоты оказывают мягкое гипохолестеринемическое действие, снижают риск развития ССЗ, желчекаменной болезни [118].

Особенное свойство флавоноидов – проявление ими высокой антиоксидантной активности. Известно, что антиоксидантные свойства усиливаются при объединении нескольких антиоксидантов, это объясняется их способностью к синергизму [41]. Учитывая, что проведение ферментативной обработки мезги ягод брусники позволило существенно обогатить соковую фракцию дополнительными количествами флавоноидных соединений и фенольных кислот, удерживаемых органическим материалом и не проявляющих свою биологическую активность, следует ожидать повышения ее антиоксидантной активности. Для исследования влияния предварительной ферментативной обработки мезги ягод брусники на антиоксидантные свойства соковой фракции проводили определение антиоксидантной активности соков, выделенных из мезги ягод брусники, ферментативно-обработанной и не подвергавшейся обработке ФП.

Антиоксидантную активность определяли по отношению к DPPH-радикалу [139]. Полученные результаты представлены в таблице 15.

Таблица 15 - Антиоксидантная активность брусничных соков, в ед. ТЕАС

Наименование образца	Антиоксидантная активность, мг/100 см ³
Сок без ФОЯ	318
СФБ, полученная с МЭК-2	437

Как следует из представленных данных, проведение предварительной ферментативной обработки мезги ягод брусники способствует увеличению антиоксидантной активности соковой фракции на 40 % (таблица 15).

На завершающем этапе исследований изучали влияние предварительной ферментативной обработки мезги ягод брусники на минеральный состав соковой фракции. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о наличии богатого и разнообразного комплекса минеральных компонентов (таблица 16).

Таблица 16 - Минеральный состав брусничного сока и СФБ, полученного с применением МЭК - 2 (мг/кг)

Наименование элемента	Сок, полученный без ФОЯ	СФБ, полученная с применением МЭК-2
Серебро	0,13	0,14
Алюминий	63,23	93,1
Кальций	104,1	98,6
Цинк	1,32	1,61
Хром	0,08	0,18
Железо	3,02	3,94
Калий	425,0	481,85
Литий	0,64	0,76
Магний	45,55	60,55
Марганец	25,92	33,66
Натрий	32,45	16,44
Никель	0,16	0,28
Фосфор	170,2	209,1
Кремний	4,64	8,48

Анализ полученных результатов показывает, что проведение ферментативной обработки мезги ягод брусники положительно сказывается на минеральном составе соковой фракции: отмечается увеличение содержания

большинства исследуемых минеральных компонентов. По-видимому, локализуясь в ягодах в составе водорастворимых солей, минеральные вещества легко переходят в соковую фракцию за счет применения активного комплекса гидролаз, расщепляющих некрахмальные полисахариды клеточной стенки и разрушающих множественные ассоциативные связи, удерживающие минеральные вещества со структурными образованиями.

Лидирующие позиции среди минеральных веществ принадлежат калию (его содержание 425 мг/кг в соке и 481,85 мг/кг в СФБ) (таблица 16). Известно, что соли калия положительно действуют на организм: ещё находясь в кишечнике, калий задерживает образование мочевой кислоты, избыток которой может привести к отложению солей и мочекаменной болезни, участвует в поддержании осмотического давления и кислотно-щелочного равновесия в организме, необходим для нормальной деятельности мышц, в том числе сердца [9, 83].

Достаточно высокие показатели по содержанию фосфора и кальция.

Кальций и фосфор участвуют в построении костной ткани [132]. Кроме того, выявлена протекторная роль кальция в отношении радионуклидной и свинцовой интоксикации; фосфор способствует нормальной работе почек, росту клеток, а также принимает участие в процессе усвоения витаминов и преобразования пищи в жизненную энергию [132]. Содержание этих жизненно важных элементов составляет 104,1 мг/кг и 170,2 мг/кг в брусничном соке без ФОЯ и 98,6 мг/кг и 209,1 мг/кг в СФБ соответственно (таблица 16).

Из других макроэлементов следует отметить наличие магния и натрия.

Магний подобно калию является основным внутриклеточным катионом. Он необходим для предупреждения аритмии и быстрой утомляемости, поддерживает нормальную работу сердечно - сосудистой системы [132]. Содержание магния составляет 45,55 мг/кг в соке без ФОЯ и 60,55 мг/кг в СФБ (таблица 16). Примечательно, что уровень содержания натрия в СФБ снижается (почти в два раза) и составляет 16,44 мг/кг против 32,45 мг/кг в соке без ФОЯ (таблица 16).

Из обнаруженных микроэлементов следует упомянуть о марганце. Его содержание в СФБ по сравнению с соком увеличивается в 1,3 раза и составляет

33,66 мг/кг (таблица 16). Марганец положительно влияет на функцию кроветворных органов, проявляет антиоксидантные свойства, участвует в липидном обмене (препятствует отложению жира в печени), принимает участие в углеводном обмене (необходим для секреции инсулина – гормона поджелудочной железы) и синтезе холестерина [132].

В соке, выделенном из мезги ягод брусники, присутствует алюминий, он играет важную роль в построении костной и соединительной ткани, образовании кожного эпителия [132]. Установлено, что в результате ферментативной обработки содержание алюминия в соковой фракции возрастает в 1,5 раза и составляет 93,1 мг/кг (таблица 16).

В гораздо меньших количествах в брусничном соке присутствуют кремний, железо, цинк, литий, серебро и хром (таблица 16).

Таким образом, проведенными исследованиями экспериментально обоснована целесообразность проведения предварительной ферментативной обработки ягод брусники при получении порошкового концентрата для увеличения сокоотдачи ягод и наиболее полного извлечения и перевода в растворимую форму эссенциальных, минорных и биологически активных веществ ягод. Применение комплекса гидролитических ферментов для предобработки ягод брусники позволяет получить ягодный полуфабрикат в виде ферментивно обработанной мезги ягод брусники, в соковой фракции которой существенно выше содержание физиологически активных и полезных для сохранения и укрепления здоровья человека ингредиентов, таких как витамин С, органические кислоты, минеральные вещества, полифенольные соединения, в том числе катехины, антоцианы, проантоцианидины, что обуславливает проявление ею более высоких антиоксидантных свойств по сравнению с соковой фракцией мезги ягод, полученной без ферментативной обработки.

Заключение

Исследовано влияние предварительной ферментативно обработанной мезги ягод брусники на химический состав соковой фракции.

Показано, что предварительная ферментативная обработка ягод брусники с применением МЭК-1 и МЭК-2 позволяет существенно (в 1,2 – 2,0 раза) повысить выход в соковую фракцию полезных для здоровья человека компонентов ягод, натуральных антиоксидантов, консервантов и природных красителей: редуцирующих сахаров (в 1,15 – 1,2 раза), белка (в 1,2 – 1,3 раза) полифенольных соединений (в 1,2 – 1,3 раза), антоцианов (в 1,2 – 1,3 раза), проантоцианидинов (в 1,3 – 2,0 раза), катехинов (в 1,7 раза), витамина С (в 1,5 – 1,6 раза), минеральных веществ (в 1,15 раза), органических кислот (в 1,2 – 1,3 раза), в том числе бензойной и салициловой кислот (в 1,4 – 1,7 раза), по сравнению с соком, выделенным из мезги ягод брусники, не обработанной ФП.

На примере соковой фракции мезги ягод брусники, предварительно обработанной композицией ФП *Rapidaza CR* и *Laminex BG2* (МЭК-2):

- Исследован профиль флавоноидов. Выявлено присутствие в ее составе кверцетина и в подавляющих количествах его гликозидов в том числе, кверцитрина, авикулярина, гиперозида, на долю которых приходится порядка 81 % обнаруженных в соковой фракции флавоноидных соединений.

- Изучен качественный и количественный состав антоциановых, катехиновых соединений и гидроксикоричных кислот и минеральных кислот. Установлено, что серия антоцианов соковой фракции мезги ягод брусники построена на основе цианидина; преобладает из антоцианов – цианидин-3-галактозид (80 % обнаруженных антоцианов). Показано, что проведение ферментативной обработки не приводит к существенному количественному перераспределению антоциановых компонентов.

- С применением ВЭЖХ установлено, что среди катехиновых соединений преобладает эпикатехин (71,4 %), обнаружены галловые эфиры катехинов – эпигаллокатехин галлат, галлокатехин галлат и эпикатехин галлат (17,8 %) и дополнительно идентифицирован эпигаллокатехин (10,8 %), присутствие которого в соке, выделенном из мезги ягод брусники, не обработанной ФП, выявлено не было.

- Установлено, что гидроксикоричные кислоты соковой фракции ферментативнообработанной мезги ягод брусники представлены кафтаровой, хлорогеновой, 4-кофеилхинной, п-кумаровой, феруловой и кофейными кислотами с явным преобладанием в количественном отношении феруловой и хлорогеновой кислот (~ 65 % обнаруженных кислот). Среди минеральных веществ преобладает калий (~ 48 % выявленных минеральных компонентов). Достаточно высокие показатели по содержанию фосфора и кальция. Из других макроэлементов следует отметить наличие марганца и натрия. Из микроэлементов присутствуют марганец, алюминий, кремний, железо, цинк, литий, серебро и хром.

- Выявлена более высокая (в 1,4 раза) антиоксидантная активность соковой фракции, предварительно обработанной мезги ягод брусники, по сравнению с соком, выделенным из мезги ягод брусники, не обработанной ФП.

2.2.4 Получение и характеристика сублимированного порошкового концентрата ягод брусники

Применение ягод брусники в пищевых технологиях носит сезонный характер, поэтому современные технологии хранения и переработки ягод брусники должны быть ориентированы на максимальное использование и сохранность биологически активных веществ ягод и получение технологичных полуфабрикатов, удобных в хранении, транспортировке и применении в производственных процессах.

Современные способы высушивания являются высокоэффективными и прогрессивными, позволяющими комплексно решать задачу рационального использования природных биоресурсов.

Современным способом высушивания и получения растительных порошков является вакуумная сублимационная сушка [4, 10, 94, 95, 102, 103]. Плоды и ягоды во время сушки не подвергаются воздействию высоких температур, что позволяет максимально сохранить биологическую ценность сырья [102]. Продукты, полученные с использованием этой технологии, отличаются высоким качеством и хорошей восстанавливающей способностью. Существенным минусом сублимационной сушки является большие удельные энергетические затраты, а также сложное дорогостоящее оборудование [4, 5, 102].

Физическая основа технологии вакуумной сублимационной сушки базируется на использовании фазового перехода «лёд-пар» из предварительно замороженного материала. В соответствии с этим, эта технология включает три этапа: замораживание, сублимация и удаление остаточной влаги [102].

Соотношение количества влаги, удаляемой на этапе сублимации и на стадии досушивания, зависит от температуры сублимации, а также от теплофизических характеристик каждого конкретного вида сырья. В конечном итоге получают продукт с массовой долей влаги 1 - 10 %, что создает

предпосылки для его длительного хранения в условиях нерегулируемых температур.

В настоящем разделе представлены результаты исследований по:

- получению порошкового концентрата ягод брусники способом сублимационной сушки;
- изучению органолептических показателей, гранулометрического, химического состава и антиоксидантной активности порошкового концентрата ягод брусники;
- изучению изменений состава, органолептических и микробиологических показателей в процессе хранения;
- разработке технологической схемы получения порошкового концентрата ягод брусники;
- разработке проекта технической документации (ТД) на порошковый концентрат ягод брусники (ТИ и ТУ).

2.2.4.1 Получение порошкового концентрата ягод брусники

Порошковый концентрат ягод брусники получали способом вакуумной сублимационной сушки с использованием экспериментального стенда СВП-0,36 (стенд вакуумных процессов) (рисунок 19).



Рисунок 19 - Лабораторный комплекс СВП-0,36

1. Вакуумная камера; 2. Холодильная станция – 2 шт.; 3. Вакуумная станция; 4. Пульт управления; 5. Пульт управления среднетемпературной холодильной машиной; 6. Пульт управления низкотемпературной холодильной машиной; 7. Персональный компьютер оператора.

Экспериментальный стенд предназначен для исследования в лабораторных условиях процессов вакуумного обезвоживания широкого спектра жидких, пастообразных и твердых материалов (мясо, рыба, молоко и продукты на их основе, пищевые красители, ферменты, лекарственные травы, фрукты, овощи и др.).

Принципиально значимой особенностью конструкции является наличие двух систем вакуумирования и холодоснабжения. Первая из них позволяет реализовать традиционную вакуумную сублимационную сушку фазовым переходом «лед-пар», вторая – обезвоживание в режиме вакуумного испарения. Эти два режима могут быть совмещены в рамках единого цикла сушки, в любых сочетаниях длительности каждого из них [102].

Установка оснащена тремя вакуумными насосами различной производительности для создания рабочего давления в камере (порядка 10 - 70 Па при сублимационной сушке и порядка 2000 - 4000 Па при сушке вакуумной), а также для откачки неконденсирующихся газов (два механических 5 дм³/с и 1 дм³/с, один мембранный). Стенд имеет две холодильные станции, оснащённые приборами КИПа (для обеспечения работы десублиматора – при сублимационной сушке, и конденсатора «плачущего типа» - для вакуумной сушки). Контур низкотемпературного (до - 40 ° С) и среднетемпературного (на уровне 0 ± 2 ° С) холодоснабжения являются полностью независимыми.

Основные фрагменты внутренней конструкции сушильной камеры представлены на рисунке 20, рисунке 21. Они иллюстрируют расположение нагревателей и противней с испытуемым материалом в правой (сушильной) части рабочей камеры. Подвод тепла кондуктивный, радиационный, а также в совмещённом режиме. Противни с высушиваемым материалом располагаются на общей несущей раме, которая через тензометрические датчики связана с весами, позволяющими контролировать важнейший параметр любого процесса обезвоживания, т.е. убыль массы во времени.

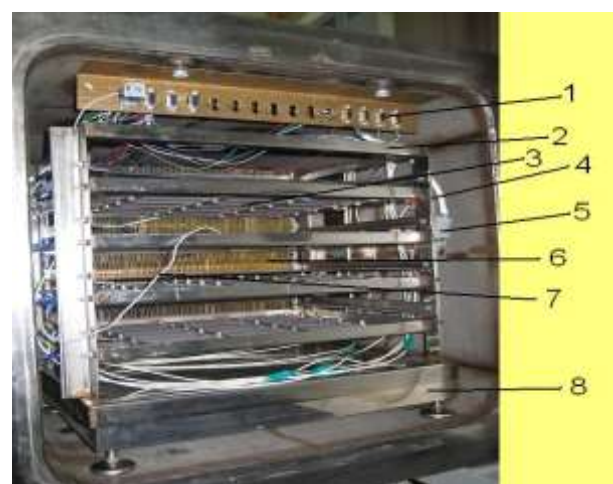


Рисунок 20- Сушильный блок: 1. Панель подключения термопар; 2. Съемная несущая рама; 3. Электронагреватели (4шт.); 4. Тумблер вкл/выкл электронагревателей (4шт.); 5. Силовой разъем; 6. Конденсатор «плачущего» типа; 7. Термопара (20 шт.); 8. Тензовесы.

На рисунке 21 представлены три панели низкотемпературного десублиматора. За ним в центре камеры расположен конденсатор водяных паров, используемый в режиме вакуумного испарения влаги из объекта сушки. Десублиматор размещён горизонтально, что обеспечивает возможность использования его для предварительного замораживания продукта перед сушкой. Фотографии сделаны при открытых боковых дверцах.

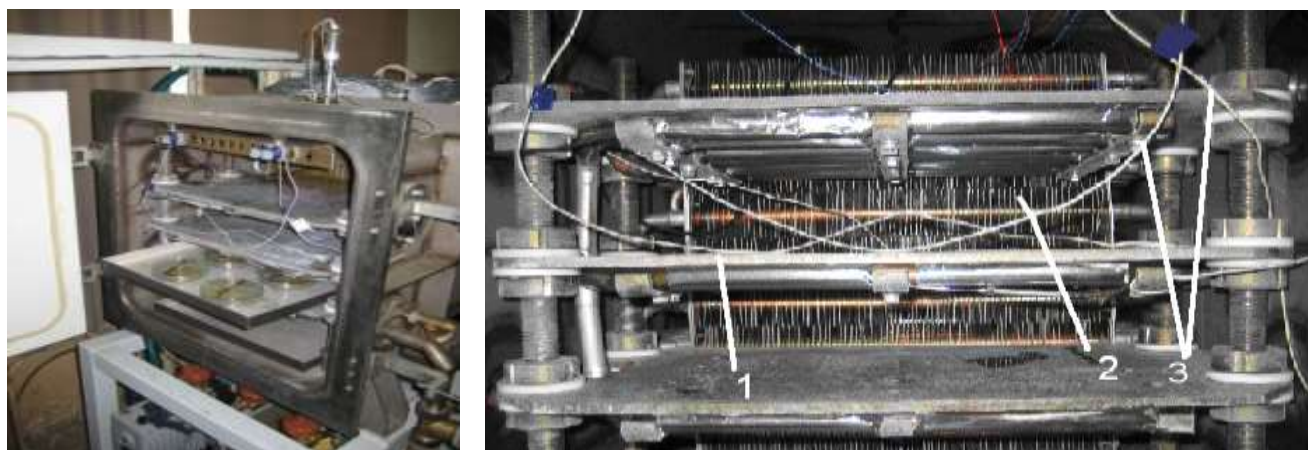


Рисунок 21- Блок конденсации водяных паров: 1. Десублиматор; 2. Конденсатор «плачущего» типа; 3. Термопары.

Управлять энергоподводом можно в ручном и автоматическом режимах (с помощью программного регулятора). Одновременно могут работать от 1 до 4 электронагревателей. Датчиками давления в камере и коллекторе являются вакуумные лампы. Температура в продукте и на нагревателях измеряется термопарами. Температура трубок и плит десублиматора, конденсатора водяных паров, а также дна емкости с продуктом измеряется термометрами сопротивления. Показания передаются на регуляторы температуры. В автоматическом режиме программа энергоподвода задается заранее в программный регулятор. Также на пульт управления выводятся показания по расходу электроэнергии (на каждый узел отдельно). Для визуального наблюдения за процессом сушки камера и дверцы оснащены десятью смотровыми окнами.

Экспериментальный стенд оснащён автоматизированным пультом управления, соединённым с компьютером, с помощью которого можно задавать

необходимые режимы сушки, а также регистрировать и накапливать показания приборов за все предыдущие циклы высушивания.

Перед началом работы проводят санитарную обработку внутренних поверхностей камеры, противней, измерительных частей термодатчиков, а также другой тары, контактирующей с объектом сушки. Перед началом процесса высушивания проводили подготовку ягод брусники с применением разработанного биокаталитического способа предварительной обработки. Ферментативно обработанную мякоть ягод брусники помещали на противни из нержавеющей стали, в продукт помещали термодатчики для регулирования температуры, после чего противни устанавливали на плиты десублиматора (рисунок 22).



Рисунок 22 – Подготовка ферментативно обработанной мякоти ягод брусники

Замороженный продукт в противне помещается в несущую раму 2 между электронагревателями 3 в сушильной камере при радиационном энергоподводе (рисунок 20).

С помощью автоматизированного пульта управления, имеющего выход на компьютер, задавали параметры сушки:

1. Температура на этапе удаления влаги фазовым переходом «лёд-пар» составила «-» 20 – «-» 22 ° C;

2. Максимальная температура на этапе досушивания «+» 36 - «+» 38 °С
3. Среднее давление в камере – 100 Па;
4. Общая продолжительность сушки – 12 часов.
5. Массовая доля влаги в конечном продукте - 5 %

Высушенный продукт – порошковый концентрат ягод брусники (ПКБ) представлял собой довольно плотный слой с хрупкой консистенцией. При выгрузке из противня легко измельчался. После выгрузки полученный продукт дополнительно измельчали миксером, предназначенным для работы с порошковыми продуктами V-Type Kewei Mechanical Manufacturing Co., Ltd., модель VH-0.1.

2.2.4.2 Изучение органолептических показателей, гранулометрического, химического состава и антиоксидантной активности порошкового концентрата ягод брусники

Органолептическая оценка – важнейший показатель качества, так как он определяет спрос на потребительском рынке продуктов (таблица 17).

Таблица 17- Органолептические показатели ПКБ

Наименование показателя	Описание
Консистенция	Мелкодисперсный рассыпчатый порошок
Цвет	Характерный брусничный
Вкус и аромат	Вкус и аромат хорошо выражены. Вкус – приятный, характерно-кислый, свойственный спелым ягодам брусники. Аромат – насыщенный свойственный ягодам брусники. Без постороннего привкуса и запаха.



Рисунок 23 - ПКБ, полученный на экспериментальной сублимационной установке СВП-0,36, после измельчения

ПКБ представляет собой мелкодисперсный порошок характерного брусничного цвета с выраженным ароматом (рисунок 23). Данные, представленные в таблице 17, позволяют оценить эффективность применения вакуумной сублимационной сушки. Все органолептические показатели (цвет, вкус и аромат) свойственны исходному ягодному сырью.

Основополагающей характеристикой порошковых продуктов является оценка их гранулометрического состава. Известно, что в порошках дисперсная фаза – твердое вещество, а дисперсионная среда – газ. Размер частиц одного и того же продукта может значительно колебаться. Размер частиц порошка зависит от способов механической обработки ягод, способов получения порошка, массовой доли влаги в готовом продукте [64].

Для проведения анализа полного гранулометрического состава полидисперсного порошка ягод брусники использовали информационно-измерительную систему, созданную в МГТУ им. Баумана на базе микроскопа «Биолан-И», которая называется «ГИУ-1» (рисунок 24).

Принцип действия ГИУ-1 основан на анализе изображений, полученных с помощью микроскопа «Биолан-И» для порошка, напыленного на предметное

стекло. Анализ изображений осуществлялся с использованием специализированного программного обеспечения «Flour32».

Данная система контроля подходит для полидисперсных порошков, средний эквивалентный диаметр частиц которых не более 500 мкм.

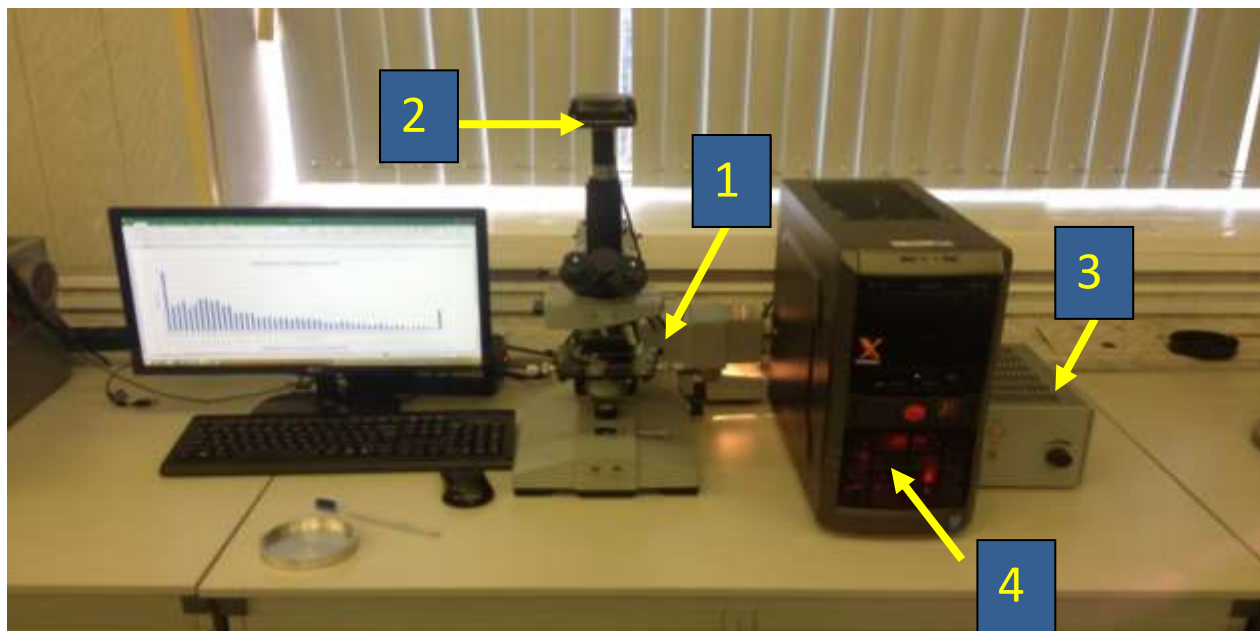


Рисунок 24- Информационно-измерительная система (ГИУ-1) на базе микроскопа «Биолан-И». 1- Микроскоп БИОЛАБ; 2- Камера для электронной микроскопии; 3 - Блок питания освещения; 4 – Персональный компьютер.

На рисунке 25 представлена кривая распределения частиц порошкового концентрата ягод брусники (ПКБ).

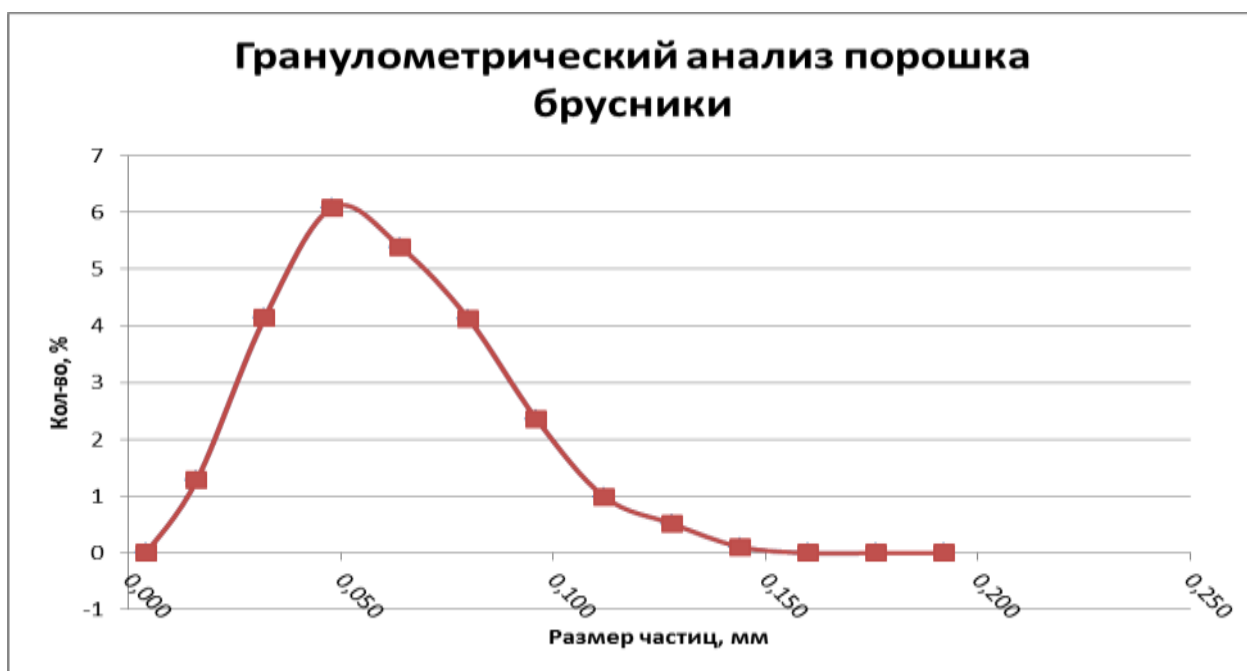


Рисунок 25 – Гистограмма распределения частиц ПКБ по размеру

В ходе анализа просуммировано 11032 частиц. Среднее эквивалентное значение крупности частиц составило 53 мкм. Коэффициент асимметрии 0,5; коэффициент вариации 0,48; среднеквадратичное отклонение 0,024.

Как следует из полученных данных в ПКБ присутствуют частицы от 10 до 130 мкм (рисунок 25, таблица 18).

Таблица 18- Количественное распределение частиц в ПКБ по размеру, %

Образец/ Размер	Менее 1 мкм	10 мкм	30 мкм	50 мкм	65 мкм	80 мкм	95 мкм	110 мкм	130 мкм
ПКБ	75	1,4	4	6	5,5	4	2,4	1	0,5

Как видно из таблицы 18, основной является фракция с частицами менее 1 мкм, количество наиболее крупных частиц – 130 мкм составило 0,5 %, среднее значение крупности частиц 53 мкм (около 6 %). Полученный ПКБ можно считать мелкодисперсным и отнести к подгруппе – пудры, порошки с размером частиц менее $2 \cdot 10^{-6}$ м.

Важным показателем качества плодово-ягодных порошковых продуктов, обуславливающим целесообразность их применения при получении пищевых

продуктов, является химический состав. Проведены комплексные исследования по изучению химического состава порошкового концентрата ягод брусники. Полученные результаты представлены в таблице 19.

Таблица 19 - Химический состав ПКБ

Наименование компонента	Содержание в 100 г
Вода, г	$5,0 \pm 0,05$
Зола общая, г	$1,1 \pm 0,1$
Общий сахар, г	$39,2 \pm 0,9$
Белок, г	$4,2 \pm 0,3$
Пищевые волокна, г	$20,3 \pm 1,5$
Органические кислоты (в пересчете на яблочную), г	$24,4 \pm 0,7$
Полифенольные соединения, мг	3332 ± 270
Антоцианы, мг	1237 ± 28
Витамин С, мг	$139,6 \pm 2,5$
Проантоцианидины, мг	$28,5 \pm 1,7$
Флавоны и флавонолы (в пересчете на рутин), мг	$711,3 \pm 8,5$
Танины, мг	1208 ± 90

Как показывают данные, представленные в таблице 19, ПКБ характеризуется высоким содержанием сахаров и органических кислот, формирующих специфический вкус продукта [83]. Соответственно в порошке их содержание составляет $39,2 \pm 0,9$ г/100 г и $24,4 \pm 0,7$ г/100 г (таблица 19).

Как свидетельствуют данные хроматографических исследований, в спектре органических кислот доминирующая роль принадлежит лимонной кислоте, ее содержание $16,22$ г/100 г (таблица 20). Лимонная кислота в пищевой промышленности (в хлебопечении, для производства шипучих напитков, ликероводочных, кондитерских изделий, желе, кетчупа, майонеза, джема, плавленого сыра, холодного тонизирующего чая, рыбных консервов) используется как регулятор кислотности, для защиты от протекания деструктивных процессов, придания характерного кисловатого вкуса продукции [83].

Наиболее типичной для плодов и ягод является яблочная кислота, которая присутствует в ПКБ в количестве 1,86 г/100 г, из числа других обнаружена хинная кислота в количестве 5,61 г/100 г ПКБ (таблица 20, рисунок 23).

Таблица 20 – Содержание некоторых органических кислот в ПКБ

Наименование кислоты	Содержание кислот, г/100 г
Хинная	5,61
Яблочная	1,86
Лимонная	16,22

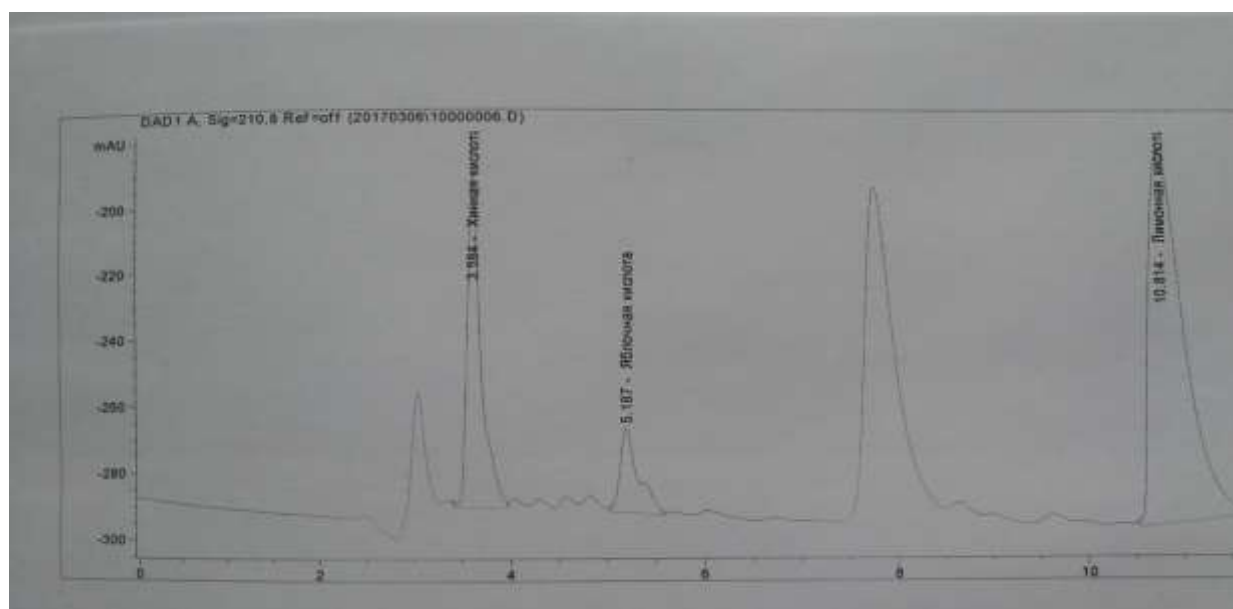
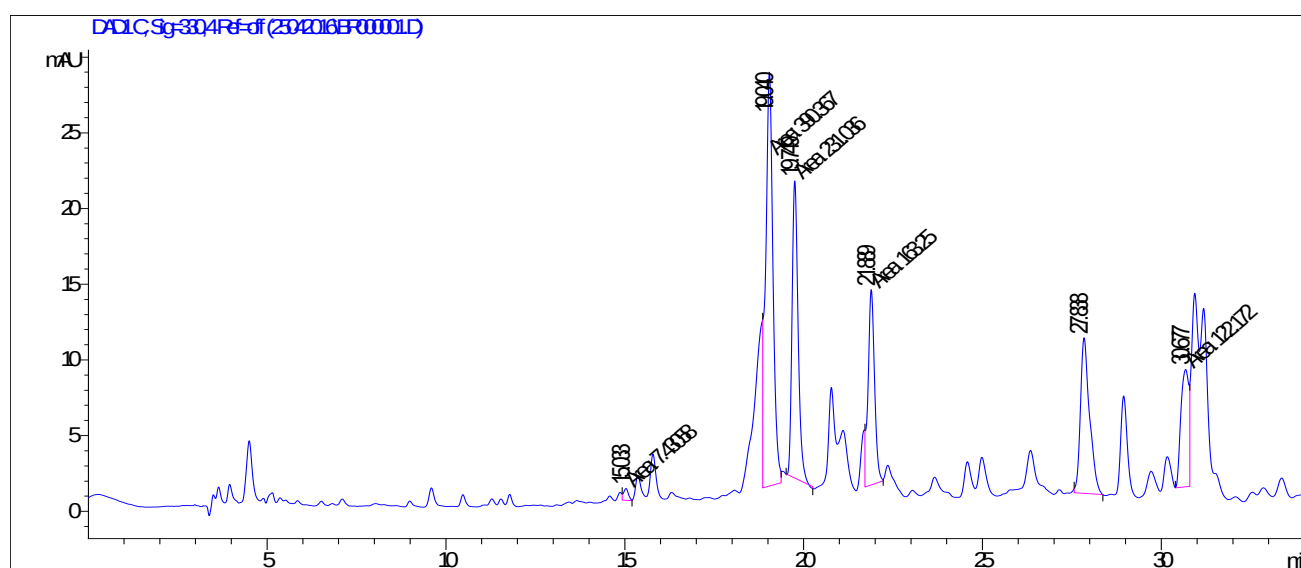


Рисунок 26 – Хроматограмма органических кислот ПКБ

С применением высокоэффективной жидкостной хроматографии проанализирован качественный и количественный состав гидроксикоричных кислот (таблица 21, рисунок 27).

Таблица 21- Содержание гидроксикоричных кислот в ПКБ

Наименование кислоты	время удерживания, мин	Содержание. мг/кг
кафтаровая кислота	14,9	7,77
хлорогеновая кислота	19,2	333,27
4-кофеилхинная кислота	19,8	160,23
кофейная кислота	21,9	48,32
п-кумаровая кислота	28,0	94,29
феруловая кислота	30,9	89,04
сумма гидроксикоричных кислот		732,92

**Рисунок 27 -** Хроматограмма гидроксикоричных кислот ПКБ

В спектре гидроксикоричных кислот доминирует хлорогеновая кислота ($\approx 45\%$) от общего количества обнаруженных кислот и ее структурный изомер 4-кофеилхинная кислота ($\approx 22\%$) (таблица 21). Феруловая кислота и п-кумаровая кислоты обнаруживаются в одном концентрационном интервале (89,04 и 94,29 мг/100 г); почти вдвое меньшем количестве присутствует кофейная кислота (48,32 мг/100 г) и совсем незначительно содержание кафтаровой кислоты (7,77 мг/100 г) (таблица 21).

Уникальной природной кислотой, содержащейся в ягодах брусники, является бензойная кислота. Ягоды брусники занимают лидирующие позиции по содержанию бензойной кислоты среди других плодов и ягод (до 0,2 %) [67].

Антимикробное действие бензойной кислоты широко используется в пищевой промышленности. Консервирующий эффект, который достигается за счет применения бензойной кислоты (солей) при получении пищевых продуктов, обусловлен проявлением противомикробных свойств бензойной кислоты, которые основаны на угнетении активности ферментов в клетках инфицирующей микрофлоры [83]. С применением ОФ ВЭЖХ определено содержание бензойной кислоты в ПКБ, которое составило 238 мг/100 г (рисунок 28).

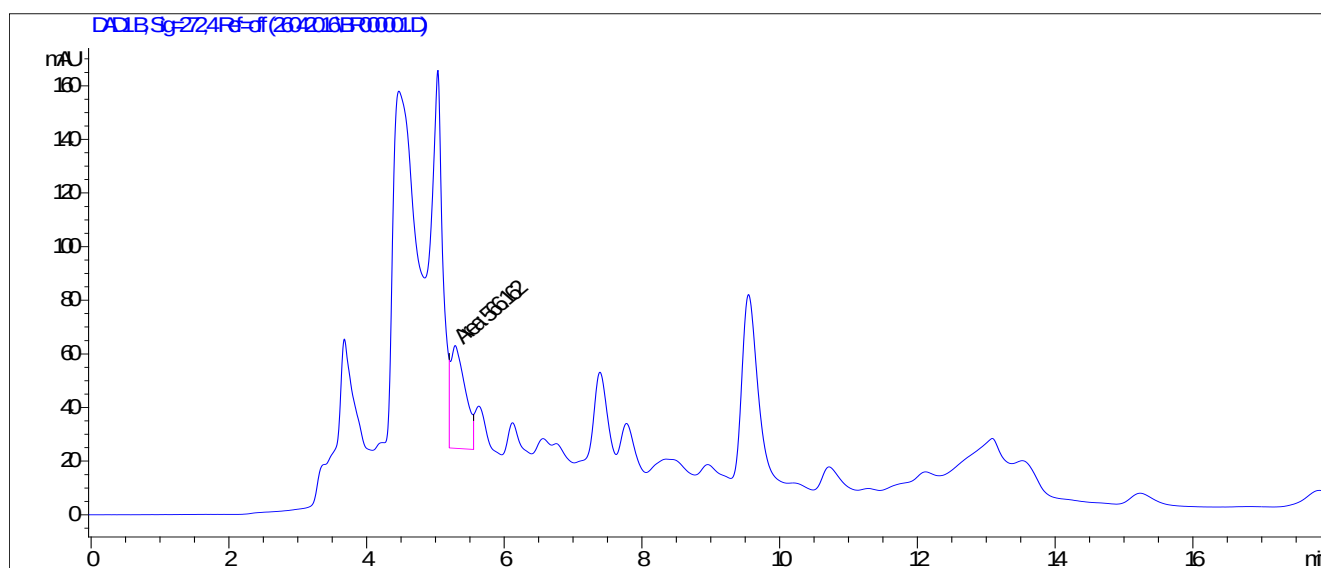


Рисунок 28 – Хроматограмма бензойной кислоты ПКБ

Важным преимуществом ПКБ, является наличие в нем белка, содержание которого составляет $4,2 \pm 0,3$ г/100 г (таблица 19).

ПКБ является носителем компонентов не алиментарного характера природного происхождения – пищевых волокон, которым придается большое значение в профилактике ряда заболеваний желудочно-кишечного тракта, сахарного диабета, нарушений обмена веществ и др. [35, 115, 132]. Содержание пищевых волокон в порошковом продукте значительно и составляет $20,3 \pm 1,5$ г/100 г, что указывает на перспективы использования ПКБ для обогащения пищевых продуктов пищевыми волокнами (таблица 19).

Большую группу биологически активных веществ составляют соединения полифенольной природы, которые достаточно многогранно представлены в ПКБ.

Общее содержание фенольных соединений в ПКБ составляет 3332 ± 270 мг/100 г (таблица 19).

Содержание флавонов и флавонолов (в пересчете на рутин) составило в ПКБ – $711,3 \pm 8,5$ мг/100 г (таблица 19).

В ПКБ выявлено высокое содержание (1237 ± 28 мг/100 г) природных пигментов – антоцианов, обуславливающих характерную брусничную окраску ПКБ (таблица 19), что позволяет рассматривать ПКБ в качестве источника натуральных красителей при производстве пищевых продуктов.

Из уникальных флавоноидных соединений, присущих ягодам брусники, в составе ПКБ определены проантоцианидины. Их содержание составляет $28,5 \pm 1,7$ мг/100 г (таблица 19).

Самой известной группой флавоноидов являются катехины. Содержание катехинов в ПКБ составляет 556,5 мг/кг (таблица 22). Результаты хроматографического анализа состава катехиновых соединений представлены в таблице 22 и на рисунке 29.

Таблица 22 - Состав и содержание катехинов и галловой кислоты в ПКБ

Наименование	время удерживания, мин.	Содержание, мг/кг
галловая кислота	8,4	61,11
эпигаллокатехин	16,9	99,12
эпикатехин	23,0	366,87
эпигаллокатехин галлат	23,5	49,56
галлокатехин галлат	24,9	25,41
эпикатехин галлат	30,2	15,54
сумма катехинов (без учета галловой кислоты)		556,50

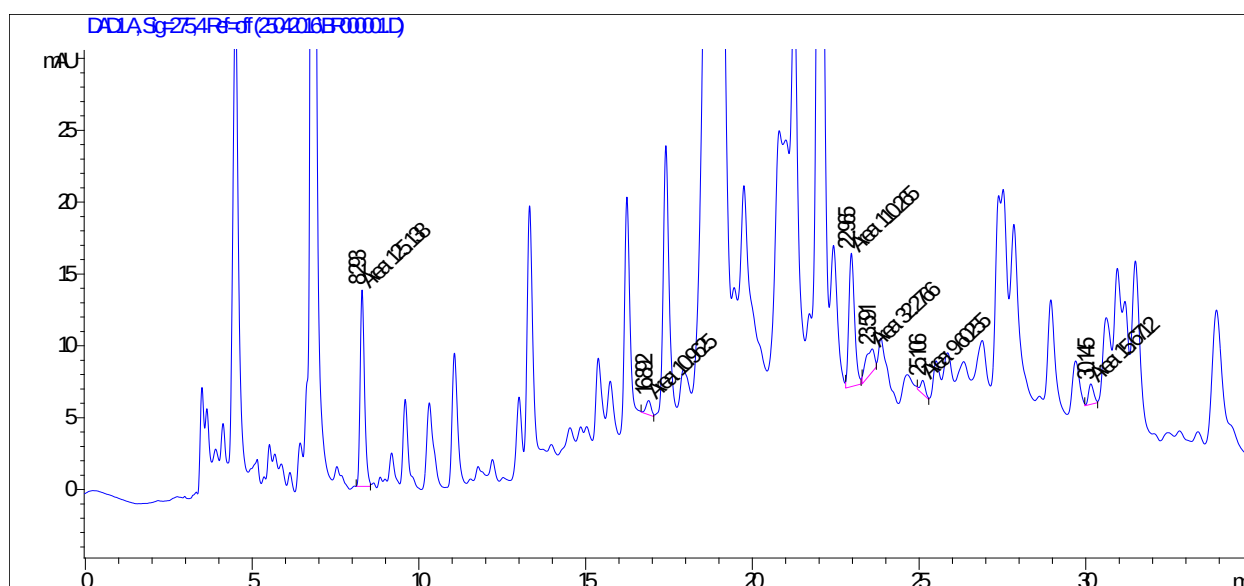


Рисунок 29- Хроматограмма катехинов и галловой кислоты ПКБ

Как показывают данные хроматографических исследований для ПКБ характерен тот же качественный состав и количественные соотношения отдельных катехиновых соединений, что были выявлены для соковой фракции мезги ягод брусники, предварительно обработанной композицией ФП (таблица 13). Более 65 % всех обнаруженных катехинов приходится на долю эпикатехина (таблица 22). Вторым в количественном ряду катехинов стоит эпигаллокатехин – 99,12 мг/кг (≈ 18 %). Важно отметить, что, являясь вторым по количественной значимости среди катехиновых соединений ягод брусники, именно эпигаллокатехин удалось идентифицировать в составе соковой фракции мезги ягод брусники после проведения предварительной ферментативной обработки, что демонстрирует эффективность применения ФП на стадии предварительной обработки мезги ягод для обеспечения более полной экстракции биологически активных соединений и перевода их в биодоступную усвояемую форму.

Дополняют набор катехиновых соединений их эфиры с галловой кислотой – эпигаллокатехин галлат – 49,56 мг/кг, галлокатехин галлат – 25,41 мг/кг, эпикатехингаллат – 15,54 мг/кг (таблица 22).

На полученных хроматограммах идентифицируется галловая кислота (рисунок 29). Содержание ее в ПКБ составляет 61,11 мг/кг (таблица 22).

Характерный терпкий, вяжущий вкус ягодам брусники и продуктам ее переработки придают танины (дубильные вещества), относящиеся к группе фенольных соединений. По своей природе танины представляют собой сложные эфиры фенольной кислоты, преимущественно галловой и эллаговой кислот или образуются конденсацией фенольных соединений – флавонолов, главным образом, флаван-3-олов (катехинов) или флаван-3,4-диолов (лейкоантоцианов) [60, 118]. В растительном сырье, в том числе в ягодах брусники присутствуют представители обоих классов танинов [83]. Как показали данные проведенных исследований содержание танинов в ПКБ составило 1208 ± 90 мг/100 г (таблица 19). В пищевой промышленности танин-содержащее сырье используют для придания продуктам терпкого привкуса, специфического цвета и аромата (пивоварение, виноделие) [93]. Противовоспалительные свойства танинов нашли применение в медицине [9].

С применением ВЭЖХ-ДМД-МС исследован профиль флавоноидов в ПКБ и определено содержание их отдельных представителей (таблица 23, рисунок 30, рисунок 31).

Таблица 23- Содержание флавоноидов в ПКБ

№	Флавоноид	мг/100 г
1.	Гиперозид	20,8
2.	Авикулярин	16,9
3.	Кверцитрин	21,2
4.	Неидентифицированный ацилированный гликозид кверцетина	14,4
5.	Неидентифицированный ацилированный гликозид кверцетина	2,8
6.	Кверцетин	14,0

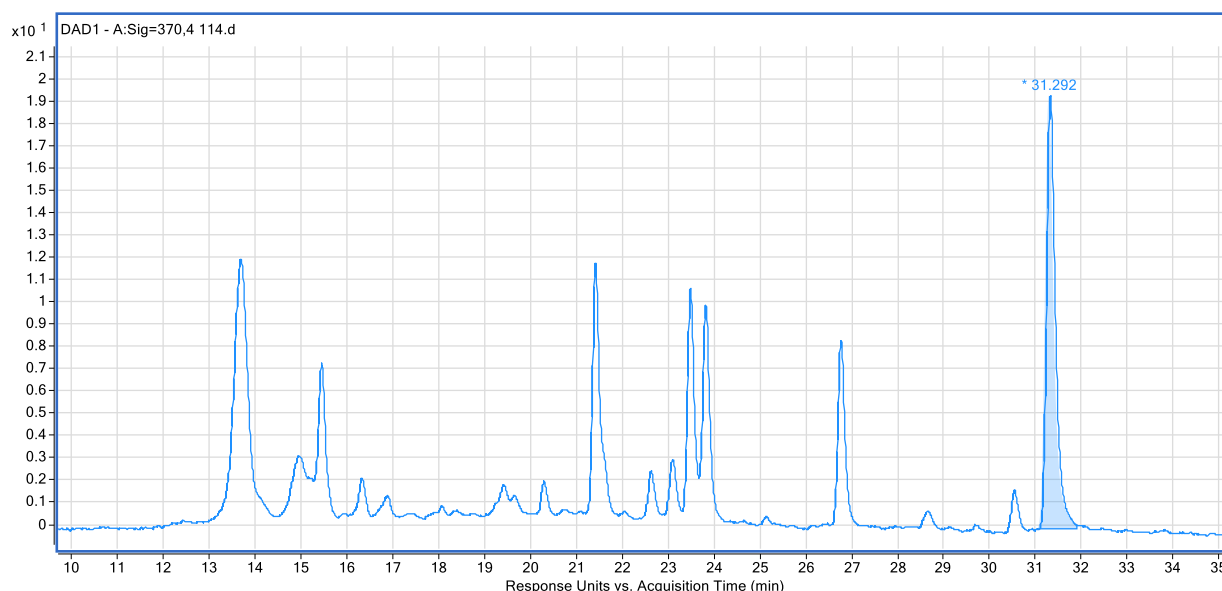


Рисунок 30- Хроматограмма флавоноидов ПКБ с применением ВЭЖХ -ДМД-МС ПКБ, $\lambda=370$ нм (кверцетин)

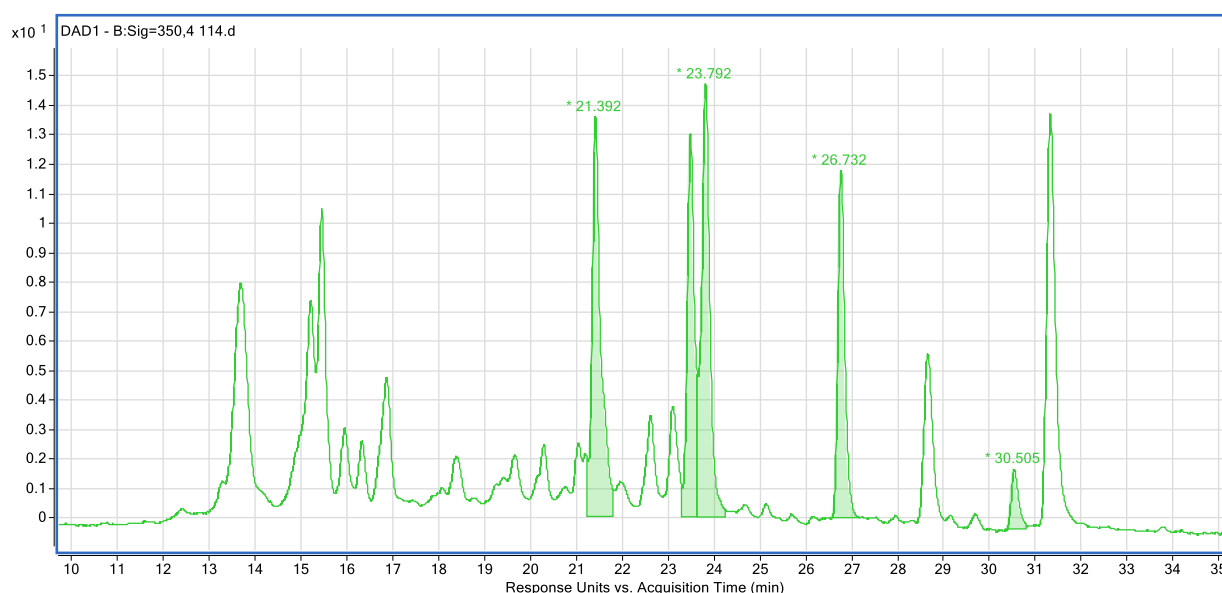


Рисунок 31-Хроматограмма флавоноидов ПКБ с применением ВЭЖХ-ДМД-МС ПКБ, $\lambda=350$ нм (гликозиды кверцетина)

Как свидетельствуют полученные результаты, в ПКБ существенно содержание кверцетина (14 мг/100 г) – наиболее известного флавоноида, по содержанию которого во многом оценивается полезность того или иного растительного сырья (таблица 23, рисунок 30). Но еще в больших количествах идентифицируются его гликозиды – кверцитрин (21,2 мг/100 г), гиперозид (20,8 мг/ 100 г), авикулярин (16,9 мг/ 100 г) (таблица 23, рисунок 31).

Из витаминов в ПКБ определяли содержание витамина С, аккумулирующегося в ягодах брусники в наибольших количествах, которое составило $139,6 \pm 2,5$ мг/100 г (таблица 19).

Дополняют пищевую ценность ПКБ минеральные вещества, присутствующие в широком спектре макро- и микроэлементов (таблица 24).

Таблица 24 - Содержание некоторых минеральных веществ в ПКБ

Наименование элемента	Содержание, мг/кг	Наименование элемента	Содержание, мг/кг
Калий	4363,8	Фосфор	2134,4
Кальций	1058,8	Магний	568,9
Алюминий	31,5	Марганец	211,1
Цинк	12,1	Натрий	72,8
Железо	40,9	Никель	0,8
Кремний	23,34	Литий	0,8
Серебро	0,11	Хром	0,65

Сравнительный анализ результатов исследований минерального состава ПКБ и соковой фракции ферментативнообработанной мезги ягод брусники, показал, что для них характерен один набор минеральных компонентов (таблица 16, таблица 24). Это свидетельствует о том, что механическое измельчение ягод брусники и последующая ферментативная обработка мезги ягод позволяет перевести в соковую фракцию мезги (растворимую форму) в большей или меньшей степени весь комплекс минеральных веществ ягод. Как и в соковой фракции мезги ягод, в ПКБ лидируют калий, фосфор и кальций (4363,8 мг/100 г, 2134,4 мг/100 г и 1058,8 мг/100 г соответственно), сохраняя практически одинаковые пропорции (таблица 24, таблица 16). В существенных количествах присутствует магний 568,9 мг/кг (таблица 24). По сравнению с другими макроэлементами – незначительно содержание натрия (72,8 мг/кг) (таблица 24).

Из микроэлементов в значимых количествах присутствуют марганец, железо, алюминий, кремний и цинк. Присутствие лития, никеля, хрома и серебра дополняет спектр минеральных веществ ПКБ (таблица 24). Проведение

ферментативной обработки мезги ягод брусники практически не сказывается на количественном перераспределении отдельных минеральных компонентов. Исключение составляет алюминий. Полученные результаты позволяют предположить, что механическое измельчение и последующая ферментативная обработка ягод брусники интенсифицирует экстракцию алюминия в соковую фракцию мезги. По своему содержанию (93,1 мг/100 см³) в соковой фракции мезги ягод брусники, предварительно обработанной композицией ФП, алюминий уступает только лишь калию, фосфору и кальцию. В то время как в количественном ряду минеральных веществ ПКБ, алюминию предшествует калий, фосфор, кальций, магний, марганец, натрий и железо (таблица 24, таблица 16).

Завершающим этапом исследования явилось определение антиоксидантной активности ПКБ по отношению к ДРРН радикалу (таблица 25).

Таблица 25- Антиоксидантная активность ПКБ, в ед. ТЕАС

Образец	Антиоксидантная активность, мг/100 г
ПКБ	5370

Уникальное природное сочетание в ПКБ веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, обуславливает проявление им высокой антиоксидантной активности (5373 мг/100 г), являющейся результатом синергического эффекта, обусловленного совместным действием комплекса признанных антиоксидантов, присутствующих в ПКБ (таблица 25).

Таким образом, ПКБ, полученный на основе ферментативно обработанной мезги ягод, посредством вакуумной сублимационной сушки, представляет собой мелкодисперсный порошок, который в соответствии с данными гранулометрического анализа, можно отнести к подгруппе пудры. ПКБ содержит разнообразный комплекс ценных природных компонентов, функциональных пищевых ингредиентов, минорных и биологически активных веществ и является носителем натуральных красителей, консервантов и антиоксидантов. Все это в

совокупности дает основание позиционировать сублимированный ПКБ как перспективный натуральный ингредиент, применение которого при получении пищевых продуктов позволит корректировать пищевую ценность готовых изделий по содержанию эссенциальных и минорных микронутриентов, расширить ассортимент выпускаемой продукции, обогатив ее новой палитрой вкуса, цвета и спецификой аромата.

2.2.4.3 Исследование изменений состава, органолептических, микробиологических характеристик порошкового концентрата ягод брусники

Любой пищевой продукт должен отвечать требованиям безопасности, обеспечивающим сохранение здоровья человека. Поэтому микробиологическая чистота является важным показателем качества и безопасности пищевого продукта. Наиболее распространенным источником микроорганизмов может служить исходное сырье и материалы; источник контаминации может возникнуть на производстве, если не соблюдаются должные технологические режимы и условия.

Важное преимущество порошковых продуктов состоит в том, что они характеризуются низким значением показателя активности воды, при которых деятельность микроорганизмов практически полностью подавлена [5, 53, 137]. Это обстоятельство обуславливает существенное продление сроков годности порошковых продуктов. Дополнительным сдерживающим фактором развития инфицирующей микрофлоры является значительное содержание органических кислот в ПКБ (24,4 г/100 г ПКБ) (таблица 19) и наличие природного консерванта – бензойной кислоты (238 мг/100 г) (рисунок 28).

В тоже время известно, что в продуктах с низким значением массовой доли влаги может происходить потеря водорастворимых веществ, в том числе витаминов [77]. Биологически активные вещества крайне чувствительны к ультрафиолетовому свету, воздействию температуры; процесс их разрушения может инициировать контакт с кислородом воздуха [132]. Поэтому для организации рациональной технологии хранения большое значение приобретают вид упаковки и условия хранения. Упаковка должна быть обязательно влагоустойчивая и герметичная, изолирующая порошковый продукт от окружающей среды и предотвращающая возможный контакт с ней. В настоящее время для сублимированных продуктов применяют емкости из стекла, жестяные банки, упаковки из комбинированных материалов на основе алюминиевой фольги; могут быть использованы пакеты из полимерной пленки, не пропускающие свет и кислород, мешки бумажные с полиэтиленовым вкладышем [102]. При необходимости продукт упаковывают в емкость, заполненную инертным газом [102]. Вид упаковки влияет на сроки годности.

Для исследования изменений, происходящих в процессе хранения, ПКБ упаковывали в пакеты фольгированные из полиэтилентерефталата и полиэтилена (ПЭТ-Ф-ПЭ) и закладывали на хранение.

С учетом литературных данных установили срок хранения: 9 месяцев в темном, сухом месте при комнатной температуре.

В процессе хранения исследовали:

- органолептические показатели;
- микробиологическое состояние;
- изменение содержания витамина С и антоцианов.

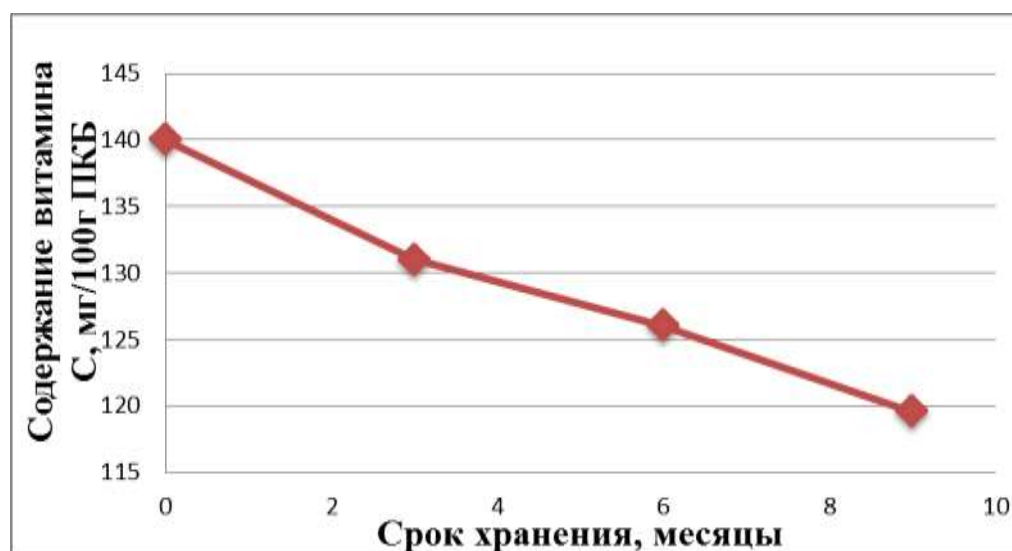
Одними из важных критериев оценки служили органолептические показатели ПКБ. Результаты органолептической оценки представлены в таблице 26.

Таблица 26 - Органолептические показатели ПКБ на конец срока хранения

Наименование показателя	Описание
Внешний вид и консистенция	Незначительная слеживаемость и образование небольших комочков
Цвет	Красный, характерный ягодам брусники
Вкус и аромат	Вкус и аромат хорошо выражены. Вкус приятный, характерно-кислый, свойственный ягодам брусники. Без постороннего привкуса и запаха.

Данные, представленные в таблице 26, показывают, что в процессе хранения существенных изменений органолептических показателей ПКБ не произошло - потребительские характеристики остаются на высоком уровне. К концу срока хранения в порошке наблюдается незначительная слеживаемость и образование небольших комочков, которые легко рассыпаются при небольшом усилии.

Результаты исследования изменений содержания витамина С и антоцианов в ПКБ в процессе хранения представлены на рисунке 32 и рисунке 33.

**Рисунок 32** – Динамика содержания витамина С в ПКБ в процессе хранения

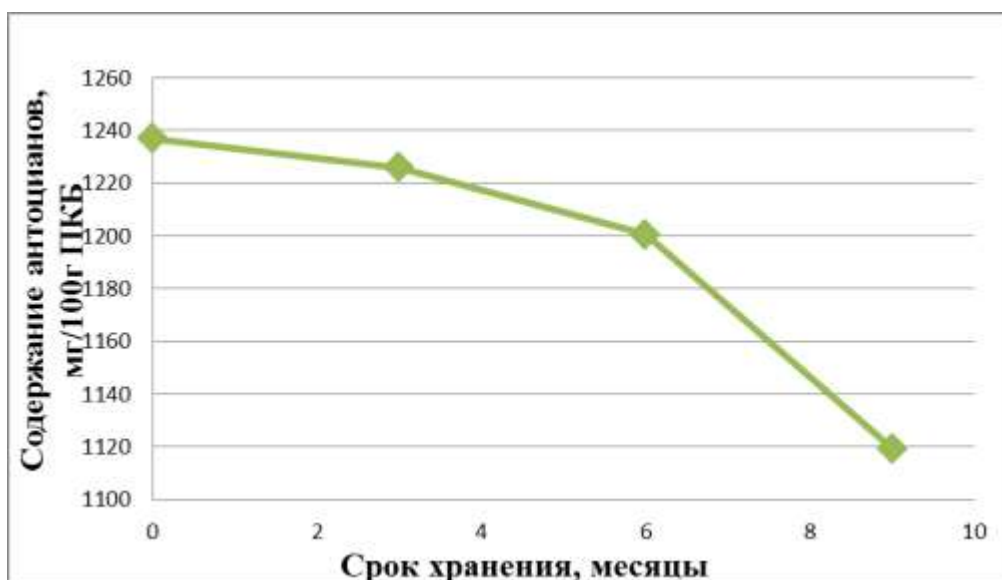


Рисунок 33 – Динамика содержания антоцианов в ПКБ в процессе хранения

Как свидетельствуют полученные результаты, витамин С и антоцианы достаточно стабильны на протяжении всего периода хранения ПКБ (рисунок 32, рисунок 33). Их потери на конец срока составляют соответственно 14,6 % и 9,5 % соответственно (рисунок 32, рисунок 33).

Возможно небольшие потери витамина С происходят из-за большого количества полифенольных соединений (3332 ± 310 мг/100 г), предотвращающих окисление аскорбиновой кислоты, а также отсутствием доступа света и кислорода, а антоцианы стабилизируют присутствующие в ПКБ в значительном количестве органические кислоты ($24,4 \pm 0,7$ г/100 г) (таблица 19).

Немаловажным показателем, характеризующим сохранность продукта, является микробиологическая чистота. Были проведены микробиологические исследования в процессе хранения ПКБ. Безопасность ПКБ в микробиологическом отношении определяли в соответствии с показателями, рекомендуемыми Едиными санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Исследовали следующие группы микроорганизмов:

- количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ);

- количество бактерий группы кишечной палочки (БГКП);
- патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы;
- дрожжи и плесневые грибы.

Результаты исследований представлены в таблице 27.

Таблица 27 - Микробиологические показатели ПКБ в процессе хранения

Название показателя	Норма	Результаты исследований			Методы испытания
		Начало срока хранения	6 мес	9 мес	
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы) в 0,1 г	Не допускается	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	ГОСТ 31747-2012
Патогенные микроорганизмы, в том числе, сальмонеллы, в 25 г	Не допускается	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	ГОСТ 31659-2012
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^1$	$8,4 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^3$	ГОСТ 10444.15-94
Плесени, КОЕ/г, не более	$1 \cdot 10^2$	н/о	н/о	5	ГОСТ 10444.12-88

Как следует из представленных результатов, в ПКБ не выявлены бактерии группы кишечных палочек (колиформы) и патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, на протяжении всего периода хранения (таблица 27). Показатель КМАФАнМ увеличивается к концу срока хранения, но не превышает допустимых значений (таблица 27). Этот факт может иметь место в случае использования не достаточно хорошо промытого сырья или подготовленной упаковки. К концу срока хранения в ПКБ обнаружены единичные колонии плесеней. Однако их содержание не превышает допустимых значений (таблица 27).

Таким образом, на основании проведенных исследований можно заключить, что сублимированный ПКБ при хранении в упаковке из ПЭТ-Ф-ПЭ при комнатной температуре сохраняет высокие органолептические и микробиологические показатели в течение всего периода хранения (9 месяцев). При этом имеют место незначительные потери витамина С и антоцианов к концу срока хранения: 14,6 % и 9,5 % соответственно.

2.2.4.4 Разработка принципиальной технологической схемы получения сублимированного порошкового концентрата ягод брусники

При разработке технологической схемы получения сублимированного ПКБ за основу была принята действующая технология получения сублимированных порошковых продуктов. Ключевым элементом в технологии является проведение предварительной обработки ягод брусники с использованием МЭК на основе ФП пектолитического и глюканолитического действия (МЭК-1 или МЭК-2), заключающейся в совместном внесении ФП в мезгу ягод брусники, проведении гидролиза при $t = 45^{\circ} \text{C}$ в течение 1,5 часов с последующей инактивацией ферментов нагреванием и обеспечивающей увеличение доли соковой фракции в мезге ягод и существенное обогащение сока экстрактивными веществами ягод (рисунок 6). Данная технология не требует больших капиталовложений и может быть реализована на предприятиях, специализирующихся на переработке плодово-ягодного сырья в порошковые продукты.

Принципиальная технологическая схема получения сублимированного порошкового концентрата ягод брусники приведена на рисунке 34.

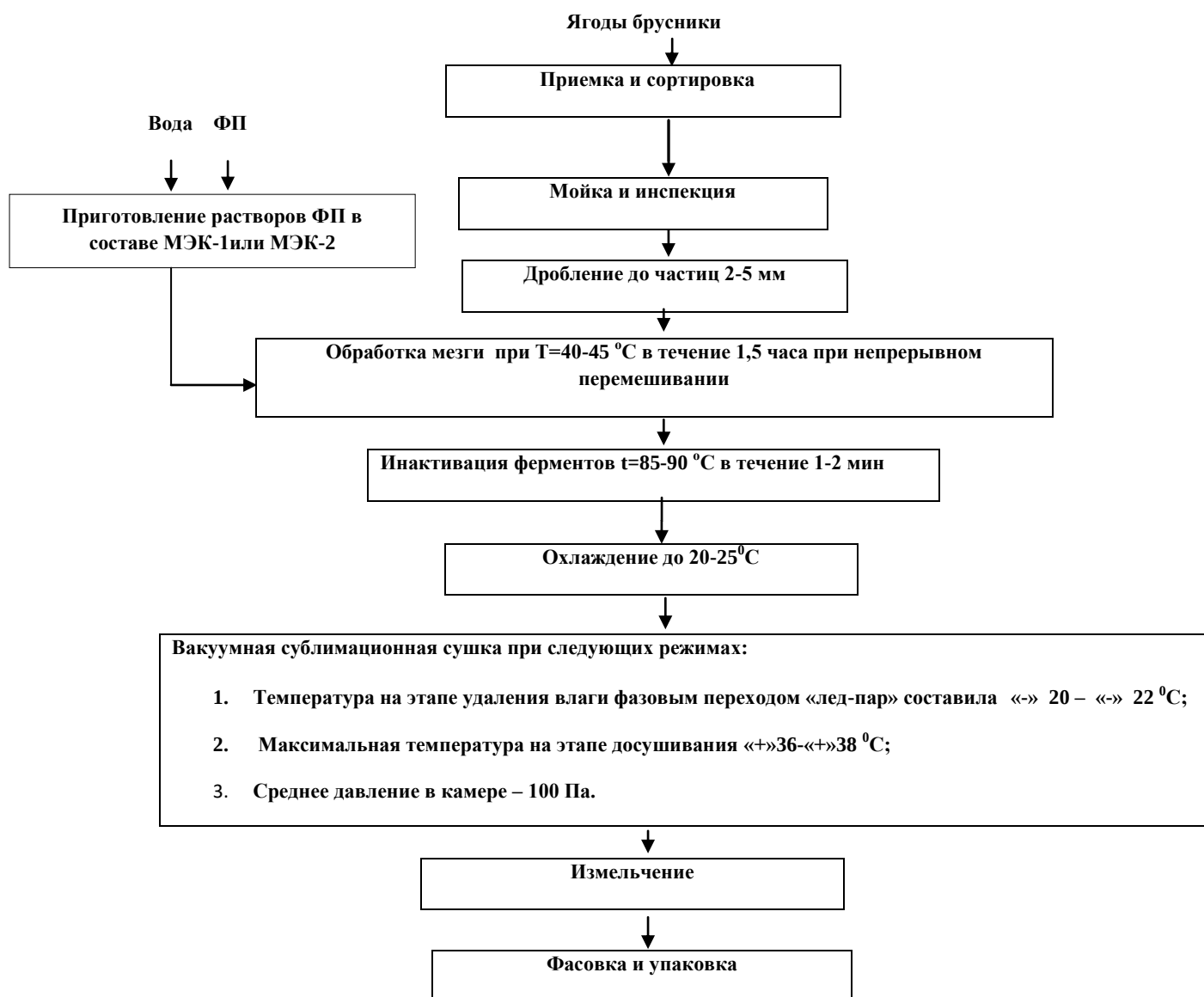


Рисунок 34 – Принципиальная технологическая схема получения сублимированного ПКБ

Технологический процесс начинается с приемки и сортировки ягод брусники. При поступлении на завод ягоды проверяют на соответствие требованиям действующих стандартов. В процессе производства используются зрелые, абсолютно здоровые ягоды, не поврежденные вредителями и болезнями. Ягоды должны иметь приятный гармоничный вкус, характерные аромат и цвет. Ягоды используют свежие или замороженные, здоровые в соответствующей степени зрелости. Первоначально замороженные ягоды подаются с помощью гидравлического ковша в размораживатель. Повторная заморозка не допускается. Затем ягоды подвергаются мойке для удаления загрязнений и уменьшения

обсемененности микроорганизмами, которую осуществляют в двух последовательно установленных вентиляторных моечных машинах. Продолжительность мойки не должна превышать 10 - 15 минут. Из-за длительного контакта с водой водорастворимые вещества ягод (витамины, минеральные вещества) могут переходить в смывные воды [105]. Вода контролируется на содержание хлора, так как хлор оказывает пагубное влияние на аскорбиновую кислоту [133]. Далее осуществляют инспекцию ягод на конвейере, удаляя поврежденные вредителями или болезнями, и подают элеватором в вальцовую дробилку с рифлеными валками для механического измельчения до размера 2 - 5 мм. В результате этой операции получают мезгу. Мезга закачивается передающим насосом в резервуар, оснащенный тепловой рубашкой, где нагревается до температуры 40 - 45 ° С. ФП, входящие в состав МЭК-1 или МЭК-2, вносятся в виде растворов комнатной температуры. Гидролиз ведут в течение 1,5 часов при температуре 40 - 45 ° С при постоянном перемешивании. По окончании процесса мезга подогревается в теплообменнике до $t = 85 - 90$ ° С и выдерживается в течение 90 - 120 сек для инактивации ферментов. Далее ферментивно обработанную мезгу охлаждают и подвергают вакуумной сублимационной сушке. Мезга закачивается передающим насосом для вязких жидкостей в сублимационный сушильный аппарат, и высушивается при следующих режимах:

1. Температура на этапе удаления влаги фазовым переходом «лёд-пар» составила «-» 20 – «-» 22 ° С;
2. Температура на этапе досушивания «+» 36 – «+» 38 ° С (до содержания сухих веществ 95 - 99 %);
3. Среднее давление в камере – 100 Па;
4. Общая продолжительность сушки – 12 часов;

После высушивания измельчается миксером для порошковых продуктов. Полученный порошок просеивается на металлических ситах № 100 и поступает в сборник на расфасовку и упаковку.

Разработанная принципиальная технологическая схема позволяет комплексно использовать природный потенциал ягод. Основываясь на принципах рационального использования естественных биоресурсов, в схеме реализован инновационный подход к технологии переработки ягод брусники при получении порошкового продукта, обеспечивающий наиболее полное использование ценных природных компонентов, биологически активных веществ, натуральных красителей, консервантов и антиоксидантов ягод.

Разработан комплект ТД (ТУ и ТИ) (проект) на ПКБ (Приложение 1, Приложение 2).

Заключение

Разработана принципиальная технологическая схема переработки ягод брусники и получения порошкового ягодного концентрата с применением стадии предварительной ферментативной обработки с использованием МЭК на основе ФП пектолитического и глюканолитического действия и способа вакуумной сублимационной сушки.

Порошковый концентрат охарактеризован по органолептическим показателям качества; изучен гранулометрический и химический состав ПКБ.

Установлено, что ПКБ представляет собой мелкодисперсный порошок с размером частиц менее 2×10^{-6} м ($\approx 75\%$), что позволяет отнести его к подгруппе – пудры.

Данные исследований химического состава позволяют позиционировать ПКБ как экологически чистый органический продукт, содержащий многогранный комплекс природных компонентов, минорных и биологически активных веществ

ягод (сахара, органические кислоты, пищевые волокна, белки, витамин С, полифенольные соединения, минеральные вещества) и являющийся источником натуральных красителей, консервантов и антиоксидантов.

Исследован профиль флавоноидов; изучен качественный и количественный состав органических кислот, фенольных кислот, катехинов, минеральных веществ.

Показана высокая антиоксидантная активность ПКБ.

Проведены исследования по изучению изменений состава, органолептических и микробиологических характеристик ПКБ при хранении его в течение 9 месяцев.

Показано, что ПКБ сохраняет высокие органолептические показатели и микробиологическую чистоту на протяжении всего периода хранения. Установлено, что витамин С и антоциановые соединения (природные пигменты) достаточно стабильны и их потери к концу срока хранения составляют соответственно 14,6 % и 9,5 %.

Разработаны и утверждены проекты ТД на ПКБ (ТУ и ТИ) (Приложение 1, Приложение 2).

2.2.5 Применение порошкового концентрата ягод брусники при получении пищевых продуктов

2.2.5.1 Применение порошкового концентрата ягод брусники при получении кондитерских изделий

Кондитерские изделия пользуются большим спросом среди всех слоев населения. Это - сладкие продукты, отличающиеся приятным вкусом и ароматом и обладающие высокой энергетической ценностью. Чрезмерное употребление кондитерских изделий ведет к увеличению массы тела, повышению холестерина в крови, появлению атеросклеротических бляшек в сосудах, а также может провоцировать диабет из-за большого содержания в них сахара, проявления аллергических реакций и нарушения пищеварения ввиду использования в рецептурах различных красителей, ароматизаторов и консервантов.

Основными направлениями в разработке новых видов кондитерских изделий являются совершенствование ассортимента продукции, улучшение состава и качества выпускаемой продукции с целью снижения энергетической ценности продукта, уменьшения содержания сахаров, приоритетного использования натуральных красителей и стабилизаторов, обогащения продукта витаминами, минеральными веществами, минорными компонентами.

В технологиях кондитерских изделий все чаще используют плодово-ягодное сырье.

Большую группу кондитерских изделий составляют пироги и торты. Это продукты с многокомпонентным составом, которые характеризуются высоким содержанием жиров и легкоусвояемых углеводов и практически полным отсутствием полезных компонентов [55, 58, 113, 124]. При изготовлении пирогов и тортов можно комбинировать входящие в их состав ингредиенты, а также вводить новые, что позволяет расширить их ассортимент без значительных затрат [58, 113, 124].

В условиях ОАО «Хлебпром» (ОП г. Красногорск) была проведена опытно-промышленная апробация производства пирога арахисового «Орешник» и песочного торта «Творожник» с применением ПКБ (Приложение 3, Приложение 4). В соответствии с вырабатываемым ассортиментом на основе рабочих рецептур ОАО «Хлебпром» были разработаны рецептуры пирога и торта с применением ПКБ (Приложение 5, Приложение 6).

Пирог «Орешник» с малиновым джемом. Порошковый концентрат вносили на стадии смешивания сыпучих компонентов для приготовления тестового полуфабриката. Сводная рецептура торта представлена в таблице 28.

Таблица 28 – Сводная рецептура пирога «Орешник» с малиновым джемом, произведенным с применением ПКБ

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг	
		в натуре	в сухих веществах
Порошковый концентрат ягод брусники	95,00	51,816	49,225
Арахисовые лепестки	95,00	14,285	13,571
Ароматизатор «Горький миндаль» 11.02.145	0,00	0,705	0,000
Ароматизатор «Сливочный ликер» (Бейлис)»	0,00	0,469	0,000
Джем малиновый термостабильный	55,00	128,572	70,714
Консервант ТК-12	--	--	--
Меланж яичный пастеризованный	23,70	187,882	44,528
Мука для песочного п/ф	85,50	89,096	76,177
Мука арахисовая	90,00	234,853	211,368
Сахар-песок	99,85	281,823	281,401
Маргарин «Столовый Молочный Особый»	82,00	196,779	161,359
Соль поваренная пищевая	99,90	0/939	0,938
Сорбат калия	--	--	--
Итого:	--	1164,746	878,056
Общие потери, %	—	164,746	28,056
Выход:	85,00	1000,00	850,000

Следует отметить, что из рецептуры полностью исключены искусственная пищевая добавка – сорбат калия и консервант ТК-12, принимая во внимание, что

ПКБ содержит в своем составе природные консерванты и антиоксиданты (таблица 28).

Для органолептической характеристики исследуемых образцов была использована пятибалльная шкала оценки, включающая основные органолептические показатели (вкус, запах, внешний вид, мягкость), полученные путём экспертной оценки сотрудниками предприятия ОАО «Хлебпром». Из приведённого профиля видно, что представленный образец пирога «Орешник» с малиновым джемом с ПКБ обладает наиболее высокими органолептическими показателями по сравнению с классической рецептурой (рисунок 35).

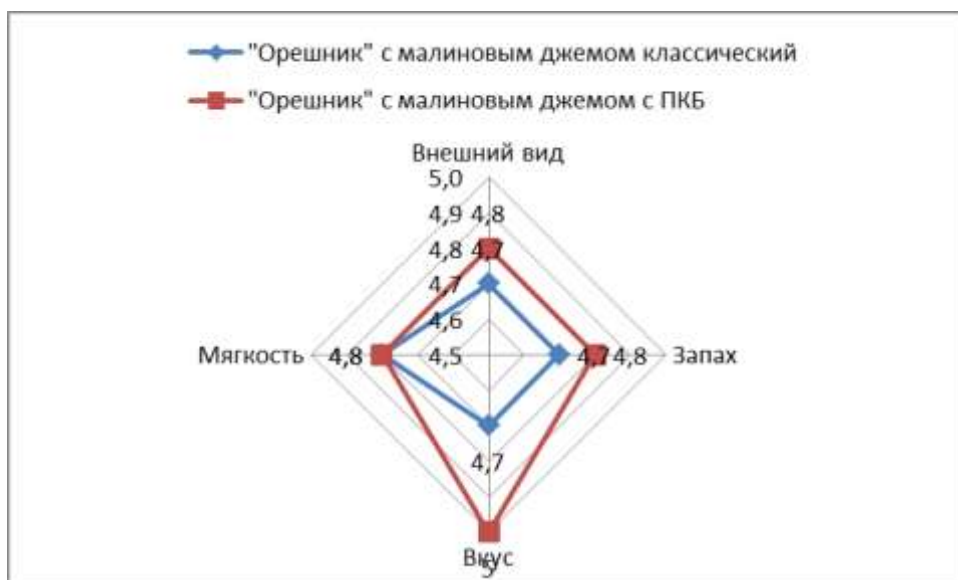


Рисунок 35 – Органолептические показатели пирогов «Орешник» с малиновым джемом

Органолептические показатели пирога «Орешник» с малиновым джемом, произведенным с применением ПКБ, в сравнении с базовым изделием представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Органолептические показатели пирога «Орешник» с малиновым джемом

Наименование изделия	Внешний вид	Запах	Вкус	Мягкость
«Орешник» с малиновым джемом (классический)	Соответствует норме, корж мягкий пористый, форма ровная, начинка не растекается, в разрезе золотистые бисквитные коржи, прослоенные малиновым джемом, без изломов	Приятный, свойственный ягодам малины	Приятный, сладкий, свойственный ягодам малины	Мягкий, пористый
«Орешник» с малиновым джемом с добавлением ПКБ	Соответствует норме, корж мягкий пористый, форма ровная без изломов, корж приобрел привлекательный нежно розовый оттенок. В разрезе – пикантное сочетание нежно-розовых бисквитных коржей с насыщенной малиновой начинкой	Приятный, свойственный ягодам малины с едва уловимым брусничным шлейфом	Приятный, гармоничный свойственный ягодам малины с легким брусничным послевкусием	Мягкий, пористый

Представленные данные показывают, что пирог «Орешник» с малиновым джемом, произведенный с применением ПКБ, характеризуется высокими потребительскими показателями (таблица 28, рисунок 34). Применение ПКБ в составе бисквитного тестового полуфабриката позволило расширить вкусовую и ароматическую линейку данного кондитерского изделия, привнеся в нее легкий акцент брусники.

Торт «Творожник» классический. Для применения ПКБ в составе рецептуры песочного торта с творожной начинкой использовали рецептуру торта «Творожник» классический. ПКБ использовали как рецептурный ингредиент при получении песочного тестового полуфабриката и творожной основы. Для приготовления тестового полуфабриката торта «Творожник» ПКБ вносили на стадии смешивания сыпучих компонентов. Рецептура песочного полуфабриката, приготовленного с ПКБ, представлена в таблице 30.

Таблица 30 - Рецептатура полуфабриката песочного с ПКБ

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг	
		в натуре	в сухих веществах
Ароматизатор ваниль DelAr 11.05.107	99,80	0,381	0,380
Вода	0,00	143,122	0,000
Порошковый концентрат ягод брусники	95,00	99,120	94,164
Маргарин МТ (песочный)	82,00	197,936	162,307
Мука для песочного п/ф	85,5	464,235	306,921
Пудра сахарная	99,90	121,807	121,685
Яичный порошок	94,00	35,019	32,918
Сироп низкофруктозный	--	67,78	--
Сода	50,00	3,806	1,903
Соль углеаммонийная	0,00	3,806	0,000
Сорбат калия	--	--	--
Итого:	--	1198,651	912,131
Общие потери, %	--	16,573	1,330
Выход:	90,00	1000,00	900,000

Для приготовления творожной основы вносили маргарин, сахар, творожно-сахарную смесь и ПКБ. Маргарин взбивали с сахаром и творогом в пышную массу, затем вводили ПКБ, продолжая взбивать до однородной массы. Полученная творожная масса приобрела однородную консистенцию с розовым оттенком, хорошо сохраняющую форму, имеющая приятный творожный аромат с легкими нотками брусники. Благодаря добавлению ПКБ удалось исключить из базовой рецептуры лимонную кислоту и сорбат калия (таблица 31).

Таблица 31 - Рецептатура основы творожной с ПКБ для торта «Творожник»

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг	
		в натуре	в сухих веществах
Лимонная кислота	--	--	--
Маргарин для крема 82%	82,50	69,543	57,373
Порошковый концентрат ягод брусники	95,00	1,098	1,043
Сахар-песок	99,85	4,946	4,939
Смесь творожно-сахарная	63,72	939,268	598,502
Сорбат калия	--	--	--
Итого:	--	1014,855	661,85
Общие потери, %	--	16,573	1,330
Выход:	90,00	998,28	660,527

Сводная рецептура торта «Творожник», произведенного с ПКБ, представлена в таблице 32.

Таблица 32 – Сводная рецептура торта «Творожник», произведенного с применением ПКБ

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на кг готовой продукции, кг	
		На заданное количество (1000 кг) готовой продукции с учетом потерь	
		в натуре	в сухих веществах
Ароматизатор ваниль DelAr 11.05.107	99,80	0,165	0,165
Ароматизатор «Ваниль» 3329310	0,00	0,092	0,000
Ароматизатор «Творог» 2233380500	0,00	0,328	0,000
Аскорбиновая кислота	98,00	0,263	0,257
Вода	0,00	62,042	0,000
Порошковый концентрат ягод брусники	95,00	44,066	41,862
Добавка комплексная пищевая Олган 1020	88,00	3,940	3,467
Лимонная кислота	---	---	---
Маргарин для крема 82 %	82,50	151,608	125,077
Маргарин МТ (песочный)	82,00	85,803	70,359
Молоко сгущеное с сахаром	73,50	54,683	40,192
Мука для песочного п/ф	85,50	201,242	172,062
Продукт творожный (9% жирности)	28,00	136,011	38,083
Сахар-песок	99,85	195,128	194,836
Сорбиновая кислота	99,99	1,051	1,050
Яичный порошок	94,00	15,180	14,270
Сироп низкофруктозный	78,70	110,785	87,187
Сода	50,00	1,650	0,000
Соль углеаммонийная	0,00	1,650	0,000
Сорбат калия	---	---	---
Итого:	--	1065,063	789,123
Общие потери, %	--	65,063	-20,877
Выход:	81,00	1000,00	810,000

Органолептическая характеристика исследуемых образцов была оценена по пятибалльной шкале путём экспертной оценки сотрудниками предприятия ОАО «Хлебпром», включающая основные органолептические показатели (вкус, запах, внешний вид, мягкость). Из приведённого профиля видно, что новый образец торта песочного «Творожник», произведенного с ПКБ обладал наиболее яркими органолептическими показателями по сравнению с классической рецептурой, данные органолептической оценки представлены на рисунке 36.

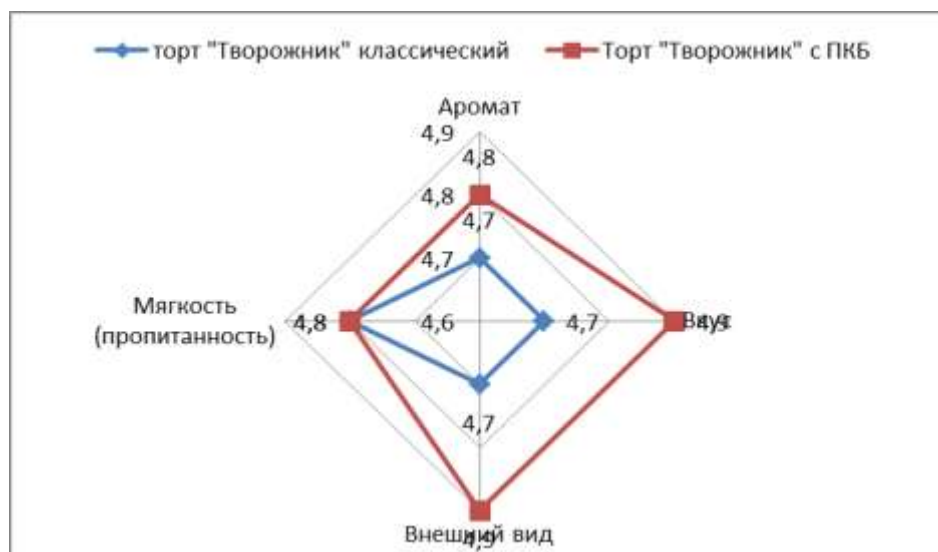


Рисунок 36 – Органолептические показатели тортов «Творожник»

Органолептические показатели торта «Творожник», произведенного с добавлением ПКБ и торта «Творожник», произведенного по классической рецептуре представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Органолептические показатели торта «Творожник»

Наименование изделия	Внешний вид	Запах	Вкус	Мягкость (пропитанность)
Торт «Творожник» с ПКБ	Соответствует норме, творожная масса по структуре плотная, сохраняет форму, масса приобрела розовый оттенок. Песочные коржи соответствуют норме, приобрели слегка розовый оттенок	Сочетание творожного аромата с легкими нотками брусники	Приятный, сладкий, ощущается вкус творога и привкус, свойственный ягодам брусники	Творожная основа плотная, густая в норме, песочные коржи соответствуют норме
Торт «Творожник»	Соответствует норме, творожная масса по структуре плотная, сохраняет форму. Песочные коржи соответствуют норме.	Приятный творожный аромат	Приятный, сладкий вкус творога	Творожная основа плотная, густая в норме, песочные коржи соответствуют норме

Следует отметить, что при добавлении ПКБ в рецептуру песочного торта «Творожник», из рецептуры были исключены лимонная кислота и сорбат калия. (таблица 32).

Исследован состав готовых изделий, полученных с применением ПКБ. Применение ПКБ в рецептурах пирога арахисового «Орешник» и песочного торта «Творожник» позволили дополнить состав готовых изделий природными компонентами, минорными и биологически активными веществами ягод брусники: пищевыми волокнами, органическими кислотами, флавоноидами, в том числе, катехинами и антоцианами, танинами, витамином С (таблица 34).

Таблица 34 – Содержание некоторых ингредиентов в мучных кондитерских изделиях, полученных с применением ПКБ

Компонент	Пирог «Орешник»	% от рекомендуемого уровня суточного потребления *	Торт «Творожник»	% от рекомендуемого уровня суточного потребления *
Белки, г	8,5	11,3	5,5	7,3
Жиры, г	28	33,7	22,5	27,7
Углеводы, г	43	11,7	50	13,7
Пищевые волокна, г	1,3	5	1	3,3
Органические кислоты, г	1,4		1,2	
Флавоны и флавонолы (в пересчете на рутин), мг	28	37,7	24	28,7
Антоцианы, мг	66,4		45,6	
Катехины, мг	2,8	2,8	2,1	2,1
Танины, мг	60,0		48,6	
Витамин С, мг	5,2	8,7	5,0	8,3
Энергетическая ценность, ккал	448		415	

* в соответствии с ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»

Таким образом, применение ПКБ в рецептурах пирога арахисового «Орешник» и песочного торта «Творожник» позволили не только дополнить традиционную ассортиментную линейку кондитерского предприятия, но исключить из рецептуры синтетический консервант и лимонную кислоту и повысить пищевую ценность готовых изделий по содержанию ценных природных компонентов, эссенциальных и минорных биологически активных веществ, содержащихся в ягодах брусники.

В 100г разработанных изделий содержание пищевых волокон и витамина С составляет 3,3 - 5 % и 8,3 - 8,7 % от рекомендуемого уровня суточного

потребления, а флавоноидов (в пересчете на флавоны, флавонолы, антоцианы, катехины) - 28,7 - 37,7 %, в том числе катехинов- 2,1 - 2,8 % (таблица 34) .

Разработаны и утверждены рецептуры на новые виды пирога арахисового «Орешник» и песочного торта «Творожник» с использованием сублимированного ПКБ (Приложение 5, Приложение 6).

2.2.5.2 Перспективы применения порошкового концентрата ягод брусники при производстве кисломолочных продуктов

Существенную нишу в здоровом питании занимают молочные продукты, так как их роль в пищевом рационе страны велика, и они пользуются особой популярностью среди различных слоев населения. Кисломолочные продукты содержат необходимые для организма легкоусвояемые питательные вещества. Они легко перевариваются, обладают диетическими (профилактическими и лечебными) свойствами, которые обусловлены наличием молочной кислоты, витаминов группы В, минеральных веществ и других биологически активных веществ.

Актуальным направлением в развитии молочной отрасли является разработка новых, обогащенных растительными компонентами кисломолочных продуктов, что позволяет придать традиционным продуктам новые свойства, корректировать состав продуктов в соответствии с суточными физиологическими потребностями человека в нутриентах. Такие ингредиенты могут вноситься в молочные продукты на разных стадиях технологического процесса в количествах 2-10 % [15, 32, 44, 116].

Принимая во внимание уникальные свойства сублимированных продуктов легко восстанавливать свою структуру в процессе гидратации, применение ПКБ в составе рецептур кисломолочной продукции позволит придать продукту свойства, характерные для свежих ягод брусники (вкус, цвет, аромат).

В лабораторных условиях проведены исследования по применению сублимированного ПКБ при получении йогурта. Традиционно йогурт получают термостатным и резервуарным способами [16].

Общая схема получения йогурта может быть представлена следующим образом (рисунок 35) [44].

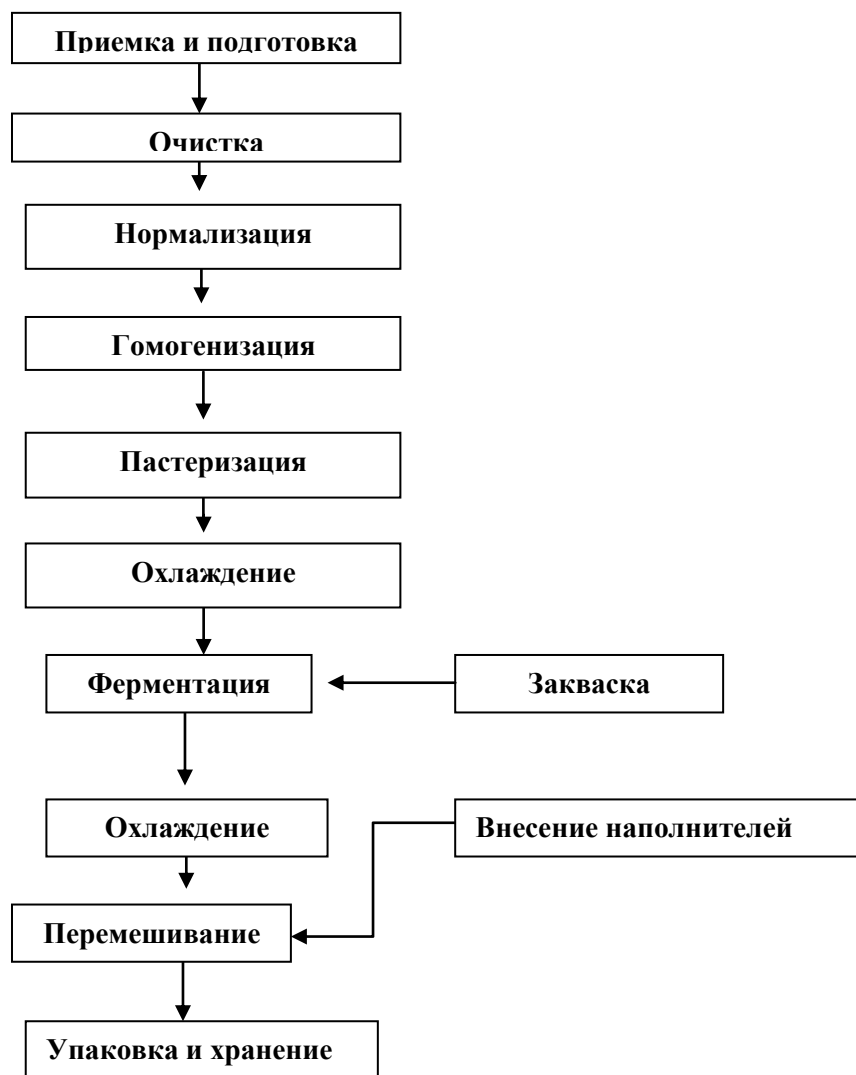


Рисунок 37 - Общая схема получения йогурта

Для получения йогурта использовали молоко нормализованное с массовой долей жира 3,2 % и закваску (протосимбиотическую смесь чистых культур термофильного молочнокислого стрептококка (*Streptococcus thermophilus*) и молочнокислой болгарской палочки (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*), концентрация 10^9 КОЕ/г). Йогурт получали термостатным способом. Молоко нагревали до температуры 85 ± 2 ° С, выдерживали 10 минут, после чего

охлаждали до температуры 40 ± 2 ° С. Закваску вносили в молоко из расчета 3 г на 1000 см³. Предварительно закваску смешивали с небольшим количеством молока до однородной консистенции и вносили в оставшееся молоко; после чего разливали по емкостям объемом 150 см³ и подвергали сквашиванию в термостатной камере при температуре 40 ± 2 ° С в течение 8 часов. Сублимированный ПКБ вносили до сквашивания в количестве 1, 2 и 4,5 % от смеси пастеризованного молока и закваски. Вносимый ПКБ по микробиологическим показателям соответствовал требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочных продуктов» (таблица 27). По окончании сквашивания продукт охлаждали до температуры 4 ± 2 ° С, после чего проводили органолептическую оценку опытных образцов йогурта. Результаты представлены в таблице 35.

Таблица 35- Органолептические показатели контрольного и опытных образцов йогурта

Дозировка ПКБ	Описание			
	Вкус	Цвет	Аромат	Консистенция и внешний вид
Контроль	Выраженный кисломолочный без постороннего вкуса	Молочно-белый, равномерный по всей массе	Чистый, кисломолочный. Без постороннего запаха	Однородная, с ненарушенным сгустком, в меру вязкая
1	Кисломолочный с легким привкусом брусники	Легкий розовый оттенок, равномерный по всей массе	Чистый, кисломолочный. Аромат брусники не ощущается	Однородная, с ненарушенным сгустком, в меру вязкая
2	Кисломолочный ягодный	Нежно-розовый, равномерный по всей массе	Кисломолочный, с едва уловимым брусничным ароматом	Однородная, с ненарушенным сгустком, в меру вязкая
4,5	Кисломолочный, выраженный ягодный	Розовый	Аромат брусничный легкий	Неоднородная, произошло отделение сыворотки. Прочный сгусток не образовался. Консистенция жидкая

Как свидетельствуют полученные результаты, структуру йогурта с сформировавшимся сгустком имели образцы, полученные с внесением ПКБ в

количестве 1 и 2 % от смеси пастеризованного молока и закваски (таблица 35). Титруемая кислотность образцов составила 85 и 94 ° Т соответственно. С точки зрения сенсорных показателей (вкус, цвет, аромат) лучшим признан образец, полученный с внесением 2 % ПКБ. Увеличение дозировки ПКБ до 4,5 % не приводило к образованию прочного сгустка, наблюдалось отделение сыворотки в верхней части продукта, хотя после перемешивания и придания образцу однородной структуры вкус, цвет и аромат были более выраженными, присущими ягодам брусники. Титруемая кислотность данного образца составила 138 ° Т, что могло повлиять на образование сгустка (таблица 35).

Анализ химического состава опытного образца йогурта, полученного с применением ПКБ в количестве 2 %, выявил присутствие в нем биологически активных веществ ягод брусники: витамина С, полифенольных соединений, антоцианов, флавонов, флавонолов (таблица 36).

Таблица 36- Физико-химические показатели и содержание некоторых ингредиентов в опытном и контрольном образцах йогурта

Наименование компонента	Содержание, мг/100 г	
	Йогурт с ПКБ	Контроль (йогурт без ПКБ)
Массовая доля жира, %	3,2	3,2
Массовая доля белка %	3,2	3,2
Витамин С	2,3	0,6
Полифенольные соединения	46,2	н/о
Антоцианы	17,4	н/о
Флавоны, флавонолы (в пересчете на рутин)	11,8	н/о
Кислотность, °Т	94	80

Как свидетельствуют представленные результаты, употребление 100 г йогурта позволит покрыть рекомендуемый уровень суточного потребления витамина С на 3,8 % , а флавоноидов (в пересчете на флавоны, флавонолы, антоцианы) - на 11,7 %. Применение ПКБ в составе рецептуры йогурта позволит придать продукту новые оттенки цвета и вкуса.

На техническом совете молочного комбината (г. Воронеж) была проведена презентация сублимированного ПКБ как перспективного рецептурного ингредиента при производстве кисломолочных продуктов.

Сублимированный ПКБ успешно прошел апробацию на Воронежском молочном комбинате и был принят техническим советом предприятия для разработки рецептур, адаптации к действующим технологиям и внедрению в линии производства диетических пищевых продуктов, сырково-творожных изделий и кисломолочных питьевых напитков (Приложение 7).

Заключение

Проведена опытно-промышленная апробация в условиях ОАО «Хлебпром» (г. Красногорск) по применению ПКБ в качестве источника природных биологически активных компонентов, натуральных красителей и консервантов при получении пирога арахисового «Орешник» с малиновым джемом и песочного торта «Творожник» классический. Внесение ПКБ в рецептуру мучных кондитерских изделий обуславливает высокие органолептические показатели: приятный цвет, гармоничный вкус, нежный аромат; позволяет исключить из рецептуры синтетический консервант и лимонную кислоту и повысить пищевую ценность готовых изделий по содержанию природных компонентов ягод, эссенциальных и минорных биологически активных веществ.

Употребление 100 г разработанных изделий позволяет удовлетворить суточную физиологическую потребность в пищевых волокнах и витамине С на 3,3 - 5 % и 8,3-8,7 %, флавоноидов – на 28,7 - 37,7 %, в том числе катехинов - на 2,1 - 2,8 % от рекомендуемого суточного уровня потребления.

Установлено, что ПКБ технологичен, удобен в применении, легко адаптируется к условиям технологического процесса.

Разработаны и утверждены рецептуры на новые виды торта «Творожник» классический и пирога арахисового «Орешник» с малиновым джемом с применением ПКБ.

В лабораторных условиях проведены исследования по применению сублимированного ПКБ при получении йогурта термостатным способом.

Установлено, что внесение ПКБ в количестве 2 % от смеси пастеризованного молока и закваски позволяет получить йогурт, который по органолептическим и физико-химическим показателям соответствует ГОСТ 31981-2013 «Йогурты. Общие технические условия» и содержит в своем составе биологически активные вещества ягод брусники. Употребление 100 г йогурта позволит покрыть рекомендуемый уровень суточного потребления витамина С на 3,8 %, а флавоноидов (в пересчете на флавоны, флавонолы, антоцианы) - на 11,7 %. Применение ПКБ в составе рецептуры йогурта позволит придать продукту новые оттенки цвета и вкуса.

Сублимированный ПКБ успешно прошел апробацию на Воронежском молочном комбинате и был принят техническим советом предприятия для разработки рецептур, адаптации к действующим технологиям и внедрению в линии производства диетических пищевых продуктов, сырково-творожных изделий и кисломолочных питьевых напитков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, и выводах направленных на решение задачи по совершенствованию технологии порошкового концентрата ягод брусники как перспективного ягодного полуфабриката для применения в составе рецептур пищевых продуктов. Модифицированная технология основана на проведении предварительной ферментативной обработки мезги ягод, обеспечивающей увеличение выхода соковой фракции, повышение ее антиоксидантной активности и наиболее полное извлечение и перевод в биодоступную форму биологически активных веществ ягод, а также природных красителей, антиоксидантов и консервантов.

Итоги выполненных исследований представлены в следующих **выводах**:

1. На основании результатов исследования химического состава ягод брусники, обоснована целесообразность предобработки ягод ФП пектолитического и глюканолитического действия, способствующей деструкции некрахмальных полисахаридов ягод (целлюлозы, гемицеллюлозы и пектиновых веществ), прочно удерживающих биологически активные вещества ягод в ассоциированном состоянии и на долю которых приходится 17,4 % с.в. ягод.

2. Установлено, что применения ФП Pectinex XXL, Рапидаза CR, Брюзайм BGX и Laminex BG2 при предобработке мезги ягод брусники способствует увеличению доли соковой фракции на 7 - 18 %, а наибольший эффект достигается при применении ФП в составе мультэнзимных композиций Pectinex XXL - Брюзайм BGX (МЭК-1) и Рапидаза CR - Laminex BG2 (МЭК-2): увеличение доли соковой фракции в мезге ягод брусники составляет соответственно 20 и 26 %.

3. На основании сравнительного анализа химического состава и антиоксидантной активности соковых фракций мезги ягод брусники, полученных с применением предварительной ферментативной обработки (МЭК-1 и МЭК-2) и без использования ФП установлено:

- увеличение выхода в соковую фракцию полезных для здоровья человека компонентов ягод, натуральных антиоксидантов, консервантов и природных красителей: редуцирующих сахаров и минеральных веществ (на 15 - 20 %), белка, биоактивных полифенольных соединений и антоцианов (на 20 - 30 %), проантоцианидинов (в 1,3 – 2,0 раза), катехинов (в 1,7 раза), витамина С (в 1,5 – 1,6 раза), органических кислот (в 1,2 – 1,3 раза), в том числе бензойной и салициловой кислот (в 1,4 – 1,7 раза) по сравнению с соком, выделенным из мякоти ягод брусники, не обработанной ФП;

- серия антоцианов соковой фракции мякоти ягод брусники построена на основе цианидина; преобладает из антоцианов – цианидин-3-галактозид (80 % обнаруженных антоцианов), а проведение ферментативной обработки не приводит к существенному количественному перераспределению антоциановых компонентов;

- среди катехиновых соединений доминирует эпикатехин (71,4 %), обнаружены галловые эфиры катехинов – эпигаллокатехин галлат, галлокатехин галлат и эпикатехин галлат (17,8 %) и дополнительно идентифицирован эпигаллокатехин (10,8 %), присутствие которого в соке, выделенном из мякоти ягод брусники, не обработанной ФП выявлено не было.

- более высокая (в 1,4 раза) антиоксидантная активность соковой фракции предварительно обработанной мякоти ягод брусники по сравнению с соком, выделенным из мякоти ягод брусники, не обработанной ФП.

4. Проведена наработка опытной партии порошкового концентрата на основе мякоти ягод брусники, обработанной ФП способом вакуумной сублимационной сушки. Показано, что ягодный концентрат представляет собой мелкодисперсный порошок с размером частиц менее 2×10^{-6} м (≈ 75 %). Дана характеристика ПКБ по химическому составу. Исследован профиль флавоноидов, качественный и количественный состав органических, в том числе фенольных кислот, катехинов, минеральных веществ. Выявлена высокая антиоксидантная активность ПКБ. Установлено, что хранение порошкового концентрата, упакованного в пакеты из комбинированных полимерных материалов на основе

алюминиевой фольги (ПЭТ-Ф-ПЭ), при комнатной температуре в течение 9 месяцев обеспечивает высокие потребительские характеристики и микробиологическую безопасность; потери витамина С и антоциановых соединений к концу срока составляют соответственно 14,6 % и 9,5 %.

5. Разработаны технологические рекомендации по проведению стадии ферментативной предварительной обработки мезги ягод брусники и принципиальная технологическая схема получения сублимированного порошкового концентрата для применения в составе рецептур пищевых продуктов в качестве источника природных красителей, консервантов, антиоксидантов и для повышения пищевой ценности.

6. Разработан комплект ТД (ТУ и ТИ) (проект) на сублимированный ПКБ. Проведена опытно-промышленная апробация в условиях ОАО «Хлебпром» г. Красногорск по применению ПКБ при получении пирога арахисового «Орешник» и песочного торта «Творожник» и исключения из рецептуры синтетического консерванта и лимонной кислоты. Разработаны и утверждены рецептуры на эти виды кондитерских изделий. Исследован состав готовых изделий. Установлено повышение пищевой ценности по содержанию природных компонентов ягод, эссенциальных и минорных биологически активных веществ. Сублимированный ПКБ принят к разработке рецептур и внедрению на Воронежском молочном комбинате в линии производства диетических пищевых продуктов, сырково-творожных изделий и кисломолочных питьевых напитков.

Список сокращений и условных обозначений

ДРРН – 1,1-дифенил-2-пикрилгидразил;

АЭС-ИСП- атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой;

ВЭЖХ – высокоэффективная жидкостная хроматография;

ВЭЖХ-ДМД-МС- высокоэффективная жидкостная хроматография с последовательным применением диодноматричного детектора (ДМД) и масс-спектрофотометрического детектора (МС);

ГЖХ – газо-жидкостная хроматография;

МЭК – мультэнзимная композиция;

ОФ ВЭЖХ – обращенно-фазовая высокоэффективная жидкостная хроматография;

ПКБ – порошковый концентрат ягод брусники;

ПЭТ-Ф-ПЭ – комбинированный полимерный материал (полиэтилентерефталат и полиэтилен) на основе алюминиевой фольги;

СВП – стенд вакуумных процессов;

СФБ – соковая фракция ферментативнообработанной мезги ягод брусники;

ФОЯ - ферментативная обработка ягод;

ФП – ферментный препарат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авилова, С. В. Купажирование натуральных соков с использованием черники, брусники и клюквы / С. В. Авилова, С. В. Иванова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2005. – № 2. – С. 52-56
2. Аврач, А. С. Сравнительное изучение биологически активных веществ (боярышника, рябины, шиповника, малины) различных способов консервации и лекарственных препаратов на их основе: дис...канд.фарм.наук: 14.04.02 / Аврач Александра Сергеевна. - М., 2015. – 145 с.
3. Алтухов, И. В. Анализ способов сушки пищевых продуктов / И. В. Алтухов, В. Д. Очиров // Вестник ИрГСХА. – 2009. – №. 36. – С. 16-21.
4. Анисимова, К. В. Интенсификация безвакуумной сублимационной сушки плодов за счет звукового поля / К. В. Анисимова, О. Б. Поробова, А. Б. Анисимов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – №. 2. С. 103-106.
5. Антипов, С.Т. Современные технологии при получении плодово-ягодных порошков / С.Т. Антипов, А.А. Жашков // Вестник ТГТУ, 2010. Т. 16,- №2.- С. 332-335
6. Бабий, Н. В. Результаты исследования сушки плодов лимонника китайского // Материалы тр. Всероссийской научно-практической конф. Студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием – Бийск. 2010 г. – С. 283.
7. Базарнова, Ю. Г. Биологически активные вещества дикорастущих растений и их применение в пищевых технологиях / Ю. Г. Базарнова // СПб.: Профессия. - 2016. - 239 с.

8. Бакин, И. А. Совершенствование технологии экстрагирования ягодного сырья с использованием ультразвуковой обработки / И. А. Бакин, А. С. Мустафина, П. Н. Лунин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – №. 12. - С. 91-95.
9. Барановский, А. Ю. Диетология / А.Ю. Барановский. – Санкт – Петербург: Питер, 2012. - 1024 с.
10. Беляева, М. А. Процесс сублимационной сушки и способы анализа ее основных показателей / М. А. Беляева // Научный альманах. – 2016. – №. 4-3. – С. 26-31.
11. Бибик, И.В. Исследование факторов, оказывающих влияние на процесс экстрагирования полифенольных соединений из плодово-ягодного сырья / И.В. Бибик, Е.В. Лоскутова // В мире научных открытий. – 2013. – № 11. – С. 65–76.
12. Бирюкова, Н. М. Исследование содержания и состава флавоноидов и фенилкарбоновых кислот растений рода *Viburnum* L., культивированных в Беларуси / Н. М. Бирюкова // Вестник фармации. - 2011. - № 4. – С. 78-83.
13. Богрянцева, И.Э. Растительный полуфабрикат для обогащения йогуртов минеральными веществами: Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России. Материалы V Международной научно-практической интернет-конференции (15 ноября – 15 декабря Орел, 2017 г.) С. 150-155
14. Волчок, А. А. Новые мультиферментные комплексы для деструкции полисахаридов плодового сырья в условиях винодельческого производства: дис...канд.техн.наук: 03.01.06 / Волчок Анастасия Александровна. - М., 2016. – 138 с.
15. Востроилов, А.В. Основы переработки молока и экспертиза качества молочных продуктов: Учебное пособие / А.В. Востроилов, И.Н. Семенова, К.К. Полянский. - СПб.: ГИОРД, 2010. – 512 с.
16. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01 с дополнениями и изменениями 2011 г.

17. ГОСТ 10444.12-2013 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов (с Поправкой). – М.: Стандартинформ, 2013. – 15 с.
18. ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – М.: Стандартинформ, 2010. – 7 с.
19. ГОСТ 24027.2-80 Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла. – М.: Издательство стандартов, 1980. – С. 284 – 294.
20. ГОСТ 24556-89 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. – М.: Стандартинформ, 2003. – 10 с.
21. ГОСТ 25555.4-91 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и водорастворимой. – М.: Стандартинформ, 2012. – 11 с.
22. ГОСТ 31659-2012 Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. – М.: Стандартинформ, 2014. – 20 с.
23. ГОСТ 31747-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий).- Введ. 2013-07-01.– М.: Стандартинформ, 2013. – 14 с.
24. ГОСТ 31904-2012 Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний. – М.: Стандартинформ, 2013. – 14 с.
25. ГОСТ 31981-2013 Йогурты. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015. – 10 с.
26. ГОСТ Р 52052-2003. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения массовых долей сорбиновой и бензойной кислот с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. – М.: Госстандарт России, 2003. – 12 с
27. ГОСТ Р. 53159-2008. Органолептический анализ. Методология. Метод треугольника. - М.: Стандартинформ. – 2009. – 14 с.

28. Грачев, Ю. П. Математические методы планирования экспериментов / Ю.П. Грачев, Ю.М. Плаксин// Изд-во Дели принт - 2005, – С. 80.
29. Грачева, И. М. Теоретические основы биотехнологии / И.М. Грачева //М.: Элевар. – 2003.
30. Грачева, И. М. Технология ферментных препаратов / И. М. Грачева, А. Ю. Кривова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во «Элевар», 2000. - 512 с.: ил.
31. Дейнека, В. И. Определение антоцианов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Некоторые закономерности удерживания / В. И. Дейнека, А. М. Григорьев //Журнал аналитической химии. – 2004. – Т. 59. – №. 3. – С. 305-309.
32. Демина, Е.Н. Использование растительного сырья в технологии молочных десертов: Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России / Е.Н. Демина, О.Н. Ветрова, А.А. Соловьева // Материалы V Международной научно-практической интернет-конференции.- Орел, 2017 - С. 233-237.
33. Джабоева, А. С. Влияние растительных добавок на качество бисквитных полуфабрикатов / А.С. Джабоева // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2007. – №. 5-6.
34. Дикарева, Ю. М. Совершенствование технологии сока из ягод облепихи для повышения пищевой ценности и применения в кондитерской промышленности: дис... канд. техн. наук: 051801 / Дикарева Юлия Михайловна. – М., 2012.–267 с.
35. Дудкин, М.С. Пищевые волокна / М.С. Дудкин // Урожай, 1998. – 331 с.
36. Ежов, В.Н. Использование грибной пектинэстеразы для получения яблочного пектина / В.Н. Ежов, Е.Г. Сони́на, Т.Н. Танащук, М.В. Семакова // Виноград и вино России. 2000. - № 3. - С. 46-48.
37. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Л.: Агропромиздат, 1987. – 429 с.

38. Ермолаева, Г.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков / Г.А. Ермолаева, Р.А. Колчева. – М: Академия, 2000. – 426 с.
39. Жогова, А.А. Идентификация и количественное определение основных биологически активных веществ травы пустырника с помощью ВЭЖХ-масс-спектрометрии / А.А. Жогова, И.Б. Перова, И.А. Самылина // Химико-фармацевтический журнал. 2014. – Т. 48, №7. – С. 54-59.
40. Иванова, Л.А. Пищевая биотехнология. Кн. 2. Переработка растительного сырья / Л.А. Иванова, Л.И. Войно, И.С. Иванова; под ред. И.М. Грачевой. – М.: Колос, 2008. – 472 с.
41. Иванова, Р.И. Природные антиоксиданты полифенольной природы (Антирадикальные свойства и перспективы использования) / Р.И. Иванова, А.И. Прида // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2004. - №2. – С.76-78.
42. Иващенко, М. В. Факторы, влияющие на ферментолиз пектинсодержащего растительного сырья / М. В. Иващенко // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке. – 2015. – С. 305 - 308.
43. Игошева, Н.И. Распространение некоторых дикорастущих лекарственных и ягодных растений в лесотундре Тюменской области и урожайность их сырья /Н.И. Игошева, Н.И. Шурова // Растительные ресурсы. – 2003. – Вып.2. - С.57-62
44. Калинина, Л.В. Технология цельномолочных продуктов: учебное пособие / Калинина Л.В., Ганина В.И., Дунченко Н.И. - СПб.: ГИОРД, 2008.-248с
45. Касьянов, Г.И. Сушка сырья и производство сухих завтраков / Г.И. Касьянов // Учебно-практическое пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.:ИКЦ «МарТ», Ростов-на-Дону: издательский центр «МарТ», 2004. – 160 с.
46. Киптелая, Л.В. Влияние размещения рефлектора в ИК-сушилке на процессе сушки плодово-ягодного сырья / Л.В. Киптелая, А.Н. Загорулько // Международная научно-технологическая конференция

- «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» - Спб., 2013.- С. 321-323.
47. Киселева, Т. Ф. Выявление предпосылок комплексной переработки плодово-ягодного сырья Сибирского региона / Т. Ф. Киселева // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – №. 3.-С. 115-119.
 48. Кислухина, О.В. Витаминные комплексы из растительного сырья / О.В. Кислухина – М.: «ДеЛи принт», 2004. – 308 с.
 49. Кислухина, О.С. Ферменты в производстве пищи и кормов / О.С. Кислухина — М.: ДеЛи принт, 2002. — 336 с.
 50. Кожухова, М. А. Биотехнологические методы в производстве плодовоовощных соков и нектаров / М. А. Кожухова, А. Н. Теркун, С. Е. Рожков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2003. – №. 4. С.39-43.
 51. Козлов, Н.А. Биотехнологические аспекты переработки плодовоовощного сырья в производстве соков и пюре / Н.А. Козлов - М.: Пищепроиздат, 2004. - С. 243-248.
 52. Коновалов, В. И. Современные вопросы теории переноса при сушке / В. И. Коновалов, Т.К. Кудра, Н.Ц. Гатапова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14. – №. 3.
 53. Корячкина, С.Я. Исследование влияния композиции тонкодисперсных овощных и фруктовых порошков на качество затяжного печенья / С.Я. Корячкина, Е.Н. Холодова, В.П. Корячкин // Современная наука и инновации. – 2016. – №. 3. – С. 121-127.
 54. Корячкина, С.Я. Разработка технологии бисквитного полуфабриката с использованием овощных порошков. Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России / С.Я. Корячкина // Материалы V Международной научно-практической интернет-конференции.- Орел, 2017. - С. 205-209
 55. Корячкина, С.Я. Обоснование применения нетрадиционного растительного сырья в технологии хлебобулочных изделий [Текст] / С.Я. Корячкина, В.П. Корячкин, А.В. Микаелян // Материалы V Международной научно-

- технической-конференции «Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века». – Краснодар. 2017. – С. 205-211.
56. Красникова, Е.В. Совершенствование технологии получения пищевого красителя из ягод аронии. / Е.В. Красникова // Пищевые ингредиенты, сырье и добавки. 2000. - № 1.-С. 24-26.
 57. Кругман, Е.С. Натуральные пищевые красители и их применение в пищевой промышленности / Е.С. Кругман // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. — 2001. - №1. - С. 20-21
 58. Кузнецова, Л.С. Технология приготовления мучных кондитерских изделий / Л.С. Кузнецова, М.Ю. Сиданова – М.: Академия; Высш. шк., 2013. – 400 с.
 59. Курбанова, М. Ж. Исследование процесса сушки плодов яблок СВЧ-конвективным способом / М. Ж. Курбанова, К. О. Додаев, Ж. М. Курбанов // Пищевая промышленность. – 2015. – №. 10. – С. 19-21.
 60. Куркина, А. В. Флавоноиды фармакопейных растений: Монография / Куркина, А. В. - Самара: ООО «Офорт»; ГБОУ ВПО СамГМУ Минздравсоцразвития России, 2012. - 290 с.
 61. Курлович, Т.В. Клюква, голубика, брусника: пособие для садоводов-любителей / Т.В. Курлович. – М.: Ниола - Пресс; ЮНИОН-паблик, 2007. – 200 с.
 62. Лесс, В. Р. Практическое руководство для лаборатории. Специальные методы / В. Р. Лесс // СПб.: Профессия. – 2011.
 63. Лоскутова Е. В. Товароведная характеристика дикорастущих ягод семейства вересковых и продуктов их переработки: дис... канд. техн. наук: 05.18.15 / Лоскутова Е.В. – Кемерово.- 2014. - 155 с.
 64. Лоскутова, Е.В. Получение сухих порошков из плодово-ягодного сырья Дальнего Востока / Е.В. Лоскутов. - Сб. науч. тр. ДальГАУ; Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции. – Благовещенск, 2010. – Вып.9. – С. 93 – 96.
 65. Лунева, О.Н. Обогащение творожного десерта компонентами растительного происхождения / О.Н. Лунева // Приоритеты и научное обеспечение

- реализации государственной политики здорового питания в России - Материалы V Международной научно-практической интернет-конференции. – Орел, 2017 - С. 115-119.
66. Лютикова, М. Н. Изучение состава биологически активных компонентов дикорастущих ягод *Vaccinium vitis-idaea* и *Oxycoccus palustris* в зависимости от степени их зрелости и условий хранения: Автореф. дис... канд.техн.наук.-Черноголовка, 2013. -26 с.
 67. Лютикова, М. Н. Химический состав и практическое применение ягод брусники и клюквы / М. Н. Лютикова // Химия растительного сырья. – 2015. – №. 2.- С.49-53.
 68. Лютикова, М.Н. Исследование компонентного состава ягод местной дикорастущей брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) / М.Н. Лютикова, Ю.П. Туров // Химия растительного сырья. – 2011. - № 1. - С.145-149.
 69. Макарова, Е.А. Использование мультиэнзимных композиций для гидролиза нетрадиционного целлюлозосодержащего сырья / Е.А. Макарова // Ползуновский вестник. – 2010. – № 4-1. – С. 192-197.
 70. Макарова, М. Н. Молекулярная биология флавоноидов / М. Н. Макарова, В. Г. Макаров, – Спб.:Лема, 2010. – С 428.
 71. Маркина, М.Н. Использование отечественных ферментных препаратов для получения пектина из жома / М.Н. Маркина, Г.Н. Румянцева, Н.М. Птичкина // Congress Biotechnology. - М.: 2002. - 379 с.
 72. Марсов, Н.Г. Фармакохимическое изучение видов семейства вересковые / Н.Г. Марсов // Сб. науч. работ студентов и молод. ученых ЯГМА. - Ярославль: ДИА - пресс, 2001. - С. 85-86.
 73. Матвеева, И. В. Ферментные препараты: безопасность, инновационные применения, защита окружающей среды. / И. В. Матвеева, В. Ю. Мартынов// Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки, 2010.- № 2 – С. 24-28.
 74. Муравьева, Д. А. Фармакогнозия / Д. А. Муравьева, И. А. Самылина, Г. П. Яковлев. – М.: Медицина, 2007.- 656 с.

75. Мякинников, Е.И. Использование электрофизических и газожидкостных технологий для сушки плодового сырья. Техника и технология пищевых производств. Процессы, оборудование и аппараты пищевых производств / Е.И. Мякинников. – Кемерово. Т. 37. № 2. 2015. С. 48-53.
76. Нельсон, Д. Л. Основы биохимии Ленинджера / Д. Л. Нельсон, М. М. Кокс, А. Л. Ленинджер // Биом.лаб.знаний, 2011. - 27 с.
77. Нечаев, А. П. Пищевая химия; под ред. АП Нечаева.– 6-е изд., испр. и доп / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова. - СПб.: ГИОРД. – 2015.
78. Новиков, В.С. Популярный атлас-определитель. Дикорастущие растения. 5-е изд., стереотип / В.С. Новиков, И.А. Губанов. – М.: Дрофа, 2008. — 415 с.
79. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации: МР 2.3.1.2432-08.
80. Овгаренко, А.С. Функциональные ингредиенты плодов дикорастущих растений / А.С. Овгаренко, Е.А. Расулова, О.Э. Кондакова, О.В. Иванова // Пищевая промышленность, 2017. - №12 – С. 53-56.
81. Овсянникова, Е. А. Исследование процесса экстрагирования дикорастущих ягод Сибири с использованием биокаталитических методов / Е.А. Овсянникова //Техника и технология пищевых производств. – 2012. – №. 4.- С. 27-31.
82. Овсянникова, Е. А. Разработка комплексного подхода к переработке дикорастущих ягод клюквы и брусники: дис... канд.техн.наук: 05.18.15 / Овсянникова Евгения Александровна.- Кемерово., 2014 г. – 137 с.
83. Органическая химия; под ред. Н.А. Тюкавкиной// Спец. Курс в 2 кн. Кн.2. М.: Дрофа, 2008 – 592 с.
84. Осипова, Л. А. Усовершенствование технологии переработки ягод черной смородины на соки, экстракты, сиропы / Л. А. Осипова, Т. С. Лозовская // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2013. – №. 3. – С. 3-8.

85. Осташенкова, Н.В. Современные методы анализа сырья и пищевых продуктов для студентов направления 260200 «Технология продуктов питания из растительного сырья» / Н.В. Осташенкова, Е.В. Алексеенко, О.В. Андриевская // Методические указания к выполнению лабораторных работ по элективному курсу. М.: ИК МГУПП, 2008. – 48 с.
86. Пакляченко, С. А. Актуальность использования дикорастущих трав и ягод Камчатки при производстве пищевых продуктов / С. А. Пакляченко // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2006. – №. 5. – С. 161-167.
87. Патент РФ № 2426462. Способ вакуумной сушки / Просеков А.Ю., Ермолаев В.А., Иванова С.А.; заявл. 03.03.2010. опубл. 20.08.2011. Бюл. № 23.
88. Патент РФ № 2462867. Способ вакуумной сушки ягод / Ермолаев В.А., Федоров Д.Е., Масленникова Г.А.; заявл. 06.06.2011. опубл. 10.10.2012. Бюл. № 28.
89. Патент РФ № 2541395. Способ вакуумной сушки ягод / Ермолаев В.А., Федоров Д.Е., Соснина О.Б., Лифенцева Л.В.; заявл. 15.10.2013. опубл. 10.02.2015. Бюл. № 4.
90. Перфилова, О.Л. Получение высококачественных сушеных продуктов из плодовоовощного вторичного сырья. Достижение науки и инновации в производстве, хранении и переработки сельскохозяйственной продукции / О.Л. Перфилова // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию заслуженного работника высшей школы РФ, профессора Г. Скрипникова.- Мичуринск, 2011. - С. 91-96
91. Полина, С. А. Состав антоцианов плодов черники обыкновенной, брусники обыкновенной и клюквы обыкновенной Красноярского края по данным ВЭЖХ / С.А. Полина // Химия растительного сырья. – 2014. – №. 2.-С. 103-107.
92. Польшалина, Г. В. Определение активности ферментов. Справочник / Г. В. Польшалина, В. С. Чередниченко, Л. В. Римарева – М.: ДеЛи принт, 2003. – 375 с.

93. Помозова, В.А. Производство кваса и безалкогольных напитков / В.А. Помозова – КемТИПП. – Кемерово, 2006.- С.112.
94. Поповский, В.Г., Сублимационная сушка пищевых продуктов растительного происхождения / В.Г. Поповский - М.: Пищевая промышленность, 1975. - 256 с.
95. Пospelова, И.Г. Исследование и разработка технологии сублимационной сушки фруктов и овощей с использованием энергосберегающих электротехнологий: автореф. дис. ... канд. техн. наук. / И.Г. Пospelова. – Ижевск, 2009. – 19 с.
96. Приходько, Ю.В. Научно-практическое обоснование использования сырьевых ресурсов Дальнего Востока в качестве источников для производства функциональных пищевых продуктов : дис....докт. техн. наук : 05.18.07 / Ю.В. Приходько. - Владивосток, 2009.- 324 с.
97. Причко, Т. Г. Проектирование функциональных продуктов для адекватного питания из плодово-ягодного сырья / Т. Г. Причко, Н. В. Дрофичева // Научные труды Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. – Т. 7. – С. 244-249.
98. Рабинович, А.М. Лекарственные растения России / А.М. Рабинович – М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2001. – 319 с.
99. Рабинович, М.Л. Прогресс в изучении целлюлолитических ферментов и механизм биodeградации высокоупорядоченных форм целлюлозы / М.Л. Рабинович, М.С. Мельник. – М.: Успехи биологической химии, 2000. – С.205-266.
100. Расщепкина, Е.А. Исследование химического состава брусники / Е.А. Расщепкина, М.А. Субботина, А.Н. Расщепкин // Технология и продукты здорового питания. - 2008. - №8. - С. 117-118.

101. Руководство Р. 4.1. 1672-03 «Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище» // М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. – 2004.
102. Семенов, Г.В. Вакуумная сублимационная сушка / Г.В. Семенов. - М.: ДеЛи плюс, 2013. - 264 с.
103. Семенов, Г.В. Современные направления научных исследований и технические решения по интенсификации процесса сублимационной сушки в пищевой промышленности, фармпроизводствах и прикладной биотехнологии (часть 1) / Г.В. Семенов, М.С. Булкин, А.В. Кузенков // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств».- 2015. - № 1.- С. 187 - 202.
104. Скоркина, И.А. Получение биокефира функционального назначения с натуральными добавками / И.А. Скоркина, Е.Н. Третьякова, Т.Н. Сухарева // Пищевая промышленность. – 2015. – №2. С. 8 – 10.
105. Скрипников, Ю.Г. Технология переработки плодов и ягод / Ю.Г. Скрипников. - М.: Агропромиздат, 1991. - 287 с.
106. Скурихин, И.М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: Справочник / И.М. Скурихин, В.А. Тутельян. – М.: ДеЛи Принт, 2007. – 276 с.
107. Соколова, Т.В. Применение ферментных препаратов в народном хозяйстве/ Т.В. Соколова // Пищевая промышленность.- 2001 г.- №11. – С.37-41.
108. Сорокопуд, А.Ф. Перспективы использования экстрактов клюквы, брусники и черники в пищевой промышленности / А.Ф. Сорокопуд, А.С. Мустафина, М.В. Суменков // Пищевая промышленность. – 2001. - №9. – С.32-33.
109. Терентьева, В.М. Оценка качества дикорастущих ягод с целью разработки технологий переработки и хранения / В.М. Терентьева // Сиб.вестн.с.-х.науки. – 2008. - № 10. - С. 113-116.
110. Технический регламент таможенного союза 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки». – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза 9

- декабря 2011 г. № 881 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://rostest.net/wp-content/>.
111. Технический регламент таможенного союза 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза 9 октября 2013 г. № 67 (с изменениями на 20 декабря 2017) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://rostest.net/wp-content/>.
 112. Тимофеева, В. Н. Использование перспективного сырья для производства продуктов профилактического назначения / В. Н. Тимофеева, М. Л. Зенькова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – №. 9. – С. 66-68.
 113. Типсина, Н.Н. Использование порошка облепихи в производстве кондитерских изделий / Типсина, Н.Н. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2013. – №. 5. - С.112-117.
 114. Типсина, Н. Н. Использование порошка моркови в пищевой промышленности / Н. Н. Типсина, Е. А. Типсин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – №. 4. - С.108-113.
 115. Типсина, Н. Н. Использование в продуктах питания добавок, содержащих пищевые волокна / Н. Н. Типсина, Н. В. Цугленок // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2006. – №. 11. - С.245-248.
 116. Тихомирова, Н.А. Технология и организация производства молока и молочных продуктов / Н.А. Тихомирова. - М.:ДеЛи принт, 2007. – 560 с.
 117. Траубенберг, С. Е. Применение биотехнологических приемов для переработки ягод красной смородины и брусники / Н. В. Осташенкова, Е. В. Алексеенко, А. Г. Чернобровина, А. В. Никитин // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2008. – №. 2-3.
 118. Тутельян, В. А. Биологически активные вещества растительного происхождения. Фенольные кислоты: распространенность, пищевые источники, биодоступность / В. А. Тутельян, Н. В. Лашнева // Вопросы питания. – 2008. – Т. 77. – №. 1. – С. 4-19.
 119. Тутельян, В. А. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище / В. А. Тутельян, К. И. Эллер, Ю. П.

- Алешко-Ожевский. - М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. – 2004.
120. Тутельян, В.А. Флавоноиды: содержание в пищевых продуктах, уровень потребления, биодоступность / В.А. Тутельян, А.К. Батурин, Э.А. Мартинчик // Вопросы питания. – 2004. - №6. – С.43-48.
 121. Тутельян, В. А. Методы анализа минорных биологически активных веществ пищи / В. А. Тутельян, К. И. Эллер, Т.В. Аристархова, // М.: Издательство «Дикасаи», 2010. – 160 с.
 122. Филатова, И.А. Идентификации продуктов переработки ягод, содержащих экстракты выжимок / И.А. Филатова, Р.Л. Филиппова, А.Ю. Колеснов, М.А. Дьяченко // Пищевая промышленность. – 2006. - №1. – С.24-26
 123. Филиппова, Г.Г. Основы биохимии растений / Г.Г. Филиппова. – Мн.: БГУ, 2004. – 136 с
 124. Фокина, В.Н. Формирование потребительских свойств и повышение сохраняемости хлебобулочных изделий, обогащенных порошком из ягод голубики/ В.Н. Фокина // Качество и безопасность продукции в рамках государственной политики в области здорового питания населения: коллективная монография. – СПб.: Изд-во «ЛЕМА», 2012. – С. 142–161.
 125. Фомичева, П.К. Содержание флавоноидов в ягодах клюквы, брусники, культивируемых на опытных участках Костромской области / П.К. Фомичева, Е.В. Батура // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе. – 2007. - Т.2. - С.64-64.
 126. Халитова, Э. Ш. Нетрадиционные способы обработки плодоовощного сырья / Э. Ш. Халитова, Э. Ш. Манеева, А. В. Быков. – Оренбург. - 2014. – С.1309-1311.
 127. Хмелев В. Н. Исследование эффективности ультразвуковой сушки / В. Н. Хмелев // Техническая акустика. – 2009. – Т. 9. – №. 9. - С.203 - 208.
 128. Цапалова, И.Э. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений. Качество и безопасность / И.Э. Цапалова, М.Д. Губина, О.В. Голуб, В.М. Позняковский. – Новосибирск, 2005. – 2016 с.

129. Чернобровина А.Г. Ферментативный гидролизат красной смородины, его биохимическая характеристика и применение при получении пищевых продуктов: автореф. дис.... к.т.н. / А.Г.Чернобровина. - Москва, 2008. – 25 с.
130. Черных, И. В. Применение комплексных ферментных препаратов для получения сока из рябины садовой / И. В. Черных, Г. А. Ермолаева // Пиво и напитки. – 2015. – №. 3. – С. 26-29.
131. Чиков, П.С. Лекарственные растения / П.С. Чиков. - М.: Медицина, 2002. - 310 с.
132. Шабров, А.В. Биохимические основы действия микрокомпонентов пищи / Шабров А.В., Дадали В.А., Макаров В.Г.: под ред. проф. В.А. Дадали. – М.: Аввалон, 2003. – 184 с.
133. Шендеров, Б.А. Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома / Б.А. Шендеров. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 319 с.
134. Шичкина, Е. С. Влияние ферментных препаратов на выход красящих веществ при получении натуральных красителей / Е. С. Шичкина, В. М. Болотов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – №. 1. – С. 46 - 47.
135. Щетилина, И. П. Анализ потребительских предпочтений жителей г. Воронежа в отношении продуктов функционального назначения из плодово-ягодного сырья / И.П. Щетилина // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – №. 2. - С. 68 - 73.
136. Югова, Л.В. Использование новых ферментных препаратов для повышения качества крепленых вин / Л.В. Югова, Э.А. Шишкова // Межд. Конгресс «Биотехнология состояние и перспективы развития». - М., 2002. – 378 с.
137. Ярлиева, З.А., Совершенствование технологии криопорошков из плодов и ягод, выращиваемых в предгорных районах Дагестана: дис... канд. техн. наук: 05.18.01 / З.А. Ярлиева. - Краснодар, 2017. – 141 с.
138. Anggraini, T. Antioxidative activity and catechin content of four kinds of Uncaria gambir extracts from West Sumatra, Indonesia / T. Anggraini // African Journal of Biochemistry Research. – 2011. - Vol.5. - №. 1. - P. 33-38.

139. Attrey, D. Effect of solvent strength on total phenol content and DPPH scavenging activity of seabuckthorn extract / D. Attrey, A. Singh, J. Katyal // The proceedings of the fifth International Seabuckthorn Association Conference, China, - 2011. - P. 67-71.
140. Bondet, V. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH. free radical method / V. Bondet, W. Brand-Williams, C. Berset // LWT-Food Science and Technology. – 1997. - Vol. 30. - №. 6. - P. 609-615.
141. Bornsek, S. Bioefficacy of anthocyanins from bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) / S. Bornsek: Doctoral Dissertation. Ljubljana, 2012.-P. 131.
142. Bouaziz, M. Oil content, phenolic profiling and antioxidant potential of Tunisian olive drupes / M. Bouaziz // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2010. - Vol. 90. - №. 10. - P. 1750-1758.
143. Bräunlich, M. Extracts, anthocyanins and procyanidins from *Aronia melanocarpa* as radical scavengers and enzyme inhibitors / M. Bräunlich, R. Slimestad, H. Wangensteen // Nutrients. - 2013. - Vol.5. - P. 663-678.
144. Camire, M. Functionality of fruit powders in extruded corn breakfast cereals / M. Camire, M. Dougherty, J. Briggs // Food Chemistry. – 2007. - Vol. 101. - №. 2. - P. 765-770.
145. Crozier, S. Cacao seeds are a "Super Fruit": A comparative analysis of various fruit powders and products / S. Crozier // Chemistry Central Journal. – 2011. - Vol. 5. - №. 1. - P. 5-8.
146. Desjardins, J. Anthocyanin-rich black currant extract and cyanidin-3-O-glucoside have cytoprotective and anti-inflammatory properties / J. Desjardins, S. Tanabe, C. Bergeron // Med Food. 2012. - Vol. 15, - Iss. 12.- P. 1045-1050.
147. Dissa, A. Convective drying characteristics of Amelie mango (*Mangifera Indica* L. cv. 'Amelie') with correction for shrinkage / A. Dissa // Journal of food Engineering. – 2008. - Vol. 88. - №. 4. - P. 429-437.
148. El Gamal, A.A. Biological importance of marine algae / A.A. El Gamal // Saudi Pharm. J. – 2010. - Vol. 18. - P. 1 - 25.

149. Fine, A.M. Oligomeric proanthocyanidin complexes: history, structure, and phytopharmaceuticals applications. *Alt. Med. Rev*, 2000.- V. 5. №2: P.144-151.
150. Giri, S. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms / S. Giri, S. Prasad // *Journal of food engineering*. – 2007. Vol. 78. - №. 2. P. 512-521.
151. Gunduz, K. Antioxidant, physical and chemical characteristics of cornelian cherry fruits (*Cornus mas* L.) at different stages of ripeness / K. Gunduz, O. Saracoglu, M. Ösgen // *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*. - 2013. - Vol. 12. - № 4. - P. 59-66.
152. Holzwarth, M. Impact of enzymatic mash maceration and storage on anthocyanin and color retention of pasteurized strawberry purées / M. Holzwarth // *European Food Research and Technology*. – 2012. - Vol. 234. - №. 2. - P. 207-222.
153. Kai, Z. GC-MS determination of flavonoids and phenolic and benzoic acids in human plasma after consumption of cranberry juice / Z. Kai, Z. Yuegang // *J. Agric. Food Chem*. – 2004. - Vol. 52. - P. 222-227.
154. Kiranoudis, C. Drying kinetics of onion and green pepper / C. Kiranoudis, Z. Maroulis, D. Marinos-Kouris // *Drying Technology*. – 1992. – T. 10. – №. 4. – P. 995-1011.
155. Laaksonen, O. The effect of enzymatic treatment on blackcurrant (*Ribes nigrum*) juice flavour and its stability / O. Laaksonen // *Food Chemistry*. – 2012. – T. 130. – №. 1. – P. 31-41.
156. Laroze, L. Phenolic antioxidants extraction from raspberry wastes assisted by-enzymes / O. Laaksonen // *of Biotech.*, 2010, - Vol. 13, - № 6. - P. 248-252.
157. Molan, A.L. Blueberries: Genotypedependent variation in antioxidant, free-radical scavenging, and prebiotic activities / A.L. Molan, M.A. Lila, G. Ravindran // *Current Research, Technology and Educatuion Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology: Formatex*, 2010. – P. 427–434.
158. Olthof, M.R. Bioavailabilities of quercetin-3-glucoside and quercetin-4'-glucoside do not differ in humans / M.R. Olthof // *The Journal of nutrition*. – 2000. – Vol. 130. - №. 5. P. 1200-1203.

159. Olthof, M. Consumption of high doses of chlorogenic acid, present in coffee, or of black tea increases plasma total homocysteine concentrations in humans / M. Olthof // The American journal of clinical nutrition. – 2001. – Vol. 73.- №. 3.- P. 532-538.
160. Phillipson J. Phytochemistry and medicinal plants / J. Phillipson // Phytochemistry. – 2001. – Vol. 56. - №. 3. - P. 237-243.
161. Prior, R., Identification of procyanidins and anthocyanins in blueberries and cranberries using high-performance liquid chromatography/mass spectrometry / R. Prior, S. Lazarus, G. Cao, H. Muccitelli, J. Hammerstone // J. Agric. Food Chem. – 2001. - Vol. 49. - P.1270-1276.
162. Su, Z. Anthocyanins and flavonoids of Vaccinium L. / Z. Su // Pharmaceutical Crops. 2012. - Vol. 3. - P. 7-37.
163. Tempera, G. Inhibitory activity of cranberry extract on the bacterial adhesiveness in the urine of women: an ex-vivo study / Z. Su // International journal of immunopathology and pharmacology. – 2010. – Vol. 23. – №. 2. – P. 611-618.
164. Treutter, D. Managing phenol contents in crop plants by phytochemical farming and breeding — visions and constraints / D. Treutter // International journal of molecular sciences. – 2010. - Vol. 11. - №. 3. - P. 807-857.
165. Wang, J. Drying characteristics and drying quality of carrot using a two-stage microwave process / J. Wang, Y. Xi // Journal of food Engineering. – 2005. – Vol. 68. №. 4. - P. 505-511.
166. Wang, L. Anthocyanins and their role in cancer prevention / L. Wang, G. Stoner // Cancer letters. – 2008. - Vol. 269. - №. 2. - P. 281-290.
167. Wang, S. How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health / S. Wang // Food Research International. – 2011. - Vol. 44. - №. 1. - P. 14-22.
168. Wu, X. Identification and Characterization of Anthocyanins by High-Performance Liquid Chromatography – Electrospray Ionization – Tandem Mass Spectrometry in Common Foods in the United States: Vegetables, Nuts, and Grains. J. / X. Wu, R. Prior // Agric. Food Chem. 2005, - №8, - P.3101-3113.

169. <http://www.erbsloeh.com/> (Дата обращения: 22.11.2016)
170. <http://www.naturex.com/> (Дата обращения: 17.12.2016)
171. <http://vinograd-vino.com/> (Дата обращения: 20.11.2016)

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

**Концентрат ягод брусники порошок
Технические условия (проект)**

НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

«Хлебпром»

ОКП 916450

«Продукты пищевые сублимационной сушки»



КОНЦЕНТРАТ ЯГОД БРУСНИКИ ПОРОШКОВЫЙ

Технические условия. Проект

TY 9164-003-57035886-2016

Разроботано: ФГБОУ ВПО МГУПП

Кафедра «Биотехнология и технология продуктов
биоорганического синтеза»

Москва, 2016 г

7. Гарантия изготовителя

Изготовитель гарантирует соответствие качества концентрата требованиям настоящих технических условий при соблюдении условий транспортирования и хранения.

Разработчики:

д.т.н., профессор кафедры «Биотехнология и технология
продуктов биоорганического синтеза»



Алексеев Е.В.

Аспирант Кафедры «Биотехнология и технология
продуктов биоорганического синтеза»



Быстрова Е.А.

Москва, 2016 г

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

**Технологическая инструкция
По производству порошкового концентрата ягод брусники**

НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

«Хлебпром»

ОКП 916450

«Полуфабрикаты плодовые и ягодные»



Технологическая инструкция

По производству порошкового концентрата ягод брусники

Разработано: ФГБОУ ВПО МГУПП

Кафедра «Биотехнология и технология продуктов
биоорганического синтеза»

Москва, 2016 г

7. Санитарные требования

Мойка, санитарная обработка и санитарные требования к оборудованию, производственным и складским помещениям осуществляется в соответствии с «Санитарными правилами для предприятий, вырабатывающих плодовоовощные консервы, сушеные фрукты, овощи и картофель, квашеную капусту и соленые овощи» (N 962-72).

Разработчики:

Д.т.н., проф. кафедры «Биотехнология и технология
продуктов биоорганического синтеза»

Алексеев Е.В.

Аспирант кафедры «Биотехнология и технология
продуктов биоорганического синтеза»

Быстрова Е.А.

Москва, 2016 г

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

**Протокол производственных испытаний порошкового концентрата
ягод брусники при производстве пирога арахисового
«Орешник» с малиновым джемом**

Приложение А

ОАО «Хлебпром»

Дата: «16» июля 2016 г.

ПРОТОКОЛ №0002**Производственных испытаний порошкового концентрата ягод брусники при производстве пирога арахисового «Орешник» с малиновым джемом**

Наименование сырья	Код сырья	НТД в соответствии с которым выпущен продукт	Изготовлено и упаковано:
№ спецификации :			
Производитель:			
Поставщик: Быстрова Е.А., Алексеенко Е.В. кафедра Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза ФГБОУ ВПО МГУПП			
Номер партии/смены:			
Количество в партии:			
10 кг			

I.Задание на тест			
Количество сырья для испытания:	10 кг		
Рекомендуемая дата для испытания: 16.07.2016			
Качественные параметры, по которым новый материал <u>отличается</u> от ранее использованных на производстве: корж мягкий, пористый, форма ровная без изломов и вмятин, приобрел легко-уловимую кислинку, присущую ягодам брусники, цвет – золотистый, аромат свойственный данному виду сырья. Содержание сухих веществ 85 %.			
Свойства и качества, которые следует проверить в ходе производственного теста: _____ технологичность, качество и параметры порошкового концентрата в качестве добавки для приготовления полуфабриката «Орешник», органолептические и физико-химические показатели готовых изделий с использованием порошкового концентрата ягод брусники.			
Согласовано:			
Главный технолог:		Гореликов А. А.	Дата: 

II. Наблюдения сделанные в ходе теста	
Ст.технолог:	Дата испытаний:
См.технолог:	
Условия тестирования: подготовка полуфабриката «Орешник» с использованием порошкового концентрата ягод брусники, изготовление коржа в ходе технологического процесса. (параметры машин, скорость, температура, др.установки, а также другие участвующие в тесте материалы)	

Приложение А

Описание выявленных дефектов материала и трудностей при использовании (несовместимости):	
1	Концентрат порошковый из ягод брусники – мелкодисперсный порошок, хорошо смешивается с сыпучими компонентами для изготовления полуфабриката «Орешник».
2	Большое содержание в концентрате органических кислот (бензойной, лимонной, яблочной и др) позволило исключить из рецептуры искусственную пищевую добавку – сорбат калия, а также консервант ТК-12.
3	Пирог арахисовый «Орешник» с малиновым джемом с добавлением порошкового концентрата из ягод брусники имеет приятный вкус, интересный золотистый цвет.
Замеченные отклонения производственных затрат: _____ (отклонения по расходу машинных и человеко-часов, электроэнергии, материалов, а также по их потерям)	

III. Результаты тестирования после промышленной проработки	
Выпущенный продукт с применением тестируемого материала продукт соответствует спецификации на него	Да ☒ Нет ☐
IV. Результаты тестирования после проведения дегустации на конце срока годности продукта: «_16_» _____ октября _____ 2016 года Протокол № _____	
Выпущенный продукт с применением тестируемого материала продукт соответствует спецификации на него	Да ☒ Нет ☐
Список обязательных и желательных мер по адаптации материала для использования в производстве	
1	
2	

IV. Заключение (заполняется членами испытательной комиссии)	
Испытательный материал	
Главный технолог:	Гореликов А. А.



ПРИЛОЖЕНИЕ 4

(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

**Протокол производственных испытаний порошкового концентрата
ягод брусники при производстве торта песочного «Творожник»**

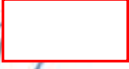
Приложение А

ОАО «Хлебпром»

Дата: «15» июля 2016 г.

ПРОТОКОЛ №0001**Производственных испытаний порошкового концентрата ягод брусники при производстве торта песочного «Творожник»**

Наименование сырья	Код сырья	НТД в соответствии с которым выпущен продукт	Изготовлено и упаковано:
№ спецификации :			
Производитель:			
Поставщик: Быстрова Е.А., Алексеенко Е.В. кафедра Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза ФГОБУ ВПО МГУПП			
Номер партии/смены:			
Количество в партии:	10 кг		

I.Задание на тест			
Количество сырья для испытания:	10 кг		
Рекомендуемая дата для испытания: 15.07.2016			
Качественные параметры, по которым новый материал <u>отличается</u> от ранее использованных на производстве: песочный корж рассыпчатый, мягкий, приобрел легко-уловимую кислинку, присущую ягодам брусники, цвет – золотисто-розовый, аромат свойственный данному виду сырья с легко-уловимом ароматом брусники. Содержание сухих веществ 90 %.			
Свойства и качества, которые следует проверить в ходе производственного теста: _____ технологичность, качество и параметры порошкового концентрата в качестве добавки для приготовления песочного теста, органолептические и физико-химические показатели готовых изделий с использованием порошкового концентрата ягод брусники.			
Согласовано:			
Главный технолог:		Гореликов А. А.	Дата: 

II. Наблюдения сделанные в ходе теста	
Ст.технолог:	Дата испытаний:
См.технолог:	
Условия тестирования: подготовка песочного теста с использованием порошкового концентрата ягод брусники, изготовление песочного коржа в ходе технологического процесса. (параметры машин, скорость, температура, др.установки, а также другие участвующие в тесте материалы)	

Приложение А

Описание выявленных дефектов материала и трудностей при использовании (несовместимости):	
1	Концентрат порошковый из ягод брусники –мелкодисперсный порошок, хорошо смешивается с сыпучими компонентами для изготовления песочного полуфабриката.
2	Большое содержание в концентрате органических кислот(бензойной, лимонной, яблочной и др) позволило исключить из рецептуры искусственную пищевую добавку – сорбат калия.
3	Торт песочный «Творожник» с добавлением порошкового концентрата из ягод брусники имеет приятный вкус с легим оттенком брусничной кислинки, интересный золотисто-розовый цвет.
Замеченные отклонения производственных затрат: _____ (отклонения по расходу машинных и человеко-часов, энергии, материалов, а также по их потерям)	

III.Результаты тестирования после промышленной проработки	
Выпущенный продукт с применением тестируемого материала	Да ☒ Нет ☐
продукт соответствует спецификации на него	
IV.Результаты тестирования после проведения дегустации на конце срока годности	
продукта: « 15 » _____ октября _____ 2016 года	
Протокол № _____	
Выпущенный продукт с применением тестируемого материала	Да ☒ Нет ☐
продукт соответствует спецификации на него	
Список обязательных и желательных мер по адаптации материала для использования в производстве	
1	
2	

IV.Заключение (заполняется членами испытательной комиссии)	
Испытательный материал	
Главный технолог:	 



ПРИЛОЖЕНИЕ 5

(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

**Рецептура пирога арахисового «Орешник»
с малиновым джемом**

№ рец. 15009

Полуфабрикат "Орешник" выпеченный (с брусникой)

1000,000 кг

№ сырья или п/ф	Наименование сырья и полуфабриката	Содержа- ние сухих веществ, %	Расход сырья, кг			
			на 1000,000 кг фазы		на 1000 кг полуфабриката	
			в натуре	в сухих	в натуре	в сухих
8163	Арахисовые лепестки	95,00	14,285	13,571	14,285	13,571
8164	Джем малиновый термостабильный	55,00	128,572	70,714	128,572	70,714
9346	Полуфабрикат "Орешник" тестовый (с брусникой)	82,70	942,862	779,747	942,862	779,747
	Итого сырье		1 085,719	864,032	1 085,719	864,032
	Потери сырья всего, кг		85,719	14,032	85,719	14,032
	% потерь сырья всего к исх. сырию		7,895	1,624	7,895	1,624
	% потерь сырья всего к выходу		8,572	1,651	8,572	1,651
	Выход с учетом технол. потерь, кг		1 000,000	850,000	1 000,000	850,000
	Технол. потери, подлежа. переработке, кг					
	% технол. потерь, подлежа. перераб., к вых.					
	Технол. потери, подлежа. уничтож., кг					
	% технол. потерь, подлежа. уничтож., к вых.					
	Выход готового изделия	85,00	1 000,000	850,000	1 000,000	850,000

Влажность 15,00 +/- 0,00 %

№ рец. 15008

Полуфабрикат "Орешник" тестовый (с брусничкой)

942,862 кг

№ сырья или п/ф	Наименование сырья и полуфабриката	Содержа- ние сухих веществ, %	Расход сырья, кг			
			на 1000,000 кг фазы		на 942,862 кг полуфабриката	
			в натуре	в сухих	в натуре	в сухих
8160	Ароматизатор "Горький миндаль" 11.02.145	0,00	0,747	0,000	0,705	0,000
8161	Ароматизатор "Сливочный ликер (Бейлис)" 11.01.440В	0,00	0,498	0,000	0,469	0,000
9345	Гидролизат брусничный сухой	95,00	54,956	52,208	51,816	49,225
6838	Маргарин "Столовый Молочный Особый"	82,00	219,195	179,740	206,671	169,470
6151	Меланж яичный пастеризованный	23,70	199,268	47,227	187,882	44,528
6686	Мука для песочного п/ф	85,50	94,496	80,794	89,096	76,177
8162	Мука арахисовая	90,00	249,086	224,177	234,853	211,368
3764	Сахар - песок	99,85	298,902	298,454	281,823	281,401
4235	Соль поваренная пищевая	99,90	0,996	0,995	0,939	0,938
	Итого сырье		1 118,144	883,595	1 054,254	833,107
	Потери сырья всего, кг		118,144	56,595	111,392	53,360
	% потерь сырья всего к исх. сырию		10,566	6,405	10,566	6,405
	% потерь сырья всего к выходу		11,814	6,843	11,814	6,843
	Выход с учетом технол. потерь, кг		1 000,000	827,001	942,862	779,748
	Технол. потери, подлеж. переработке, кг					
	% технол. потерь, подлеж. перераб., к вых.					
	Технол. потери, подлеж. уничтож., кг					
	% технол. потерь, подлеж. уничтож., к вых.					
	Выход готового изделия	82,70	1 000,000	827,000	942,862	779,747

Влажность 17,30 +- 0,00 %

Сводная рецептура

Наименование сырья	Содержание сухих веществ, %	Расход сырья, кг	
		на заданное кол-во (1000 кг) готовой продукции с учетом потерь	
		в натуре	в сухих
Арахисовые лепестки	95,00	14,285	13,571
Ароматизатор "Горький миндаль" 11.02.145	0,00	0,705	0,000
Ароматизатор "Сливочный ликер (Бейлис)" 11.01.440B	0,00	0,469	0,000
Гидролизат брусничный сухой	95,00	51,816	49,225
Джем малиновый термостабильный	55,00	128,572	70,714
Маргарин "Столовый Молочный Особый"	82,00	206,671	169,470
Меланж яичный пастеризованный	23,70	187,882	44,528
Мука для песочного п/ф	85,50	89,096	76,177
Мука арахисовая	90,00	234,853	211,368
Сахар - песок	99,85	281,823	281,401
Соль поваренная пищевая	99,90	0,939	0,938
Итого сырье		1 197,111	917,392
Общие потери		197,111	67,392
% общих потерь к исх. сырию		16,466	7,346
% общих потерь к выходу		19,711	7,928
Выход готового изделия	85,00	1 000,000	850,000

Главный технолог



Рассылка:

1 экземпляр (контрольный) - Служба качества.

2 экземпляр - Бюджетный отдел.

Энергетическая ценность
Пирог арахисовый "Орешник" с малин.джемом

Наименование сырья	Состав сложного сырья	Содержа ние сухих веществ, %	Общий расход сырья на 100 г, г		Количество						ЭЦ		
			в натуре	в сухих	белка		жира		углеводов		ккал/г	ккал в рецепт. кол-ве	
					%	в рецепт. кол-ве,г	%	в рецепт. кол-ве,г	%	в рецепт. кол-ве,г			
Сахар - песок		99,85	28,182	28,140						99,90	28,15	3,98	112,17
Мука арахисовая		90,00	23,485	21,137	26,30	6,18	45,20	10,62	9,90	2,33	5,52	129,64	
Маргарин "Столовый Молочный Особый"		82,00	20,667	16,947			82,00	16,95			7,38	152,52	
Меланж яичный пастеризованный		23,70	18,788	4,453	10,00	1,88	10,00	1,88			1,30	24,42	
Джем малиновый термостабильный		55,00	12,857	7,071					51,00	6,56	2,00	25,71	
Мука для песочного п/ф		85,50	8,910	7,618	10,30	0,92	1,10	0,10	70,00	6,24	3,34	29,76	
Гидролизат брусничный сухой		95,00	5,182	4,923	0,43	0,02			56,00	2,90	0,22	1,14	
Арахисовые лепестки		95,00	1,429	1,357	27,90	0,40	47,90	0,68	4,50	0,06	5,60	8,00	
Соль поваренная пищевая		99,90	0,094	0,094									
Ароматизатор "Торький миндаль" 11.02.145		0,00	0,070	0,000									
Ароматизатор "Сливочный ликер (Бейлис)" 11.01.440В		0,00	0,047	0,000									
Итого сырье			119,711	91,739		9,39		30,22		46,24		483,36	
Выход готового изделия		85,00	100,000	85,000									

На 100 г продукта:

Энергетическая ценность	448	ккал
Энергетическая ценность	1 876	кДж
Белки	8,70	г
Жиры	28,00	г
Углеводы	42,84	г

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

Рецептура торта песочного «Творожник»

Приложение №

к приказу №

от

УТВЕРЖДАЮ

Директ



Рецептура, № 15012

Торт "Творожник" классический 0,34

№ сырья или п/ф	Наименование сырья и полуфабриката	Содержа ние сухих веществ, %	Расход сырья, кг						Потери при сборке, %
			на 1000,000 кг фазы без учета потерь при сборке		на 1000,000 кг фазы с учетом потерь при сборке		на заданное кол-во (1000 кг) готовой продукции с учетом потерь при сборке		
			в натуре	в сухих	в натуре	в сухих	в натуре	в сухих	
8825	Крем творожный классический	72,100	502,941	362,620	530,603	382,565	530,603	382,565	5,500
7255	Крошка песочного п/ф	90,000	67,647	60,882	71,029	63,926	71,029	63,926	5,000
9348	Полуфабрикат песочный выпеченный (с брусничкой)	90,000	429,412	386,471	433,491	390,142	433,491	390,142	0,950
	Итого сырье		1 000,00 0	809,973	1 035,12 3	836,633	1 035,12 3	836,633	
	Потери сырья всего, кг				35,123	26,633	35,123	26,633	
	% потерь сырья всего к исх. сырью				3,393	3,183	3,393	3,183	
	% потерь сырья всего к выходу				3,512	3,288	3,512	3,288	
	Потери при сборке, кг				35,123	26,633	35,123	26,633	
	% потерь при сборке к выходу				3,512	3,288	3,512	3,288	
	Выход с учетом технол. потерь, кг				1 000,00 0	810,000	1 000,00 0	810,000	
	Технол. потери, подлежа переработке на стадии сборки, кг								
	% технол. потерь, подлежа перераб., к вых.								
	Выход готового изделия	81,000	1 000,00 0	810,000	1 000,00 0	810,000	1 000,00 0	810,000	

№ рец. 15011

Полуфабрикат песочный выпеченный (с брусникой)

433,491 кг

№ сырья или п/ф	Наименование сырья и полуфабриката	Содержа ние сухих веществ, %	Расход сырья, кг			
			на 1000,000 кг фазы		на 433,491 кг полуфабриката	
			в натуре	в сухих	в натуре	в сухих
6872	Ароматизатор Ваниль DelAr 11.05.107	99,80	0,381	0,380	0,165	0,165
3748	Вода	0,00	143,122	0,000	62,042	0,000
9345	Гидролизат брусничный сухой	95,00	99,120	94,164	42,968	40,819
6684	Маргарин МТ (песочный)	82,00	197,936	162,307	85,803	70,359
6686	Мука для песочного п/ф	85,50	464,235	396,921	201,242	172,062
3868	Пудра сахарная (Ксн)	99,90	121,807	121,685	52,802	52,749
4284	Сироп низкофруктозный	78,70	129,419	101,853	56,102	44,152
3765	Сода	50,00	3,806	1,903	1,650	0,825
3874	Соль углеаммонийная	0,00	3,806	0,000	1,650	0,000
3769	Яичный порошок	94,00	35,019	32,918	15,180	14,270
	Итого сырье		1 198,651	912,131	519,604	395,401
	Потери сырья всего, кг		198,651	12,131	86,113	5,259
	% потерь сырья всего к исх. сырию		16,573	1,330	16,573	1,330
	% потерь сырья всего к выходу		19,865	1,348	19,865	1,348
	Выход с учетом технол. потерь, кг		1 000,000	900,000	433,491	390,142
	Технол. потери, подлежа. переработке, кг					
	% технол. потерь, подлежа. перераб., к вых.					
	Технол. потери, подлежа. уничтож., кг					
	% технол. потерь, подлежа. уничтож., к вых.					
	Выход готового изделия	90,00	1 000,000	900,000	433,491	390,142

Влажность 10,00 +/- 0,00 %

№ рец. 6409

Пудра сахарная

52,802 кг

№ сырья или п/ф	Наименование сырья и полуфабриката	Содержа ние сухих веществ, %	Расход сырья, кг			
			на 1000,000 кг фазы		на 52,802 кг полуфабриката	
			в натуре	в сухих	в натуре	в сухих
3764	Сахар - песок	99,85	1 013,679	1 012,158	53,524	53,444
	Итого сырье		1 013,679	1 012,158	53,524	53,444
	Потери сырья всего, кг		13,679	13,158	0,722	0,695
	% потерь сырья всего к исх. сырию		1,349	1,300	1,349	1,300
	% потерь сырья всего к выходу		1,368	1,317	1,367	1,318
	Выход с учетом технол. потерь, кг		1 000,000	999,000	52,802	52,749
	Технол. потери, подлежа. переработке, кг					
	% технол. потерь, подлежа. перераб., к вых.					
	Технол. потери, подлежа. уничтож., кг					
	% технол. потерь, подлежа. уничтож., к вых.					
	Выход готового изделия	99,90	1 000,000	999,000	52,802	52,749

Влажность 0,10 +- 0,00 %

№ рец. 11702

Крошка песочного п/ф

71,029 кг

№ сырья или п/ф	Наименование сырья и полуфабриката	Содержа ние сухих веществ, %	Расход сырья, кг			
			на 1000,000 кг фазы		на 71,029 кг полуфабриката	
			в натуре	в сухих	в натуре	в сухих
7254	Обрезки песочного п/ф	90,00	1 010,101	909,091	71,746	64,572
	Итого сырье		1 010,101	909,091	71,746	64,572
	Потери сырья всего, кг		10,101	9,091	0,717	0,646
	% потерь сырья всего к исх. сырию		1,000	1,000	0,999	1,000
	% потерь сырья всего к выходу		1,010	1,010	1,009	1,011
	Выход с учетом технол. потерь, кг		1 000,000	900,000	71,029	63,926
	Технол. потери, подлежа. переработке, кг					
	% технол. потерь, подлежа. перераб., к вых.					
	Технол. потери, подлежа. уничтож., кг					
	% технол. потерь, подлежа. уничтож., к вых.					
	Выход готового изделия	90,00	1 000,000	900,000	71,029	63,926

Влажность 10,00 +- 0,00 %

№ рец. 14249

Крем творожный классический

530,603 кг

№ сырья или п/ф	Наименование сырья и полуфабриката	Содержа ние сухих веществ, %	Расход сырья, кг			
			на 1000,000 кг фазы		на 530,603 кг полуфабриката	
			в натуре	в сухих	в натуре	в сухих
6681	Ароматизатор "Ваниль" 3329310	0,00	0,173	0,000	0,092	0,000
8824	Ароматизатор "Творог" 2233380500	0,00	0,619	0,000	0,328	0,000
3756	Аскорбиновая кислота	98,00	0,495	0,485	0,263	0,257
3936	Добавка комплексная пищевая Олган 1020	88,00	7,425	6,534	3,940	3,467
3757	Лимонная кислота	99,90	0,371	0,371	0,197	0,197
3759	Маргарин для крема Маргарон 82%	82,50	247,590	204,262	131,372	108,382
6732	Молоко сгущенное пастеризованное с сиропом	76,10	203,024	154,501	107,725	81,979
8332	Основа творожная с сахаром	66,14	548,412	362,720	290,989	192,460
3768	Сорбиновая кислота	99,99	1,980	1,980	1,051	1,050
	Итого сырье		1 010,089	730,853	535,957	387,792
	Потери сырья всего, кг		10,089	9,853	5,354	5,227
	% потерь сырья всего к исх. сырию		0,999	1,348	0,999	1,348
	% потерь сырья всего к выходу		1,009	1,367	1,009	1,366
	Выход с учетом технол. потерь, кг		1 000,000	721,001	530,603	382,565
	Технол. потери, подлежа. переработке, кг					
	% технол. потерь, подлежа. перераб., к вых.					
	Технол. потери, подлежа. уничтож., кг					
	% технол. потерь, подлежа. уничтож., к вых.					
	Выход готового изделия	72,10	1 000,000	721,000	530,603	382,565

Влажность 27,90 +/- 0,00 %

№ рец. 13549

Основа творожная с сахаром

301,199 кг

№ сырья или п/ф	Наименование сырья и полуфабриката	Содержание сухих веществ, %	Расход сырья, кг			
			На 1000,000 кг фазы		На 301,199 кг полуфабриката	
			В натуре	В сухих	В натуре	В сухих
3757	Лимонная кислота	99,90	-----	-----	-----	-----
3759	Маргарин для крема Маргарон 82 %	82,50	69,543	57,373	20,946	17,281
9345	Гидролизат брусничный сухой	95,00	99,120	94,164	1,098	1,043
3764	Сахар-песок	99,85	4,946	4,939	1,490	1,487
6377	Смесь творожно-сахарная	63,72	939,268	598,502	282,907	180,268
3767	Сорбат калия	99,99	-----	-----	-----	-----
	Итого сырье		1014,709	661,766	305,629	199,322
	Потери сырья всего, кг		14,709	0,366	4,430	0,109
	% потерь сырья всего к исх. сырию		1,450	0,055	1,449	0,055
	% потерь сырья всего к выходу		1,471	0,055	1,471	0,055
	Выход с учетом технол. потерь, кг		1000,000	661,402	301,199	199,214
	Технол. потери, подлежа. уничтож., кг					
	% технол. потерь, подлежа. уничтож., к вых.					
	Выход готового изделия	66,14	1000,000	661,400	301,199	199,213

Влажность 33,86 +- 0,00 %

№ рец. 10152

Смесь творожно-сахарная

273,317 кг

№ сырья или п/ф	Наименование сырья и полуфабриката	Содержание сухих веществ, %	Расход сырья, кг			
			На 1000,000 кг фазы		На 273,317 кг полуфабриката	
			В натуре	В сухих	В натуре	В сухих
3919	Продукт творожный (9% жирности)	28,00	497,631	139,337	136,011	38,083
3868	Пудра сахарная (Кси)	99,90	505,912	505,406	138,274	138,136
	Итого сырье		1003,543	644,743	274,285	176,219
	Потери сырья всего, кг		3,543	7,543	0,968	2,061
	% потерь сырья всего к исх. сырию		0,353	1,170	0,353	1,170
	% потерь сырья всего к выходу		0,354	1,184	0,354	1,183
	Выход с учетом технол. потерь, кг		1000,000	637,200	273,317	174,157
	Технол. потери, подлежа. перераб., кг					
	% технол. потерь, подлежа. уничтож., к вых.					
	Выход готового изделия	63,72	1000,000	637,200	273,317	174,158

Влажность 36,28 +- 0,00 %

Сводная рецептура

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на кг готовой продукции, кг	
		На заданное количество (1000 кг) готовой продукции с учетом потерь	
		в натуре	в сухих
Ароматизатор ваниль DelAg 11.05.107	99,80	0,165	0,165
Ароматизатор «Ваниль» 3329310	0,00	0,092	0,000
Ароматизатор «Творог» 2233380500	0,00	0,328	0,000
Аскорбиновая кислота	98,00	0,263	0,257
Вода	0,00	62,042	0,000
Порошковый концентрат ягод брусники	95,00	44,066	41,862
Добавка комплексная пищевая Олган 1020	88,00	3,940	3,467
Лимонная кислота	---	---	---
Маргарин для крема 82 %	82,50	151,608	125,077
Маргарин МТ (песочный)	82,00	85,803	70,359
Молоко сгущенное с сахаром	73,50	54,683	40,192
Мука для песочного п/ф	85,50	201,242	172,062
Продукт творожный (9% жирности)	28,00	136,011	38,083
Сахар-песок	99,85	195,128	194,836
Сорбиновая кислота	99,99	1,051	1,050
Яичный порошок	94,00	15,180	14,270
Сироп низкофруктозный	78,70	110,785	87,187
Сода	50,00	1,650	0,000
Соль углекислотная	0,00	1,650	0,000
Сорбат калия	---	---	---
Итого:	--	1065,063	789,123
Общие потери, %	--	65,063	-20,877
Выход:	81,00	1000,00	810,000

Главный технолог



Рассылка:

1 экземпляр (контрольный) – Служба качества

2 экземпляра – Бюджетный отдел

На 100 г продукта:

Энергетическая ценность	415	ккал
Энергетическая ценность	1 738	кДж
Белки	5,38	г
Жиры	22,49	г
Углеводы	49,25	г

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

**Акт Внедрения
ПКБ
на ПАО «МК Воронежский»**

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы аспиранта ФГБОУ ВПО «МГУПП» Быстровой Екатерины Александровны по теме «Совершенствование технологии и применение концентрата ягод брусники для создания продуктов повышенной пищевой ценности»

Настоящий акт подтверждает, что основные результаты диссертационной работы аспиранта кафедры «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза» МГУПП специальности 05.18.01– «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» Быстровой Екатерины Александровны на тему «Совершенствование технологии и применение концентрата ягод брусники для создания продуктов повышенной пищевой ценности» использованы в практике деятельности ПАО МК «Воронежский» (г. Воронеж).

Разработанный концентрат ягод брусники, прошел апробацию и был передан для внедрения на Воронежский Молочный комбинат в линии производства диетических пищевых продуктов, сырково - творожных изделий и кисломолочных питьевых напитков.

Главный технолог по проектированию продуктов
ПАО «Молочный комбинат Воронежский»
Кандидат технических наук

Подпись заверяю:

Контактные данные:

Адрес: 394016, г. Воронеж, ул. 45 Стрелковой Дивизии, д. 259

Телефоны: (4732) 79-47-34

Факс: (4732) 14-53-32, 79-47-34

E-mail: tehnolog@molvest.ru

