

На правах рукописи



**Вольнова Екатерина Романовна**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУХИХ СОУСОВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕКТИНА**

**Специальность 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов  
и биологических активных веществ (технические науки)**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Москва – 2022**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств»

**Научный руководитель:** **Бутова Светлана Николаевна**  
доктор биологических наук, профессор кафедры «Биотехнология и технология продуктов биологического синтеза»

**Официальные оппоненты:** **Донченко Людмила Владимировна**  
доктор технических наук, профессор, директор НИИ Биотехнологии и сертификации пищевой продукции ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет»

**Волкова Галина Сергеевна**  
доктор технических наук, заведующий лабораторией биотехнологии органических кислот, пищевых и кормовых добавок ВНИИПБТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

**Ведущая организация:** Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования - филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН

Защита состоится: «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г. в \_\_\_ часов на заседании Совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук Д 212.148.11 при ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», по адресу: 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 11, корп. А, ауд. 302 .

Отзывы (в двух экземплярах) на автореферат, заверенные гербовой печатью учреждениями, просим направить в адрес диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» по адресу: 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 11.

Диссертация размещена в сети интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «МГУПП» <http://www.mgupp.ru/>.

Автореферат размещен на официальных сайтах ВАК Минобрнауки РФ (<http://vak.ed.gov.ru/>) и ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» (<http://www.mgupp.ru/>).

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.148.11,  
кандидат технических наук, доцент

Кусова Ирина Урузмаговна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Современная пищевая индустрия ориентирована на разработку и производство пищевых продуктов, обеспечивающих и поддерживающих высокое качество жизни населения и увеличение ее продолжительности, а также, что особенно важно в условиях неблагоприятной эпидемиологической обстановки, вызванной распространением COVID-19, способствующих восстановлению организма и профилактики заболеваний.

В последнее время широкое распространение получили соусы, что связано с современными трендами в сегментах HoReCa и ритейла. Соусы легко усваиваются организмом и практически повседневно используются в питании всех групп населения. Благодаря наличию экстрактивных, ароматических и вкусовых веществ, соусы способствуют повышению усвояемости главных блюд, улучшению их органолептических и эстетических свойств.

Основными направлениями разработок новых видов соусов, отвечающих действующей Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации, являются: расширение ассортиментного ряда, увеличение их пищевой и снижение энергетической ценности за счёт изменения рецептурного состава, введения биологически активных веществ и физиологически значимых ингредиентов. Особое внимание при разработке новых соусов уделяют видам структурообразователей и стабилизаторов, входящих в их состав. Традиционными структурообразователями соусов являются мука, крахмалы и камеди, однако указанные ингредиенты не обладают функциональными свойствами.

Особую значимость в решении задач, связанных с разработкой и созданием соусов, отвечающих современным требованиям к продуктам для здорового питания, имеет включение в их состав пектинов, отличающихся широким перечнем функциональных свойств, лечебно-профилактических действий и, одновременно с этим, проявляющих структурообразующие свойства. Пектины, используемые сегодня в отечественной пищевой индустрии, импортного производства. Из этого следует, что разработка технологий выделения пектинов из местного сырья актуальное и перспективное направление в условиях политики импортозамещения. Особый интерес имеют ресурсосберегающие технологии, основанные на использовании вторичного растительного сырья для выделения пектина и замене традиционной технологии кислотного гидролиза на ферментативную. Исходя из этого, тема диссертационной работы, посвященная совершенствованию технологии сухих соусов с использованием пектина, полученного ферментативным путём, актуальна.

**Степень разработанности темы.** Теоретические и научно-практические исследования диссертационной работы основаны на научных трудах, посвященных изучению строения и свойств пектиновых веществ, разработке технологий пектина, пектинсодержащих продуктов и их применению в составе пищевых продуктов, отечественных и зарубежных учёных: Л. В. Донченко, Н. П. Шелухиной, Г. М. Зайко, С. Н. Бутовой, М. O'Neill, A. Darvill, T. Ishii, M. Mahmodi, B. O. Ajibade, S. Tavman и других. Весомый вклад в разработку технологий обогащённых продуктов питания внесли А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, Г. Г. Дубцов и О. Е. Бакуменко. Однако исследования в области технологий сухих соусов, содержащих пектины, полученные из вторичного сырья биотехнологическим способом, практически не проводились.

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационной работы является экспериментальное обоснование и разработка технологических решений по получению сухих соусов на основе

использования пектина, выделенного из вторичного растительного сырья биотехнологическим способом.

В соответствии с поставленной целью в работе решали следующие задачи:

1. Исследовать состав и физико-химические показатели вторичных продуктов сокового производства (апельсиновый жмых, яблочные выжимки, черничная мезга) в ориентации на использование ферментного препарата для выделения пектина;
2. Определить каталитические активности пектолитического комплекса ферментного препарата Lallzyme Beta™;
3. Определить рациональные параметры выделения пектинов на основе ферментативного катализа, обеспечивающие их максимальный выход. Дать характеристику пектинам по органолептическим, физико-химическим характеристикам и показателям микробиологической безопасности;
4. Провести сравнительную оценку структурообразующих свойств выделенных пектинов и коммерческих структурообразователей (крахмалов и камедей) в составе соусной основы по совокупности оцениваемых показателей: органолептических и показателю динамической вязкости;
5. Разработать рецептуры сухих соусов с использованием полученных пектинов, вкусоароматических веществ, овощных, ягодных порошков и определить показатели качества и микробиологической безопасности;
6. Усовершенствовать технологию изготовления сухих соусов за счёт использования полученных пектинов, разработать проекты нормативной документации (ТУ), технологической инструкции (ТИ), провести промышленную апробацию и расчёт основных технико-экономических показателей их производства.

#### **Научная новизна работы.**

1. Доказана эффективность применения коммерческого комплексного пектолитического ферментного препарата (ФП) Lallzyme Beta™ для обработки вторичных продуктов сокового производства при получении пектина по сравнению с кислотным гидролизом. Установлено увеличение выхода апельсинового, яблочного и черничного пектинов на 35,8 %, 21,3 % и 24,5 % соответственно по сравнению с аналогичными показателями, достигнутыми за счёт гидролиза 1,5% раствором HCl.
2. С применением математического моделирования серии двухфакторных экспериментов определены рациональные параметры ферментативного гидролиза вторичного сырья (дозировка ФП; продолжительность гидролиза; pH; температура), обеспечивающие выход апельсинового, яблочного и черничного пектинов 4,02 %, 4,61 % и 0,71 % от массы абсолютно сухого сырья соответственно. Выявлено влияние продолжительности ферментативной обработки яблочных выжимок на степень этерификации пектинов. Показано снижение степени этерификации на 22 % при увеличении продолжительности гидролиза с 2-6 ч до 8-10 ч.
3. Экспериментально обоснован качественный и количественный состав композиции, состоящей из НЭ яблочного пектина и модифицированного крахмала PREGEFLO CH 40 в соотношении 1:4, обеспечивающий повышение динамической вязкости соусной основы на 68 % и 75 % по сравнению с применением индивидуальных структурообразователей соответственно.
4. На примере сухих соусов обоснована возможность применения метода линейного программирования, реализованного в программном комплексе MatLab 2021b, для разработки рецептур соусов с заданными свойствами.

**Теоретическая и практическая значимость.** Основные положения и результаты диссертационной работы являются основой для совершенствования биотехнологий пектинов из продуктов вторичного сырья и их применения в рецептурах сухих соусов на предприятиях общественного питания и пищевой промышленности.

Определены режимы ферментативной обработки вторичных продуктов сокового производства (апельсиновый жмых, яблочные выжимки, черничная мезга) и разработаны технологические решения по получению одноименных пектинов с использованием комплексного ферментного препарата Lallzyme Beta™ для применения при получении сухой соусной основы и сухих соусов в качестве структурообразователя и функционального пищевого ингредиента.

Дана характеристика пектинам по физико-химическим, микробиологическим показателям и функционально-технологическим свойствам. Показано, что апельсиновый и яблочный пектины по своей загущающей способности превосходят черничный в широком интервале температур (20...80 °С) и pH (2...12) в 2,35 и 1,25 раз соответственно.

Разработаны рецептуры сухой соусной основы и сухих соусов (сырного, карри, грибного, свекольного, тыквенного, морковного, черносмородинового, черничного) с использованием НЭ яблочного пектина. Разработаны рецептуры с использованием метода линейного программирования и технологические решения по получению трех вариантов обогащённых соусов с функциональными свойствами: сырный, черничный и тыквенный соусы, характеризующиеся высоким содержанием белка (более 30 % от энергетической ценности соусов), низким содержанием жиров (менее 0,5 г/100 ккал), высоким содержанием фосфора (свыше 30 % от суточной потребности в 100 ккал). Показано, что тыквенный соус является источником пищевых волокон (1,76 г/100 ккал), имеет высокое содержание β-каротина (34,2 % от суточной потребности в 100 ккал), отличительным признаком черничного соуса является высокое содержание пищевых волокон (3 г/100 ккал).

Разработаны машинно-аппаратурная схема, проект технических условий и технологическая инструкция по промышленному получению указанных соусов. Предложенные технологические решения прошли апробацию на предприятии ООО «Агама Истра».

По результатам проведенных исследований получен патент РФ № 2728363 от 29.07.2020 «Способ получения кетчупа» и подана 1 заявка на изобретение «Сухая многокомпонентная смесь для приготовления соуса» № 2021138730 от 24.12.2021.

**Методология и методы исследования.** В основе методологии данной диссертационной работы лежат труды российских и зарубежных ученых. В ходе выполнения работы использованы современные общепринятые и специальные методы исследования. В работе осуществлялся расчёт пищевой и энергетической ценности с использованием актуальных таблиц, где содержится информация о содержании белков, жиров, углеводов и пищевых волокон в используемом сырье. Использовали методы математической обработки экспериментальных данных при помощи пакетов прикладных программ Excel 2021, Statistica 13. Применялись методы линейного программирования, реализованные в программе MatLab 2021b.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Каталитические активности комплексного пектолитического ферментного препарата Lallzyme Beta™;
2. Совокупность данных, демонстрирующих влияние условий ферментативной обработки на выход и степень этерификации пектинов;

3. Биотехнологические решения по получению пектина (апельсинового, яблочного и черничного) из вторичных продуктов растительного сырья с применением комплексного ферментного препарата Lallzyme Beta™;
4. Совокупность экспериментальных данных, иллюстрирующих органолептические, физико-химические характеристики и показатели микробиологической безопасности полученных пектинов;
5. Рецептуры сухой соусной основы, сухих соусов, их показатели качества и микробиологической безопасности;
6. Усовершенствованная технология производства сухих соусов и использованием яблочного НЭ пектина и расчёты, доказывающие ее экономическую эффективность.

**Личный вклад диссертанта** заключается в решении основных задач исследования, анализе и обобщении научно-технической и патентной литературы по теме настоящей работы, выполнении экспериментальной части работы, обобщении результатов исследований, оформлении диссертации, апробации результатов на научных конференциях.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Диссертационная работа соответствует пунктам 4, 5, 10, 11 и 12 Паспорта специальностей ВАК РФ (технические науки) по специальности 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ.

**Степень достоверности результатов.** Степень достоверности полученных результатов подтверждается использованием актуальных методов исследований, актом промышленной апробации разработанной технологии на ООО «Агама Истра».

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием Excel 2021, математическую обработку данных, отражающих зависимость параметров гидролиза (дозировка ферментного препарата, продолжительность, pH и температура) и выхода пектина, осуществляли при помощи программного комплекса Statistica 13, разработку рецептов соусов с заданными свойствами проводили методом линейного программирования при помощи пакета прикладных программ MatLab 2021b.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы были представлены на Международном конгрессе «Биотехнология: состояние и перспективы развития» (Москва, Гостинный двор, 25–27 февраля 2019 г.); на Международной конференции «Социальная культура и экономика – качество жизни и активное долголетие», 6 ноября 2019 г., Московский дом национальностей, г. Москва; на XIII Международном биотехнологическом форуме-выставке «РОСБИОТЕХ-2019» (Москва, ул. Врубеля, 24–26 апреля 2019 г.); на Международной научно-практической конференции «Вопросы современных научных исследований» 24.05.2020, г. Омск; на III Национальной научно-практической конференции «Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки в технологиях продуктов питания и парфюмерно-косметических средств», г. Москва, ФГБОУ ВО «МГУПП», 27–28 мая 2021 г.; на Международной научно-практической конференции «Проблемы управляемого биосинтеза». 100-летию со дня рождения академика РАН и РАМТН Блохиной И.Н. 21 апреля 2021 г. г. Москва; на Международной научно-практической конференции «Продовольственная безопасность: биотехнология и цифровизация АПК» Навстречу Саммиту ООН по продовольственным системам Научно-академическая школа (РАН-МГУПП) Комиссия РАН по изучению научного наследия выдающихся ученых (Молодежная секция) 21 мая 2021 г., г. Москва; на Студенческой X научно-технической конференции

«Безопасность и качество продуктов питания. Наука и образование». г. Москва, ФГБОУ ВО «МГУПП», 22 апреля 2021 г. Проведена промышленная апробация технологии сухих соусов в 2021 году в д. Лешково на предприятие ООО «Агама Истра».

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 18 работ, в том числе 1 в научных изданиях, входящих в список Scopus; 2 – входящих в список ВАК РФ; 3 – в изданиях РИНЦ; 3 – в материалах международных и национально-практических конференций, 7 – в других научных изданиях, 1 патент, 1 монография.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и сокращений, приложений. Изложена на 156 страницах, содержит 42 таблицы, 39 рисунков. Список литературы включает 217 наименований.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** представлена и обоснована актуальность темы, поставлены цель и задачи исследования, заключающиеся в совершенствовании технологии сухих соусов с использованием пектина, полученного биотехнологическим способом. Показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость, степень достоверности и апробация результатов исследования.

### ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Рассмотрена роль соусов в структуре питания современного человека, приведена их классификация, изучен рецептурный состав сухих соусов и дан маркетинговый анализ. Представлены свойства широко используемых в пищевой индустрии гидроколлоидов. Приведена подробная характеристика, технологические, функциональные и лечебно-профилактические свойства пектинов. Особое внимание было обращено на технологии получения пектинов, в частности на те, которые подразумевают использование ферментных препаратов (ФП). Проведён анализ ассортимента и характеристик современных комплексных пектолитических ФП, на основании которого был сделан выбор в пользу Lallzyme Beta™, используемого в экспериментальной части настоящей работы (табл. 1).

Таблица 1 – Ассортимент и стоимость пищевых пектолитических комплексных ФП в 2021–2022 гг.

№ п.п.	Торговое название	Основной (ые) фермент (ы)	Активность, ед/см <sup>3</sup> (г)	Побочные ферменты	Дозировка, % к массе сырья	Стоимость, руб/ дм <sup>3</sup> (кг)
Производитель Novozymes A/S (Дания)						
1	Pectinex XXL	Пектин-лС	10000,00	ПГ, АР*	0,010-0,030	1545,37
2	Pectinex UF	ПГС	3300,00	КС, РМ*	0,020-0,030	2070,74
3	Pectinex Ultra Pulp	ПГС	8600,00	КС, β-ГЛ*	0,050-0,150	3836,00
4	Pectinex Ultra Clear	Пектин-лС	8600,00	КС, АР	0,020-0,100	3900,40
5	Pectinex Ultra SP-L	ПГС	3000,00	КС, β-ГЛ*	0,020-0,040	3825,00
Производитель Eaton Technologies GmbH (Германия)						
6	Panzym Extract G	ПГС	7500,00	ЦлС, КС	0,020-0,030	16997,00
Производитель Lallemand Inc (Дания/Франция)						
7	Lallzyme Beta	ПГС	9000,00	ЦлС	0,050-0,100	3800,00
		ПЭС	-**			
		ПЛ	-**			
		β-ГЛ	1500,00			
8	Lallzyme HC	ПГС	3500,00	ЦлС, КС	0,050-0,200	4820,00
		ПЭС	800,00			
		Пектин-лС	100,00			

Продолжение таблицы 1

№ п.п.	Торговое название	Основной (ые) фермент (ы)	Активность, ед/см <sup>3</sup> (г)	Побочные ферменты	Дозировка, % к массе сырья	Стоимость, руб/ дм <sup>3</sup> (кг)
9	Lallzyme Curee Blanc	ПгС	2000,00	ЦлС, КС	0,020-0,100	5500,00
		ПэС	1800,00			
		Пектин-лС	140,00			
Производитель Esseco Srl (Италия)						
10	Uvazym 1000 S	ПгС	3800,00	-**	0,010-0,020	2970,00
11	Uvazym Extra	ПгС	3600,00	КС, ЦлС	0,020 –0,050	1764,00
Производитель ООО «БиоПрепарат» (Россия)						
12	Пектиназа	ПгС	35,00	ПэС, -**	0,500-1,000	1553,00

\*РМ - рамногалактуроназы; β-ГЛ - β-глюкозидаза; АР – арабиназы.

\*\* – нет точных данных.

Lallzyme Beta – ФП, применение которого для переработки вторичного сырья еще не изучено.

Также была рассмотрена современная ситуация на рынке пектинов. На основании литературного анализа и обобщения полученной информации была поставлена цель и сформулированы задачи исследования.

## ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной главе приведены объекты и методы исследования.

### 2.1 Организация эксперимента

Схема проведения исследования представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема исследования



## 2.2 Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись: комплексный ферментный препарат Lallzyme Beta™ (страна-производитель Дания); вторичное растительное сырьё: апельсиновый жмых и черничные выжимки, полученные на кафедре «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза» ФГБОУ ВО «МГУПП», яблочные выжимки урожая 2021 г. (компания ООО "ПРОМОТ-РЕЙД-М», г. Мытищи); нативный кукурузный крахмал (производитель ООО «ПромАгроПак», Россия); модифицированный крахмал холодного набухания PREGEFLO CH 40 (Roquette, Франция), гуаровая камедь (Sarda, Индия); ксантановая камедь (Jianlong Biotechnology Co., Китай); рожковая камедь (Sarda, Индия), мука пшеничная холодного набухания Протекс-А 10/1 (производитель ЗАО «Парнер-М», Россия); молоко сухое обезжиренное (ЗАО «БелМолСнаб», Россия); мальтодекстрин GLUCIDEX 19 (Roquette, Франция); соевый белок Шаньсун-90 DN (Linyi Shansong Biological Products Co., Ltd., Китай); дрожжевой экстракт МАКСАРОМ® СТАНДАРТ (DSM Food Specialties B.V., Нидерланды); сорбат калия (Shandong Kunda Biotechnology Co., Ltd, Китай); свекольный, морковный, тыквенный, черничный и черносмородиновый порошки (ООО "ЭВОФУД", Россия), горчичная, смесь, карри, смесь грузинских приправ, сырная смесь (Инжиниринговый Центр "Протеин-Продукт", Россия).

В работе использовали общепринятые и специальные методы исследования. В исследуемых вторичных продуктах растительного сырья определяли: массовую долю сухих веществ (СВ) по ГОСТ 29031, редуцирующих веществ (РВ) по ГОСТ 12575, общего азота по методу Неслера, белка по методу Лоури, клетчатки по методу Кюшнера и Ганека, общую кислотность по ГОСТ 15113.5, содержание витамина С по ГОСТ 24556.

Определяли характеристики комплексного пектолитического ФП: эндополигалактуроназную (ПгС) и пектинэстеразную (ПэС) активности по ГОСТ Р 55298, пектинлиазную (Пектин-ЛС) – по ГОСТ Р 55979, целлюлазную (ЦлС) – по ГОСТ Р 55293.

Количественный анализ пектинов осуществляли весовым кальций-пектатным методом. Содержание метоксильных и ацетильных групп, массовой доли свободных и этерифицированных карбоксильных групп в пектинах определяли титриметрическим методом. Массовую долю пектовой кислоты, балластных веществ проводили кондуктометрическим методом, рН – потенциометрическим методом. Качественный углеводный состав определяли тонкослойной хроматографией на силикофоловой пластинке, зольность методом озоления. Растворимость рассчитывали исходя из разности навесок пектинов и осадков, полученных после их растворения в дистиллированной воде, 1 н HCl и NaOH и результатов центрифугирования. Определение микробиологических показателей безопасности пектинов проводили по ГОСТ 10444.15, ГОСТ 10444.12 и ГОСТ 31659.

В овощных и ягодных порошках было проведено: определение органолептических показателей – по ГОСТ 32065 и ГОСТ 15113.1, массовой доли влаги – по ГОСТ 28561, содержания СВ по – ГОСТ 28561, белка по методу Лоури, РВ– по ГОСТ 8756.13, витамина С – по ГОСТ 24556, протопектина и пектина – кондуктометрическим методом, клетчатки – по методу Кюшнера и Ганека, зольности – по ГОСТ 25555.4, количественный анализ флавоноидов и β-каротина выполнен спектрофотометрическим методом на спектрофотометре UNICO 2800 (производитель UNITED PRODUCTS & INSTRUMENTS, США).

Определение органолептических показателей сухой соусной основы, сухих и готовых к

употреблению соусов проводили по пятибалльной шкале с учетом коэффициентов значимости.

Определение готовности соусов к употреблению выполняли по ГОСТ 15113.3. Массовую долю растворимых СВ определяли по ГОСТ ISO 2173, титруемых кислот – по ГОСТ ISO 750, влаги – по ГОСТ 15113.4, содержание хлоридов – по ГОСТ 26186, посторонних примесей и зараженности вредителями – по ГОСТ 15113.2. Определение динамической вязкости осуществляли на ротационном вискозиметре Брукфильда. Определение минерального состава сухих соусов проведено с помощью атомно-абсорбционного спектрометра с плазменной и электротермической атомизацией А-2 (ООО "НПО Аквилон", Россия) по ГОСТ 26657, ГОСТ EN 15505 и ГОСТ EN 14084.

Разработка рецептур соусов с заданными свойствами базировалась на методах автоматизированного расчета рецептур. Расчёт пищевой и энергетической ценности проводили с использованием актуальных таблиц с данными по содержанию нутриентов в используемом сырье. Математическую обработку экспериментальных данных проводили при помощи пакетов прикладных программ Excel 2021, Statistica 13 и MatLab 2021.

## ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### 3.1 Характеристика вторичных продуктов растительного сырья

Выбор вторичных сырьевых источников обусловлен их большими объёмами, образующимися ежегодно на отечественных плодоовощных предприятиях. Около 50–55 % от массы апельсина, 25–38 % от массы яблока, 40–48 % от массы ягод составляют побочные продукты.

Яблочные выжимки представляли собой волокнистую массу, неоднородного тёмно-коричневого цвета, размер частиц 3–5 мм. Апельсиновый жмых – неоднородная масса (размер частиц 3–7 мм) светло-оранжевого цвета. Черничная мезга – густая суспензия темно-фиолетового цвета с твёрдыми частицами.

В таблице 2 даны результаты определения физико-химических показателей вторичного сырья.

Таблица 2 – Физико-химические показатели вторичного сырья, используемого для выделения пектинов

№ п.п	Вид сырья	СВ, %	РВ, %	Белок, мг/г	Общая кислотность, %	Общий азот, мкг/г	Клетчатка, %	Витамин С, мг/100 г
1	Яблочные выжимки	11,0± 1,00	22,36± 0,80	0,22± 0,10	0,50±0,20	0,20±0,05	28,00± 1,30	37,10± 0,90
2	Апельсиновый жмых	9,0± 2,00	31,33± 0,97	0,17± 0,08	0,70±0,12	0,10±0,01	16,00± 0,80	71,00± 1,50
3	Черничная мезга	18,0± 2,00	14,70± 0,80	0,35± 0,05	0,39±0,15	0,17±0,03	17,60± 1,00	335,90± 1,44

( $n=5$ ;  $p=0,95$ )

Исходя из данных таблицы 1 установлено, что черничная мезга в значительных количествах содержит белок ( $0,35 \pm 0,05$  %) и витамин С ( $335,90 \pm 1,44$ ). Яблочные выжимки отличались высоким содержанием клетчатки ( $28,00 \pm 1,30$ ). В апельсиновом жмыхе наибольшее содержание редуцирующих веществ ( $31,33 \pm 0,97$ ). Физико-химические показатели сырья оказывают прямое влияние на процесс и выход пектинов.

### 3.2 Свойства пектолитического ферментного препарата Lallzyme Beta™

Апельсиновое, яблочное и черничное сырьё подвергали ферментативной обработке комплексным пектолитическим ФП Lallzyme Beta™. Продуцентом данного коммерческого ФП является *Aspergillus niger*. Оптимальные режимы работы, заявленные производителем:  $t=12-20^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH}=3-4,5$  дозировка 0,05-0,1 % к массе сырья. Для оценки эффективности ферментативной обработки были определены характеристики данного препарата, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3– Активности ферментного препарата Lallzyme Beta™

ПгС, ед/г	ПэС, ед/г	Пектин-лС, ед/г	ЦлС, ед/г
3412,00±22,00	1220,00±19,67	180,60±5,00	1104,00±11,00

Данные таблицы 3 послужили основанием для использования комплексного ФП препарата Lallzyme Beta™ для проведения ферментативного гидролиза. Он обладает преимущественно пектиназной активностью, что обеспечивает высвобождение фрагментов полигалактуроновой кислоты из состава нерастворимого пектина. Целлюлазная активность должна способствовать распаду микрофибрилл целлюлозы, что увеличит атакуемость протопектина для пектолитических ферментов.

### 3.3 Определение рациональных параметров выделения пектинов

Определение рациональных параметров ферментативного гидролиза вторичных продуктов растительного сырья осуществляли на основании 6 двухфакторных экспериментов.

Варьируемыми парами факторов были: дозировка ФП (0,01...0,1 % к массе сырья), продолжительность гидролиза (1...8 ч),  $\text{pH}$  среды (3,5...6,5) и температура (20...70° С). Зависимой переменной был выход апельсиновых, яблочных и черничных пектинов в % от массы абсолютно сухого сырья. Были получены 6 линейных уравнений регрессии, корреляционно-регрессионный и факторный анализ которых позволил установить рациональные параметры ферментативного гидролиза: дозировка ФП Lallzyme Beta™ = 0,037 % к массе сырья;  $\text{pH}=4,4$ ;  $t=23^{\circ}\text{C}$ ; продолжительность гидролиза – 2,5 ч. При установленных параметрах выход апельсинового пектина составил – 4,02 % от массы абсолютно сухого сырья, яблочного – 4,61 %, черничного – 0,71 %.

Для сравнительной оценки проводили кислотный гидролиз сырья по традиционной технологии. Максимальный выход пектинов наблюдался при температуре 60–70° С и продолжительности 6–8 часов: выход апельсинового пектина – 2,96 % от массы абсолютно сухого сырья, яблочного – 3,80 % и черничного – 0,57 %. Далее при установленных условиях исследовали изменение степени этерификации (СЭ) пектинов в процессе гидролиза (табл. 4). Для сравнения был проведён гидролиз по традиционной технологии (гидролизующий агент – 1,5 %-ный раствор HCl).

Таблица 4 – Зависимость СЭ пектиновых веществ от продолжительности гидролиза

Продолжительность, ч	Апельсиновый		Яблочный		Черничный	
	HCl	ФП	HCl	ФП	HCl	ФП
2	64,20±0,03	63,20±0,04	63,10±0,08	61,50±0,04	62,00±0,05	61,80±0,02
4	64,40±0,04	63,18±0,02	63,10±0,01	61,30±0,04	62,20±0,06	62,20±0,03
6	64,40±0,03	63,40±0,03	63,00±0,08	61,00±0,09	62,00±0,05	62,00±0,07
8	64,43±0,04	63,30±0,05	63,45±0,10	58,40±0,06	62,20±0,04	62,00±0,08
10	64,49±0,04	62,80±0,06	63,52±0,03	48,00±0,05	61,90±0,05	60,00±0,06

$n=5$ ;  $p=0,95$

При кислотном гидролизе продолжительностью от 2 до 10 ч не наблюдалось существенных изменений в значениях степени этерификации (СЭ). При ферментативной обработке СЭ апельсиновых и черничных пектинов изменялась незначительно (изменения лежали в пределах погрешности измерения). Существенно изменилась СЭ у яблочного пектина: при 2–6 ч гидролизе был выделен высокоэтерифицированный (ВЭ) пектин, при 8–10 ч – низкоэтерифицированный (НЭ) пектин. СЭ яблочного пектина снизилась на 22 %. Изменение степени этерификации при увеличении продолжительности ферментативного гидролиза связано с действием пектинэстераз, которые являются синергистами эндополигалактуроназ.

Технологическая (блок-схема) получения пектина ферментативным способом представлена на рисунке 2.

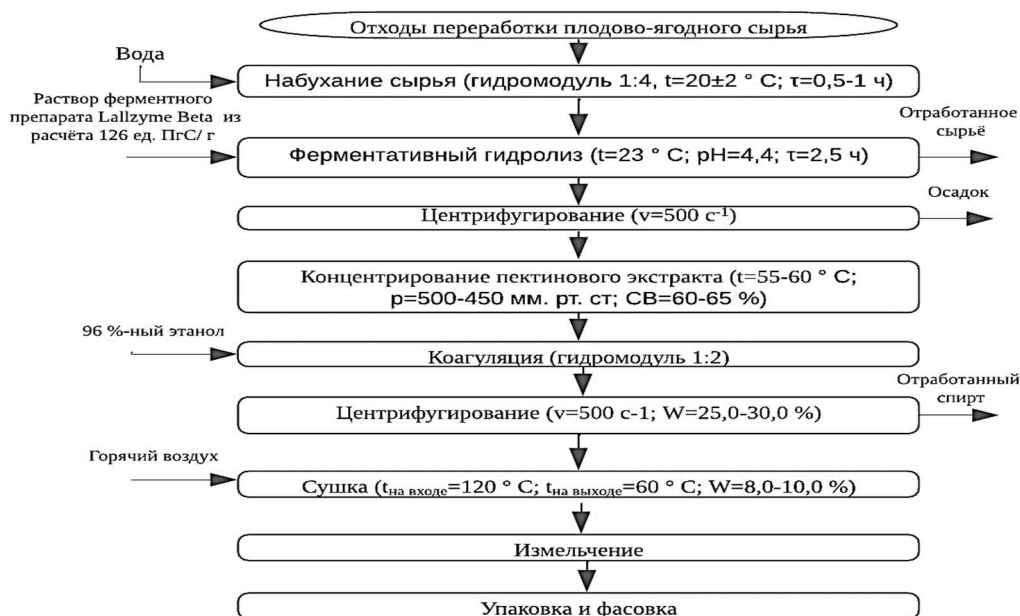


Рисунок 2 – Технологическая блок-схема получения пектина ферментативным способом

Далее были исследованы показатели качества и показатели микробиологической безопасности полученных пектинов.

### 3.4 Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели пектинов

Все пектины представляли собой порошки тонкого помола. Яблочный пектин имел светло-серый цвет, нейтральный запах и обладал слабокислым вкусом. Для апельсинового пектина характерен бледно-жёлтый цвет, нейтральный вкус и запах. Черничный пектин бледно-фиолетового цвета имел характерный запах и слабокислый вкус.

Результаты физико-химического анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Физико-химические показатели полученных пектинов

№ п.п.	Показатель	Яблочный ВЭ	Яблочный НЭ	Апельсиновый	Черничный
1	Массовая доля влаги, %	5,70	5,90	5,60	6,10
2	Растворимость, % по массе в воде (20° С)	3,00	2,00	4,00	2,30
	в щёлочи (1 н NaOH)	10,00	9,00	11,00	7,50
	в кислоте (1 н HCl)	6,50	5,70	7,20	4,37

Продолжение таблицы 5

3	Температура гелеобразования, °С	62,00	60,00	74,00	57,00
4	Зольность, %	3,00	4,26	2,60	1,40
5	Метоксильные группы, %	8,30	6,00	9,20	5,80
6	Ацетильные группы, %	1,00	1,30	1,20	1,70
7	Массовая доля свободных карбоксильных групп, %	10,20	11,60	7,80	16,90
8	Массовая доля этерифицированных карбоксильных групп, %	12,50	7,40	13,40	10,00
9	Массовая доля пектовой кислоты, %	48,00	42,00	45,00	39,00
10	Степень этерификации, %	61,50	48,00	63,30	62,00
11	Массовая доля балластных веществ, %	18,00	13,00	16,70	31,20
12	Водородный показатель, рН	3,20	3,40	3,00	3,10

Органолептические и физико-химические показатели качества апельсинового и яблочных пектинов соответствовали требованиям ГОСТ 29186. Стандарт на черничный пектин в настоящее время отсутствует.

Результаты определения микробиологических показателей безопасности пектинов приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Микробиологические показатели безопасности пектинов

№ п.п.	Вид пектина	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП (количественные формы) в 1,0 г	Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г	Плесневые грибы, КОЕ/г
1	Яблочный НЭ	$2,1 \cdot 10^2$	отсутствуют	отсутствуют	9
2	Яблочный ВЭ	$2,6 \cdot 10^2$			13
3	Апельсиновый	$3,0 \cdot 10^2$			13
4	Черничный	$4,0 \cdot 10^2$			7

Установлено, что исследуемые пектины по микробиологическим нормативам безопасности соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011.

При ферментативном гидролизе пектины извлекаются совместно с другими углеводами. Хроматографически на силуфоловой пластинке был определён качественный состав пектинов: присутствуют моносахариды (ксилоза и фруктоза), дисахариды (сахароза и мальтоза).

Таким образом, исследуемые пектины отвечают требованиям по показателям качества и микробиологической безопасности, что служит основанием для их использования в качестве структурообразователей в составе сухих соусов.

### 3.5 Сравнительная оценка структурообразующих свойств полученных пектинов и коммерческих структурообразователей

Для создания сухой основы использовали: муку пшеничную хлебопекарную термообработанную, сухое обезжиренное молоко и структурообразователь. Важным вопросом при создании смеси было соотношение муки и сухого молока, соотношение сухой соусной основы и воды при приготовлении, количество структурообразователя. Опытным путём (оценили внешний вид, полноту и скорость растворения смеси) определили, что рациональное соотношение муки и сухого молока – 1:1, соотношение соусной основы с водой – 1:4.

Оценка структурообразователей в составе соусной основы представлена на рисунке 3.

Данные указывают на прямую зависимость значения вязкости от количества структурообразователя в составе готовой соусной основы. Однако нарастание вязкости готовой соусной основы с различными гидроколлоидами неодинаково.

Камеди в количестве от 10 до 15 % сформировали плотную однородную консистенцию. В количестве свыше 15,0 % ксантановой камеди, 17,5 % гуаровой камеди и камеди рожкового дерева значения вязкости лежали вне пределов измерения прибора, что свидетельствует об образовании прочных студней, такая консистенция недопустима для соусов.

В отношении нативного крахмала определено, что он формирует наименее вязкую, очень жидкую, нежелательную для соусов консистенцию. Модифицированный крахмал сформировал сметанообразную однородную структуру, приемлемую для соусной основы.

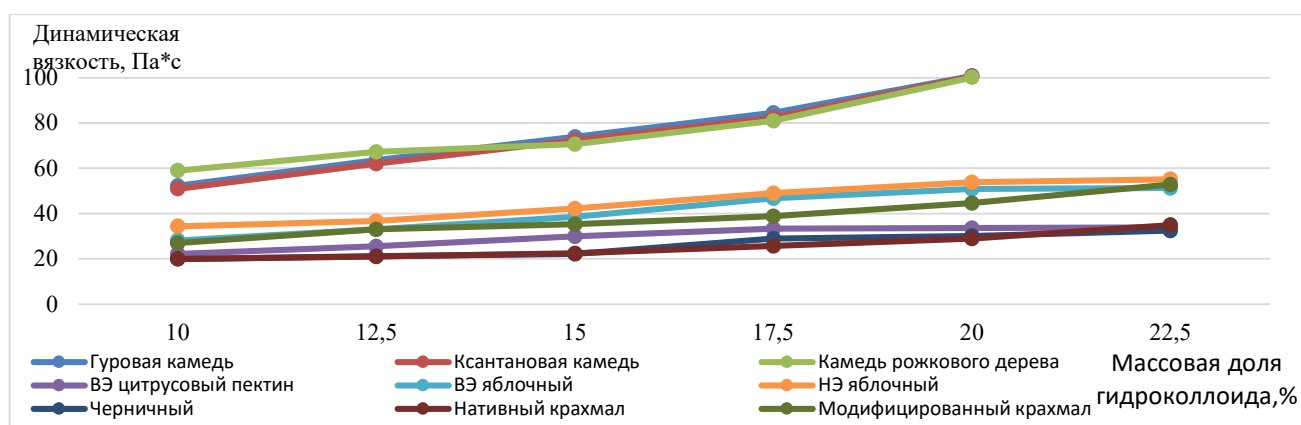


Рисунок 3 – Динамическая вязкость различных структурообразователей

В отношении нативного крахмала определено, что он формирует наименее вязкую, очень жидкую, нежелательную для соусов консистенцию. Модифицированный крахмал сформировал сметанообразную однородную структуру, приемлемую для соусной основы.

Соусные основы с ВЭ пектинами (яблочным и апельсиновым) имели мазеобразную неоднородную консистенцию, причем основы с апельсиновым пектином были более текучими. НЭ яблочный пектин показал наилучшие загущающие свойства при сравнении с другими пектинами, сформировал наиболее приемлемую консистенцию основы. Черничный пектин обладал слабой структурообразующей способностью в исследуемой пищевой системе, была получена жидкая неоднородная по консистенции соусная масса.

Было принято решение создать композицию структурообразователей с целью улучшения их свойств в составе соусной основы, снижения их расхода за счёт синергического эффекта.

Были исследованы следующие композиции при различных соотношениях (1:1,5; 1:4; 1:6,5): модифицированный крахмал + НЭ яблочный пектин (МК+НЭП); гуаровая камедь + НЭ яблочный пектин (ГК+НЭП); ксантановая камедь+ НЭ яблочный пектин (КК+НЭП).

На рисунке 4 приведены результаты определения динамической вязкости соусной основы с указанными смесями при хранении в течение 12 ч при комнатной температуре.

Сделан вывод, что композиции с ксантановой камедью уже в количестве 2,5 % в течение первого часа хранения придали соусной основе очень плотную студнеобразную консистенцию. Смесь с гуаровой камедью в количестве 7,5 % сформировалась в студень через 6 ч. Композиция

модифицированного крахмала и НЭ яблочного пектина при исследуемых дозировках не вызвала существенного загущения массы в течение 12 ч.

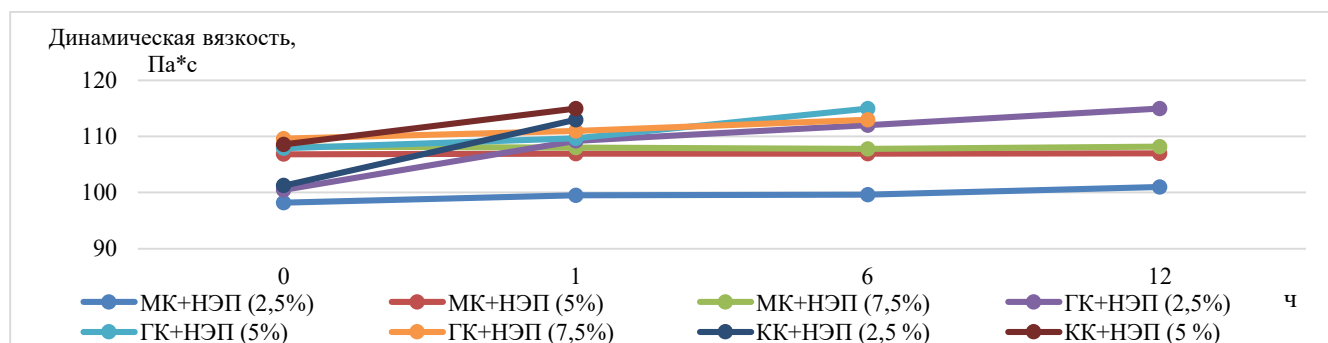


Рисунок 4 – Зависимость изменения вязкости соусной основы с течением времени от вида структурообразователя

Определено, что наилучшей является композиция МК и НЭП в соотношении 1:4, общее количество внесения в состав сухой основы – 5 %. Величина динамической вязкости соусной основы с полученной композицией на 68 % превосходит НЭ яблочный пектин и на 75 % МК, внесённые в основу по отдельности в количестве 10 %. Композиция МК и НЭП позволила получить основу для соусов однородной плотной кремообразной консистенции, исходя из этого именно ее использовали на этапе разработки соусов.

### 3.6 Разработка рецептур сухих соусов с заданными свойствами

Для создания соусов, содержащих полученный НЭ яблочный пектин, использовали соусную основу, мальтодекстрин, соевый белок, дрожжевой экстракт, сорбат калия, вкусоароматические добавки (смеси специй: сырная, карри, грибная, грузинская, горчиная), овощные (свекольный, морковный, тыквенный,) и ягодные порошки (черносмородиновый и черничный).

Были исследованы физико-химические показатели овощных и ягодных порошков – источников биологически активных веществ (табл. 7). Содержание биологически активных веществ приведено в таблице 8.

Таблица 7 – Физико-химические показатели овощных и ягодных порошков

№	Вид порошка	СВ, %	Белок, %	РВ, %	Пектиновые вещества, %		Зольность, %	Клетчатка, %
					Растворимый пектин	Протопектин		
1	Свекольный	96,8±0,80	6,2±0,98	29,0±1,00	2,8±0,50	10,0±0,70	4,0±0,32	7,0±0,25
2	Морковный	96,5±0,67	4,3±0,67	21,7±0,45	2,0±0,30	9,2±0,33	5,8±0,56	8,8±1,00
3	Тыквенный	94,5±0,46	5,8±0,33	26,3±0,80	2,5±0,40	7,4±0,44	5,2±0,48	12,0±1,20
4	Черносмородиновый	93,5±0,50	4,2±0,72	12,8±0,56	3,9±0,89	1,2±0,43	6,6±0,43	15,3±0,83
5	Черничный	93,0±1,00	3,8±0,30	11,6±1,00	2,2±0,30	1,9±0,55	2,9±0,49	10,3±0,83

Используемые ягодные и овощные порошки содержали такие значимые вещества как  $\beta$ -каротин, флавоноиды, витамин С, пектины. Причем наибольшее содержание указанных веществ в совокупности отмечено в тыквенном и черничном порошке.

Таблица 8 – Содержание биологически активных веществ в овощных и ягодных порошках

№	Вид порошка	Витамин С, мг/100 г	Суммарное содержание флавоноидов, мг/100 г	Содержание $\beta$ -каротина мг/100 г
1	Свекольный	77,1±0,75	1023,8±0,5	0,4±0,50
2	Морковный	29,0±1,05	125,5±0,83	28,0±0,92
3	Тыквенный	32,0±0,80	133,0±0,40	23,2±0,95
4	Черносмородиновый	161,2±1,45	304,0±0,80	0,2±0,44
5	Черничный	195,8±0,54	233,0 ±0,43	2,59±0,80

На первом этапе разрабатывали рецептуру сухой соусной основы при помощи метода линейного программирования (метода оптимизации многокомпонентных пищевых систем). Были заданы следующие условия: наличие в основе не менее 95 % сухих веществ; не менее 40 % белка. Рецептура сухой соусной основы представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Рецептура сухой соусной основы с заданными свойствами

№ п.п.	Ингредиенты	Массовая доля, %
1	Мука пшеничная высшего сорта	20,00
2	Сухое молоко	30,00
3	Соевый белок	26,00
4	Мальтодекстрин	11,00
5	Модифицированный крахмал	2,50
6	Пектин НЭ яблочный	8,50
7	Дрожжевой экстракт	1,90
6	Сорбат калия	0,10

Соусная основа использовалась для создания овощных соусов (свекольного, морковного, тыквенного), приправных соусов (сырного, карри, горчичного, грибного, грузинского), ягодных соусов (черносмородинового и черничного). В составе соусов варьировали количество приправ от 2,0 до 8,0 %, овощных и ягодных порошков от 10,0 до 30,0 %. Установлено, что 6,0 % от массы всех ингредиентов – это рациональная дозировка для большинства из перечня используемых вкусоароматических смесей. Рациональное количество свекольного, морковного, тыквенного и черносмородинового порошков – 25,0 %; черносмородинового и черничного – 15,0 %.

Результаты физико-химического анализа полученных образцов сухих соусов с пектином демонстрирует таблица 10.

Для ряда образцов отмечено существенное увеличение величины титруемой кислотности: соусы со свекольным и черносмородиновым порошками в количестве 30,0 % не отвечали нормативным требованиям ГОСТ 17471. Поэтому рациональным количеством ввода овощных и ягодных порошков было признано 15,0–25,0 %.

Наибольший балл при органолептической оценке получили сырный (содержание вкусоароматических веществ 6,0 %), тыквенный (содержание тыквенного порошка 25,0 %) и черничный соусы (содержание черничного порошка 15,0 %).

Физико-химические показатели указанных соусов отвечали требованиям ГОСТ 17471.



Таблица 10 – Физико-химические показатели полученных соусов

№ п. п.	Массовая доля растворимых сухих веществ, %				Массовая доля титруемых кислот в расчете на лимонную кислоту, %				Массовая доля хлоридов, %			
	№1*	№2*	№3*	№4*	№1*	№2*	№3*	№4*	№1*	№2*	№3*	№4*
Грибные	20,75	20,50	20,00	19,80	0,72	0,77	0,82	1,00	1,20	1,52	1,52	1,59
Горчичные	20,00	18,00	17,60	17,30	0,70	0,71	0,75	0,80	1,20	1,22	1,25	1,30
Карри	20,50	19,80	19,20	19,00	0,77	0,90	1,10	1,25	1,25	1,34	1,50	1,52
Грузинские	20,00	19,80	19,75	19,50	0,80	0,96	1,15	1,22	1,17	1,54	1,72	1,90
Сырные	19,90	19,70	19,0	18,60	0,75	0,85	0,97	1,20	1,15	1,17	1,20	1,21
Свекольные	21,75	21,50	21,40	20,76	0,90	1,10	1,35	1,64	1,30	1,32	1,32	1,39
Морковные	21,00	20,50	19,60	18,40	0,95	1,20	1,34	1,48	1,20	1,22	1,25	1,27
Тыквенные	20,00	20,00	19,20	19,16	0,88	0,93	1,10	1,12	1,34	1,38	1,42	1,45
Черносмородиновые	20,00	19,80	19,75	19,72	0,90	1,10	1,26	1,52	1,37	1,44	1,50	1,52
Черничный	21,0	19,54	19,63	19,68	0,98	1,05	1,27	1,48	1,15	1,15	1,17	1,20
Норма	18,00-29,00				0,60-1,50				1,20-2,00			

\* Для приправных соусов: образцы № 1 содержали 2,0% вкусоароматической смеси; образцы № 2 – 4,0%; образцы № 3 – 6,0 %; образцы №4 – 8,0 %. Для овощных и ягодных соусов: образцы № 1 содержали 10,0 % соответствующего ягодного или овощного порошка; образцы № 2 – 15,0 %, образцы № 3 – 25,0 %, образцы № 4 – 30,0 %.

Для получения соусов с заданными свойствами провели оптимизацию их рецептуры, используя математический симплекс-метод. Были заданы следующие условия: наличие в основе не менее 90 % сухих веществ; не менее 40 % белка; не менее 7,5 % пищевых волокон. Обработка данных была проведена в программе MatLab, рецептуры приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Рецептуры сухих соусов с заданными свойствами

№ п.п.	Ингредиенты	Массовая доля, %		
		Сырный	Тыквенный	Черничный
1	Мука пшеничная высшего сорта	20,00	10,00	12,24
2	Сухое молоко	30,00	26,89	30,00
3	Соевый белок	26,00	29,11	29,79
4	Мальтодекстрин	11,00	3,00	3,00
5	Модифицированный крахмал	1,00	1,00	1,00
6	Пектин НЭ яблочный	4,90	4,80	9,92
7	Дрожжевой экстракт	1,00	0,10	0,10
8	Сорбат калия	0,10	0,10	0,10
9	Порошок сырный	6,00	-	-
10	Тыквенный порошок	-	25,00	-
11	Черничный порошок	-	-	13,85

В полученных тыквенных, черничных и сырных соусах определяли показатели качества и показатели микробиологической безопасности.

### 3.7 Определение показателей качества и микробиологической безопасности полученных соусов

Сырный, тыквенный и черничный соус приводили в готовый для употребления вид посредством растворения в воде (соотношение 1:4) и определяли основные показатели качества и безопасности. Органолептические показатели соусов приведены на профилограммах (рис. 5).



Рисунок 5 – Профилограммы сухих соусов

Определено, что каждый соус имеет свои отличительные органолептические характеристики, сформированные за счёт внесения приправ, овощных и ягодных порошков. Средняя органолептическая оценка сырного соуса 4,96; тыквенного соуса – 4,88; черничного соуса – 4,90.

Данные по определению физико-химических показателей и показателей микробиологической безопасности приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Показатели качества и микробиологической безопасности сухих соусов

Показатель	Образец/характеристика		
	Сырный	Тыквенный	Черничный
Массовая доля влаги, %	10,00±0,90	12,00±0,92	12,44±1,10
Массовая доля посторонних минеральных примесей, %	отсутствуют		
Готовность соуса к употреблению, мин	1,0		
Посторонние примеси и зараженность вредителями	отсутствуют		
КМАФАнМ, КОЕ/г	98	81	120
БГКП (колиформы) в 0,1 г	Не обнаружены		
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г	Не обнаружены		
Дрожжи, КОЕ/г	14	28	16
Плесени, КОЕ/г	8	7	23

Полученные соусы отвечают требованиям СТБ 990 по органолептическим и физико-химическим показателям качества. Показатели микробиологической безопасности соответствуют нормативам, приведённым в ТР ТС 021/2011.

### 3.8 Пищевая и энергетическая ценность сухих соусов с пектином

Была рассчитана пищевая и энергетическая ценность полученных сухих соусов с пектином. Результаты приведены на рисунках 6 и 7.

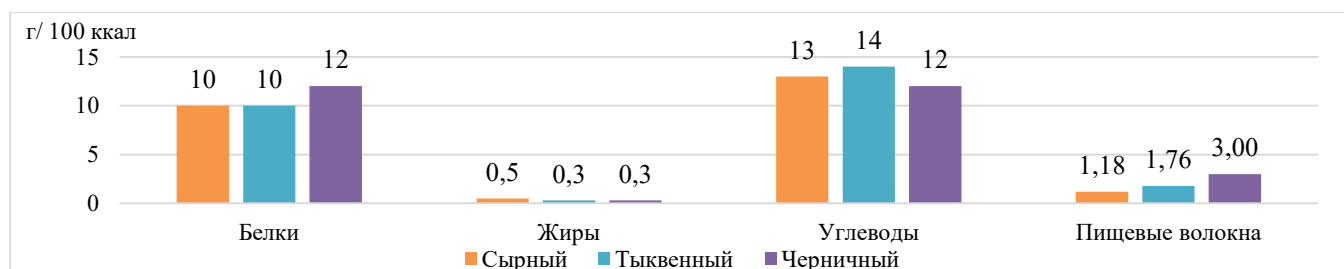


Рисунок 6 – Макронутриентный состав сухих соусов с НЭ яблочным пектином

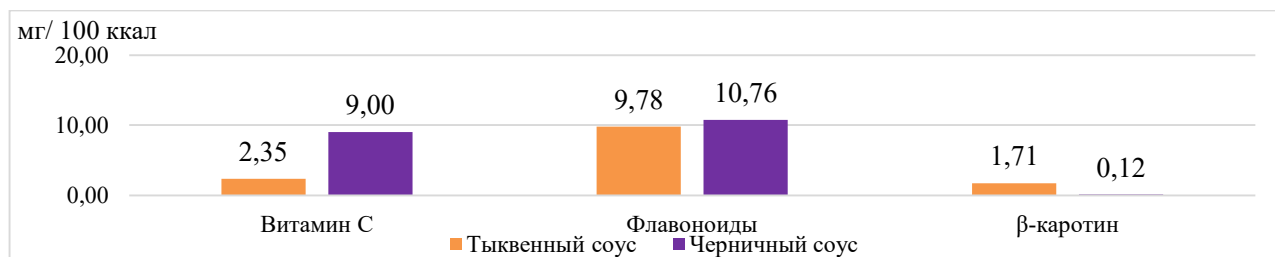


Рисунок 7 – Содержание биологически активных веществ в сухих соусах с НЭ яблочным пектином

Энергетическая ценность сырного соуса составила 340 ккал, тыквенного – 340 ккал, черничного – 300 ккал.

В полученных сухих соусах было определено содержание основных макро- и микроэлементов при помощи атомно-абсорбционного спектрометра с пламенной и электротермической атомизацией. Результаты отражают рисунки 8 и 9.

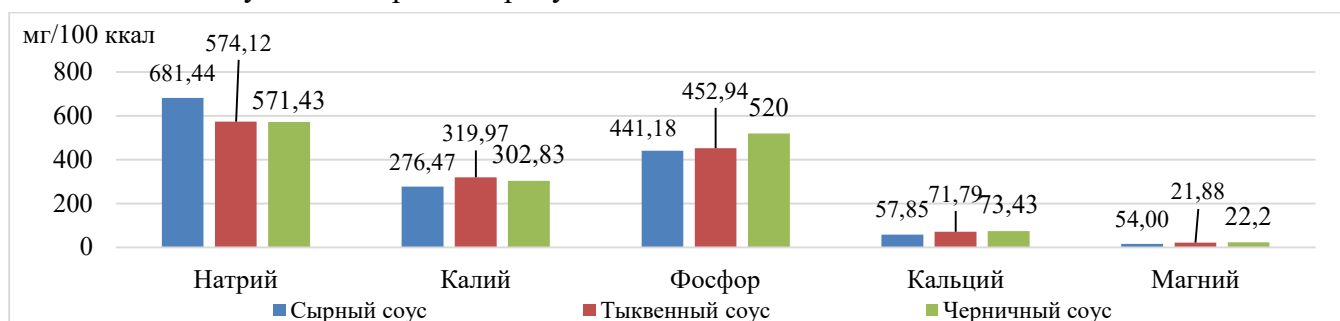


Рисунок 8 – Содержание макроэлементов в сухих соусах



Рисунок 9 – Содержание микроэлементов в сухих соусах

Исходя из норм МР 2.3.1.0253 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» и правилами указания пищевой и энергетической ценности, приведёнными в приложении 5 ТР ТС 022/2011, установлено, что полученные сухие соусы с использованием НЭ яблочного пектина являются обогащёнными продуктами функционального назначения.

Сырный соус является продуктом с высоким содержанием белка (41 % от энергетической ценности соуса обеспечивается белком), с низким содержанием жира (0,5 г/100 ккал), с высоким содержанием фосфора (63 % от суточной потребности в 100 ккал соуса).

Тыквенный соус характеризуется высоким содержанием белка (41 % от энергетической ценности соуса приходится на белок), низким содержанием жира (0,3 г/100 ккал), высоким содержанием β-каротина (34,2 % от суточной потребности в 100 ккал сухого соуса), является источником пищевых волокон (1,76 г/100 ккал), обогащён флавоноидами и имеет высокое содержание фосфора (64,7 % от суточной потребности в 100 ккал).

Черничный соус – продукт с высоким содержанием белка (48 % белка от энергетической ценности продукта), пищевых волокон (3 г/100 ккал), с низким содержанием жира (0,3 г/100 ккал), с высоким содержанием фосфора (74,3 % от суточной потребности в 100 ккал), обогащён флавоноидами.

#### ГЛАВА 4 УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУХИХ СОУСОВ И ЕЁ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

В технологической части представлена усовершенствованная технология получения сухих соусов в промышленных условиях с указанием технологических параметров, которые отражают процессуальная блок-схема и принципиальная машинно-аппаратурная схема.

В экономической части представлен расчёт основных технико-экономических показателей производства яблочного НЭ пектина и сухих соусов.

Предложенная ферментативная технология получения пектина позволяет получать продукт из вторичного растительного сырья по экологичной и ресурсосберегающей технологии. При установленном уровне рентабельности (15 %) ежегодная прибыль составила 1 026 797,62 тыс. рублей при производстве 255,0 т в год. Яблочный НЭ пектин на данный момент предлагают только две импортные компании (Cargill France S.A.S. и Andre Pectin) Розничная цена данного пектина, полученного по технологии кислотного гидролиза, варьируется у различных дистрибьютеров от 2700,00 до 4200,00 руб. за кг. Следовательно, розничная стоимость полученного пектина (3020,00 руб. за кг) несколько отличается от аналогов на рынке.

Технико-экономические показатели технологии сухих соусов приведены в таблице 13. Установлено, что при годовом объёме производства сухих соусов с пектином 328,5 т на одной технологической линии при установленной рентабельности производства 15 %, розничной цене 1 кг сухого соуса 1714,00 рублей ежегодная прибыль предприятия составит 52 002 830,00 рублей.

Таблица 13– Основные технико-экономические показатели производства сухих соусов

№ п.п.	Показатели	Единицы	Значение
1	Годовой выпуск товарной продукции:		
	- в натуральном выражении	т	328,5
	- в стоимостном выражении	тыс. руб.	375 347,22
2	Полная себестоимость продукции	тыс. руб.	323 344,39
3	Прибыль предприятия	тыс. руб.	52 002,83
4	Рентабельность продукции	%	15
5	Затраты на 1 руб. товарной продукции	коп.	87
6	Розничная цена 1 упаковки продукта весом 1 кг	руб.	<b>1 713,91</b>
7	Численность работающих в цехе	чел.	14
8	Средняя месячная заработная плата 1 рабочего	руб.	44 200,00
9	Производительность труда:		
	- в натуральном выражении;	т/чел.	23,46
	- в стоимостном выражении	тыс. руб./чел.	26 810,52

Розничная цена аналогов сухих соусов, реализующихся на рынке (KNORR, «Трапеза», «ОМЕГА»), варьируется от 1300 до 2800 руб. за 0,5 кг. В составе данные сухие соусы содержат в качестве структурообразователей крахмалы (гороховый, кукурузный, картофельный), ксантановую и гуаровую камедь, муку пшеничную. Соответственно, розничная цена новых сухих

соусов, отличающихся содержанием добавки с функциональными свойствами (пектина), овощных и ягодных порошков за 1 кг на 45–70 % дешевле аналогов за счёт оптимизации рецептуры и использовании отечественного сырья. Полученные результаты доказывают экономическую эффективность усовершенствованной технологии соусов с использованием пектина.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что апельсиновый жмых и яблочные выжимки отличаются более высоким содержанием редуцирующих веществ (в 2,1 и 1,5 раза соответственно) и значением общей кислотности (в пересчете на лимонную кислоту) (в 1,8 и 1,3 раза соответственно) по сравнению с черничной мезгой, которая является бесспорным лидером по содержанию витамина С ( $335,90 \pm 1,44$  мг/100 г) и белка ( $0,35 \pm 0,05$  г/100 г). В составе яблочных выжимок выявлены значительные количества клетчатки ( $28,00 \pm 1,30$  г/100 г) относительно апельсинового жмыха и черничной мезги, содержание которой в их составе находится примерно на одном уровне ( $16,00 \pm 0,80$  г/100 г и  $17,60 \pm 1,0$  г/100 г соответственно). Низкое содержание клетчатки в апельсиновом жмыхе и результаты анализа литературных данных, свидетельствующих в пользу высокого содержания пектина в нём, обуславливают благоприятный прогноз на эффективное применение ферментных препаратов для наиболее полного извлечения пектиновых веществ.

2. На основании теоретического анализа ассортимента и характеристик современных комплексных ФП пектолитического действия был выбран ФП Lallzyme Beta™. Установлены его активности (ПгС –  $3412,00 \pm 22,00$  ед/г; ПэС –  $1220,00 \pm 19,67$  ед/г; Пектин-лС –  $180,60 \pm 5,00$  ед/г; ЦлС –  $1104,00 \pm 11,00$  ед/г), доказывающие целесообразность его использования для выделения пектинов ферментативным путём.

3. Определены рациональные параметры ферментативного гидролиза апельсинового, яблочного и черничного вторичного сырья, обеспечивающие максимальный выход пектинов и положенные в основу представленной усовершенствованной технологии ферментативного способа выделения пектинов с использованием Lallzyme Beta™: дозировка ФП 0,037 % к массе сырья; рН=4,4; t=23° С, продолжительность – 2,5 ч: выход апельсинового, яблочного, черничного пектинов составил – 4,02 %, 4,61 %, 0,71 % от массы абсолютно сухого сырья соответственно. Определено, что ферментативная обработка коммерческим комплексным пектолитическим ФП Lallzyme Beta™ позволила увеличить выход апельсинового пектина на 35,8 %, яблочного – на 21,3 %, черничного – на 24,6 % по сравнению с кислотным гидролизом 1,5 % раствором HCl. Выявлено влияние продолжительности гидролиза на СЭ пектинов. Показано, что длительность ферментативной обработки не оказывает существенного влияния на степень этерификации апельсинового и черничного пектинов. В то время как проведение гидролиза в течение 2-4 ч обеспечивает получение ВЭ яблочного пектина, 8-10 ч – НЭ яблочного пектина. По органолептическим и физико-химическим показателям выделенные пектины соответствуют ГОСТ 29186; микробиологические показатели безопасности отвечают требованиям ТР ТС 021/2011. Показано, что полученные пектины содержат сопутствующие углеводы сахарозу и мальтозу.

4. Проведена сравнительная характеристика структурообразующих свойств выделенных пектинов (ВЭ апельсинового, яблочного, черничного, НЭ яблочного) и коммерческих пищевых структурообразователей (нативный и модифицированный крахмал, гуаровая, ксантановая и рожковая камедь) по совокупности оцениваемых показателей: органолептических и показателю

динамической вязкости соусной основы. Показано, что наилучшими структурообразующими свойствами в составе соусной основы обладает НЭ яблочный пектин в количестве 10,0 %. Разработаны композиции указанных гидроколлоидов; определено, что наилучшей является смесь МК и НЭП в соотношении 1:4 в количестве 5,0 % от массы всех ингредиентов. Величина динамической вязкости данной смеси превосходит монодобавки: на 68,0 % НЭП, на 75,0 % МК, добавленных в количестве 10,0 %.

5. Разработаны рецептуры сухой соусной основы и сухих соусов (сырного, карри, грибного, свекольного, тыквенного, морковного, черносмородинового, черничного) с применением яблочного НЭ пектина. По результатам органолептической оценки выделены три варианта соусов (сырный, тыквенный и черничный), рецептуры которых оптимизированы методом линейного программирования. Определены рациональные массовые доли вкусоароматических добавок: сырного порошка 6,0 %; тыквенного – 25,0 %, черничного – 13,85 % от массы всех ингредиентов. Разработанные модификации соусов (сырный, черничный и тыквенный), характеризующиеся высоким содержанием белка (более 30 % от энергетической ценности соусов), низким содержанием жиров (менее 0,5 г/100 ккал), высоким содержанием фосфора (свыше 30 % от суточной потребности в 100 ккал). Показано, что тыквенный соус является источником пищевых волокон (1,76 г/100 ккал), имеет высокое содержание  $\beta$ -каротина (34,2 % от суточной потребности в 100 ккал); отличительным признаком черничного соуса является высокое содержание пищевых волокон (3 г/100 ккал).

6. Усовершенствована технология сухих соусов за счет использования в их составе НЭ яблочного пектина, полученного биотехнологическим способом. Разработаны машинно-аппаратурная схема, проект технических условий и технологическая инструкция по промышленному получению указанных соусов. Предложенные технологические решения прошли апробацию на предприятии ООО «Агама Истра». Розничная цена 1 кг разработанных сухих соусов, отличающихся от аналогов содержанием добавок с функциональными свойствами – пектина, овощных и ягодных порошков, на 45–70 % дешевле за счёт использования отечественных рецептурных ингредиентов и оптимизации рецептуры.

### Список работ, опубликованных по теме диссертации

#### В изданиях, входящих в базы цитирования Scopus:

1. Butova, S. N. The use of pectin substance in sauce production technologies / S.N. Butova, M. Y. Musika, E. R. Volnova, J. V. Nicolaeva // Eurasian Journal of BioSciences. – 2019. – № 13. – P. 491–494.

#### В изданиях, входящих в список ВАК:

1. Бутова, С. Н. Создание пектин-сывороточных гелей на основе биопектина из растительного сырья и гидролизованной молочной сыворотки / С. Н. Бутова, М. Ю. Музыка, Ю. В. Краснова, Е. Р. Вольнова // Пищевая промышленность. – 2019. – № 6. – С. 14–18.

2. Музыка, М. Ю. Приправные соусы со сниженной энергетической ценностью с использованием пектина / М. Ю. Музыка, С. Н. Бутова, Е. Р. Вольнова // Пищевая промышленность. – 2020. – № 2. – С. 24–28.

#### В изданиях, индексируемых в РИНЦ:

1. Вольнова, Е. Р. Разработка математической модели процесса стабилизации сырного соуса и его оптимизация / Е. Р. Вольнова, С. Н. Бутова, М. Ю. Музыка // Инновационные достижения науки и техники АПК: сборник научных трудов. – Кинель: РИО Самарского ГАУ. – 2019. – С. 537–598.

2. Бутова, С. Н. Обоснование использования пектина в технологии кетчупа / С. Н. Бутова, **Е. Р. Вольнова**, М. Ю. Музыка, И. Д. Щёголева, Б. Долезал // Health, Food & Biotechnology. – 2019. – № 1 (2). – P. 52–61.

3. Бутова, С. Н. Усовершенствование технологии плодово-ягодных соков с использованием пектолитических ферментов / С. Н. Бутова, **Е. Р. Вольнова**, Ю. В. Николаева, Я. Едличкова // Health, Food & Biotechnology. – 2020. – V. 2. – P. 129–139.

#### **Сборники и материалы конференций:**

1. Музыка, М. Ю. Товароведная оценка пектиновых веществ / М.Ю. Музыка, **Е. Р. Вольнова**, С. Н. Бутова // Сборник материалов участников XIII Международного биотехнологического форума-выставки «РОСБИОТЕХ-2019», 24–26 апреля 2019 г. – М. : Московский государственный университет пищевых производств, 2019. – С.294–313.

2. Бутова, С. Н. Биопектин, его выделение и значение для профилактики заболеваний различной природы / С. Н. Бутова, **Е. Р. Вольнова**, Ю. В. Краснова // Сборник материалов участников XIII Международного биотехнологического форума-выставки «РосБиоТех-2019», Москва, ФГБОУ ВО «МГУПП», 24 – 26 апреля 2019 г. – М. : Московский государственный университет пищевых производств, 2019. – С. 314–325.

3. Бутова, С. Н. Использование пектина в технологии ореховых паст // С. Н. Бутова, Н. А. Тарасова, **Е. Р. Вольнова** // Сборник XXX Международная научно-практическая конференция «Российская наука в современном мире. Часть 1», 30 мая 2020 г. – М. : «Научно-издательский центр «Актуальность. РФ», 2020. – С.88–93.

#### **Статьи в других научных изданиях:**

1. Музыка, М. Ю. Влияние внесения вспомогательных добавок на стабильность эмульсионного соуса / М. Ю. Музыка, **Е. Р. Вольнова**, Ю. В. Николаева // Colloquium-journal. – 2019. – № 25 (49). – С. 34–37.

2. Музыка, М. Ю. Анализ перспектив создания функциональных напитков с использованием пектина / М. Ю. Музыка, С.Н. Бутова, **Е. Р. Вольнова**, Ю. В. Николаева // Colloquium-journal. Część 2. – 2020. – № 4 (56). – С. 32–35.

3. Музыка, М. Ю. Товароведная оценка томатных соусов, содержащих пектиновые вещества / М.Ю. Музыка, С.Н. Бутова, **Е. Р. Вольнова**, Ю. В. Николаева // Colloquium-journal. Część 2. – 2020. – № 4 (56). – С. 36–42.

4. Бутова, С. Н. Характеристика пектинов из нетрадиционного сырья / С. Н. Бутова, **Е. Р. Вольнова**, К. В. Зуева // Молодой ученый. – 2020. – № 22 (312). – С. 424–426.

5. Алексеева, А. А. Исследование физико-химических свойств плодового желе, обогащённого пектином / А. А. Алексеева, С.Н. Бутова, **Е. Р. Вольнова** / Студенческий вестник. Часть 8. – 2020. – № 18 (116). – С. 92–95.

6. Куликов, М. А. Обоснование пектина в качестве гидроколлоида для соуса / М. А. Куликов, С.Н. Бутова, **Е. Р. Вольнова** // Вестник современных исследований. – 2021. – № 6-1 (44). – С. 37–39.

7. Плюхина, Ю. А. Выявление потребительских предпочтений в области эмульсионных соусов / Ю. А. Плюхина, **Е. Р. Вольнова**, С. Н. Бутова, М. Ю. Музыка // Вестник современных исследований. – 2021. – С. 43–46.

#### **Патенты на изобретения:**

1. Патент № 2728363 Российская Федерация, МПК A23L 27/60 (2016.01), A23L 19/00 (2016.01). Способ получения кетчупа: № 2019140918 заявл. 11.12.2019 : опубл. 29.07.2020 / Бутова С. Н., Музыка М. Ю., Щёголева И. Д., **Вольнова Е. Р.** – 5 с.

#### **Монографии:**

1. Бутова, С. Н. Экология питания: монография / С. Н. Бутова, М. Ю. Музыка, **Е. Р. Вольнова**, Ю. В. Николаева, Е. Д. Горячева, Н. В. Рубан. – М. : Издательский комплекс МГУПП, 2021. – 207 с.

#### THE SUMMARY

In this dissertation work, the effect of enzymatic processing of secondary raw materials with the complex pectolytic enzyme preparation Lallzyme Beta™ on the yield and degree of esterification of pectins was revealed in comparison with the traditional technology of acid hydrolysis. Rational parameters of enzymatic hydrolysis of orange pomace, pomace of apples and blueberry pulp were determined, providing the maximum yield of pectins: the amount of the enzyme preparation is 0.037%; pH = 4.4; t=23°C; duration - 2.5 hours. The dependence of the duration of hydrolysis and the degree of methoxylation of pectins on the example of apple raw materials was established: at 2 h of enzymatic hydrolysis, apple pectin HM was obtained, at 10 h of treatment, apple pectin LM was obtained. When developing recipes for dry sauces, it was shown that apple pectin LM in the amount of 10.0% has the best structure-forming properties, based on the analysis of quality indicators. It was determined that the best is a mixture of modified starch and low-esterified pectin in the amount of 5% in a ratio of 1:4. The rational mass fractions of the introduction of flavoring additives were determined: cheese powder 6.0%; pumpkin - 25.0%, blueberries - 13.85%. Thus, enriched sauces were obtained: cheese, pumpkin and blueberry, and the technology of their production was improved. The retail price of new dry sauces containing a physiologically significant additive, pectin, vegetable, and berry powders per 1 kg, is 45...70% cheaper than analogues

#### Список сокращений и условных обозначений

**HoReCa** – аббревиатура Hotel (отель), Restaurant (ресторан) и Catering (кейтеринг); **НЭ** – низкоэтерифицированный пектин; **ВЭ** – высокоэтерифицированный пектин; **СЭ** – степень этерификации пектина; **ТУ** – технические условия; **ТИ** – технологическая инструкция; **КОЕ** – колонии образующие единицы; **КМАФАНМ** – количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов; **БГКП** – бактерии группы кишечной палочки; **СВ** – сухие вещества; **РВ** – редуцирующие вещества; **ФП** – ферментный препарат; **ПгС** – полигалактуронозная активность; **ПэС** – пектинэстеразная активность; **Пектин-лС** – пектинлиазная активность, **ЦлС** – целлюлазная активность; **НЭП** – низкоэтерифицированный пектин; **МК** – модифицированный крахмал; **ГК** – гуаровая камедь; **КК** – ксантановая камедь.