

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая медико-биологическая школа
Кафедра «Пищевые и биотехнологии»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент _____

«__» _____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой ПиБ

д.т.н., профессор

_____ И.Ю. Потороко

«__» _____ 2020 г.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФРУКТОЗАНОВ
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–19.04.05.2020.307 ПЗ ВКР

Руководитель проекта,

к.т.н., доцент

_____ Л.А. Цирульниченко

«__» _____ 2020 г.

Автор проекта

студент группы МБ–318з

_____ Д.В. Кудимова

«__» _____ 2020 г.

Нормоконтроль,

к.т.н., доцент

_____ Н.В. Попова

«__» _____ 2020 г.

Челябинск 2020

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая медико-биологическая школа
Кафедра «Пищевые и биотехнологии»

Направление 19.04.05 «Высокотехнологичные производства пищевых
продуктов функционального и специализированного назначения»

Утверждаю
Заведующий кафедрой

_____ И.Ю. Потороко
_____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента
Кудимовой Дарьи Вадимовны
Группа МБ – 318з

I. Тема работы: Разработка технологии кондитерских изделий специального назначения на основе фруктозанов растительного сырья

Утверждена приказом по университету от 25.12.2019 г. № 2882

II. Срок сдачи студентом законченной работы _____

III. Исходные данные к работе:

СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению.

СТО ЮУрГУ 22–2008 Стандарт организации. Основные положения подготовки, проведения и оценки защиты выпускной квалификационной работы (проекта) студента.

IV. Перечень вопросов, подлежащих разработке

ВВЕДЕНИЕ

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Обзор рынка продуктов специализированного назначения

1.2 Фруктозаны в производстве продуктов питания специализированного назначения

1.3 Традиционные и альтернативные источники фруктозанов

1.4 Производство кондитерских изделий специального назначения

1.5 Современные методы экстракции фруктозанов из растительного сырья и способы их интенсификации

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Структурная схема проведения исследований

2.2 Объекты исследования

2.3 Методы исследования экстрактов

2.4 Методы исследования качества готовых изделий

3 РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ФРУКТОЗАНОВ

3.1 Получение экстрактов, содержащих олигофруктозаны

3.2 Применение растительных экстрактов в технологии мармелада

3.2.1 Исследование органолептических показателей мармелада

3.2.2 Исследование показателей качества готовых образцов мармелада

3.2.3 Исследование структурно-механических характеристик мармелада

3.2.4 Исследование хранимоспособности мармелада

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

V. Дата выдачи задания _____

Руководитель _____ /Л.А. Цирульниченко/
(подпись)

Задание принял к исполнению _____ /Д.В. Кудимова/
(подпись студента)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование разделов ВКР	Срок выполнения	Отметка о выполнении
Введение		
Аналитический обзор литературы		
Объекты и методы исследования		
Экспериментальная часть		
Заключение		

Заведующий кафедрой _____ /И.Ю. Потороко/
(подпись)

Руководитель работы _____ /Л.А. Цирульниченко/
(подпись)

Студент _____ /Д.В. Кудимова/
(подпись)

АННОТАЦИЯ

Кудимова Д.В. Разработка технологии кондитерских изделий специального назначения на основе фруктозанов растительного сырья. – Челябинск: ЮУрГУ, МБ – 318з, 2020. – 69 с., 21 ил., 15 табл., библиогр. список – 85 наим.

Объектами исследования являются экстракты клубней топинамбура и корня солодки и мармелады специализированного назначения на их основе.

Целью настоящего исследования являлось получение фруктозанов из растительного сырья и разработка технологии кондитерских изделий специализированного назначения на их основе.

Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи: оценено современное состояние рынка и степень разработанности научных исследований в области получения экстрактов из растительного сырья и их возможного применения для создания специализированных продуктов питания; получены и исследованы водные экстракты топинамбура и корня солодки на наличие фруктозанов; разработана технология кондитерских изделий на основе полученных экстрактов; оценено качество и хранимоспособность полученных кондитерских изделий.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	8
1.1 Обзор рынка продуктов специализированного назначения.....	8
1.2 Фруктозаны в производстве продуктов питания специализированного назначения.....	13
1.3 Традиционные и альтернативные источники фруктозанов	15
1.4 Производство кондитерских изделий специального назначения.....	20
1.5 Современные методы экстракции фруктозанов из растительного сырья и способы их интенсификации.....	23
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	26
2.1 Структурная схема проведения исследований.....	26
2.2 Объекты исследования.....	27
2.3 Методы исследования экстрактов	31
2.4 Методы исследования качества готовых изделий.....	33
3 РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ФРУКТОЗАНОВ.....	35
3.1 Получение экстрактов, содержащих олигофруктозаны.....	35
3.2 Применение растительных экстрактов в технологии мармелада	38
3.2.1 Исследование органолептических показателей мармелада.....	40
3.2.2 Исследование показателей качества готовых образцов мармелада.....	48
3.2.3 Исследование структурно-механических характеристик мармелада...	52
3.2.4 Исследование хранимоспособности мармелада.....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	60
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	62

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость создания и расширения ассортимента пищевых продуктов специализированного назначения обусловлена рядом факторов, среди которых можно отметить высокие стрессовые нагрузки, ухудшение экологической ситуации, психоэмоциональные нагрузки, малоподвижный образ жизни, урбанизация, несбалансированные рационы питания и многие другие факторы.

Одним из наиболее распространенных нарушений здоровья в современном мире является увеличение массы тела, преддиабетические и диабетические состояния и, как следствие этого, заболевания сердечно-сосудистой системы.

Поддержание высокого качества жизни таких категорий населения с точки зрения профилактики существующих проблем возможно за счет корректировки рационов питания, в том числе создание продуктов специализированного назначения.

Фруктозаны представляют собой запасные линейные или разветвленные полисахариды, начинающиеся с молекулы сахарозы, далее состоящие из остатков D-фруктозы в фуранозной форме, соединенных между собой β -(2→1)-связями (инулин и родственные фруктозаны) или β -(2→6)-связями (фруктозаны типа флеана в злаковых растениях).

Они подразделяются на пять структурных классов в зависимости от формирующего трисахарида, гликозидных связей между фруктозными звеньями и наличием разветвления структуры – инулины, леваны, граминаны, неоинулины и неолеваны.

Употребление фруктозанов оказывает различные физиологические воздействия на организм человека – достигаются пребиотические эффекты, снижается уровень сахара в крови, повышается функциональная активность печени, нормализуется жировой обмен и т.д.

Традиционными источниками фруктозанов являются – цикорий, топинамбур, девясил, малоизученными остаются солодка, водоросли, печеночные мхи.

Целью настоящего исследования являлось получение фруктозанов из растительного сырья и разработка технологии кондитерских изделий специализированного назначения на их основе.

Для реализации поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- оценить современное состояние рынка и степень разработанности научных исследований в области получения экстрактов из растительного сырья и их возможного применения для создания специализированных продуктов питания;
- получить и исследовать водные экстракты топинамбура и корня солодки на наличие фруктозанов;
- разработать технологию кондитерских изделий на основе полученных экстрактов;
- оценить качество и хранимоспособность полученных кондитерских изделий.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Обзор рынка продуктов специализированного назначения

В настоящее время образ жизни современного человека претерпел большие изменения. На состояние его здоровья, эффективную работоспособность и эмоциональное состояние оказывают влияние многие факторы. К их числу в первую очередь можно отнести пищевой рацион, уровень физических и нервных нагрузок, состояние окружающей среды и т. п. [24].

За последние двадцать лет в большинстве стран мира наблюдалось возрастание производства и потребления специализированных продуктов питания [24]. В ГОСТ Р 57079-2016 дается определение специализированным пищевым продуктам – пищевые продукты с заданным химическим составом за счет обогащения, элиминации или замещения макро- и микронутриентов другими пищевыми компонентами для различных категорий населения (продукты для питания спортсменов, лактирующих и беременных женщин, пожилых лиц, детей и др.) [17].

Согласно проведенным исследованиям, проведенным иностранной компанией Leatherhead-Food International, японской доле рынка принадлежит около 40,0 % мирового рынка специализированных продуктов питания, доля США составляет примерно 30,0 %, пяти европейским странам (Испания, Италия, Германия, Франция и Великобритания) – 28,0 % [35].

В России рынок специализированных продуктов питания претерпевает изменения. Это связано с потребностью в дополнительных витаминах и питательных веществах, а также неблагоприятной экологической обстановкой, ростом различных заболеваний, стрессом и вредными привычками в питании населения [35]. Российские потребители готовы платить более высокую цену за продукцию, которая может обеспечивать профилактику возникновения заболеваний и служить источником необходимых питательных веществ [33, 35].

Ежегодно производство специализированных продуктов питания увеличивается на 16–22 %, в то время как прирост традиционных продуктов составляет 1,3–1,5 % [34, 40].

По оценкам различных мировых аналитических агентств наблюдается ежегодный прирост уровня потребления специализированных продуктов на 5–40 % по отдельным видам производства [24, 33].

Доход европейского рынка специализированных продуктов питания ежегодно увеличивается – в 2016 году составил 16 982 млн долл., в 2017 – 18 158 млн долл., а в 2018 – 19 416 млн долл. [74].

На мировом рынке специализированных продуктов преобладают молочные изделия, хлебопекарные изделия и крупы (рисунок 1) [24, 35]. Связано это с тем, что молочная продукция обладает высокой питательной ценностью, так как содержит в своем составе достаточно большое количество микроэлементов, витаминов, биологически активных волокон и других необходимых для организма веществ [35].



Рисунок 1 – Процентное распределение предприятий пищевой отрасли по видам производимой продукции специализированных продуктов питания в мире за 2018 год

Наблюдается развитие российского рынка специализированных продуктов питания. Так, в 2015 году объемы рынка составили в 123 900 млн руб., в 2017 – 263 607 млн руб., а в 2018 – 270 608 млн руб. [33].

На отечественном рынке активно развиваются такие сегменты специализированных продуктов питания как молочные и кисломолочные продукты, безалкогольные напитки, зерновые каши, хлопья и хлебобулочные изделия. Другие сегменты обогащенных продуктов представлены в меньшей степени [35]. Функциональные продукты обогащаются витаминами, микроэлементами и другими необходимыми и полезными для здоровья человека веществами [24].

Функциональный пищевой продукт – продукт, предназначенный для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов [16].

Производство специализированных продуктов питания требует больших мощностей и специального оборудования, поэтому выпуск данной продукции в России осуществляется в значительной степени организациями крупного и среднего бизнеса [35]. Основными компаниями, производящими специализированные продукты, являются: ООО «Нестле Россия» (г. Москва), ГК «Danone-Юнимилк» (Московская область), ООО «Валио» (г. Санкт-Петербург), ООО «Кампина» (Московская область), ООО «Эрманн» (Московская область), ОАО «Вимм-Билль-Данн Продукты Питания» (г. Москва), ООО «Пармалат МК» (г. Москва), ОАО «Золотые луга» (г. Тюмень), ООО «Велле» (г. Москва), ООО НПТ «Созвездие» (г. Самара), ООО «Биопродукт» (г. Москва). Основное производство специализированных продуктов на территории Российской Федерации расположено в Центральном федеральном округе, где сосредоточены производственные мощности большинства из перечисленных выше компаний [53].

Главной причиной активного внедрения политики импортозамещения в РФ является наличие потенциальной угрозы национальной безопасности страны, обусловленной высоким уровнем импортозависимости от мирового рынка [44]. Продвижение на отечественном рынке специализированных продуктов питания позволит поддержать здоровье населения путем профилактики заболеваний,

снизить зависимость населения от лекарственных препаратов, а также увеличить объемы производства и сбыта обогащенных продуктов, с возможностью выхода на мировой рынок [40].

Позиция специализированных кондитерских изделий на мировом рынке остается на низких позициях, однако растет очень быстро, так как производители сладостей ищут новые направления для развития своей продукции. Различные эксперты считают, что этот рынок будет продолжать свое активное развитие.

По данным оценки Росстата производство специализированных кондитерских изделий с 2015 по 2018 годы выросло на 4,3 %. В 2015 году показатели производства данных видов продукции составляли 298,8 тыс. тонн, в 2016 – 292,96 тыс. тонн, в 2017 – 300,48 тыс. тонн, в 2018 – 311,68 тыс. тонн [50].

Тем не менее на долю специализированных кондитерских изделий приходится лишь около 7–8 % от общего сегмента кондитерского рынка. Специализированным кондитерским изделиям пока не удалось добиться такой же популярности, как и у других продуктов специализированного назначения среди потребителей.

С тех пор, как потребители стали больше обращать внимание на правильное питание и здоровый образ жизни, производство специализированных кондитерских продуктов питания постепенно становится важным направлением развития большинства крупных компаний.

С точки зрения потребителя, сегмент специализированной кондитерской продукции можно условно разделить на две группы: кондитерские изделия для понижения вредности и для повышения полезности.

Первая группа объединяет кондитерские изделия с пониженным содержанием жиров, сахара и прочих «облегченных» вариантов традиционных сладостей. Вторая включает в себя кондитерские изделия с добавленной пользой, на основе которой строится позиционирование.

Проблема в том, что естественный процесс развития подобной продукции начался совсем недавно. По этой причине рано и сложно измерять емкость данного сегмента. Тем не менее уже сейчас можно говорить о потенциале данного

сегмента – учитывая явную ненасыщенность российского рынка, можно ожидать повышение показателей производства и потребления данного сегмента на несколько процентов в год.

Мармелад с пищевыми волокнами, мороженое с пробиотиками, шоколад с витаминами и фруктовыми кусочками – продукты такого типа все чаще и чаще появляются на прилавках отечественных магазинов.

Для кондитерской сферы производство продуктов с пониженным содержанием различных компонентов означает, использование высококачественных специализированных ингредиентов, которые могут обеспечить глубину и насыщенность вкуса. К таким ингредиентам относятся ароматизаторы (желательно натуральные), стабилизаторы на основе природного сырья, фруктовые и зерновые ингредиенты. Правильное сочетание ингредиентов – качество каждого в отдельности и их совокупный эффект – могут стать причиной успеха или провала продукта на рынке. Именно поэтому процесс подбора ингредиентов является крайне важным этапом при разработке и реализации нового продукта.

Под полезными добавками понимают уже не только ягоды, фрукты, орехи, но и пребиотики, ингредиенты с омега-3, витамины, минералы, растительные экстракты.

Сегмент специализированных ингредиентов для производства кондитерских изделий постоянно расширяется и совершенствуется: в последнее время появилось много новых, интересных разработок, позволяющих создавать востребованные продукты. Большое влияние на спрос оказывает мода на здоровый образ жизни в целом, и на здоровое и сбалансированное питание в частности, пришедшая к нам из развитых европейских стран, где функциональные кондитерские изделия уже давно ассоциируются с пользой.

В последнее время спрос на функциональные ингредиенты растет достаточно активно. Самый быстрорастущий сегмент на рынке – пребиотики (преобладающим является инулин – около 40 % рынка). Что касается использования этого

ингредиента в кондитерской продукции, то здесь пребиотики активно применяются при изготовлении, например, функционального шоколада, пастилы, кексов и т.д.

Больше половины всего объема продукции в РФ приходится на импорт несмотря на то, что отечественные фабрики имеют огромный потенциал для развития ассортимента специализированных изделий. В целом, прогноз развития рынка данного сегмента оптимистичен, поскольку все больше растет тенденция к увеличению потребления продуктов, полезных для здоровья человека [44].

1.2 Фруктозаны в производстве продуктов специализированного назначения

Для производства специализированных продуктов питания используют фруктозаны из растительного сырья. Введение данных видов сырья в продукты питания позволяет достичь пребиотического эффекта, т.е. стимулирования роста и активности симбионтной микрофлоры [4, 80]. В клинических исследованиях было показано, что добавление в рацион грудных детей глюкофруктана способствовало развитию нормальной микрофлоры кишечника, близкой к грудному вскармливанию. Использование смеси короткоцепочечного и длинноцепочечного инулина в соотношении 1:1 обеспечивает лучшие пребиотические эффекты [6, 80]. Выпеченные продукты остаются свежими и сохраняют достаточный уровень влажности в течение длительного времени [32]. Растворимые полисахариды добавляют в напитки, молочные продукты, сгущенные напитки и т. д. [80].

Кроме этого, фруктозансодержащее сырье может быть использовано в качестве заменителя жира. В этом случае используют длинноцепочечные молекулы фруктозанов, так как в водной среде они способны образовывать частицы геля, изменяя текстуру продукта и обеспечивая сенсорные характеристики жирового продукта. Использование фруктозанов в йогуртах и обезжиренных заварных кремах улучшает их кремообразность, вкусовые ощущения и гладкость текстуры [30], в сырах – наблюдается улучшение ароматических свойств готовых продуктов [62]. Также положительные эффекты были отмечены в мясосодержащих продуктах – повышается влагоудерживающая способность и стабильность мясного

фарша [7], в хлебобулочных изделиях – наблюдалось улучшение органолептических и физико-химических свойств. Так, в работе [5] было показано, что добавление фруктанов инулиноподобного типа при производстве хлеба позволяет улучшать структуру пористости мякиша, хлеб становился более мягким и эластичным, приобретал более выраженный аромат и вкус.

Короткоцепочечные молекулы полисахаридов обладают сладким вкусом, длинноцепочечные молекулы – пониженной сладостью, что позволяет использовать данные молекулы как для замены сахарозы, так и для создания продуктов без сахара. Фруктозаны можно использовать в качестве низкокалорийного ингредиента для производства кондитерских изделий – шоколада, конфет, кремов [38, 79]. Данные соединения могут улучшить показатели уровня сахара в крови у людей с преддиабетом и диабетом. Результат зависит от типа фруктозана (длинноцепочечный и короткоцепочечный). Они помогают снижать количество жира в печени у людей с преддиабетом, тем самым снижая резистентность к инсулину [80].

Употребление фруктозанов помогает:

- регулировать углеводный обмен и способствует потере веса. В исследованиях было показано, что при ежедневном употреблении взрослыми 21 г фруктозана-инулина в день в течение 18 недель уровень гормонов голода снижался, а уровень гормона насыщения увеличивался. Однако использование фруктозанов при лечении ожирения и избыточной массы тела у детей не показал результатов [80];

повышать функциональную активность печени. Улучшая процесс расщепления глюкозы, стимулируют синтез белков, желчных кислот и холестерина. Обезвреживая токсические вещества в кишечнике, разгружают печень, повышая ее потенциал для борьбы с заболеваниями и воздействиями окружающей среды [39];

- нормализовать жировой обмен. Приемы длинноцепочечных фруктозанов помогает снижать уровень триглицеридов и холестерина ЛПНП в крови, предотвращая атеросклероз сосудов [80]. Помогают бороться с избыточным весом, активизируя процессы расщепления жиров, сопряженных с усвоением глюкозы [39];

- повышать усвоение минералов и здоровье костей. Исследования на людях показали, что мальчики и девочки в возрасте 9–13 лет значительно лучше усваивали кальций и минералы при приеме фруктозанов, отмечалось улучшение костного состава [80];

- способствовать выработке энергии. Короткие фрагменты инулина при встраивании в клеточную мембрану способствуют проникновению глюкозы внутрь клеток. Инулин улучшает синтез гликогена, обеспечивая высокие уровни энергетического обмена [39].

Таким образом, использование фруктозанов при производстве специализированных продуктов питания позволяет создавать продукты с улучшенными органолептическими и физико-химическими характеристиками. Кроме того, по результатам исследований отмечается позитивное воздействие данных функциональных ингредиентов на организм человека.

1.3 Традиционные и альтернативные источники фруктозанов

Фруктозаны представляют собой запасные линейные или разветвленные полисахариды, начинающиеся с молекулы сахарозы, далее состоящие из остатков D-фруктозы в фуранозной форме, соединенных между собой β -(2→1)-связями (инулин и родственные фруктозаны) или β -(2→6)-связями (фруктозаны типа флеана в злаковых растениях) [36, 76].

Они подразделяются на пять структурных классов в зависимости от трисахарида, который их формирует, гликозидных связей между фруктозными звеньями и наличием разветвления структуры – инулины, леваны, граминаны, неоинулины и неолеваны [68].

Инулин обладает линейной структурой, состоящей из β -(2→1)-связанных D-фруктофураноз ($n = 32\text{--}34$ остатков фруктозы), основанная на трисахарид-1-кестозе, которая заканчивается невозстанавливаемым остатком сахарозы (рисунок 2) [75].

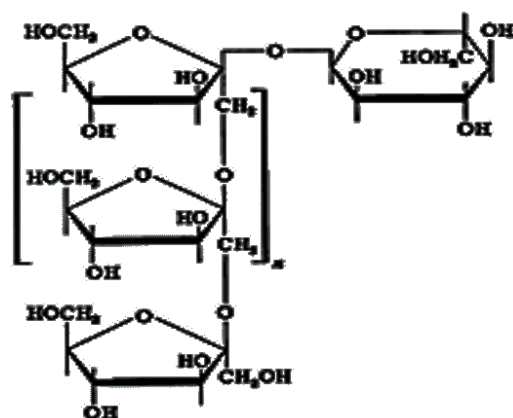


Рисунок 2 – Химическая структура инулина

Длина цепи инулина может варьироваться от 2 до 170 фруктозных остатков. В естественных условиях инулин синтезируется из сахарозы путем прибавления фруктозильного остатка. Инулин является смесью олигомеров и полимеров, которые характеризуют среднюю и максимальную степень полимеризации. Степень полимеризации и разветвленность структуры оказывают значительное влияние на функциональные свойства инулина [66].

Флеаны (или леваны) – это класс соединений на основе б-кестозы, содержащие в своем строении в основном β -(6 \rightarrow 2) фруктозил-фруктозные связи, заканчиваясь невосстанавливающимся остатком сахарозы (рисунок 3) [75]. Фруктаны типа флеана встречаются в основном в однодольных семействах, которые представляют собой наиболее часто идентифицированные фруктаны [68, 77].

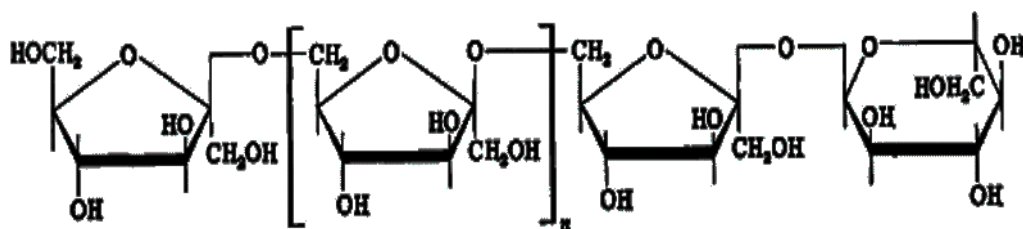


Рисунок 3 – Химическая структура левана (флеана)

Граминаны – разветвленные молекулы, содержащие как β -(2 \rightarrow 6), так и β -(2 \rightarrow 1) фруктозил-фруктозные связи с невосстанавливающимся остатком сахарозы в конце (рисунок 4) [64, 68, 77].

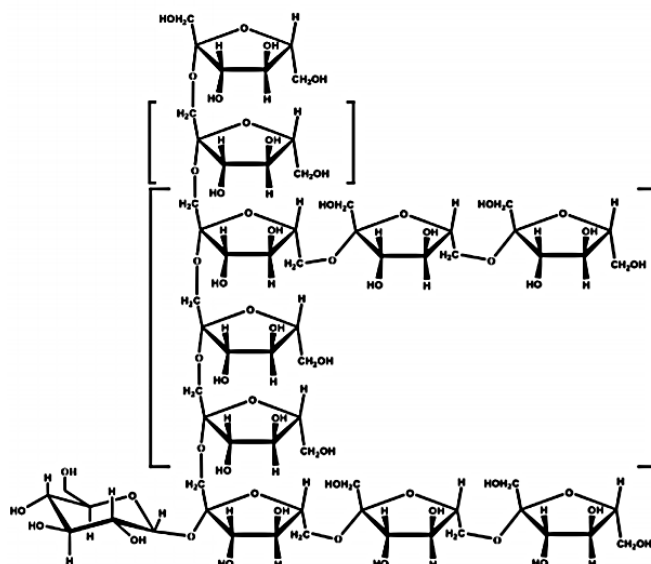


Рисунок 4 – Структурная формула граминана

Неоинулины, соединения на основе кестозы, в своей структуре имеют фруктозильный остаток глюкозы как на углероде 6, так и на углероде 1 с образованием полимера с β -(2 \rightarrow 1)-связанными фруктозильными остатками на любом конце молекулы сахарозы (рисунок 5) [65, 85].

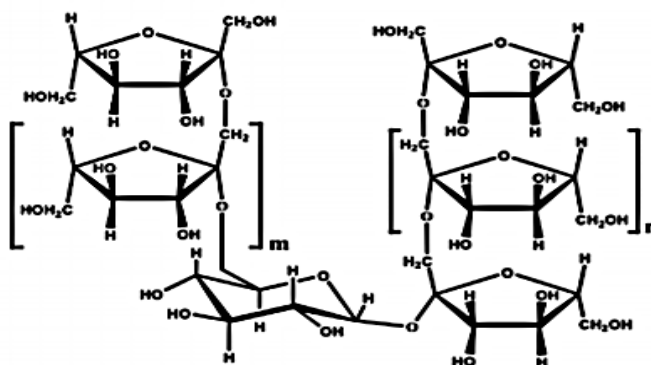


Рисунок 5 – Структурная формула неоинулина

Неолеваны, соединения на основе неокестозы, в своем строении имеют преимущественно β -(2 \rightarrow 6) фруктозил-фруктозные связи, могут содержать на конце фруктозильный остаток глюкозы (рисунок 6) [65, 68, 77].

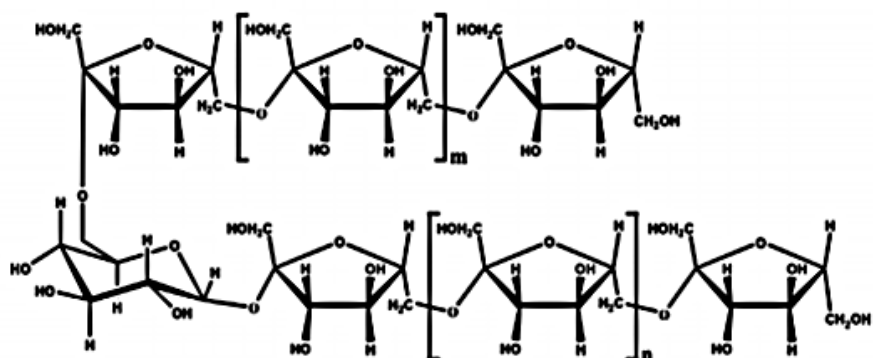


Рисунок 6 – Структурная формула неолевана

Фруктаны являются запасными углеводами как минимум в 10 семействах высших растений, которые хранят их в растворимой форме в вакуолях (рисунок 7), кронах, листьях (кратковременное хранение), корнях, стеблях, клубнях или ядрах. Кроме того, длина цепи растительных фруктанов может модулироваться, что позволяет предположить, что фруктаны также могут играть роль в защите растений от высыхания, вызванного холодом [39, 61, 65, 77].

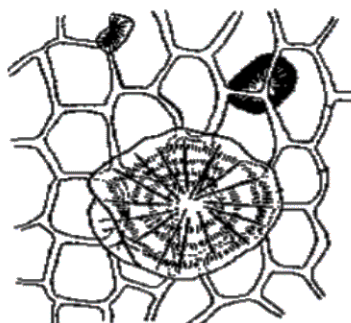


Рисунок 7 – Расположение фруктозана в растительной клетке

Фруктансодержащие растения в основном являются покрытосеменными растениями (семейства однодольных и двудольных). Некоторые из этих растений употребляются в пищу в виде овощей (артишок, спаржа, цикорий, чеснок, топинамбур, лук-порей, лук, козлобородник и т. д.

У однодольных растений (флеаноподобный тип) фруктаны широко представлены в надземных частях молодых семян семейства злаковых (Gramineae), но значительная часть встречается только у северных трав мятликовых (Pooideae), овса (*Avena sativa*), ячменя (*Hordeum vulgare*), ржи (*Secale sativa*) и пшеницы

(*Triticum aestivum* и *Triticum durum*). Фруктаны были обнаружены в луковицах, клубнях и клубневых корнях амариллисовых (*Amaryllidaceae*), агавовых (*Agavaceae*), гемодоровых (*Haemodoraceae*), ирисовых (*Iridaceae*) и асфоделовых (*Xanthorrhoeaceae*). Достаточное количество этих соединений встречается в семействе лилиевых (*Liliaceae*), в листьях и луковицах лука-виноградного (*Allium ampeloprasum*), луковице лука и шалота (*Allium cepa*), чеснока (*Allium sativum*) и клубнях спаржи (*Asparagus officinalis* и *Asparagus racemosus*), а также в семействе агавовых (*Agavaceae*) в клубнях пальмовой лилии (*Cordyline Terminalis*) и кордилены южной (*Dracaena australis*) [61, 77].

У двудольных (инулиноподобный тип), фруктансодержащими порядками являются Астроцветные (*Asterales*), Колокольчиковые (*Campanulales*), Ворсянкоцветные (*Dipsacales*), Синюховые (*Polemoniaceae*) и Верескочетные (*Ericales*). Астровые (*Compositae*) накапливают значительное количество фруктанов в своих подземных корнеплодах и клубнях. К данному семейству относятся цикорий (*Cichorium intybus*), девясил (*Inula helenium*), одуванчик (*Taraxacum lanceolate*), козлородник (*Tragopogon porrifolius*) и якон (*Polymnia sonchifolia*) [61, 69, 77].

Известно, что у мохообразных фруктаны встречаются в наземных растениях шести отрядов печеночников (*Hepaticopsida*), а в некоторых видах рода *sphagnum* фруктаны не обнаружены – во мхах (*Bryopsida*), у папоротников, в клубных мхах и хвощах (*Pierodophyta*), в хвойных и саговниках (*Gymnospermae*) [77].

Существует ограниченное количество сведений о наличии фруктанов в водорослях. Тем не менее, инулин был идентифицирован у представителей отряда *Dasycladales* (особенно *Acetabularia mediterranea*) и отряда *Cladophorales* (четыре вида *Cladophora* и два вида *Rhizoclonium*) [77].

На сегодняшний день на зарубежных производствах по производству фруктозанов широко используют лишь корни цикория (*Cichorium intybus*) и клубни топинамбура (*Heliánthus tuberósus*). На отечественном рынке использование топинамбура на промышленных производствах только начинает развитие. Интерес

к клубням топинамбура не случаен, они являются источниками высокого содержания биологически-активных веществ. Также сейчас активно исследуются другие виды источников с целью разнообразия сырьевой базы. Малоизученным и перспективным источником фруктанов являются корни солодки [79].

1.4 Производство кондитерских изделий специализированного назначения

Модификация традиционных кондитерских изделий позволяет повысить содержание полезных ингредиентов в продукте до физиологически значимого уровня, равного от 10 до 30 % от средней суточной потребности.

Для расширения ассортимента и обогащения кондитерской продукции полезными веществами активно развиваются различные направления по поиску новых видов функциональных ингредиентов. В основном для этого используются различные виды растительного сырья, как источники белковых и минеральных веществ, витаминов, жиров, а также усвояемых и неусвояемых углеводов. В процессе производства используется как природное сырье, так и одно- и многокомпонентные добавки на их основе [31]. Функциональные пищевые ингредиенты используются в рецептурах в свежем виде, в виде порошков, пюре, экстрактов, сиропов, паст и т.д.

Применение нетрадиционных видов муки (нутовой, ячменной, амарантовой и т.д.) оказывает положительное влияние на формирование структурно-механических свойств и содержание веществ, образующих аромат готовых изделий при выпечке. Было замечено, что при использовании нетрадиционных видов муки в конечном продукте повышается содержание белка, пищевых волокон, а показатели усвояемых углеводов уменьшаются. Инновационно использование для производства мучных кондитерских изделий композитных смесей, продуктов переработки зерновых и технических культур доступного местного растительного сырья.

Все больше с целью рационализации технологического процесса используют пищевые жмыхи из нетрадиционных масличных культур для разработки новых

видов кондитерских изделий. Например, полученная льняная мука (после отжима льняного масла) обладает высокой пищевой ценностью, которая определяется комплексом макро- и микронутриентов, это позволяет рассматривать возможность применения льняной муки в качестве добавки в кондитерском и хлебопекарном производстве для обогащения готовых изделий и придания им лечебных и профилактических свойств. Облепиховый шрот является источником пищевых волокон, белка, минеральных веществ (Na, K, Ca, Mn, Fe, Zn, Cu, Mg, P), витаминов (β -каротин, B1, B2, C, P, PP) [41]. Разработан патент с использованием облепихового шрота для производства пряников [43], обеспечивающий снижение плотности и вязкости теста, а также увеличение его пластичности и сроки хранения. Добавление облепиховой муки улучшает органолептические показатели готовых продуктов.

Создаются рецептуры с использованием порошков из ягодных выжимок в виде паст и порошков [8]. Они находят применение в производстве мармеладно-фруктовых масс и хлебобулочных изделий, позволяя увеличить содержание пищевых волокон в готовых продуктах [28].

Разрабатываются мучные кондитерские изделия с использованием порошка боярышника, с улучшенными реологическими свойствами теста, приятным фруктовым вкусом и ароматом, с улучшенным макроэлементным составом.

Также в качестве обогатителей кондитерских изделий используют биологически активные добавки (БАД). Например, используют «Ягель порошкообразный ультрадисперсный», который представляет собой высокодисперсный порошок, полученный из слоевищ лишайников рода *Cladonia*. Было установлено, что применение этого БАД положительно влияет на сохранение увеличения сроков свежести готовых изделий при хранении и улучшение пищевой ценности кондитерских изделий.

В последнее время все чаще используют для производства используют клубни топинамбура. Продукт его переработки – мука часто применяется в кондитерской отрасли как основа для теста или в качестве обогатителя питатель-

ными веществами. Топинамбур является одним из немногих природных источников инулина, который имеет уникальное влияние на организм человека и особенно полезен для больных сахарным диабетом. Кроме этого, он имеет большое количество биологически активных веществ в своем составе.

Известно использование концентрированного сока топинамбура в рецептурах сбитых сахаристых кондитерских изделий (например, нуги и суфле) [39]. Сафроновой Т.Н. предложена технология использования пасты из топинамбура при создании мучных кондитерских изделий. Внесение пасты позволяет добиться снижения показателей энергетической ценности, при этом удовлетворяя потребности организма человека в функциональных пищевых ингредиентах. Также отмечено улучшение физико-химических, органолептических и структурно-механических показателей готовой продукции [51]. Внесение порошков топинамбура при создании вафель придает готовым продуктам более выраженные хрустящие свойства и увеличивают их пористость [60].

Использование экстракта солодкового корня в качестве пищевой добавки позволяет уменьшить расход сахара, повысить качество продукта и придать ему лечебно-профилактические свойства [32]. Самое частое использование – для изготовления леденцовой карамели, содержащей порошок экстракта солодкового корня, обладающий лечебно-профилактическими свойствами при простудных заболеваниях. Корни солодки используются при изготовлении различной кондитерской продукции в качестве сахарозаменителей и для снижения общего количества углеводов [47]. Экстракты и сиропы корня солодки применяют в технологиях изготовления шоколада, карамелей, пастилы, кондитерских сливочных кремов [26, 36]. Однако стоит отметить, что из-за специфического вкуса необходимо учитывать пропорции вносимой добавки.

Таким образом, использование растительного сырья в качестве добавок в кондитерских изделиях помогает улучшить органолептические и физико-химические свойства, повысить пищевую ценность, обогатить продукты клетчаткой, ор-

ганическими кислотами и витаминами. Это позволяет их использовать в технологиях изготовления специализированных кондитерских изделий для придания полезных свойств.

1.5 Современные методы экстракции фруктозанов из растительного сырья и способы их интенсификации

Процесс получения фруктозанов из растительного сырья состоит из следующих этапов: подготовка и очистка сырья, подбор растворителя – экстрагента, подбор способа и режимов экстракции, очистка получаемого экстракта с последующим получением извлекаемого вещества.

Экстрагирование проводят в водных и солевых растворах (повышенные температуры), а также с применением органических растворителей (пониженные температуры). Данные методы имеют определенные недостатки – длительность процесса, невысокие концентрации экстрагируемых компонентов, повышенные ресурсо- и энергозатраты [32].

В современных условиях для конкурентоспособности необходима модернизация традиционных методов экстракции при помощи нагрева для повышения конечного выхода извлекаемых веществ, при этом должны быть минимизированы энерго- и ресурсозатраты.

В описании большинства научных статей экстракцию высокомолекулярных фруктозанов проводят в условиях повышенной температуры в водной среде [42, 81, 82]. Для ускорения и повышения селективности данного процесса применяют ферменты, что позволяет проводить экстракцию в достаточно мягких условиях. С помощью ферментов проводят гидролиз растительного сырья в растворе, тем самым разрушая растительные стенки, мембраны и высвобождая биоактивные компоненты в раствор. Данная технология достаточно дорогостоящая, требует соблюдения определенных условий и подбора определенных препаратов [2, 70, 78, 84].

Ряд работ ориентирован на модернизацию традиционной экстракции при помощи электрического поля [42, 82]. Использование омического нагрева основывается на пропускании электричества через раствор. В растительном сырье присутствуют вода и растворенные соли, которые могут проводить электричество (необходимо не менее 30 %). При помещении электролитов в электрическое поле, ионы начинают двигаться к электродам с противоположными зарядами. Движение ионов генерирует тепло, также, как и их столкновение друг с другом, создающее сопротивление движения ионов и увеличивая их кинетическую энергию, тем самым повышая температуру продукта.

Для интенсификации процесса массопереноса также возможно использование электрофизического метода воздействия импульсными электрическими полями (ИЭП), сопровождающимся процессом электропорации. Электропорация – это увеличение количества и размеров пор обрабатываемых клеток, что в конечном итоге приводит к разрушению клеточной мембраны и увеличению массопереноса. Технология ИЭП основана на подаче электроэнергии на образец, помещенный между двумя электродами.

Другие методы направлены на применение различных видов энергии для повышения эффективности экстрагирования. Экстракция с применением микроволновой энергии в сверхвысокочастотном (СВЧ) поле обеспечивает более полное извлечение компонентов из исследуемого сырья. В этом методе сырье находится под тепловым воздействием, вследствие чего в его структуру проникает СВЧ-излучение. Излучение взаимодействует с полярными молекулами посредством ионной проводимости и дипольного вращения [63], что сопровождается выделением тепла [83]. Повышение температуры внутри растительных клеток разрушает их и высвобождает извлекаемые компоненты в раствор [67].

В последнее время все чаще экстракцию проводят с использованием акустической энергии. Ультразвуковая экстракция (УЗЭ) – это процесс, в котором используется акустическая энергия (подвид механической энергии, т.е. идет процесс поглощения энергии молекулами, а затем она передается по всей среде) и растворители для извлечения целевых соединений из различных растительных

матриц. При УЗЭ на среду воздействуют звуковыми волнами давления, вызывая колебательное движение молекул, которые попеременно сжимают (циклы высокого давления) и растягивают (циклы низкого давления) молекулярную структуру среды из-за изменяющегося во времени давления. При повышении интенсивности ультразвука, цикл расширения может создавать пузырьки или полости в растворе. Процесс образования, роста и разрушительного коллапса пузырьков называется «кавитация» [42, 73].

Другие технологии направлены на экономию растворителей в процессе экстрагирования – ускоренная экстракция растворителем (УЭР), трехступенчатая экстракция гомогената (ТЭГ) [67, 71].

Ускоренная экстракция растворителем (УЭР) – это метод извлечения органических соединений из твердых и полутвердых образцов в присутствии органических и водных жидких растворителей. При этом применяются условия повышенных температур (ускорение кинетики процесса) и давления (удержание растворителя выше точки кипения), что обеспечивает безопасное и быстрое извлечение соединений при малых энерго- и ресурсозатратах [81]. Высокая температура ускоряет кинетику экстракции, а высокое давление удерживает растворяющую жидкость выше точки кипения, обеспечивая безопасное и быстрое извлечение.

Проведение трехступенчатой экстракции гомогената требует предварительной подготовки сырья путем инактивирования побочных соединений при повышенной температуре. После этого сырье трехкратно обрабатывают водой при комнатной температуре, что позволяет упростить процесс и сэкономить ресурсы.

Рассмотренные методы интенсификации процессов экстрагирования используют различные виды воздействия (электрическое поле, ультразвук, микроволновое излучение, ферменты) на сырье в растворе. Тем самым достигается наиболее полное извлечение фруктозанов в течение короткого времени. Данные методы направлены на экономию ресурсов и энергии при проведении процесса.

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Структурная схема проведения исследований

В данной работе исследования проводились поэтапно, схема проведения исследований приведена на рисунке 8.

На первом этапе исследования был проведен анализ информации по состоянию рынка специализированных продуктов питания. Также были рассмотрены классификация и растительные источники фруктозанов, их экстракция и возможные виды интенсификации этого процесса, обоснована целесообразность применения фруктозансодержащего сырья в производстве специализированных кондитерских изделий.

На втором этапе были определены цель, задачи, объекты и методы исследований. Следующим этапом было получение фруктозансодержащих экстрактов, оценка процентного содержания фруктозанов в растворах и последующее концентрирование растворов.

На четвертом этапе разработали рецептуры и изготовили мармелад, содержащие фруктозансодержащее сырье. Для исследования влияния фруктозанов на качество мармеладов на следующих этапах был проведен анализ органолептических, физико-химических, структурно-механических показателей и оценена хранимоспособность.

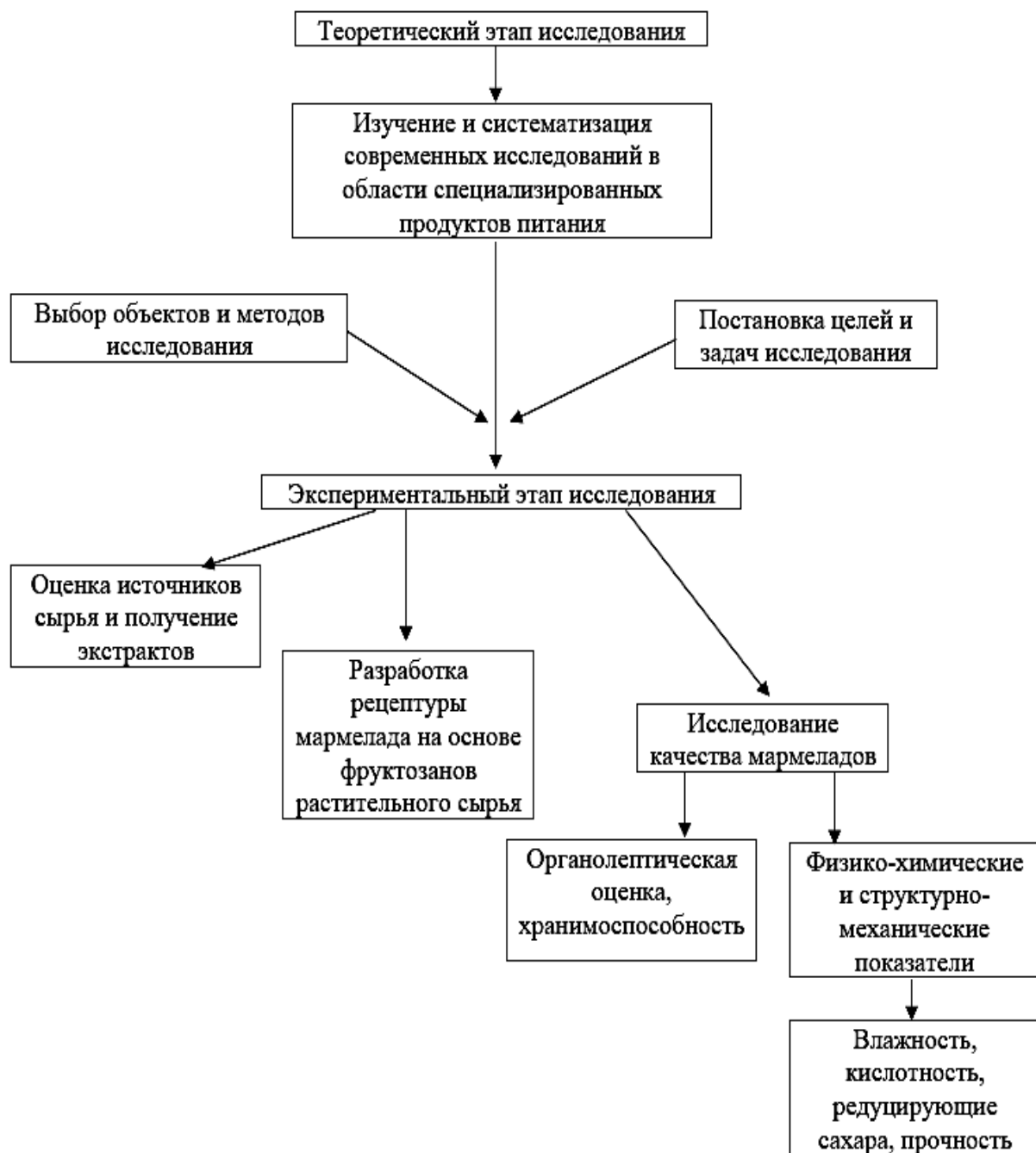


Рисунок 8 – Структурная схема проведения исследования

2.2 Объекты исследования

В качестве сырья для получения фруктозансодержащих экстрактов использовались свежесобранные клубни топинамбура сорта «Скороспелка» по ГОСТ 32790-2014 [14], корни солодки измельченные (ТУ 9185-003-0137771770-2012. Производитель: «Крестьянское хозяйство» ИП Лимарева И.А., Ростовская область, ст. Каргинская, д.10) [11].

Топинамбур (*Helianthus tuberosus*) – однолетнее травянистое клубненосное растение, относящееся к семейству астровых (рисунок 9) [45].



Рисунок 9 – Внешний вид надземной части и клубней топинамбура (*Helianthus tuberosus*)

Согласно литературным данным в клубнях топинамбура содержится большое количество инулинов (до 80 % от массы сухого вещества), фруктоолигосахаридов и фруктозы, структурных углеводов (целлюлоза и гемицеллюлоза), фруктанов и сахара с низким молекулярным весом. Также присутствуют сахароза, ксилоза, галактоза, манноза, арабиноза и рамноза [72].

Клубни являются хорошим источником витаминов, таких как комплекс витамина В, витамин С (аскорбиновая кислота), витамин А (ретинол), никотиновая кислота (РР), витамин Е (токоферол) и β -каротин [72]. Минеральные вещества в клубнях составляют около 1,2 % от сухого веса. Основными минеральными веществами являются калий, натрий, кальций, магний и фосфор. Кальций преобладает в надземных частях, фосфор и калий аккумулируются в клубнях, а магний равномерно образуется во всех частях растения [45, 72].

Солодка (*Glycyrrhiza*) представляет собой многолетнее травянистое корневищное растение, относящееся к семейству бобовых (*Fabaceae*), требующее минимального ухода [26, 56]. Наиболее популярный вид – солодка уральская, содержащая большое количество биологически активных веществ (БАВ) в своем составе (рисунок 10) [55].



Рисунок 10 – Внешний вид растения и корней солодки голой (*Glycyrrhiza glabra*)

Главным компонентом корня солодки, придающим ему сладкий вкус, является глицирризин (от 6 до 8 %), который можно получить в виде сладкого белого кристаллического порошка (кальциевые и калиевые соли глицирризиновой кислоты). Количество глицирризина, присутствующего в экстракте солодки, может варьироваться от 5 до 24 %.

Также в солодке были определены свыше двадцати флавоновых гликозидов (ликвиритин, ликвиритозид, ликвиритигенин-7, 4-диоксифлаван и др.), стероиды (бета-ситостерин, эсхриол), аспарагин, эфирное масло (0,03 %), витамины С и группы В. В корнях определены соли К, Са, Fe, Si, Sn [26, 54]. В солодке голой содержатся сапонины, дубильные вещества, азотистые основания, органические кислоты (салициловая, синаповая, феруловая, кофейная и др.), глюкоза (до 15,2 %), сахароза (до 11 %), гемицеллюлозы (до 34 %), крахмал (до 29 %), камеди, каротин и др. [26, 39, 54, 56].

Для изготовления кондитерских изделий специализированного назначения в качестве сырья использовались экстракты топинамбура и корня солодки, яблоко Сезонное (ГОСТ 27572-2017 [12]), тыква Прикубанская (ГОСТ 7975-2013 [22]), желатин пищевой (ГОСТ 11293-89 [10]), лимон (ГОСТ 4429-82 [15]).

Яблоко и тыква были выбраны в качестве фруктово-овощной «базы» из-за своего химического состава (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав яблока и тыквы

Наименование показателя	Яблоко	Тыква
Белки, г	0,4	1
Жиры, г	0,4	0,1
Сахара, г	9	4,2
Клетчатка, г	1,8	0,5
Пектиновые вещества	0,8–1,8	2,6–9,3
Минеральные вещества, мг		
К	278	204
Са	16	25
Na	26	4
Mg	9	14
P	11	25
Fe	2,2	0,4
Витамины		
С, мг	10	9
β -каротин, мг	0,03	1,5
В1, мг	0,03	0,05
В2, мг	0,02	0,06
РР, мг	0,4	0,7

Исходя из данных таблицы можно отметить высокое содержание витамина С в данных видах сырья, который способствует выработке коллагена в организме. Тыква отличается богатым содержанием витаминов А, β -каротинов [52]. Витамин А участвует в окислительно-восстановительных процессах, регуляции синтеза белков, способствует нормальному обмену веществ, функции клеточных и субклеточных мембран, играет важную роль в формировании костей и зубов, а также жировых отложений; необходим для роста новых клеток, замедляет процесс старения [58]. Данные продукты имеют в своем составе большое количество

микро- и макроэлементов, обеспечивая нормальную работу мышечной, сердечно-сосудистой и пищеварительной систем организма [27]. Из минеральных веществ наибольшие показатели были у солей калия, фосфора и кальция – жизненно важных для человеческого организма. Яблоко и тыква содержат большое количество пектиновых веществ, способствующих процессу желирования. Благодаря своему химическому составу данные виды сырья могут использоваться в лечебно-профилактическом питании.

В качестве студнеобразователя был выбран желатин, так как его применяют для производства кондитерских изделий особой группы – с жевательными свойствами, имеющими эластично-пластичную консистенцию [29]. Благодаря высокому содержанию ценных аминокислот, продукты на основе желатина рекомендуются употреблять людям, страдающим от заболеваний костной и хрящевой ткани. Прием желатина позволяет ускорить срастание костей, облегчает течение болезни при переломах, является хорошей профилактикой от остеопороза и остеохондроза.

2.3 Методы исследования экстрактов

Получение фруктозаносодержащих экстрактов из клубней топинамбура и корней солодки

Так как высокомолекулярные фруктаны не растворимы в спирте, для удаления дополнительных спирторастворимых компонентов, которые могут влиять на результаты эксперимента, проводили предварительную экстракцию растительного сырья 95 %-ным этиловым спиртом.

Навески исследуемых растительных образцов помещали в колбы со шлифом вместимостью 250 мл, приливали 100 мл 95 %-го этилового спирта, присоединяли обратный холодильник и нагревали на кипящей водяной бане в течение 60 мин. После охлаждения извлечения фильтровали. Экстракцию повторяли в тех же условиях повторно [37].

Далее к обработанному сырью приливали 100 мл дистиллированной воды и нагревали на кипящей водяной бане в течение 60 минут. После охлаждения до

комнатной температуры извлечения фильтровали и проводили повторную экстракцию водой, объединяли полученные фильтраты [3, 37].

В результате экстракции были получены экстракты клубней топинамбура и корней солодки. Экстракт из клубней топинамбура имел прозрачный мутноватый цвет, обладая легким ароматом использованного сырья. Экстракт из корней солодки был коричневого цвета с выраженным ароматом солодки.

Спектрофотометрическое определение фруктозанов в экстрактах топинамбура и корня солодки

Метод основан на способности фруктозанов при нагревании с концентрированными кислотами образовывать 5-гидроксиметилфурфурол в максимуме поглощения от 200 до 380 нм [3]. В круглодонную колбу со шлифом помещали 1,0 мл исходного экстракта (раствор А), прибавляли 25 мл 5 %-го раствора хлористоводородной кислоты, присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 2,5 часов. Далее охлаждали до комнатной температуры и содержимое колбы количественно переносили в мерную колбу вместимостью 25 мл и доводили объем раствора до метки 5 %-ным раствором хлористоводородной кислоты (раствор Б).

Определяли оптическую плотность раствора Б на спектрофотометре при длине волны 285 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали раствор, состоящий из 1,0 мл раствора А, доведённого в мерной колбе вместимостью 25 мл 5 %-ным раствором хлористоводородной кислоты до метки.

Количественное определение содержания фруктозанов (X) в пересчете на фруктозу в % вычисляли по формуле (1):

$$X = \frac{D \cdot 100 \cdot 25}{E_{1\text{ см}}^{1\%} \cdot m \cdot 1} = \frac{D \cdot 100 \cdot 25}{298 \cdot m \cdot 1}, \quad (1)$$

где X – содержание фруктозанов, %;

D – оптическая плотность испытуемого раствора;

m – масса растительной навески в исследуемом экстракте;

298 – удельный показатель поглощения продукта трансформации фруктозы после кислотного гидролиза.

Рефрактометрическое определение сухих веществ

Содержание растворимых сухих веществ определяли с помощью рефрактометра по ГОСТ ISO 2173-2013 [23].

Получение концентрированных экстрактов топинамбура и корня солодки с помощью роторного вакуумного испарителя

Использование роторного вакуумного испарителя позволяет упаривать растворы при более низкой температуре, чем при нормальных давлениях, избегая побочных реакций, которые могут протекать при нагревании экстрактов [1, 49]. Принцип работы роторного испарителя основан на обработке сырья в тонких пленках текущих жидкостей [48].

Исследуемые экстракты загружали во вращающуюся колбу ротационного испарителя, присоединенную к обратному холодильнику и источнику вакуума, и проводили нагревание на водяной бане при температуре 34 °С. В процессе вращения колбы на ее внутренней поверхности образовывалась водная пленка – испарение растворителя. За счет вращения колбы, пленка постоянно обновлялась, что способствовало увеличению скорости испарения, а также достижению эффективного перемешивания раствора [1, 48, 49].

По мере испарения растворителя, его пары конденсировались на холодильнике и стекали в колбу (приемник), при этом в колбе оставались концентрированные экстракты топинамбура и корня солодки.

2.4 Методы исследования качества готовых изделий

Определение массовой доли влаги

Определение влажности проводили методом высушивания в сушильном шкафу по ГОСТ 5900-201 [18].

Определение общей кислотности

Определение общей кислотности проводили титриметрическим методом по ГОСТ 6477-88 [21].

Определение редуцирующих веществ (феррицианидный метод)

Содержание редуцирующих веществ определяли с помощью феррицианидного метода согласно ГОСТ 5903-89 [19].

Определение структурно-механических характеристик

Определение реологических характеристик мармелада проводили на структуромере СТ-2, в основе принципа которого лежит измерение механической нагрузки на насадке-инденторе при внедрении его с заданной скоростью в подготовленную пробу продукта.

Подготовленные пробы мармелада поочередно устанавливали над отверстием крышки съемного столика структуромера под индентором «Цилиндр Ø5», который приводили к изделию при скорости внедрения 1,0 мм/с и начинали определение усилия нагружения. Измерение проводили трёхкратно, отбирая несколько проб из разных мест упаковки, составляя среднюю пробу.

Далее по полученным графикам определяли параметры реологических свойств мармелада:

F_{np1} – прочность верхней поверхности корпуса мармелада – первый экстремум, г;

F_{np2} – прочность нижней поверхности корпуса мармелада – второй экстремум, г;

F_m – твердость изделия, г.

Метод определения органолептических показателей

Определяли органолептические показатели изготовленных мармеладов с добавками и без в соответствии с ГОСТ 6442-2014 «Мармелад. Общие технические условия» [20].

3 РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ФРУКТОЗАНОВ

3.1 Получение экстрактов, содержащих олигофруктозаны

Экстракты из клубней топинамбура и корня солодки должны содержать максимальное количество фруктозанов, содержащихся в исходном сырье. Для этого были определены основные технологические этапы и построена схема процесса приготовления экстрактов. Важным моментом являлась возможность наиболее полного перехода в экстракт фруктозанов – температура (рисунок 11).

На основе литературных данных были определены рациональные параметры экстрагирования – $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, при продолжительности процесса 150 минут. Более высокие температуры могут разрушать целевые компоненты, а увеличение времени экстрагирования не повлияет на выход извлекаемого продукта.

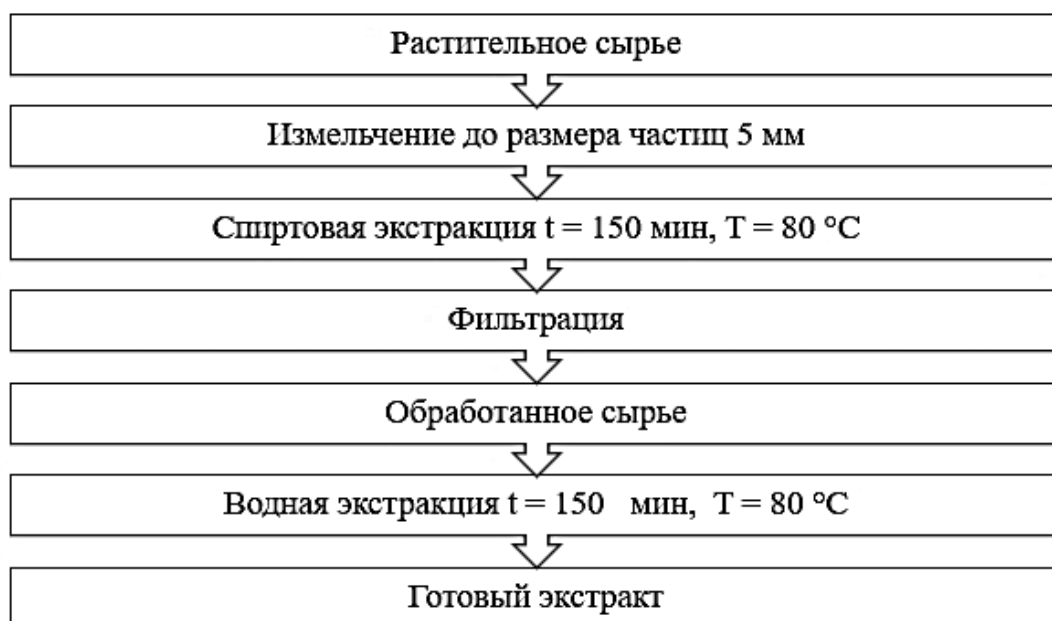


Рисунок 11 – Схема получения экстрактов

Рефрактометрически было определено содержание сухих веществ в полученных экстрактах топинамбура и корня солодки – 1,3 и 10 % сухих веществ соответственно. Так как содержание сухих веществ в нативных экстрактах невелико,

была определена необходимость концентрирования экстрактов с помощью различных методов.

Присутствие фруктозанов в растворе определяли с помощью кислотного гидролиза. В кислой среде данные соединения способны образовывать продукт – 5-гидроксиметилфурфурол (5-ГМФ) в диапазоне длин волн от 280 до 380 нм. В литературных источниках отмечается наибольшее образование данного соединения при длинах волн 283 и 285 нм [3].

После проведения спектрофотометрического определения оптической плотности в экстрактах были получены следующие данные (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели оптической плотности экстрактов топинамбура и корня солодки

	Длина волны (λ), нм						
	280	283	285	300	320	360	380
Оптическая плотность, D:							
Экстракт топинамбура	0,2586	0,2708	0,2661	0,1285	0,0183	-0,0043	-0,0061
Экстракт корня солодки	0,2627	0,4053	0,2987	0,3514	0,2626	0,2027	0,1818

На основании этих данных были построены графики зависимости оптической плотности от длины волны – рисунок 12.

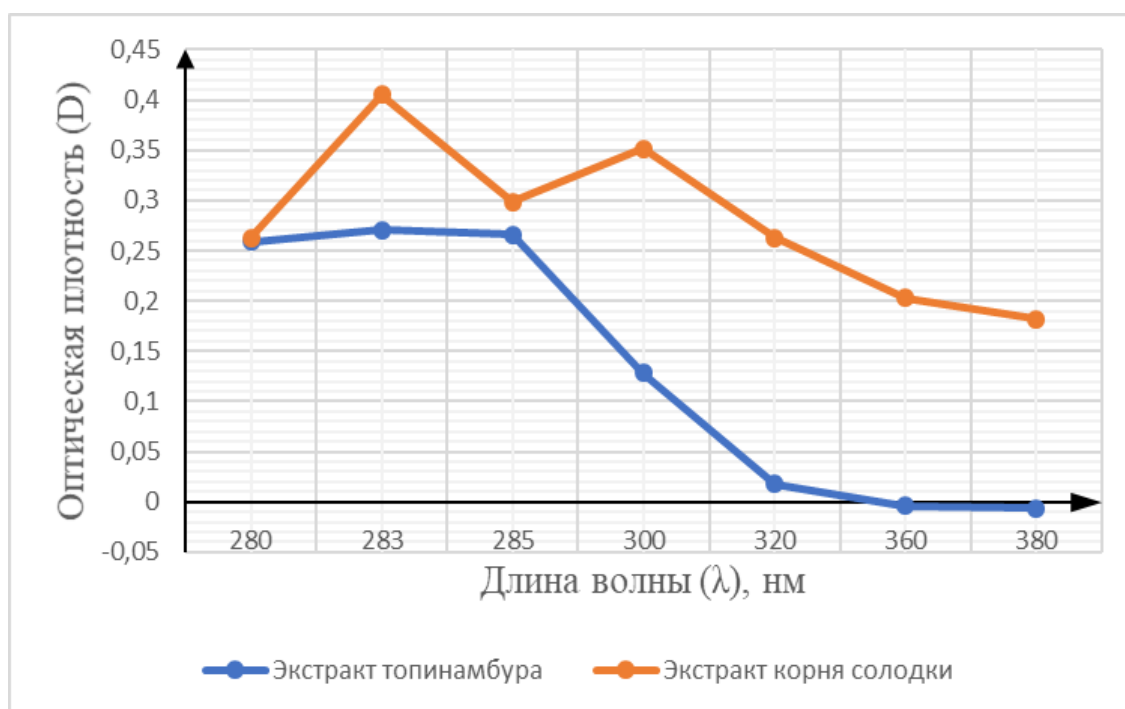


Рисунок 12 – Зависимость оптической плотности экстрактов топинамбура и корня солодки от длины волны

На рисунке 12 наблюдаются максимальные пики оптической плотности в исследуемых экстрактах при длине волны 283 нм. Это может свидетельствовать о наличии фруктозанов в данных растворах.

Были проведены расчеты содержания фруктозанов в экстрактах топинамбура и корня солодки в пересчете на фруктозу по формуле 1, используя максимальные значения оптической плотности, которые составили 19 и 28,16 %.

Содержание фруктозанов в экстракте топинамбура (19 %) может быть связано с тем, что при экстрагировании использовался клубень массой около 20 г. Известно, что максимальное количество фруктозанов достигается при развитии клубней до 40–60 г. Полученное содержание фруктозанов (19 %) в экстракте топинамбура сопоставимо с данными других исследований [3, 37].

В экстракте корня солодки содержание фруктозанов достигало 28,16 %, что говорит о возможности его применения для продуктов специализированного назначения данными типами соединений. Однако, стоит учесть, что среди полученных 28 % могут присутствовать преимущественно не растворимые в спирте

дисахариды и олигофруктоза, в малой степени – моносахариды, наличие которых повлияло на результаты эксперимента.

В экстрактах для оценки количественного содержания сухих веществ использовали рефрактометрический метод. Так как содержание сухих веществ в экстрактах невелико, была установлена необходимость концентрирования данных растворов с помощью различных методов.

3.2 Применение растительных экстрактов в технологии мармелада

В задачи данной работы входило создание кондитерских изделий специализированного назначения, которые могут быть включены в диетические и лечебные рационы питания соответствующей направленности.

При подборе сырья для приготовления обогащенных мармеладов учитывались следующие аспекты – пищевая и физиологическая ценность, доступность. В качестве фруктово-овощной «базы» для изготовления мармелада были выбраны – яблоко и тыква.

Нами были разработаны рецептуры яблочно-тыквенного мармелада с внесением различных добавок (таблица 3). Исходя из оптимальной суточной нормы потребления фруктозанов (4 г) [57] были рассчитаны необходимые количества закладок обогатителей в яблочно-тыквенный мармелад для удовлетворения 30 % от суточной нормы в готовом продукте.

Для изготовления мармеладов специализированного назначения были выбраны следующие виды добавок – свежий топинамбур, экстракты топинамбура и корня солодки. Топинамбур и экстракты на растительной основе содержат в себе большое количество витаминов, минеральных веществ. Использование данных видов сырья в качестве заменителя сахара позволяет снизить общий уровень углеводов готовых изделий, понизить энергетическую ценность. Кроме этого, за счет своих уникальных биологических свойств они могут оказывать лечебно-профилактическое воздействие на организм. Введение в мармелады топинамбура в свежем виде позволяет дополнительно повысить уровень пищевых волокон, а также обеспечить дополнительные эффекты направленного действия.

Таблица 3 – Рецептуры изготовления мармелада на яблочно-тыквенной основе

Наименование сырья	Рецептура №1 (контроль)	Рецептура №2 (со свежим топианамбуrom)	Рецептура №3 (с экстрактом топианамбура)	Рецептура №4 (с экстрактом солодки)
	Расход сырья на 100 г продукции, г			
Яблочное пюре	45	25	23	30
Тыквенное пюре	20	15	18	21
Лимонный сок	2	2	1	1
Желатин	3	3	3	3
Свежий топианамбур	–	25	–	–
Экстракт топианамбура	–	–	55	–
Экстракт корня солодки	–	–	–	45
Вода	30	30	–	–
ИТОГО	100	100	100	100

Технологический процесс получения мармелада заключался в следующих этапах: подготовка ингредиентов, приготовление студнеобразователя, приготовление мармеладной массы, введение обогатителей, отливка мармеладной массы и охлаждение продукта (рисунок 13).

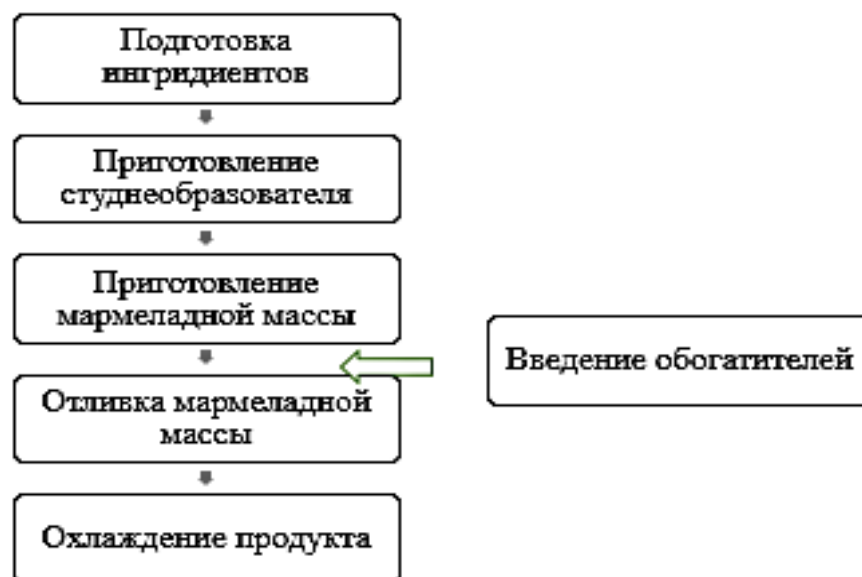


Рисунок 13 – Технологический процесс приготовления мармелада

В процессе подготовки сырья яблоко и тыкву промывали, очищали от кожуры и внутренностей. Затем в закрытой емкости доводили подготовленное сырье до кипения и уваривали на медленном огне в открытой емкости до образования густого пюре в течение 30 минут, измельчали до образования однородной массы. Желатин растворяли в воде при температуре 60 °С до полного растворения кристаллов.

Готовили мармеладную массу путем смешения фруктово-овощных пюре, желатина, лимонной кислоты и обогатителей. Разливали мармеладную массу по формам и охлаждали при температуре (4 ± 2) °С.

3.2.1 Исследование органолептических показателей мармелада

Органолептическая оценка мармеладов проводилась по показателям качества, установленным ГОСТ 6442-2014 «Мармелад. Общие технические условия», учитывались показатели вкус, цвет, запах, консистенция, форма и текстура (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты органолептического анализа исследуемых образцов мармелада

Наименование показателя	Характеристика мармелада			
	Образец № 1 (контроль)	Образец № 2 (со свежим топинамбуром)	Образец № 3 (с экстрактом топинамбура)	Образец № 4 (с экстрактом корня солодки)
Вкус	Кисло-сладкий, с выраженным вкусом используемого сырья	Кисло-сладкий, с выраженным вкусом используемого сырья	Кисло-сладкий, характерный для используемого сырья	Сладко-кислый, вкус и запах характерный для используемого сырья с ярко выраженным послевкусием солодки
Цвет	Желто-оранжевый, характерный для используемого вида сырья	Оранжево-коричневый, характерный для используемого вида сырья	Желто-оранжевый, характерный для используемого вида сырья	Темно-оранжевый, характерный для используемого вида сырья
Запах	Характерный для используемого вида сырья, с преобладанием яблочного аромата	Характерный для используемого вида сырья	Характерный для используемого вида сырья	Характерный для используемого вида сырья, с выраженным ароматом корня солодки
Консистенция	Затяжистая	Затяжистая, неоднородная, с наличием волокон	Студнеобразная	Студнеобразная
Форма	Форма упаковки, в которую разливают мармеладную массу			
Поверхность	Слегка увлажненная, глянцеви́дная	Слегка увлажненная, не ровная, с волнами	Слегка увлажненная, глянцеви́дная	Слегка увлажненная, глянцеви́дная

В ходе органолептической оценки изготовленных образцов дегустаторами определено, что топинамбур и его экстракт придают легкий, чуть сладковатый вкус и запах готовому мармеладу. Экстракт корня солодки характеризуется ярко выраженным вкусом и запахом, оказывая значительное влияние на органолептические показатели мармелада.

С целью повышения объективности органолептической оценки была проведена закрытая дегустация изготовленных образцов мармелада, в которой приняли участие девять человек.

Определяли следующие показатели мармелада: вкус, цвет, запах, консистенция, форма и поверхность. Оценка показателей качества проводилась по десятибалльной шкале (таблица 5) [46].

Таблица 5 – Балловая шкала оценки органолептических показателей мармеладов

Показатели качества	Словесная характеристика	Оценочный балл
Вкус и аромат	Ярко выраженный, чистый, характерный для данного вида сырья, приятный	4
	Недостаточно выраженный, хороший вкус, слабо выраженный аромат	3
	Невыраженный, пустой вкус и аромат	2
Цвет	Равномерный, достаточно выраженный, характерный для используемого сырья	2
	Недостаточно выраженный, неоднородный	1
	Ненасыщенный, неоднородный	0,5
Консистенция	Студнеобразная	2,5
	Плотная, слегка затяжистая	2
	Твердая, жесткая	1

Окончание таблицы 5

Показатели качества	Словесная характеристика	Оценочный балл
Внешний вид	Изделия правильной формы, с четкими контурами, без деформации	1,5
	Изделия правильной формы, с наличием небольшой деформации	0,5
	Изделия неправильной формы	0,3

Максимальное значение органолептической оценки показателей качества: вкус и аромат – 4 балла; цвет – 2 балла; консистенция – 2,5 балла; внешний вид – 1,5 балла. По сумме баллов качество мармелада оценивали следующим образом: «отлично» – 8–10 баллов, «хорошо» – 5–7,9 баллов, «удовлетворительно» – 2–4,9 балла, «неудовлетворительно» – 1,9 и менее балла.

Для получения конечных результатов были проанализированы дегустационные карты экспертов и оценено качество образцов мармелада (таблицы 6–10).

Таблица 6 – Результаты дегустационной оценки исследуемых образцов мармелада по показателю «вкус и аромат»

Дегустатор, №	Дегустационный балл			
	Образец № 1 (контроль)	Образец № 2 (со свежим топи-намбуром)	Образец № 3 (с экстрактом топинамбура)	Образец № 4 (с экстрактом корня солодки)
1	4	3	4	4
2	4	4	2	3
3	3	4	4	2
4	2	2	3	3
5	4	3	4	4
6	4	2	2	4
7	4	3	3	3
8	4	3	2	4
9	4	2	3	4
Среднее значение, балл	3,7	2,9	3,0	3,4

При оценке данного показателя баллы распределялись следующим образом – 4 балла – ярко выраженный, чистый, характерный для данного вида сырья, приятный; 3 балла – недостаточно выраженный, хороший вкус, слабо выраженный аромат; 2 балла – невыраженный, пустой вкус и аромат.

Таблица 7 – Результаты дегустационной оценки исследуемых образцов мармелада по показателю «цвет»

Дегустатор, №	Дегустационный балл			
	Образец № 1 (контроль)	Образец № 2 (со свежим топинамбуром)	Образец № 3 (с экстрактом топинамбура)	Образец № 4 (с экстрактом корня солодки)
1	2	2	2	2
2	1	1	2	2
3	2	0,5	2	2
4	2	0,5	1	0,5
5	1	1	2	2
6	2	0,5	2	2
7	2	0,5	1	2
8	2	2	2	1
9	2	1	2	2
Среднее значение, балл	1,78	0,94	1,78	1,72

При оценке данного показателя баллы распределялись следующим образом – 2 балла – равномерный, достаточно выраженный, характерный для используемого сырья; 1 балл – недостаточно выраженный, неоднородный; 0,5 балла – ненасыщенный, неоднородный.

Таблица 8 – Результаты дегустационной оценки исследуемых образцов мармелада по показателю «консистенция»

Дегустатор, №	Дегустационный балл			
	Образец № 1 (контроль)	Образец № 2 (со свежим топинамбуром)	Образец № 3 (с экстрактом топинамбура)	Образец № 4 (с экстрактом корня солодки)
1	2,5	2,5	2	2,5
2	2,5	2,5	2	2
3	2,5	2,5	2	2
4	2	1	1	1
5	2,5	2	2	2,5
6	2,5	2	2	2
7	2	2,5	1	2
8	2	2,5	2	2
9	2,5	2	2	2
Среднее значение, балл	2,33	2,17	1,78	2,0

При оценке данного показателя баллы распределялись следующим образом – 2,5 балла – студнеобразная; 2 балла – плотная, слегка затяжистая; 1 балл – твердая, жесткая.

Таблица 9 – Результаты дегустационной оценки исследуемых образцов мармелада по показателю «внешний вид»

Дегустатор, №	Дегустационный балл			
	Образец № 1 (контроль)	Образец № 2 (со свежим топинамбуром)	Образец № 3 (с экстрактом топинамбура)	Образец № 4 (с экстрактом корня солодки)
1	1,5	1,5	1,5	1,5
2	1,5	1,5	1,5	1,5
3	1,5	1,5	1,5	1,5
4	1,5	0,5	1,5	1,5
5	1,5	1,5	1,5	1,5
6	1,5	1,5	1,5	1,5
7	1,5	1,5	1,5	1,5
8	1,5	1,5	1,5	1,5
9	1,5	0,5	1,5	1,5
Среднее значение, балл	1,5	1,27	1,5	1,5

При оценке данного показателя баллы распределялись следующим образом – 1,5 балла – изделия правильной формы, с четкими контурами, без деформации; 0,5 балла – изделия правильной формы, с наличием небольшой деформации; 0,3 балла – изделия неправильной формы.

На основании данных результатов дегустационной оценки показателей исследуемых образцов мармелада была построена таблица со средними значениями по каждому показателю и рассчитан общий средний балл для всех образцов (таблица 10).

Таблица 10 – Результаты дегустационной оценки исследуемых образцов мармелада

Наименование образца	Количественная характеристика исследуемых показателей, среднее значение				Общий средний балл
	Вкус и аромат	Цвет	Консистенция	Внешний вид	
Образец № 1 (контроль)	3,7	1,78	2,33	1,5	9,31
Образец № 2 (со свежим топинамбуром)	2,9	0,94	2,17	1,27	7,28
Образец № 3 (с экстрактом топинамбура)	3,0	1,78	1,78	1,5	8,06
Образец № 4 (с экстрактом корня солодки)	3,4	1,72	2,0	1,5	8,62

Для лучшего восприятия полученных значений был построен график распределения общих средних баллов исследуемых образцов (рисунок 14).

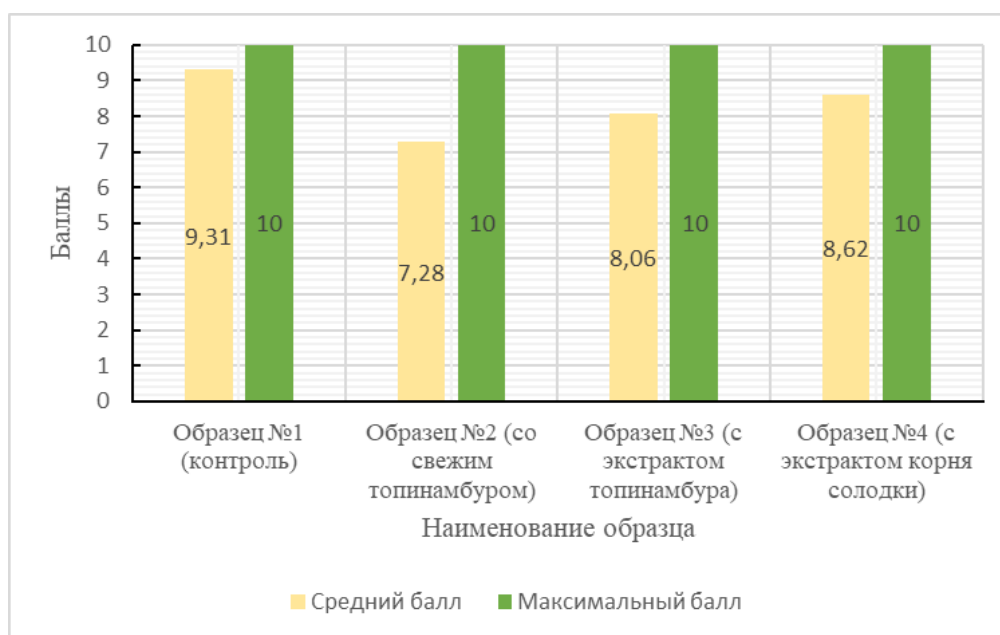


Рисунок 14 – Результаты дегустационной оценки исследуемых образцов мармелада, балл

Баллы были распределены в соответствии с градацией качества – «отлично» – 8–10 баллов, «хорошо» – 5–7,9 баллов, «удовлетворительно» – 2–4,9 балла, «неудовлетворительно» – 1,9 и менее балла.

Контрольный образец получил наивысший балл (9,31), что связано с более привычными вкусовыми и ароматическими характеристиками продукта. Необходимо обратить внимание, что образец с экстрактом корня солодки получил также высокие значения (8,62) и соответствовал градации качества «отлично», введение экстракта топинамбура в мармелад также характеризовалось высоким баллом (8,06) и «отлично». На последнем месте по органолептической оценке, оказался образец с добавлением свежего топинамбура (7,28), что соответствовало оценке «хорошо». Это связано с неоднородностью цвета изделия и наличием небольшой деформации из-за включений частиц топинамбура. Таким образом, обоснована возможность применимости альтернативных источников сырья для создания кондитерских изделий специализированного назначения, обеспечивающая органолептические показатели готовых продуктов на высоком уровне.

3.2.2 Исследование показателей качества готовых образцов мармелада

С целью оценки качества мармеладов определяли массовую долю влаги, кислотность, массовую долю редуцирующих веществ.

Согласно полученным результатам исследований (таблица 11), массовое содержание влаги во всех образцах находится практически на одном уровне и составляет диапазон от 67,4 до 85,45 %.

В контрольном образце содержание общей кислотности составило 52,0 град. Было определено, что введение добавок в мармелад снижает общую кислотность продукта. Наиболее сильно снижает показатель кислотности введение в мармелад экстракта топинамбура – на 49 %. Образцы № 2 и № 4 характеризуются снижением кислотности на 27 и 35 % соответственно.

Таблица 11 – Результаты физико-химических показателей мармелада

	Образец №1 (контроль)	Образец №2 (со свежим топи- намбуром)	Образец №3 (с экстрактом топинамбура)	Образец №4 (с экстрактом корня со- лодки)
Массовая доля влаги (ω), %	67,4	74,8	85,45	74,13
Общая кис- лотность, град.	52,0	38,0	26,4	34,0

Исходя из этого, есть необходимость изменения рецептур и технологических параметров изготовления мармеладов специализированного назначения (таблица 12).

Таблица 12 – Рекомендуемые рецепты изготовления мармелада на яблочно-тыквенной основе

Наименование сырья	Рецептура № 1 (контроль)	Рецептура № 2 (со свежим топинамбуром)	Рецептура № 3 (с экстрактом топинамбура)	Рецептура № 4 (с экстрактом солодки)
	Расход сырья на 100 г продукции, г			
Яблочное пюре	45	25	41	41
Тыквенное пюре	20	15	22	22
Порошок лимонной кислоты	2	4	4	4
Желатин	3	3	3	3
Высушенный топинамбур	–	25	–	–
Экстракт топинамбура	–	–	25	–
Экстракт корня солодки	–	–	–	15
Вода	30	30	5	15
ИТОГО	100	100	100	100

Для снижения показателя влажности необходимо уваривать пюре до более густой консистенции в течение более длительного времени – 40–50 минут. Кроме этого, при изготовлении мармеладов целесообразно использование высушенных измельченных клубней топинамбура, меньших объемов концентрированных экстрактов топинамбура и экстракта корня солодки. Повышение показателя кислотности в мармеладах можно добиться путем использования в качестве основного сырья более кислых сортов яблок и используя вместо свежего лимонного сока концентрированных порошков лимонной кислоты.

Также была определена массовая доля редуцирующих сахаров в мармеладе (таблица 13).

Таблица 13 – Результаты определения массовой доли редуцирующих сахаров в мармеладе

	Образец № 1 (контроль)	Образец № 2 (со свежим топинамбу- ром)	Образец № 3 (с экстрактом топинамбура)	Образец № 4 (с экстрактом корня со- лодки)
Массовая доля редуцирую- щих веществ (ω), %	12,7	8,24	7,7	9,65

Наличие редуцирующих сахаров в готовом мармеладе обусловлено в основном внесением в их состав таких рецептурных компонентов, как яблоко и тыква. В контрольном образце отмечено наибольшее количество редуцирующих веществ, что является отрицательным фактором при создании мармеладов специализированного назначения. Наши исследования показали, что использование компонентов растительного сырья в целом позволяет снизить содержание редуцирующих сахаров, что является положительным фактором. Мармелад с добавлением экстракта топинамбура имел наименьшие показатели редуцирующих сахаров (7,7 %). Показатели мармелада с добавлением свежего топинамбура рас-

полагаются на втором месте (8,24 %), это связано с присутствием в составе свежих клубней пищевых волокон и инулина. На третьем месте по содержанию редуцирующих веществ – мармелад с добавлением экстракта корня солодки (9,65 %), что можно объяснить содержанием дополнительных сахаров в экстракте. Стоит отметить, что все образцы мармеладов с фруктозансодержащим сырьем имеют значения ниже, по сравнению с контрольным образцом, что является положительным фактором для создания кондитерских изделий специализированного назначения.

Для большей наглядности влияния вносимых добавок на уровень редуцирующих сахаров в мармеладе на основании полученных данных был построен график (рисунок 15).

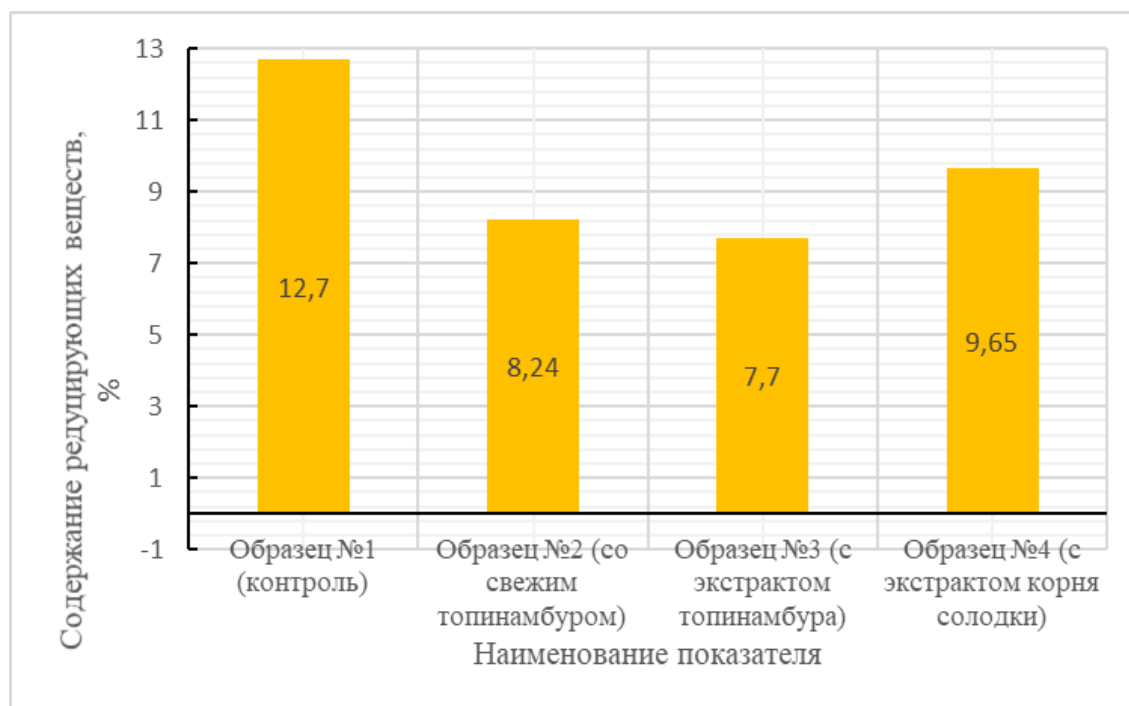


Рисунок 15 – Массовая доля редуцирующих веществ в мармеладе

Высокое содержание редуцирующих веществ в продуктах способствует быстрому набору веса и способствует развитию сахарного диабета за счет быстрого всасывания сахаров в крови. Топинамбур, экстракт топинамбура и корня солодки в своем составе содержат фруктозаны, которые при гидролизе образуют фруктозу. В отличие от глюкозы, фруктоза медленнее усваивается в кишечнике

и, поступая в кровь, быстро ее покидает, не оказывая перенасыщения крови сахаром. К тому же, фруктоза в 2,5 раза слаще глюкозы и в 1,7 раз слаще чем сахароза, поэтому ее использование позволяет снизить калорийность продуктов. Кроме того, фруктоза лишь в малой степени используется организмом для образования жира и благоприятно влияет на деятельность полезной кишечной микрофлоры. Данные виды сырья можно позиционировать в качестве добавок при создании специализированных продуктов диабетической направленности.

3.2.3 Исследование структурно-механических характеристик мармелада

Важным процессом в образовании мармелада – является процесс застудневания, который определяет консистенцию готового продукта. В процессе застудневания мицеллы, сталкиваясь между собой в процессе кинетического движения, соединяются гидрофобными участками. В результате образуется рыхлая сетка (каркас), охватывающая весь объем раствора. Связи в студнях возникают не только на концах макромолекул, но и между любыми их участками, где имеются группы, способные взаимодействовать между собой. Это, конечно, приводит к различным структурно-механическим свойствам [9]. Студни состоят из двух фаз: первой, составляющей скелет студня, образованной мицеллами, соединяющимися в нитеобразные сетчатые сплетения, и второй – жидкой (лиожели), заполняющей все промежутки этого скелета.

Введение добавок в мармелад оказывает значительное влияние на структурно-механические характеристики готового изделия. Определение прочности готового мармелада показало, что в образцах с внесением свежего топинамбура, экстрактов топинамбура и корня солодки наблюдалось уменьшение прочности по сравнению с контрольным образцом на 53,8 %, 83 % и 75 % соответственно (таблица 14).

Таблица 14 – Результаты измерения показателей прочности мармелада

Наименование показателя	Образец № 1 (контроль)	Образец № 2 (со свежим топинамбуром)	Образец № 3 (с экстрактом топинамбура)	Образец № 4 (с экстрактом корня солодки)
F_{n1} (прочность верхнего корпуса), г/мм	93,77	60,50	19,93	33,33
F_{n2} (прочность нижнего корпуса), г/мм	43,50	14,80	5,75	10,20
F_m (прочность), г	65	30	11	16

Включение обогатителей в структуру желатина ослабляет химические и водородные связи желатина, тем самым снижая его прочность (рисунок 16). Малая прочность мармеладов с добавлением экстрактов топинамбура (11 г) и корня солодки (16 г) обусловлена слишком большим содержанием водной фракции по отношению к желатину в рецептуре, из-за чего ослабляются межмолекулярные связи и студни обладают пластичными свойствами. Также это может быть связано с жиримитационными свойствами фруктозанов. Включение больших частиц свежего топинамбура нарушает регулярную организацию структурных звеньев желатина, тем самым снижая прочность мармелада (30 г) и увеличивая расстояние между структурными единицами желатина.

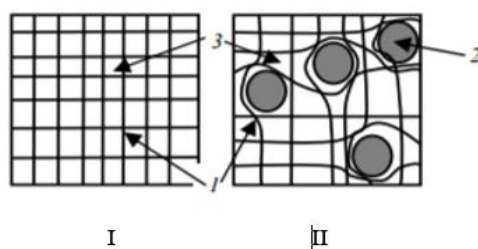


Рисунок 16 – схематичное изображение пространственного каркаса желатина: I (без добавок), II (с добавками); 1 – нити желатина, 2 – включения пищевых волокон фруктово-овощного сырья и обогатителей, 3 – пустоты

Для наглядности данных показателей ниже приведены графики трехкратных измерений образцов (рисунки 17–20).

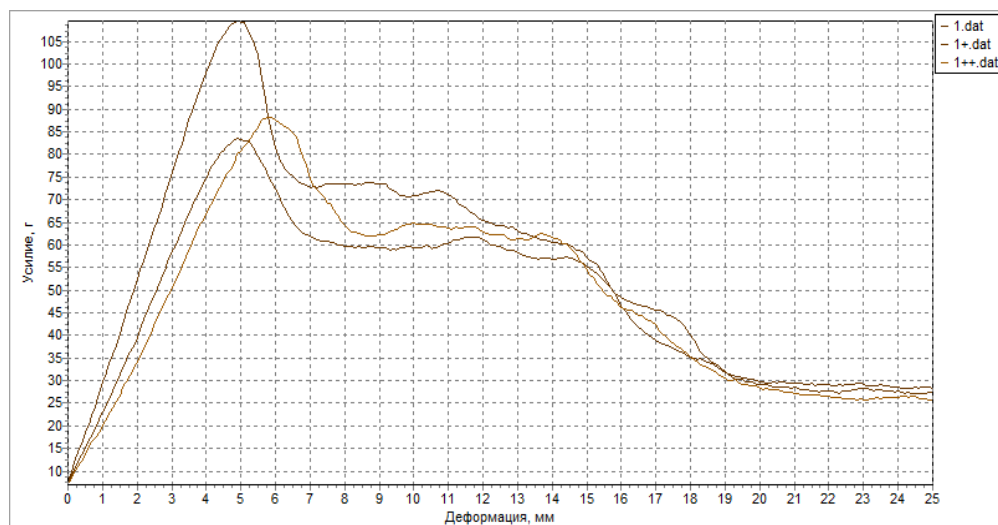


Рисунок 17 – Изменение усилия нагружения на инденторе «Цилиндр Ø5» в зависимости от глубины его внедрения в корпус мармелада (контрольный образец)

Исходя из рисунка можно отметить образование первого экстремума на уровне 4–6 мм, в этот момент идет преодоление силы поверхностного натяжения верхнего корпуса мармелада, характеризующееся в дальнейшем падением усилия нагружения. В нижней части корпуса мармелада наблюдается второй, но не такой очевидный экстремум на уровне 17–18 мм. Это можно объяснить преодолением силы поверхностного натяжения нижнего корпуса. Тем не менее после прорыва изделия усилие на инденторе сохраняется. Это можно объяснить возникновением силы трения между индентором и изделием, что также объясняется агрегатным состоянием изделия. Усилие нагружения средней части мармелада показывает его среднюю прочность – 65 г.

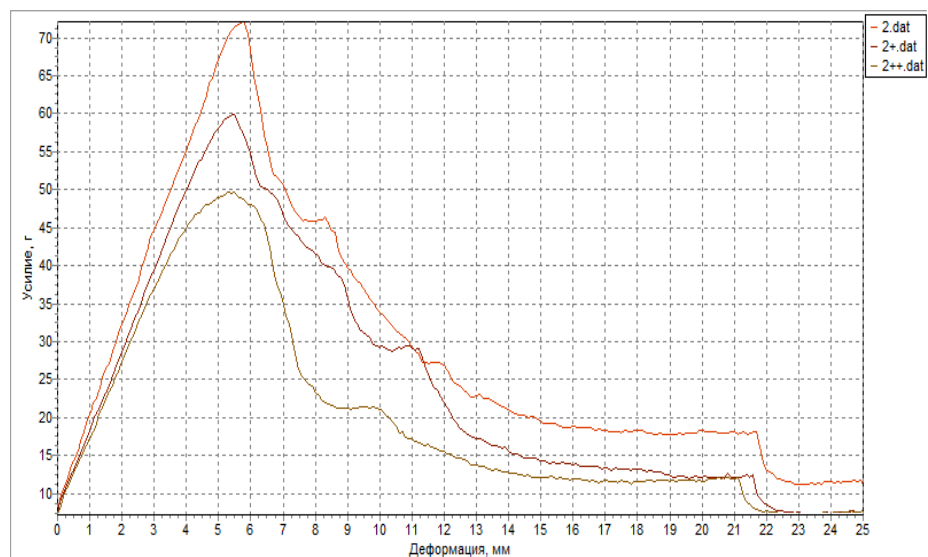


Рисунок 18 – Изменение усилия нагружения на инденторе «Цилиндр Ø5» в зависимости от глубины его внедрении в корпус мармелада (образец со свежим топинамбуром)

Второй образец характеризуется меньшей плотностью из-за менее прочных связей геля, связанных с включением в мармелад твердых частиц топинамбура. Отчетливо наблюдаются оба экстремума, виден явный прорыв нижней части изделия, тем не менее сила поверхностного натяжения нижней части практически отсутствует. Данный образец мармелада обладает малой прочностью, что видно по убывающему усилию напряжения. Средняя прочность мармелада – 30 г.

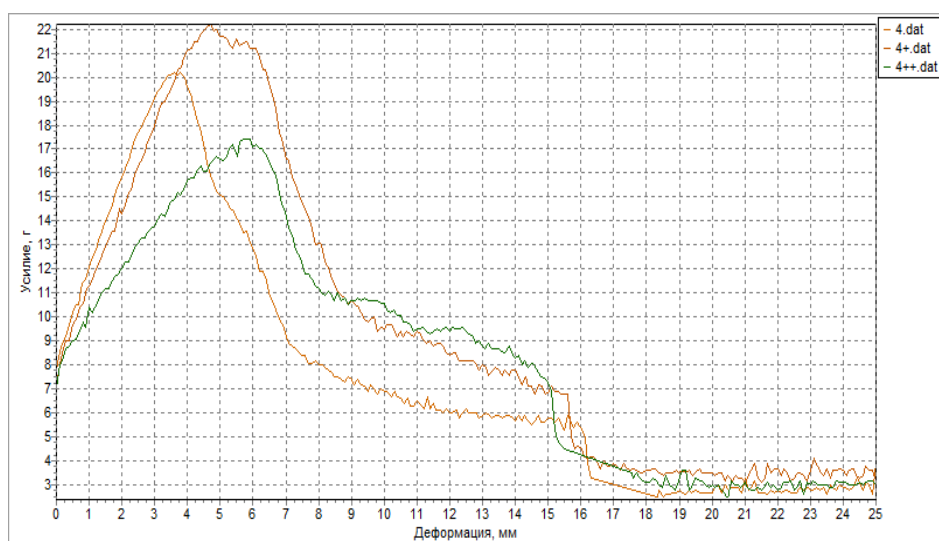


Рисунок 19 – Изменение усилия нагружения на инденторе «Цилиндр Ø5» в зависимости от глубины его внедрении в корпус мармелада (образец с экстрактом топинамбура)

Данный вид мармелада характеризуется повышенной мягкостью по сравнению с остальными образцами, в остальном его характеристики повторяют свойства мармелада со свежим топинамбуром. Средняя прочность мармелада – 11 г.

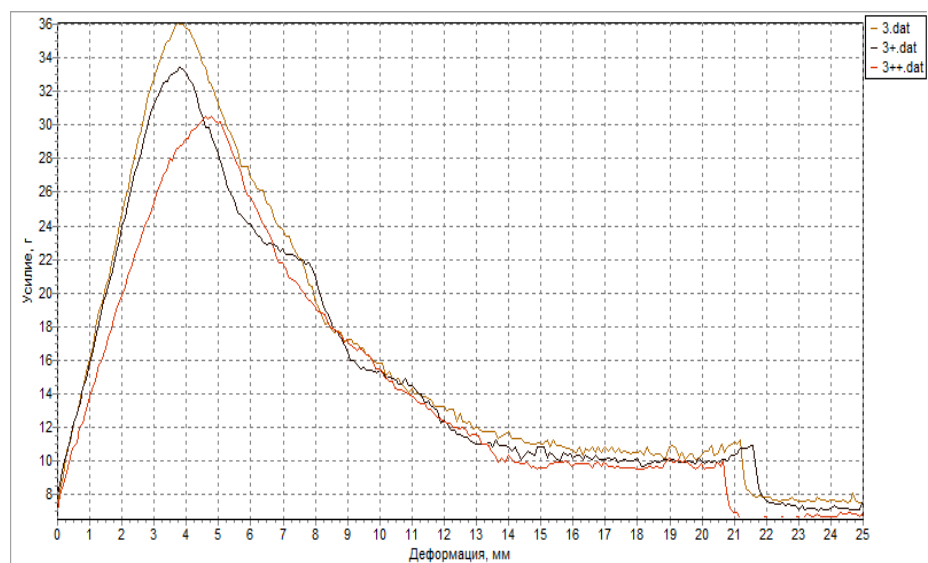


Рисунок 20 – Изменение усилия нагружения на инденторе «Цилиндр Ø5» в зависимости от глубины его внедрения в корпус мармелада (образец с экстрактом корня солодки)

Изделие с экстрактом корня солодки обладает схожей тенденцией со вторым образцом (со свежим топинамбуром), наблюдаются два экстремума. Второй экстремум не такой выраженный, силы поверхностного натяжения все равно присутствуют, но нет компенсирующего воздействия большой массы изделия как при преодолении силы поверхностного натяжения верхней части. Данный вид по сравнению с остальными образцами наиболее однороден, так как его график выглядит наиболее гладким. Средняя прочность мармелада – 16 г.

3.2.4 Исследование хранимостпособности мармелада

Помимо показателей качества мармелада, важной характеристикой является продолжительность сроков хранения. Для определения влияния показателей качества на сроки хранения была проведена визуальная оценка исследуемых образцов при температуре (38 ± 2) °С (рисунок 21).

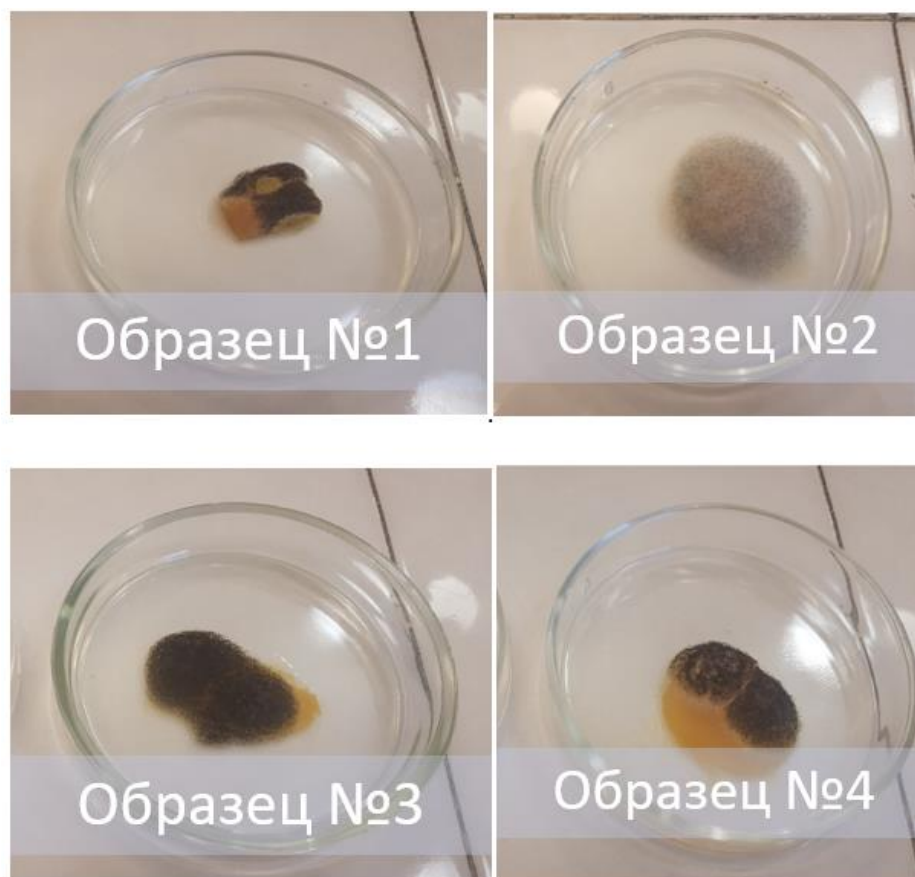


Рисунок 21 – Визуальная оценка образования плесеней на образцах мармелада спустя 48 часов при $T = (38\pm 2)$ °С: образец № 1 – контроль; образец № 2 – с добавлением свежего топинамбура; образец № 3 – с добавлением экстракта топинамбура; образец № 4 – с добавлением экстракта корня солодки

Так как образцы мармелада были полностью на натуральной основе, без добавления сахара – были обнаружены признаки плесневения при хранении. На образцах № 1,3,4 наблюдалось образование аспергилловой плесени, на образце № 2 – мукоровой.

Исходя из полученных результатов была выявлена целесообразность введения консервантов при изготовлении мармелада. Нами был выбран консервант - бензоат натрия.

Бензоат натрия (C_6H_5COONa , E-211) представляет собой натриевую соль бензойной кислоты [13]. Бензоат натрия является хорошим консервантом для диабетической кондитерской продукции, так как защищает продукты от плесневения и брожения, при этом угнетение бактерий происходит лишь частично.

Оптимальным моментом для введения бензоата натрия в мармелад можно считать момент сразу после термообработки фруктово-овощного сырья. В это время снижается уровень обсемененности микроорганизмами, а добавление консерванта позволяет сохранить этот уровень. Важно, чтобы распределение консерванта в продукте было равномерным [59].

При изготовлении мармеладов было определено количество вносимого бензоата натрия – 0,025 г на 100 г готового продукта, которое не превышает допустимый уровень согласно [25].

Также была проведена оценка образцов мармелада с использованием оптического микроскопа (УМ-301) с целью изучения стабильности при хранении ($T = 38 \pm 2$ °C). Микрофотографии срезов образцов мармелада представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Микрофотографии микрофлоры срезов образцов мармелада

Наименование образца	Микрофотографии, x70	Характеристика микрофлоры
Образец № 1 (контроль)		Плесневая микрофлора не идентифицируется

Окончание таблицы 15

Наименование образца	Микрофотографии, x70	Характеристика микрофлоры
Образец № 2 (со свежим топинамбуром)		Плесневая микрофлора не идентифицируется
Образец № 3 (с экстрактом топинамбура)		Плесневая микрофлора не идентифицируется
Образец № 4 (с экстрактом корня солодки)		Плесневая микрофлора не идентифицируется

Как видно из приведенной таблицы, использование бензоата натрия в качестве консерванта в концентрации 0,25 % на 100 г продукта при изготовлении мармеладов позволяет добиться предупреждения образования плесеней в готовой продукции, увеличивая сроки ее хранения.

Таким образом, была показана возможность изготовления кондитерских изделий специализированного назначения с добавлением фруктозансодержащих компонентов. В целом, они оказывают положительное влияние на органолептические, физико-химические и структурно-механические показатели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований по получению фруктозансодержащих экстрактов и разработке рецептур специализированных кондитерских изделий с их использованием подтверждена целесообразность использования клубней топинамбура и корней солодки в качестве добавок при изготовлении мармеладов специализированного назначения.

Данные соединения оказывают положительные воздействия на организм человека – иммуномодулирующее, противовоспалительное, профилактическое. Отмечены достижение пребиотических эффектов, снижение уровня сахара в крови, повышение функциональной активности печени, нормализация жирового обмена, повышение усвояемости минералов и, как следствие, увеличение прочности костей.

Получены и исследованы экстракты клубней топинамбура и корня солодки, содержащие 19 % и 28,16 % фруктозанов соответственно. Исследованный экстракт корня солодки не уступает по показателям экстракту топинамбура, процесс экстракции сопровождается наличием дополнительных углеводов в растворе. Для использования в производстве создания специализированных продуктов питания требуется концентрирование экстрактов для получения необходимых эффектов.

Были разработаны и исследованы мармелады с использованием экстрактов топинамбура и корня солодки. В результате проведенных исследований определено, что введение фруктозансодержащего сырья положительно влияет на органолептические, физико-химические и структурно-механические показатели качества мармеладов.

На основании органолептической оценки приготовленных образцов мармелада установлено, что введение фруктозансодержащих добавок улучшает показатели вкуса, консистенции.

Введение фруктозанов в мармелады способствует повышению влажности готовых изделий, наблюдается понижение показателей кислотности. Поэтому тех-

нологические аспекты специализированных продуктов сводятся к необходимости дополнительного уваривания пюре, использования дополнительных кислот, введения консервирующих агентов для увеличения сроков хранения.

Было отмечено, что в продуктах, содержащих фруктозаны наблюдается снижение содержания углеводов, что позволяет рекомендовать их для изготовления специализированной продукции.

Оценка прочности мармеладов показала, что введение данных растительных добавок снижает прочность изделий, придавая им более пластичные свойства и нежную текстуру.

Таким образом, данные виды сырья можно позиционировать в качестве добавок при создании специализированных кондитерских изделий диетической и лечебно-профилактической направленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Аграномов, А.Е. Лабораторные работы в органическом практикуме. Изд. 2-е пер. и доп. / А.Е. Аграномов, Ю.С. Шабаров. – Москва: Издательство «Химия», 1974. – С. 46–47.

2 Алейников, В.Г. Выделение и гидролиз углеводов топинамбура / В.Г. Алейников, Т.Н. Бурушкина, В. И. Колычев и др. // Харчова наука і технологія. – 2010. – Т. 4, № 13. – С. 36–40.

3 Ананьина, Н.А. Стандартизация инулина, полученного из клубней георгины простой / Н.А. Ананьина, О.А. Андреева // Химико-фармацевтический журнал. – 2009. – Т. 43, № 3. – С. 35–37.

4 Ардатская, М.Д. Пробиотики, пребиотики и метабиотики // Медицинский совет. – 2015. – № 13. – С. 94–99.

5 Артамонов, А.А. Биологические механизмы влияния инулина на качество пшеничного хлеба / А.А. Артамонов, А.Ю. Крыницкая // Вестник технологического университета. – 2017. – Т. 20, № 15. – С. 134–136

6 Бельмер, С.В. Пребиотики, инулин и детское питание / С.В. Бельмер, Т.В. Гасилина // В помощь врачу. – 2010. – Т. 9, №3. – С. 121–125.

7 Василев, Д. Инулин как пребиотик и заменитель жира в мясных продуктах / Д. Василев, В. Джерджевич, Н. Курабасил // Теория и практика переработки мяса. – 2017. – № 2. – С. 4–13.

8 Величко, Н.А. Выжимки голубики обыкновенной как ингредиент мучных кондитерских изделий / Н.А. Величко, З.Н. Берикашвили // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4. – С. 59–62.

9 Гельфман, М.И. Коллоидная химия. 5-е изд., стер. / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П.Г. Юстратов. – Санкт-Петербург: Издательство «Лань». – 2010. – 336 с.

10 ГОСТ 11293-89. Желатин. Технические условия (с Изменением N 1). – Москва: Издательство «Издательство стандартов», 2001. – 26 с.

11 ГОСТ 22839-88. Корни и корневища солодки. Технические условия. – Москва: Издательство «Издательство стандартов», 1999. – 8 с.

- 12 ГОСТ 27572-2017. Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия. – Москва: Издательство «Станандартинформ», 2017. – 12 с.
- 13 ГОСТ 32777-2014. Добавки пищевые. Натрия бензоат E211. Технические условия (с Поправкой). – Москва: Издательство «Станандартинформ», 2015. – 21 с.
- 14 ГОСТ 32790-2014. Топинамбур свежий. Технические условия. – Москва: Издательство «Станандартинформ», 2016. – 12 с.
- 15 ГОСТ 4429-82. Лимоны. Технические условия (с Изменениями N 1, 2). – Москва: Издательство «Станандартинформ», 2011. – 4 с.
- 16 ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения (с Изменением N 1). – Москва: Издательство: «Стандартинформ», 2005. – 8 с.
- 17 ГОСТ Р 57079-2016. Биотехнологии. Классификация биотехнологической продукции. – Москва: Издательство «Станандартинформ», 2016. – 24 с.
- 18 ГОСТ 5900-2015. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ. – Москва: Издательство «Стандартинформ», 2015. – 16 с.
- 19 ГОСТ 5903-89. Изделия кондитерские. Методы определения сахара. – Москва: Издательство «Стандартинформ», 2012. – 26 с.
- 20 ГОСТ 6442-2014. Мармелад. Общие технические условия. – Москва: Издательство «Стандартинформ», 2015. – 11 с.
- 21 ГОСТ 6477-88. Карамель. Общие технические условия (с Изменением № 1). – Москва: Издательство «Издательство стандартов», 2004. – 11 с.
- 22 ГОСТ 7975-2013. Тыква продовольственная свежая. Технические условия. – Москва: Издательство «Стандартинформ», 2014. – 8 с.
- 23 ГОСТ ISO 2173-2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. – Москва: Издательство «Стандартинформ», 2014. – 12 с.
- 24 Донченко, Л.В. Технология функциональных продуктов питания: учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Л.В. Донченко. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство «Юрайт», 2018. – С. 15–22.

25 Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (с изменениями на 21 мая 2019 года).

26 Использование лекарственных растений в производстве кондитерских изделий. – <https://znaytovar.ru>.

27 Кизатова, М.Ж. Вопросы использования рекомендованных в Республике Казахстан сортов тыквы для производства пектина / М.Ж. Кизатова, С.Т. Азимова, А.М. Адмаева и др. // *Universum: Технические науки* – 2015. – Т. 14, № 1. – С. 1–8.

28 Кольман, О.Я. Разработка технологий получения продуктов функционального назначения / О.Я. Кольман, Г. В. Иванова. – Красноярск: Издательство Сиб. федер. ун-та, 2016. – 168 с.

29 Крылова, Э.Н. Технологические аспекты приготовления жевательного мармелада без сахара / Э. Н. Крылова, Е. Н. Маврина, Т. В. Савенкова // *Материалы XI Международной конференции «Кондитерские изделия XXI века»* – 2017. – С. 104–105.

30 Кузнецов, О.А. Реология пищевых масс: Учебное пособие / О.А. Кузнецов, Е.В. Волощин, Р. Ф. Сайтов. – Оренбург: Издательский центр «ГОУ ОГУ», 2005. – С. 10–13.

31 Куличенко, А.И. Современные технологии производства кондитерских изделий с применением пищевых волокон / А.И. Куличенко, Т.В. Мамченко, С.А. Жукова // *Молодой ученый*. – Т. 63, №4. – 2014. – С. 203–206.

32 Курынкина, Е.В. Эффективность применения экстракта солодкового корня в качестве пенообразователя / Е.В. Курынкина // *Научный поиск. Технические науки: материалы третьей науч. конф. аспирантов и докторантов* – 2011. – Т. 1. – С. 143–147.

33 Лисицын, А.Б. Современные тенденции развития индустрии функциональных пищевых продуктов в России и за рубежом / А.Б. Лисицын, И. М. Чернуха, О. И. Лунина // *Теория и практика переработки мяса*. – 2018. – Т. 3, № 1. – С. 29–45.

34 Локтев, Д.Б. Общественное здоровье и организация здравоохранения, экология и гигиена человека / Д.Б. Локтев, Л.Н. Зонова // Вятский медицинский вестник. – 2010. – № 2. – С. 48–53.

35 Лыгина, Н.И. Экономические факторы развития рынков функциональных продуктов / Н.И. Лыгина, О.В. Рудакова, Ю.П. Соболева // Социально-экономические явления и процессы. – 2014. – Т. 9, № 11. – С. 115–120.

36 Методы биохимического исследования растений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Под ред. д-ра биол. наук А.И. Ермакова. – Ленинград: Издательство «Колос», 1972. – С. 171–172.

37 Митрофанова, И.Ю. Определение суммарного содержания полифруктанов и динамики их накопления в корневищах и корнях девясила высокого (*Inula Helenium L.*), произрастающего в волгоградской области / И.Ю. Митрофанова, А. В. Яницкая // Химико-фармацевтический журнал. – 2013. – Т. 47, № 3. – С. 45–47.

38 Муцаев, Р.В. Совершенствование процессов получения и сушки инулиновых экстрактов: дис. ... канд.техн.наук / Р.В. Муцаев. – Астрахань, 2018. – 190 с.

39 Назаренко, М.Н. Совершенствование технологий получения инулина и фруктозо-гликозного сиропа из топинамбура и их применения в производстве функциональных молочных продуктов: дис. ...канд.техн.наук / М.Н. Назаренко. – Краснодар, 2014. – 171 с.

40 Наумова, Н.Л. Функциональные и обогащенные продукты питания, содержащие минеральные вещества и витамины/ Н.Л. Наумова, М.В. Козубцев // Инновационные технологии пищевых продуктов и оценка их качества: наука, образование, производство. – 2016. – С. 28–33.

41 Никулина, Е.О. Облепиховый шрот как функциональный ингредиент для создания продуктов функционального назначения / Е.О. Никулина, Г.В. Иванова, О.Я. Кольман // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 10. – С. 98–105.

42 Патент на изобретение RUS 2473356 Способ получения водных экстрактов из растительного сырья с повышенным содержанием извлекаемых активных веществ / Б.В. Саргин, Г.В. Бобков, С.А. Павлов. – 2013.

43 Патент на изобретение RUS 2535731 Пряники с облепиховым шротом / Е.О. Никулина, Г.В. Иванова, О.Я. Кольман. – 2014.

44 Петыш, Я.С. Импортозамещение в пищевой промышленности: специфика хлебопекарной отрасли и сегмента ингредиентов для хлебопечения // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2016. – № 5. – С. 1–2.

45 Рамазони, Ш.С. Фитохимическое исследование клубней топинамбура и создание лечебно-профилактических средств на его основе: автореф. дис. ...канд.техн.наук / Ш.С. Рамазони. – Москва, 2016. – 24 с.

46 Родина, Т.Г. Сенсорный анализ продовольственных товаров / Т.Г. Родина. – Москва: Издательство «Академия», 2004. – 256 с.

47 Росляков Ю.Ф. Перспективные исследования технологий хлебобулочных изделий функционального назначения / Ю.Ф. Росляков, О.Л. Вершинина, В.В. Гончар // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2010. – С. 1–2.

48 Роторные испарители: принцип действия и применения. – <https://www.dia-m.ru>.

49 Роторный испаритель. – <https://ru.wikipedia.org>.

50 Рынок кондитерских изделий в России показывает стабильный рост. – <http://www.indexbox.ru>.

51 Сафронова, Т.Н. Разработка технологий и рецептур кулинарной продукции с использованием продуктов переработки топинамбура: автореф. дис. ...канд.техн.наук / Т.Н. Сафронова. – Кемерово, 2009. – 183 с.

52 Свечников, А.Ю. Разработка технологии и определение макроэлементного состава овощного мармелада / А.Ю. Свечников, И.А. Никитин // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – 2017. – № 2. – С. 76–77.

- 53 Скобелев В. Обзор российского рынка функциональных ингредиентов // Российский продовольственный рынок. – 2013. – № 3. – С. 1–5.
- 54 Славгородская, Л.Н. Лекарственные растения / Л.Н. Славгородская. – Ростов-на-Дону: Издательство «Феникс», 2005. – 496 с.
- 55 Солодка голая. Солодка уральская. – <https://natural-museum.ru>.
- 56 Титов, И. Изучение биологических особенностей ценного лекарственного растения солодки голой / И. Титов. – Оренбург: Издательский центр Академии юных талантов «Созвездие», 2016. – С. 8–15.
- 57 ТР ТС 021 / 2011. О безопасности пищевой продукции. Изменения № 2. (утверждён решением комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880).
- 58 Тыква. – <https://ru.wikipedia.org>.
- 59 Тюрина, Л.Е. Пищевые добавки: учеб.пособие / Л.Е. Тюрина, Н.А. Табаков. – Красноярск: Издательский центр КрасГАУ, 2008. – С. 92–93.
- 60 Филиппова, Е.В. Использование топинамбура для создания функциональных мучных кондитерских изделий: дис. ...канд.техн.наук / Е.В. Филиппова. – Краснодар, 2013. – 188 с.
- 61 Филипцова, Г.Г. Основы биохимии растений: Курс лекций / Г.Г. Филипцова, И.И. Смолич. – Минск: Издательство «БГУ», 2004. – С. 11–129.
- 62 Шорсткий, И.А. Совершенствование процесса экстрагирования масличных материалов на основе применения электрофизического воздействия: дис. ...канд.техн.наук / И.А. Шорсткий. – Краснодар, 2016. – 158 с.
- 63 Яковченко, Н.В. Использование добавок растительного происхождения при производстве мягких сычужных сыров из УФ-концентрата обезжиренного молока / Н.В. Яковченко, Л.А. Силантьева // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2010 – С. 1–7.
- 64 Carlson, L.J. Health Effects and Sources of Prebiotic Dietary Fiber / L.J. Carlson, M.E. Ericson, B.L. Beate et.al. // Curr Dev Nutr. – 2018. – V. 2, № 3. – P. 1–18.

65 Carranza, C.O. Processing of Fructans and Oligosaccharides from Agave Plants. Processing and Impact on Active / C.O. Carranza, A.A. Fernandez, G.R. Bustillo Armendáriz et.al. // *Biotecnología*. – 2015. – P. 121–125.

66 Cui, S. W. Dietarty Fiber: Fulfilling the Promise of Added-Value Formulations/ S.W. Cui, K.T. Roberts // *Modern Biopolymer Science* Ch 13. – 2009. – P. 399–448.

67 De Mey, E. Application of accelerated solvent extraction (ASE) and thin layer chromatography (TLC) to determination of piperine in commercial samples of pepper (*Piper Nigruml.*) / E. De Mey, H. De Maere, L. Dewulf et al. // *Journal of liquid chromatography & related technologies*. – 2014. – V. 37, № 20. – P. 2980–2988.

68 Joaquim, E. O. Chemical Structure and Localization of Levan, the Predominant Fructan Type in Underground Systems of *Gomphrena marginata* (Amaranthaceae) / E.O. Joaquim, A.H. Hayashi, L.M.B. Torres et al. // *Frontiers in Plant Science*. – 2018. – V. 9. – P. 1–10.

69 Kelly, G. Inulin-Type Prebiotics — A Review: Part 1 // *Alternative Medicine Review*. – 2008. – V. 13. – P. 315–329.

70 Khuenpet, K., Spray drying of inulin component extracted from Jerusalem artichoke tuber powder using conventional and ohmic-ultrasonic heating for extraction process / K. Khuenpet, M. Fukuoka, W. Jittanit, et. al // *Journal of Food Engineering*. – 2017. – V. 194. – P. 67–78.

71 Li, H. Optimization of the main liming process for inulin crude extract from Jerusalem artichoke tubers / H. Li, H. Zhu, J. Qiao et al. // *Frontiers of Chemical Science and Engineering*. – 2012. – V. 6, № 3. – P. 348–355.

72 Long, X.- H. Jerusalem artichoke: A sustainable biomass feedstock for biorefinery/ X.-H. Long, H.-B. Shao, L. Liu et al. // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2016. – V. 54. – P. 1382–1388.

73 Mandal, S.C. Classification of Extraction Methods/ S.C. Mandal, V. Mandal, A.K. Das // *Essentials of Botanical Extraction*. – 2015. – P. 83–136.

74 *Nutraceuticals Market: Functional Food*. – <https://www.figlobal.com>.

75 *Plant Biochemistry* / J. Bonner, J.E. Varne. – London: Publisher «Academic Press». – P. 285–289.

76 Pontis, H.G. Observations on the de Novo Synthesis of Fructosans in Viva // Archives of biochemistry and biophysics. – 1966. – V. 116. – P. 416–424.

77 Roberfroid, M. Inulin-Type Fructans // Functional Food Ingredients. – V. 137, № 11. – 2007. – P. 2493–2502.

78 Sarchami, T. Optimizing enzymatic hydrolysis of inulin from Jerusalem artichoke tubers for fermentative butanol production / T. Sarchami, L. Rehmman // Biomass and Bioenergy. – 2014. – V. 69. – P. 175–182.

79 Shimizu, N. A Novel Neutral Polysaccharide Having Activity on the Reticulo-endothelial System from the Root of Glycyrrhiza uralensis / N. Shimizu, M. Tomoda, M. Kanari et al. // Chem. Pharm. Bull. – 1990. – V. 38, № 11. – P. 3069–3071.

80 Spritzler, F. What to know about inulin 101, a powerful prebiotic. – <https://www.medicalnewstoday.com>.

81 Srinameb, B. Preparation of inulin powder from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tuber / B. Srinameb, S. Nuchadomrong, S. Jogloy et.al. // Plant Foods for Human Nutrition. – 2015. – V. 70. – P. 221–226.

82 Termrittikul, P. The application of ohmic heating for inulin extraction from the wet-milled and dry-milled powders of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tuber / P. Termrittikul, W. Jittanita, S. Sirisansaneeyakul // Innovation Food Science and Emerging Technologies. – 2018. – V. 48. – P. 99–110.

83 Tewari, S. Microwave-Assisted Extraction of Inulin from Chicory Roots Using Response Surface Methodology / S. Tewari, K. Ramalakshmi, L. Methre et al. // J Nutr Food Sci. – 2015. – V. 5. – P. 1–6.

84 Thitiratsakul, B. Prebiotic activity score and bioactive compounds in longan (*Dioscorea longan* Lour.): influence of pectinase in enzyme-assisted extraction / B. Thitiratsakul, P. Anprungcorresponding // J Food Sci Technol. – 2014. – V. 51, № 9. – P. 1947–1955.

85 Vijn, A. Fructan of the inulin neoseris is synthesized in transgenic chicory plants (*Cichorium intybus* L.) harbouring onion (*Allium cepa* L.) fructan:fructan 6G-fructosyltransferase / Vijn, A. van Dijken, N. Sprenger et.al. // The Plant Journal. – 1997. – V. 11, № 3. – P. 387–398.