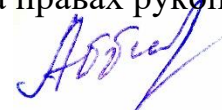


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

На правах рукописи



Аббазова Венера Нагимовна

**Разработка технологии сухого каротиноидсодержащего ингредиента
и его использование в пищевых системах**

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Специальность 4.3.3. Пищевые системы

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент
Школьникова Марина Николаевна

Екатеринбург – 2025

Оглавление

Введение.....	4
1 Аналитический обзор литературы.....	10
1.1 Состояние вопроса по обеспеченности населения витамином А.....	10
1.2 Химический состав тыквы как системообразующий фактор функциональных свойств и направлений переработки	11
1.3 Технологический потенциал тыквы для использования в производстве пищевых продуктов	17
1.4 Гидролиз нативных полимеров мякоти тыквы в целях обеспечения товарно-технологических свойств готовой продукции	23
1.5 Влияние способа получения пюре из мякоти тыквы на содержание каротиноидов и его оптические характеристики.....	28
1.6 Применение нейронных сетей и компьютерного зрения для оценки качества и безопасности плодоовощного сырья.....	31
Заключение по первой главе	39
2 Организация эксперимента, объекты и методы исследования.....	40
2.1 Общая схема исследований	40
2.2 Объекты и методы исследования	42
3 Обоснование выбора сырья и технологии получения каротиноидсодержащего ингредиента как полуфабриката для конструирования пищевых систем.....	54
3.1 Пищевой рацион студентов как предпосылка для разработки каротиноидсодержащих пищевых систем.....	54
3.2 Исследование показателей качества тыквы, произрастающей в Свердловской области и Алтайском крае	61
3.3 Разработка обучаемой модели для автоматического анализа изображений плодов тыквы.....	70
3.4 Научное обоснование технологии каротиноидсодержащего ингредиента ...	78

3.5 Исследование процесса сушки каротиноидсодержащего ингредиента	92
3.6 Изучение динамики каротиноидов и цветовых характеристик тыквенного пюре в процессе переработки	95
3.7 Изучение биодоступности каротиноидов каротиноидсодержащего ингредиента	109
3.8 Исследование влияния каротиноидсодержащего ингредиента на пробиотическую микрофлору.....	111
4 Разработка практических рекомендаций по использованию каротиноидсодержащего ингредиента.....	114
4.1 Определение технологической пригодности сухого каротиноидсодержащего ингредиента.....	114
4.2 Пример использования каротиноидсодержащего ингредиента в технологии концентрата для приготовления напитка.....	120
4.3 Пример использования каротиноидсодержащего ингредиента в технологии концентратов первых блюд	122
4.4 Пример использования сухого каротиноидсодержащего ингредиента в технологии кисломолочных продуктов	127
4.5 Исследование процесса хранения сухого каротиноидсодержащего ингредиента	132
Заключение	139
Список литературы	141
Приложение А Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ	165
Приложение Б Примеры использования мякоти тыквы в продуктах питания ...	166
Приложение В Сухое ферментализованное тыквенное пюре. Технические условия.....	173
Приложение Г Методические рекомендации по приемке и хранению тыквы свежей	174
Приложение Д Концентраты первых блюд. Технические условия	175
Приложение Е Акты о внедрении и апробации.....	176

Введение

Актуальность темы исследования. Оценка фактического питания россиян показала, что, наряду с дефицитом ряда макро- и микронутриентов, население испытывает дефицит витамина А, который составляет 20–89 % от нормы. Основной и важнейшей задачей пищевой промышленности является обеспечение населения не только высококачественными, но и полезными продуктами питания. В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации до 2035 г. выделены основные направления переработки сельскохозяйственного сырья и производства продуктов питания: сохранение и расширение сырьевой базы; повышение конкурентоспособности пищевой продукции на внутреннем и внешнем рынках с использованием традиционных видов сырья.

Одна из актуальных задач пищевой промышленности – использование местного сырья для производства пищевой продукции, как в свежем, так и в переработанном виде. Среди плодовоовощного сырья, содержащего в значимых количествах предшественник витамина А – каротиноиды (в частности, β -каротин), стоит выделить мякоть плодов тыквы *Cucurbita* spp. – до 35,1 мг/100 г (в моркови – до 19,2 мг/100 г). Тыква как сырье для производства продуктов питания обладает рядом неоспоримых преимуществ и высоким технологическим потенциалом: хорошая приспособляемость к различным агроклиматическим условиям позволяет культивировать ее практически повсеместно на территории России, выращивание и сбор тыквы не вызывают значительных затруднений, плоды обладают хорошей лежкостью, способностью к длительному хранению и круглогодичной переработке.

Известно, что биодоступность β -каротина из овощей не превышает 65 %, при этом она находится в прямой зависимости от пищевой системы и технологии ее получения. Поэтому разработка эффективных способов и технологий переработки каротиноидсодержащего сырья является важной научной проблемой, решение которой посредством создания каротиноидсодержащих пищевых систем с высокой

биодоступностью этого микронутриента обеспечит профилактику ряда серьезных и социально значимых заболеваний.

Степень разработанности проблемы. Исследованию состава каротиноидсодержащего сырья, совершенствованию технологий его переработки, использованию в составе пищевых систем посвящены работы В. А. Тутельяна, В. М. Позняковского, И. Ю. Потороко, О. К. Мотовилова, В. М. Коденцовой, Е. Д. Рожнова, О. В. Перфиловой, О. В. Голуб и др., а также зарубежных ученых А. Al Jahani, G. Britton, D. Kolozyn-Krajewska, A. J. Meléndez-Martínez, A. Ninčević Grassino, J. Shi, A. Szydłowska, Y. Zhang и др.

Однако при анализе доступных источников информации выявлено незначительное количество данных, описывающих применение технологических приемов для сохранения нативного состава каротиноидов мякоти тыквы и использования для этих целей ферментативного гидролиза. Кроме того, недостаточно комплексных исследований, посвященных исследованию влияния ферментативного гидролиза на реологические, оптические характеристики продуктов переработки мякоти тыквы и биодоступность β -каротина. Разработку технологии полуфабриката из мякоти тыквы с использованием приема ферментативного гидролиза нативного пюре можно обоснованно считать актуальной, что подтверждается рядом программ обеспечения населения продуктами для здорового питания на государственном уровне: Доктрина продовольственной безопасности России, Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. и др.

Целью диссертационной работы является разработка ферментативно модифицированного сухого каротиноидсодержащего ингредиента из мякоти тыквы с заданными свойствами для использования в пищевых системах.

Для достижения цели поставлен ряд **задач**:

– исследовать факторы, формирующие качество нативного каротиноидсодержащего ингредиента из мякоти тыквы и его безопасность, с анализом опасных факторов на все этапах переработки;

– разработать обучаемую модель для автоматического анализа изображений плодов тыквы для контроля сохранности, качества и безопасности;

– обосновать целесообразность ферментативной модификации и вакуумной сушки в технологии пюре с заданными свойствами (цветовые характеристики, содержание каротиноидов, консистенция, технологические характеристики и усвояемость) и разработать технологию сухого тыквенного каротиноидсодержащего ингредиента;

– исследовать влияние способа получения каротиноидсодержащего ингредиента из мякоти тыквы на содержание и состав индивидуальных каротиноидов и его оптические характеристики;

– изучить биодоступность каротиноидов ферментативно модифицированного тыквенного каротиноидсодержащего ингредиента с использованием методов *in vitro* и оценить влияние на пробиотическую микрофлору;

– исследовать технологическую пригодность разработанного каротиноидсодержащего ингредиента в составе пищевых систем (концентраты для приготовления густого напитка и супа-пюре, кисломолочный напиток) и оценить их свойства.

Научная новизна. Работа содержит элементы научной новизны в рамках п. 8, 15, 17, 19 паспорта научной специальности 4.3.3. Пищевые системы (технические науки):

1. Научно обоснована и экспериментально доказана эффективность комбинированной ферментативной модификации препаратами амилолитического и протеолитического действия в технологии ингредиента из каротиноидсодержащего сырья для направленного изменения текстуры мякоти, сохранения цветовых (светлота, насыщенность цвета) характеристик и обеспечения максимального содержания каротиноидов. Определены оптимальные параметры: длительность ферментативной модификации 55 мин, дозировка ферментного препарата Амилоризин – 40 ед. АС/г сырья, дозировка ферментного препарата Протозим – 18 ед. ПС/г сырья (п. 15).

2. Разработана математическая модель, описывающая динамику каротиноидов нативной мякоти тыквы при ферментативной модификации, что позволит рассчитать содержание каротиноидов при ферментативной модификации тыквенного пюре (п. 8).

3. Впервые *in vitro* показано, что ферментативная обработка тыквенного пюре в выбранных условиях позволяет увеличить биодоступность каротиноидов на 25,91 % в желудке и на 16,66 % в кишечнике, что обеспечивает более эффективное их использование в составе пищевых систем (п. 17).

4. Разработана обучаемая модель для автоматического анализа изображений с целью оперативного контроля качества и безопасности овощей семейства тыквенных с ранним выявлением дефектных плодов при хранении (п. 19).

Положения, выносимые на защиту:

- результаты исследования качества и безопасности мякоти тыквы и нативного пюре;
- концепция обучаемой модели для автоматического анализа изображений в контроле сохранности, качества и безопасности плодов тыквы;
- технология ферментативно модифицированного сухого каротиноидсодержащего ингредиента;
- результаты исследования технологических свойств сухого каротиноидсодержащего ингредиента;
- результаты оценки биодоступности и влияния на пробиотическую микрофлору каротиноидов ферментативно модифицированного тыквенного пюре с использованием методов *in vitro*;
- результаты оценки технологической пригодности разработанного пюре в составе пищевых систем (концентраты для приготовления густого напитка и супа-пюре, кисломолочный напиток).

Теоретическая и практическая значимость работы. *Теоретическая значимость* заключается в применении научно обоснованного подхода к моделированию заданных технологических и потребительских свойств каротиноидсодержащего ингредиента из мякоти тыквы с использованием ферментативной модификации и вакуумной сушки с целью сохранения каротиноидов, повышения их биодоступности и использования в качестве полуфабриката для обеспечения добавленной полезности пищевых систем.

Практическая значимость заключается в разработке ферментативно модифицированного сухого каротиноидсодержащего ингредиента из мякоти тыквы с заданными характеристиками (цвет, консистенция, усвояемость каротиноидов) и полученных из него пищевых систем с добавленной полезностью.

По результатам работы получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024687982 «Программа для расчета содержания каротиноидов при ферментализации тыквенного пюре». Разработаны рецептуры пищевых продуктов на основе сухого каротиноидсодержащего ингредиента – концентратов для приготовления напитков (12 %) и первых блюд (40 %), кисломолочного напитка (5 %). Разработанные рецептуры прошли промышленную апробацию на предприятиях ООО «ПРО-Питание» (г. Екатеринбург), ООО «Удача» (г. Верхняя Пышма), разработаны ТУ на сухое ферментализованное тыквенное пюре, внедренные на предприятии ООО «Удача».

Материалы диссертации используются в учебном процессе на кафедре технологии питания ФГБОУ ВО «УрГЭУ» для студентов направлений подготовки 19.03.04 и 19.04.04 «Технология продукции и организация общественного питания».

Методология исследования. Методологической основой работы являются труды отечественных и зарубежных ученых по вопросам переработки мякоти тыквы в полуфабрикаты и пищевые продукты с максимальным сохранением биологически активных веществ. Для решения поставленных задач применялись общенаучные подходы, при проведении экспериментальных исследований использовались классические методы и методики, а также специальные методы исследований.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности подтверждена результатами экспериментальных исследований, большим объемом экспериментальных данных, обработанных методами расчета статистической достоверности измерений с использованием серии компьютерных программ MS Office 2019, Statistica 10.

Ключевые результаты исследования получили апробацию в публикациях, докладах и выступлениях на международных и всероссийских научно-практических

конференциях, прошедших в Княгинино (2024), Москве (2024), Казани (2023), Санкт-Петербурге (2023), Новосибирске (2022), Екатеринбурге (2021), Краснодаре (2020).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе 7 статей в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий ВАК Минобрнауки РФ; получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из четырех глав, включающих аналитический обзор научно-технической литературы, методологическую часть, результаты исследования и их анализ, списка литературы и шести приложений. Основное содержание изложено на 164 страницах печатного текста, включает 41 таблиц и 47 рисунков. Список литературы насчитывает 214 источников, из них 145 – зарубежных авторов.

1 Аналитический обзор литературы

1.1 Состояние вопроса по обеспеченности населения витамином А

Оценка фактического питания жителей России показала, что, наряду с дефицитом ряда макро- и микронутриентов, у взрослого населения дефицит витамина А составляет от 89 % от нормы у школьников, до 20–22 % от нормы – взрослого населения и дошкольников [18]. Среди плодоовощного сырья, содержащего в значимых количествах предшественник витамина А – каротиноиды (в частности, β -каротин), стоит выделить мякоть плодов тыквы *Cucurbita* spp. – до 35,1 мг/100 г, морковь – до 19,2 мг/100 г и томаты – до 7,03 мг/100 г [31]. Несмотря на более высокое содержание β -каротина в мякоти тыквы отдельных сортов, в качестве источника этого микронутриента в промышленных масштабах рассматривается в основном морковь (как свежая, так и сушеная) [7].

Экспериментальные исследования показывают, что более высокое потребление каротиноидов с пищей обеспечивает защиту от развития некоторых видов рака (например, легких, кожи, шейки матки, желудочно-кишечного тракта), дегенерации желтого пятна, катаракты и других заболеваний, связанных с окислительными процессами или свободными радикалами. Особая физиологическая активность этих соединений в организме человека как предшественников витамина А, а также антиоксидантов вызывает возрастающий интерес исследователей к определению их содержания в различных продуктах [31; 178].

Диапазон концентраций суммы каротиноидов в сыворотке (плазме) крови населения европейских стран составляет 1,0–2,2 мкмоль/л, у жителей США – 1,2–2,5 мкмоль/л [178]. Для населения России данный показатель составляет всего 0,12–0,50 мкмоль/л [21]. Особенностью каротиноидного профиля крови россиян является доминирование β -каротина [20]. Исследования [170] показывают, что со-

держание β -каротина в плазме крови в количестве, превышающем 0,4 мкмоль/л, обеспечивает профилактику сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний.

Известно, что биодоступность β -каротина из овощей составляет не более 65 % и находится в прямой зависимости от пищевой системы и технологий приготовления пищи [137]. Уровень содержания каротиноидов в плазме крови снижается с возрастом, зависит от потребления жиров, алкоголя и курения [207].

Таким образом, разработка эффективных способов и технологий переработки каротиноидсодержащего сырья для предотвращения снижения уровня β -каротина в плазме крови населения Российской Федерации является важной научной проблемой, решение которой посредством создания каротиноидсодержащих пищевых систем с высокой биодоступностью этого микронутриента обеспечит профилактику ряда серьезных и социально значимых заболеваний.

1.2 Химический состав тыквы как системообразующий фактор функциональных свойств и направлений переработки

Плоды тыквы *Cucurbita* spp. обладают высоким технологическим потенциалом благодаря повсеместному выращиванию в большом диапазоне агроклиматических условий, способностью к длительному хранению, содержанию пищевых волокон, пектина, полисахаридов, каротиноидов, полифенольных веществ, витаминов, обуславливающих широкий спектр физиологической направленности.

Мякоть тыквы на 92 % состоит из воды и содержит: 14 % клетчатки, до 15 % сахаров (сахароза, глюкоза, фруктоза), углеводы, много пектина и пектиноподобных веществ, до 20 мг% витамина С, В₁, В₂, до 0,13 мг% В₆, 0,4 мг% пантотеновой кислоты, до 14 мг% фолиевой кислоты, Е, 0,5 мг% никотиновой кислоты, до 16 мг% каротина (больше, чем в моркови), белки, ферменты, жирное масло, следы фитостерина, кремневую, яблочную кислоты, соединения фосфора, фтора, кальция, калия, магния, железа, меди и кобальта [66] (рисунок 1).

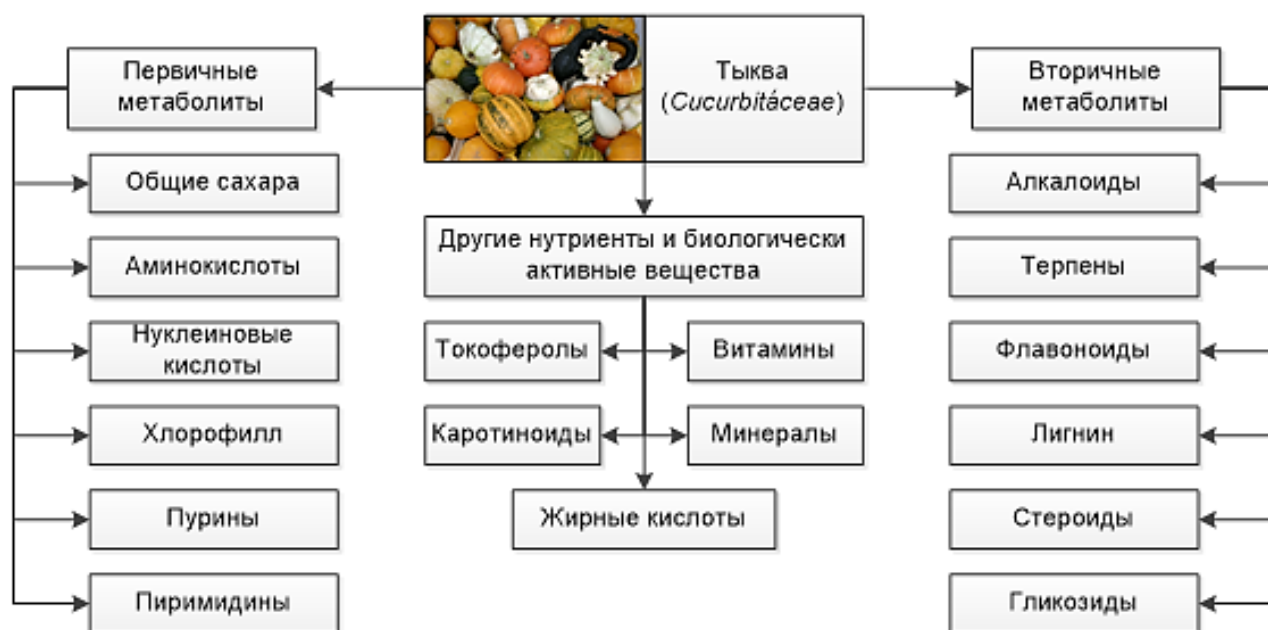


Рисунок 1 – Химический состав мякоти плодов тыквы

Листья тыквы содержат до 620 мг% аскорбиновой кислоты. В цветках содержатся красящие вещества, каротиноиды, флавоноиды, глюкорамнозид изорамнетина, зеаксантин, флавоксантин, криптоксантин.

Синева-зеленая оболочка семян тыквы содержит гетерозид пепорезин, обладающий противогельминтным действием, низкомолекулярные полипептиды, аминокислоты, в том числе тирозин, лейцин, 3-амино-3-карбоксо-пирролидин (кукурбитин) до 0,3 %.

Семена тыквы содержат до 52 % жирного масла, органические кислоты, которые содержат: глицериды линоленовой (до 45 %), олеиновой (до 25 %), пальмитиновой и стеариновой (до 35 %) кислот, протеины (до 25 %), энзимы (диастаза, уреазы, эмульзин), следы эфирного масла, сахара, углеводород милена, лецитин, фитин, витамины С, В₁, В₂, никотиновую кислоту, каротиноиды, смолистые вещества (содержащие оксистероидную кислоту), фитостерины (кукурбитол), кукурбитацин (эпексид), эдестин, концентрируют цинк, селен, медь.

Мякоть плодов тыквы содержит значительное количество пектиновых веществ, Fe, витаминов Е (9–10 мг/г) и С (2–10 мг/г) [5], значимое количество каротиноидов (в среднем 7,5 мг/100 г) – основного источника витамина А, необходимого для нормальной работы зрительного аппарата и эмбрионального развития,

поддержания эпителиальной ткани и иммунной системы [140]. Основным каротиноидом кожуры и мякоти тыквы является β -каротин (от 0,05 до 29,4 мг/100 г [20], также содержатся лютеин (0,03–12,9 мг/100 г) [31], ликопин, криптоксантин и *цис*-каротин [113].

Особо следует отметить, что содержание β -каротина в мякоти преобладает в северных сортах тыквы. При исследовании некоторых сортов выращиваемых в России тыкв установлено содержание 0,069 и 0,119 мг/г β -каротина в мякоти тыкв сортов Жемчужная и Чудо-юдо соответственно, 0,041 и 0,046 мг/г лютеина – для сортов Красавица и Пастила-Шампань [13].

Каротиноиды, будучи пигментами, окрашивают мякоть в ярко-желтый (лютеин) и оранжевый цвет (β -каротин). Каротиноиды являются антиоксидантами, повышают иммунитет, обеспечивают синтез витамина А, укрепляют кровеносные сосуды, защищают от атеросклероза, рака, катаракты глаз, диабета, болезней печени и т. д. [199].

Имеются сведения о положительном использовании каротиноидов тыквы для эффективного восполнения их дефицита каротиноидов в плазме крови, вызванного курением и употреблением алкоголя [99], а также при разработке рационов геронтологической направленности [1].

Мякоть плодов тыквы широко применяется в медицине как лечебный и диетический продукт, обладающий противодиабетическим, антиоксидантным, антиканцерогенным, гипотензивным, гипогликемическим и гипохолестеролемическим, противовоспалительным действием (рисунок 2).

Традиционно все сорта тыквы подразделяют на крупноплодные (*Cucurbita maxima* Duch.), обыкновенные, или твердокорые (*Cucurbita pepo* L.), и мускатные (*Cucurbita moschata* Duch.) виды.

В работе А. Рядинской, О. Кощаевой приведена оценка биологической ценности мякоти плодов тыквы (содержание витамина С и каротина). По результатам исследования выделено два сорта: Мичуринская (витамин С – 5,23 мг%; каротин – 288,4 мг/кг) и Баттернат (витамин С – 5,20 мг%; каротин – 182,8 мг/кг) [51].



Антиоксидантное действие
Противодиабетическое действие
Противопаразитарное действие
Антиканцерогенный эффект
Антимикробное действие
Гипотензивное действие
Гипогликемическое и гипохолестеринемическое действие
Противовоспалительный эффект

Рисунок 2 – Терапевтическое предназначение тыквы [208]

В исследовании Ю. Г. Скрипникова, М. А. Митрохина, Е. П. Ивановой изучены районированные и перспективные сорта тыквы для выращивания в Центрально-Черноземном районе с целью использования для переработки на различные виды продуктов питания. Лучшим по химическим показателям является сорт Мичуринская [54].

В работе Н. П. Сидоровой, О. В. Щегорев, В. Ф. Кузина изучены 10 сортов тыквы, рекомендованных к использованию в Дальневосточном регионе. Биохимический анализ плодов тыквы позволил выявить сорта с наибольшим содержанием каротина (Внучка – 16,3 мг, Крошка – 18,4 мг) [53].

Результаты исследования каротиноидного состава мякоти тыквы сорта Конфетка, проведенного Н. А. Голубкиной и др., доказывают, что данный сорт накапливает лютеин в мякоти тыквы (11 мг/100 г) и лютеин, зеаксантин в кожуре (41,3 и 28,3 мг/100 г соответственно) [10].

Н. В. Кулякиной и др. при проведении биохимического исследования мякоти тыквы установлены сорта с самым высоким содержанием каротина (Жемчужина) и сорта, насыщенные сырой клетчаткой (Надежда, Внучка), районированные в Дальневосточном регионе [23].

Научная работа Л. П. Линда, В. Ф. Каражия, посвященная оценке сортов тыквы, районированных в Молдове, позволила определить направления использо-

вания сортов Maslicinaia 75, Gleisdorfer olkurbis, Crown Prince F1 в перерабатывающей промышленности. Данные сорта тыквы в основном выращиваются для получения голоплодных семян [24].

Г. А. Химич и др. приводят характеристику таких сортов тыквы, как Улыбка, Россиянка, Конфетка, Ольна, Грибовская кустовая 189, Грибовская зимняя, Премьера, Веснушка. Одними из показателей сравнительной характеристики сортов являются срок созревания плодов и продолжительность хранения. На продолжительность хранения плодов тыквы оказывают влияние не только внешние факторы (условия выращивания, хранения), но и состояние самого плода (кора, плодоножка, биохимический состав и т. д.) [64; 65].

Сельское хозяйство Свердловской области по итогам 2020 г. составляет около 2,5 % валового регионального продукта, что сопоставимо с объемами производства химической, лесоперерабатывающей и чуть меньше горнодобывающей отрасли [28].

По данным Министерства агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области, агропромышленный комплекс региона состоит из 300 сельскохозяйственных организаций, более 700 крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей и более 443,3 тыс. граждан, ведущих личные подсобные хозяйства и другие индивидуальные хозяйства [28].

Средний Урал – это зона рискованного земледелия. Чтобы здесь экономически эффективно производить овощи, необходимы соответствующие технологии, которые на территорию области приходится завозить. Так как на Урале суровый климат, часто бывают заморозки даже в теплое время года, выращивать тыкву нужно в южных регионах.

Выбор сортов тыквы для Урала ограничен погодными условиями. Лучше всего здесь растут кустовые и плетистые разновидности. На Урале выращиваются в основном два вида – крупноплодная и твердокорая (таблица 1).

Таблица 1 – Сорта и разновидности тыквы, выращиваемые в Уральском федеральном округе

Вид тыквы	Сорт тыквы	Период вегетации, сут	Средний вес плода, кг
Крупноплодная	Лечебная	В пределах 95	3,0–5,0
Крупноплодная	Россиянка	90	До 2,5
Твердокорая	Улыбка	85–90	0,5–2,0
Твердокорая	Кустовая оранжевая	92–104	4,0–7,0

Биохимические показатели мякоти плодов тыквы, пригодных для выращивания на территории Уральского федерального округа, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Биохимические показатели мякоти плодов тыквы

Сорт	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Каротин, мг%
Россиянка	11,0–13,0	10,3	27,0
Улыбка	13,7	7,8	10,0
Кустовая оранжевая	6,4–10,6	4,7–5,3	–

Таким образом, анализируемое тыквенное сырье, произрастающее на территории Свердловской области, имеет обширный витаминный и минеральный состав, что позволяет использовать его для производства функциональных продуктов, специализированной пищевой продукции.

Основной и важнейшей задачей пищевой промышленности является обеспечение населения высококачественными, полезными продуктами питания. Использование сырья местного производства представляет особый интерес для пищевой промышленности региона.

Плоды тыквы обладают высоким технологическим потенциалом благодаря повсеместному выращиванию в большом диапазоне агроклиматических условий, способностью к длительному хранению, содержанию пищевых волокон, пектина, полисахаридов, каротиноидов, полифенольных веществ, витаминов, обуславливающих широкий спектр физиологической направленности.

1.3 Технологический потенциал тыквы для использования в производстве пищевых продуктов

Эффективная переработка сельскохозяйственной продукции и производство высококачественных и функциональных продуктов питания являются мировыми тенденциями развития сельского хозяйства и пищевой промышленности. В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации до 2035 г. выделены основные направления переработки сельскохозяйственного сырья и производства продуктов питания: сохранение и расширение сырьевой базы; повышение конкурентоспособности пищевой продукции на внутреннем и внешнем рынках с использованием традиционных видов сырья [58].

Тыква *Cucurbita* spp. как сырьевой источник обладает рядом неоспоримых преимуществ и высоким технологическим потенциалом. В России практически повсеместно в широком диапазоне агроклиматических условий выращивают порядка 70 продовольственных культурных сортов тыквы крупноплодной *Cucurbita maxima* Duch. и твердокорой *Cucurbita pepo* L., в регионах с более теплым климатом – около 20 сортов мускатной *Cucurbita moschata* Duch., различающихся по составу и содержанию основных БАВ, в частности каротиноидов; плоды обладают хорошей лежкостью и способностью к длительному хранению и круглогодичной переработке [13], в том числе физическими методами воздействия, в результате чего получена продукция с измененными цветовыми характеристиками [33].

Как было сказано в параграфе 1.2, химический состав частей тыквы включает пищевые волокна, пектин и другие полисахариды, макро- и микроэлементы, комплекс биологически активных веществ (БАВ), содержащий каротиноиды, флавоноиды, токоферолы, витамины и другие вещества, обуславливающие широкий спектр физиологической направленности (противодиабетическое, антиоксидантное, антиканцерогенное, гипотензивное, гипогликемическое и гипохолестеролемическое, противовоспалительное действие) [17; 120; 126; 190].

Торговый ассортимент продуктов питания из тыквы ограничен такими однородными группами продовольственных товаров, как зерномучные, свежие овощи и продукты их переработки, сокодержущие напитки, пищевые концентраты (для приготовления супов и каш), мучные кондитерские изделия и др.

Исходя из технологических особенностей тыквы, физиологического воздействия на организм человека, обусловленное химическим составом ее частей, а также мирового тренда вовлечения в производство продуктов питания и напитков местного сырья, представляется практически значимым изучение мирового опыта ее применения в пищевой технологии.

Анализ современных доступных литературных источников показал, что в настоящее время используются все части плода тыквы и отходы их переработки, что наглядно отражено на рисунках 3 и 4 [104; 120; 190].

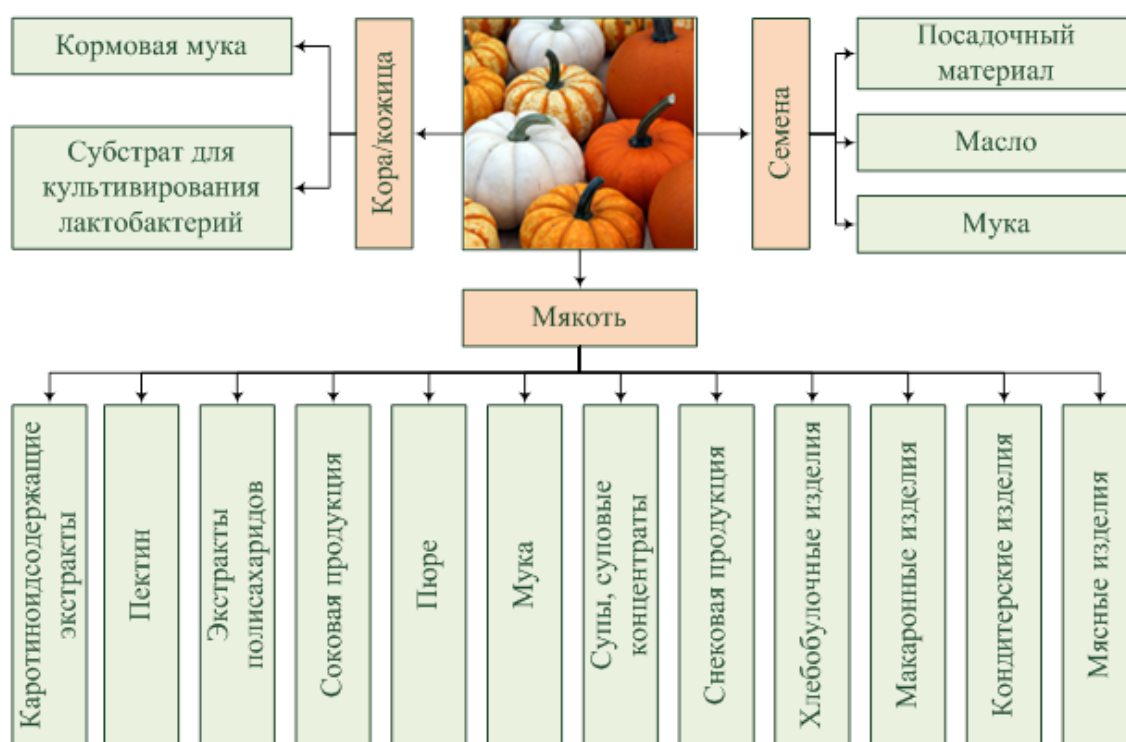


Рисунок 3 – Направления использования плодов тыквы

Так как в дальнейших исследованиях планируется изучить возможность практического применения в технологии напитков мякоти тыквы (содержание которой более 70 % от массы плода), более детально изучено применение именно

этой части плода, примеры приведены в приложении Б, фрагмент которого представлен в таблице 3.

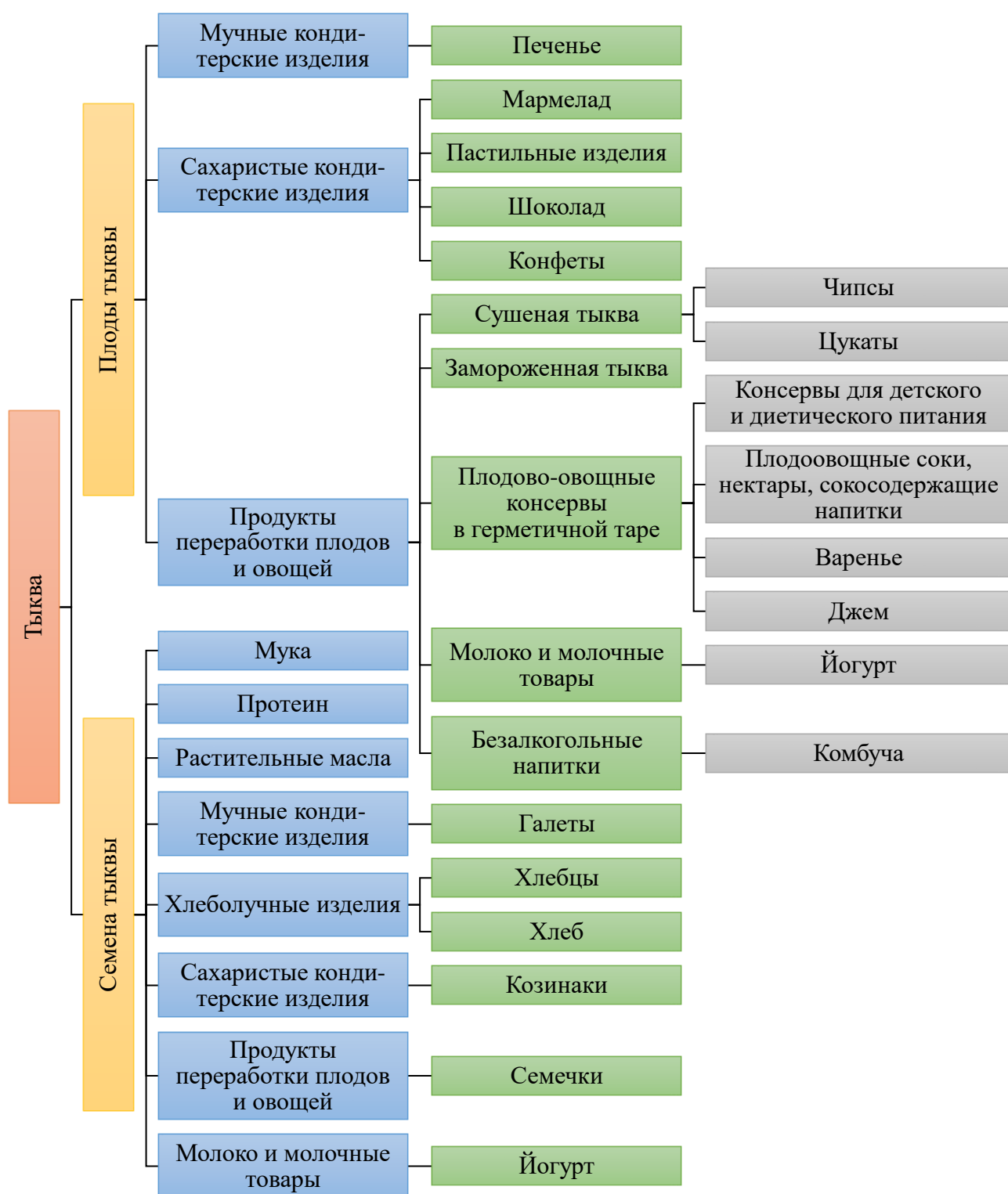


Рисунок 4 – Примеры использования тыквы в пищевой промышленности

Таблица 3 – Примеры использования мякоти тыквы в продуктах питания (фрагмент приложения Б)

Продукт питания	Вид ингредиента из тыквы	Достоинства продукта, определенные в ходе исследования качества образцов по органолептическим и физико-химическим показателям
Концентрат для приготовления супа [95]	Пюре из вареной мякоти, сухой экстракт	Образцы содержали клетчатку, жир, белок и β -каротин. Увеличен срок годности образцов с мякотью тыквы (по сравнению с контролем) за счет снижения активности воды
Макаронные изделия без глютена [135; 149]	Замена пшеничной муки на тыквенную муку (из высушенной мякоти) до 25 %. Контрольный образец: из смеси кукурузной и пшеничной муки	Варочные свойства контрольного образца лучше, однако цвет, аромат, вкус опытных образцов, по мнению независимых оценщиков, превзошли контрольный
Хлеб из пшеничной муки [184]	Замена пшеничной муки на измельченную до состояния пюре свежую мякоть тыквы в количествах 5; 10; 15 и 20 %, добавленную непосредственно в пшеничную муку во время замеса теста. Контрольный образец: из пшеничной муки	С увеличением доли мякоти тыквы в опытных образцах объем буханки становился меньше, твердость мякиша – выше, поры – мелкие и компактные, цвет – оранжевый различной интенсивности, что положительно сказалось на общей приемлемости опытных образцов. Однако, оптимальной признана замена муки на 10 % свежей мякоти
Безглютеновый хлеб [90]	Замена рисовой муки на тыквенную муку (из высушенной мякоти) до 25 %. Контрольный образец: из рисовой муки	Внесение тыквенной муки до 15 % от рисовой не снижает качество опытного образца и выход булки. В исследовании <i>in vivo</i> (крысы) показано, что тыквенная мука повышает биологическую ценность хлеба: у самцов крыс, которых кормили хлебобулочными изделиями, сократилось количество патогенных микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте и установлено снижение общего сывороточного уровня гипохолестеринемии

Как видно из представленных в приложении Б и на рисунках 3 и 4 сведений, продукты переработки тыквы широко используются в пищевых технологиях. Так, использование в технологии мясных изделий тыквы обусловлено ее положительным влиянием на процессы приготовления блюд из мясного фарша, включая фрикадельки и котлеты: добавление мякоти тыквы в изделия из фарша позволяет повысить стабильность мясной эмульсии, сохранить сочность блюд, улучшить сенсорное восприятие готового продукта, а также снизить окисление липидов в конечном продукте [101; 148]. Использование тыквенной муки как альтернативы тради-

ционной муки при приготовлении хлебобулочных и кондитерских изделий позволяет обогащать готовые продукты β -каротином, витамином А и рядом других соединений. Умеренное использование тыквенной муки в рецептурах таких изделий позволяет получать оригинальные продукты с хорошими органолептическими свойствами. В работе [77] указывается, что внесение тыквенной муки в тесто способствует улучшению клейковины, подъему хлеба и стабилизации газовых ячеек. В целом, по мнению респондентов одного из исследований, хлебобулочные и кондитерские изделия на основе тыквы являются приемлемыми продуктами, которые они готовы покупать [77].

Широко известно использование тыквы в производстве напитков – соков и нектаров, в том числе купажированных с другими соками. Так, одни из последних исследований в этом направлении показали, что получение купажированных соков тыквы с добавлением сока ананаса, манго или клубники позволяет получать напитки высокого качества с улучшенными питательными свойствами и высоким содержанием микронутриентов [70; 72]. Одним из современных направлений использования тыквы в технологии пищевых продуктов – получение тыквенной муки, порошков и иных дегидратированных продуктов переработки тыквы, регидратация которых позволяет получать полноценные компоненты для составления рациона питания [85; 112; 194].

При выборе того или иного пищевого продукта факторами, способствующими принятию потребителем решения о покупке, являются в первую очередь атрибуты внешнего вида, и в особенности цветовые характеристики продуктов [134]. В целом цвет продукта питания является достаточно сложным атрибутом качества: ориентируясь на цвет продукта, потребитель на основе собственного опыта имеет возможность получить информацию о других сенсорных свойствах продукта – например, вкусе или аромате, а также зачастую о его безопасности, натуральности и потенциальной пользе. Стоит отметить, что в последние несколько лет в России уверенно набирает популярность тренд «чистая этикетка», что стимулирует спрос на продукты, содержащим в своем составе натуральные сырье и ингредиенты, в том числе красители. Все больше потребителей перед совершением покупки вни-

мательно изучают данные маркировки на товаре и считают принципиальным отсутствие искусственных ингредиентов. Подобные исследования подтверждают мнение экспертов рынка и специалистов по здоровому питанию о том, что в последнее десятилетие образовался быстро растущий сегмент потребителей, заботящихся о своем здоровье. Как правило, это образованные и хорошо информированные люди, в том числе в возрасте 18–21 лет, ищущие источники как коммерческой, так и научной информации для укрепления здоровья и полагающиеся на их фактическую достоверность, а не на рекламу [108; 109]. Цвет высушенных продуктов – еще один важный фактор качества, формирующий сенсорную привлекательность. Цвет мякоти тыквы после тепловой обработки должен оставаться максимально близким к цвету свежей мякоти – речь идет о высушенном пюре, которое подлежит регидратации при получении конечных продуктов питания.

В целом при переработке тыквы выход мякоти составляет 72–76 %, кожуры – 2,6–16,0 % и семян – 3,1–4,4 % [177]. Следует отметить, что все фракции обладают экономическим потенциалом: используются как сырье в пищевой, фармацевтической, косметической, кормовой отраслях промышленности благодаря полезным свойствам (антибактериальные, противопаразитарные, антиоксидантные и прооксидантные, противораковые, противодиабетические, обезболивающие и противовоспалительные) [83; 181], которые обусловлены химическим составом.

Использование мякоти тыквы в рецептурах продуктов питания увеличивает их биологическую ценность за счет содержащегося в ней микронутриента β -каротина, а также снижает себестоимость изделий и увеличивает срок годности.

Показано, что мякоть тыквы обладает высоким биологическим потенциалом, особенно антигипертензивной и антиоксидантной активностью, а пектин тыквы ингибирует активность белка семейства лектинов галектин-3, являющегося маркером развития опухолей: известны содержащиеся мякоть тыквы фармацевтические композиции для профилактики и лечения фиброза, возникающего в результате коронавирусной инфекции, и способ лечения галектин-3-зависимых расстройств [166; 167].

Кроме того, мякоть тыквы зачастую является отходом при извлечении семян, поэтому ее использование в технологии пищевых продуктов и напитков в качестве

основного или дополнительного сырья имеет как экологические, так и экономические преимущества.

Вместе с тем проведенный обзор показал, что в технологии продуктов питания различных по назначению и, соответственно, физическому состоянию преимущественно используется мякоть тыквы в нативном состоянии, термически обработанная, в виде пюре, в том числе ферментированного *Lactobacillus casei*, и порошка. Данный факт определяет перспективы получения пюре из мякоти тыквы ферментативной модификацией и его использования в технологии пищевых систем.

1.4 Гидролиз нативных полимеров мякоти тыквы в целях обеспечения товарно-технологических свойств готовой продукции

Биотехнологические методы предобработки сырья могут в значительной степени увеличить потребительские свойства тыквенного пюре, удалив неприятный вкус крахмала. Так, авторским коллективом разработан состав для производства смузи тыквенно-облепихового, отличительной характеристикой которого является отсутствие эффекта расслаивания при хранении [41].

В патенте РФ № 2685944 авторы предлагают способ получения функционального сокодержущего напитка с повышенной пищевой и биологической ценностью, обладающего функциональными свойствами за счет использования природных ингредиентов [40].

А. Н. Теркун и М. А. Кожухова в патенте РФ № 2241356 предлагают разработку безотходного способа производства овощного ферментированного сока [37].

Задачей изобретения, описанного в патенте РФ № 2336731, явилась разработка биотехнологического способа получения пищевых волокон, основанного на действии ферментов грибного и микробного происхождения [38].

В зарубежном исследовании CN111134255A предлагается способ получения тыквенного напитка, полученный путем брожения с пробиотиками [163].

Основные характеристики предложенных авторами способов ферментной предобработки овощного сырья обобщены в таблице 4.

Таблица 4 – Преимущества способов предобработки овощного сырья

Источник,	Используемый ферментный препарат	Результат обработки	Преимущества способа предобработки сырья
Патент РФ № 2734509	Амилолитический ферментный препарат Termamil 2X (Novozymes A/S, Denmark)	Органолептические характеристики: неприятный крахмалистый привкус стал практически неощутим, консистенция частично неоднородна	Повышена пищевая ценность полуфабриката за счет повышения содержания растворимых сухих веществ, сахаров и титруемых кислот
Патент РФ № 2685944	Pectinex XXL	Концентрирование сока позволяет повысить химическую и микробиологическую стабильность	Процесс ферментирования способствует максимальному извлечению сока из корнеплодов
Патент РФ № 2241356	Пектинекс Ultra SP-L, Fructozym M	Образуемая после декантирования тонкоизмельченная мякоть может быть сразу и без дополнительной обработки использована в производстве соусов, концентрированных овощных паст или кисломолочных продуктов	Уменьшение расхода закваски, сокращение времени технологического процесса, улучшение органолептических показателей напитка, расширение ассортимента выпускаемой продукции
Патент РФ № 2336731	<i>Bacillus licheniformis</i> ; <i>Bacillus subtilis</i> ; комплексный препарат (<i>Bacillus subtilis</i> и <i>Penicillium emersonii</i>); комплексный препарат (<i>Aspergillus specium</i> и <i>Bacillus subtilis</i>)	Полученные пищевые волокна представляют собой порошок с нейтральным вкусом и запахом	Более мягкое щадящее воздействие ферментов на субстраты растительного сырья; получение экологически чистых продуктов гидролиза; не требуется дополнительной очистки получаемых пищевых волокон
Патент CN111134255A	<i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i>	Получен ферментированный тыквенный напиток, который является натуральным, полезным, стабильным по цвету и блеску	Предлагается создание системы стабилизации пектина

В работе [182] показано, что полуфабрикаты из тыквы без предобработки ферментными препаратами представляют собой пульпу с низкими органолептическими показателями, выраженным овощным вкусом с малопривлекательным привкусом крахмала.

Таким образом, вопрос разработки и создания качественных и натуральных продуктов питания из овощного сырья, в технологии которых присутствует этап обработки ферментными препаратами, является важным и для производства, и для потребителя.

С учетом локализации и возможного механизма удерживания каротиноидов в белково-крахмальном матриксе растительных клеток (рисунок 5), одним из вариантов совершенствования технологии тыквенного пюре, обеспечивающих сохранность и повышение биодоступности каротиноидов, является ферментативная модификация нативных полимеров тыквы в щадящих условиях. Однако в доступных литературных источниках информации об использовании ферментативного гидролиза в технологии переработки мякоти тыквы крайне мало.

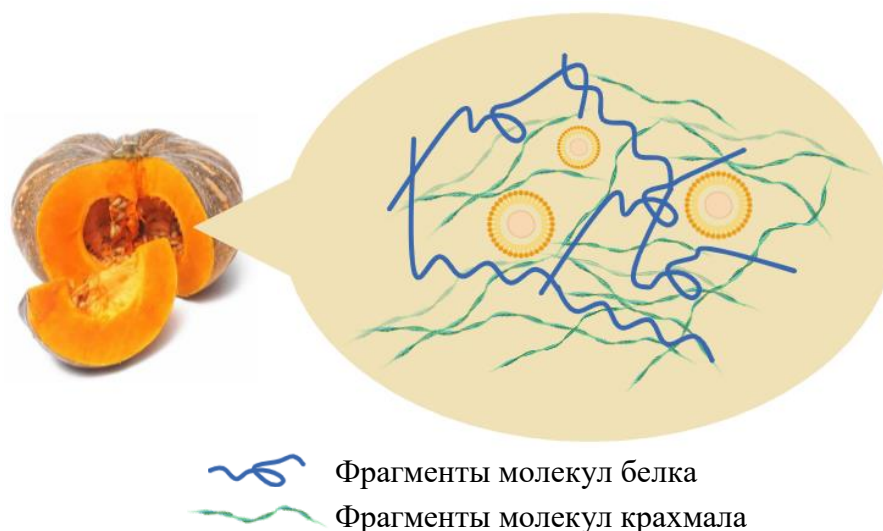


Рисунок 5 – Локализация каротиноидов в белково-крахмалистом матриксе

Так, в работе [73] представлены данные по ферментативному гидролизу тыквенного пюре ферментом Pectinex Ultra SP-L при получении плодоовощного

напитка, однако вопросы сохранности и биодоступности β -каротина в этой работе не затрагивались.

Коллектив авторов [210] рассматривал возможность использования совместно иммобилизованных пектиназы и глюкоамилазы для обработки сока из тыквы и боярышника в целях увеличения его выхода. В данном исследовании авторы не учитывали содержание микронутриентов сока, делая акцент на гидролизе пектинов и протеинов мякоти тыквы.

В работе [35] авторы использовали ферментативный гидролиз полимеров тыквы для повышения эффективности последующего сквашивания в составе комбинированного функционального сывороточного напитка; вопросы содержания и сохранности каротиноидов в работе не освещены.

В исследовании [204] авторы изучали влияние ферментативного гидролиза различными ферментами на пищевые и антиоксидантные свойства гидролизатов тыквенной муки. Пищевые свойства полученных гидролизатов оценивались по содержанию в них заменимых и незаменимых аминокислот, антиоксидантные – по ингибированию радикалов DPPH, восстанавливающей силе, хелатированию металлов и ингибированию окисления линолевой кислоты. Влияние ферментативных обработок на динамику каротиноидов не изучалось.

Авторами исследования [122] рассматривалось влияние концентрации ферментов Pectinex Ultra SP и Celluclast 1.5 L на физические характеристики пюре из тыквы и ее сухого экстракта. В исследовании затронута тема изменения цвета тыквенного пюре при ферментативном гидролизе, однако авторы ограничились только определением оптических характеристик согласно системе цвета CIEL*a*b*, не рассматривая корреляционные связи между изменением цвета и динамикой каротиноидов.

Исследование [189] было посвящено оптимизации выделения пигментов из тыквы с использованием ферментативного гидролиза. Авторы отмечают, что извлечение каротиноидов из мякоти тыквы является технологически сложной задачей из-за их гидрофобной природы, а также высокой чувствительности к свету, температуре и окисления. Итогом работы стали оптимальные условия выделения

каротиноидов из мякоти тыквы. Однако авторами не предусмотрено дальнейшее использование мякоти тыквы в пищевых целях, поскольку она обрабатывалась органическими растворителями: ацетоном, этанолом и гексаном.

В исследовании [111] авторы применили метод вакуумной пропитки мякоти тыквы растворами ферментов для модификации текстуры тыквенной мякоти. Основной целью исследования было размягчение мякоти до приемлемых пределов для употребления пожилыми людьми с трудностями глотания и пережевывания пищи.

Авторы исследования [175] рассматривали возможность использования лигноцеллюлозолитических ферментов для осветления сока тыквы. По итогам исследования авторы сделали выводы о положительной роли изучаемых ферментов для увеличения выхода тыквенного сока, снижения его индекса потемнения и увеличения его прозрачности. Вопросы содержания, сохранности и биодоступности каротиноидов в данных исследованиях также не рассматривались.

Ферментативный гидролиз нативных полимеров используется и в фармацевтических технологиях. Так, известен способ и композиция для профилактики и лечения фиброза, возникающего в результате коронавирусной инфекции [67]. Настоящее изобретение предлагает способы предотвращения, лечения или замедления прогрессирования фиброза, возникающего в результате коронавирусной инфекции, в частности инфекции, вызванной SARS-CoV-2, включающие введение ингибитора галектина-3, который представляет собой тыквенный пектин.

Терапевтическая композиция для лечения галектин-3-зависимых расстройств включает полисахарид, выделенный из представителя рода *Cucurbita*, например тыквы, имеющий основу, включающую чередующиеся остатки α -L-рамнозила (α -L-Rhap) и α -D-галактопиранозилуроновой кислоты (α -D-GalpA), и боковую цепь, присоединенную к остову, включающему β -D-галактан (β -D-Galp), α -L-арабинофуранозил (α -L-Araf) или их комбинации, и фармацевтически приемлемый наполнитель. Боковая цепь β -D-Galp присоединена к остову у углерода C-4 по меньшей мере одного α -L-Rhap остова. По меньшей мере один α -L-Araf присоединен к боковой цепи β -D-Galp. α -L-Araf присоединен к боковой цепи β -D-Galp через углерод

C-3 β -D-Galp. Полисахарид эффективен для лечения галектин-3-зависимого расстройства путем связывания с доменом распознавания углеводов галектина-3, что приводит к ингибированию активности галектина-3 [166].

Таким образом, анализ доступных научных публикаций по использованию ферментов и ферментных препаратов в технологии переработки тыквы показывает, что предлагаемое направление исследований по увеличению сохранности и биодоступности каротиноидов тыквы при использовании ферментативного гидролиза является новым и перспективным.

1.5 Влияние способа получения пюре из мякоти тыквы на содержание каротиноидов и его оптические характеристики

Как было сказано в параграфе 1.2, кроме макронутриентов – углеводов, белков и жиров [169], плоды тыквы также богаты минеральными веществами, фенольными соединениями, жирными кислотами, незаменимыми аминокислотами, витаминами, терпеноидами, сапонинами, стеринами, токоферолами и каротиноидами в количестве до 35,1 мг/100 г [113; 119]. Последние в организме человека поддерживают антиоксидантную защиту, уничтожая свободные радикалы и активный атомарный кислород, обеспечивая тем самым антиоксидантную и противораковую активность, фотозащиту, профилактику сердечно-сосудистых заболеваний и возрастных заболеваний глаза, противовоспалительное действие [31]. Кроме того, β -каротин относят к БАД к пище геропротекторной направленности [63]. Согласно исследованиям, диета, богатая антиоксидантами, снижает заболеваемость диабетом, раком, сердечно-сосудистыми и нейродегенеративными заболеваниями, а также предотвращает депрессию [12].

Таким образом, использование каротиноидов при разработке и получении функциональных продуктов и нутрицевтиков с улучшенными питательными свой-

ствами из отходов и субпродуктов на сегодняшний день является одной из основных задач для многих исследователей, решение которой позволит обеспечить глубокую переработку растительных сырьевых ресурсов, что крайне важно в сложившихся экономической и экологической ситуации [131].

Каротиноиды, будучи в первую очередь жирорастворимыми пигментами оранжевого или красного цвета, в значительной степени деградируют в процессе хранения и переработки. Ключевые факторы, влияющие на содержание каротиноидов, – температура и действие света [140].

Основными химическими соединениями, формирующими цвет тыквы, являются каротиноиды – преимущественно β -каротин, α -каротин, лютеин, зеаксантин. Каротиноиды плодового и овощного сырья привлекают все большее внимание благодаря своим функциональным свойствам [188]. Каротиноиды локализируются в субклеточных органеллах (пластидах), т. е. хлоропластах и хромопластах. В хлоропластах каротиноиды преимущественно связаны с белками и служат вспомогательными пигментами при фотосинтезе, тогда как в хромопластах они откладываются в кристаллической форме или в виде маслянистых капель [121].

Общеизвестно, что каротиноиды обуславливают желтый и оранжевый цвета многих фруктов и овощей, интенсивность которых зависит от количества сопряженных двойных связей и различных функциональных групп, содержащихся в молекуле каротиноида [128]. Также сообщалось, что чем больше число сопряженных двойных связей, тем выше максимумы поглощения (λ_{\max}) [103]. В результате цвет тыквы, а также многих фруктов и овощей варьирует от желтого, красного до оранжевого. Кроме того, при созревании плодов может происходить этерификация каротиноидов жирными кислотами, что может влиять на интенсивность окраски [147].

Большая часть каротиноидов встречается в растениях в виде *транс*-изомеров. Однако количество *цис*-изомеров может увеличиваться за счет изомеризации *транс*-изомеров каротиноидов во время обработки пищевых продуктов [186]. Некоторые исследования были посвящены анализу пищевых каротиноидов и их потенциальных изомеров [133; 192; 212], при этом основное внимание уделялось геометрической изомеризации каротиноидов [75; 81; 114; 127; 173; 203]. Имеются дан-

ные о содержании каротиноидов в свежих, замороженных и консервированных продуктах [176].

Существует множество факторов, влияющих на образование и изомеризацию каротиноидов. Температура, свет и структурные различия являются основными факторами, влияющими на изомеризацию каротиноидов в пищевых продуктах [80; 93; 152]. Различные методы обработки, такие как нагревание и сушка, также приводят к изомеризации и даже деградации каротиноидов [86; 107]. В работе [93] сообщается, что изомеризация каротиноидов в абрикосовом пюре происходит за счет ферментативного потемнения. Окислительная деградация каротиноидов также может приводить к *цис-транс*-изомеризации и образованию эпоксидов каротиноидов [138; 206].

Анализ литературных данных показывает, что *цис*-изомер каротиноидов можно идентифицировать по характеристикам спектра поглощения и относительной интенсивности *цис*-пика [180; 125]. УФ-спектр *цис*-каротиноидов характеризуется λ_{\max} в диапазоне 330–350 нм, который имеет наибольшую интенсивность, когда двойная связь расположена вблизи или в центре хромофора [82]. В то же время для *транс*-каротиноидов наблюдается гипсохромный сдвиг λ_{\max} и меньший коэффициент экстинкции. В целом *цис-транс*-изомеризация каротиноидов приводит к снижению интенсивности окраски [186].

Предполагается, что обработка овощей повышает биодоступность каротиноидов, поскольку разрушает целлюлозную структуру растительной клетки [202]. Экспериментальные исследования показывают, что более высокое потребление каротиноидов с пищей обеспечивает защиту от развития некоторых видов рака (например, легких, кожи, матки, шейки матки, желудочно-кишечного тракта), дегенерации желтого пятна, катаракты и других заболеваний, связанных с окислительными или свободными радикалами [179]. Особая физиологическая активность этих соединений в организме человека как предшественников витамина А, а также антиоксидантов вызывает возрастающий интерес исследователей к определению их содержания в различных продуктах [150].

Вопросы сохранности каротиноидов тыквы в процессе переработки, а следовательно, и динамика цветовых характеристик продуктов переработки тыквы являются неотъемлемой частью настоящего исследования, позволяющей раскрыть механизмы трансформации данных соединений в зависимости от предлагаемых технических решений для производства каротиноидсодержащего ингредиента, а также пищевых систем на его основе.

Светлота пищевых продуктов как оптическая характеристика характеризует их цвет от черного (значение светлоты 0) до белого (значение светлоты 100). Отрицательное значение цветовой координаты a свидетельствует о преобладании зеленого, положительное значение – о преобладании красно-фиолетового цвета. Отрицательное значение цветовой координаты b свидетельствует о преобладании синего, положительное значение – о преобладании желтого [174].

1.6 Применение нейронных сетей и компьютерного зрения для оценки качества и безопасности плодоовощного сырья

Комплексный подход к оценке качества плодов тыквы основывается на совокупности данных, содержащих в том числе сведения об особенностях и факторах, влияющих на сохранность плодов тыквы. При анализе массива данных о сортах и разновидностях тыквы, заболеваниях, возникающих при выращивании культур, особенностях хранения и рисках заражения и порчи тыквы целесообразно применять современные цифровые технологии, в частности возможности искусственного интеллекта.

Согласно Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 г., утвержденной указом Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», под искусственным интеллектом понимается комплекс технологий, позволяющий вос-

производить когнитивные способности человека (такие как самостоятельное обучение и решение задач без предварительно установленного алгоритма) и достигать результатов, сравнимых с результатами человеческой интеллектуальной деятельности при выполнении определенных задач. Этот комплекс включает информационно-коммуникационные системы, программное обеспечение (с использованием методов машинного обучения), а также процессы и сервисы для обработки данных и поиска решений [34].

В настоящее время технологии искусственного интеллекта активно внедряются в сельское хозяйство, способствуя повышению эффективности процессов оценки состояния почвы и выращиваемых культур, усилению контроля за обработкой посевных площадей и сбором урожая, повышению производительности сельскохозяйственных угодий, поддержанию оптимальных условий выращивания сельскохозяйственных культур.

Современные достижения в области искусственного интеллекта, такие как нейросети и системы компьютерного зрения, способны значительно улучшить методы управления качеством продукции в пищевой отрасли. Приемка, хранение и распределение продуктов требуют строгого контроля в целях соблюдения стандартов, обнаружения дефектов и снижения потерь. Традиционный подход, основанный на ручном осмотре, характеризуется высокими затратами труда и субъективными оценками.

Искусственный интеллект помогает автоматизировать эти процессы на предприятиях агропромышленного комплекса, повышая точность, скорость и экономическую выгоду. С увеличением объема оборота и ассортимента продукции перед пищевыми компаниями встают новые вызовы в области контроля качества. Ограничения человеческого фактора, низкая скорость и недостаточная точность визуального осмотра способствуют внедрению автоматизированных решений на основе искусственного интеллекта. Системы, основанные на искусственном интеллекте и глубоком обучении, способны быстро выявлять и классифицировать болезни листьев и сельскохозяйственных культур по мере их появления, что помогает снизить

негативное влияние заболеваний на продовольственную безопасность и экономику страны.

При разработке интеллектуальных систем контроля качества, интегрированных в цепи поставок и направленных на повышение их эффективности через автоматизацию анализа данных и снижение потерь, выделяются следующие ключевые технологии:

– компьютерное зрение, позволяющее автоматически извлекать данные из визуальной информации (фотографий или видеоматериалов) для оценки состояния продукции, выявления повреждений упаковки, деформации и прочих дефектов. Эта технология особенно важна в производственных и складских процессах пищевой индустрии. В частности, она может использоваться для обнаружения поверхностных дефектов у плодов тыквы (гниль, пятна, трещины), оценки формы (отклонения от стандарта, указывающие на возможные проблемы при выращивании) и классификации по цвету (оценка степени зрелости и выявление болезней или механических повреждений). Также возможно сегментирование изображений (например, разделение изображения на область плода и фона), чтобы сконцентрироваться на анализе определенных участков;

– нейронные сети служат инструментом для обработки изображений, классификации продукции и ее сортировки. Обученные на размеченных данных модели способны точно распознавать разнообразные дефекты, такие как царапины или разрывы;

– интеграция с интернетом вещей (IoT) дополняет визуальную аналитику данными об условиях хранения продукции. IoT-устройства фиксируют температуру, влажность и другие параметры среды, помогая предотвращать порчу товара и обеспечивать оптимальное хранение растительных материалов и пищевых продуктов.

Научные труды зарубежных и отечественных ученых охватывают различные аспекты применения компьютерного зрения и машинного обучения для анализа изображений сельскохозяйственных культур, включая выявление дефектов, болезней и других отклонений.

В исследовании R. Bhagwat, Y. Dandawate предложена гибридная структура для обнаружения болезней сельскохозяйственных культур путем объединения различных признаков. Методы обнаружения болезней сельскохозяйственных культур включают как традиционные подходы к машинному обучению, основанные на ручном выделении признаков, так и современные методы глубокого обучения [79].

F. Aslam и др. считают, что интеграция глубокого обучения с компьютерным зрением обеспечит более стабильную, быструю и надежную классификацию растительного сырья по сравнению с традиционными алгоритмами машинного обучения, однако одним из основных недостатков систем классификации и распознавания сельскохозяйственной продукции является ограниченная доступность наборов данных для фруктов и овощей [76].

В статье I. Sa и др. изучены возможности использования методов компьютерного зрения и сверточных нейронных сетей для автоматизации процессов сбора урожая и мониторинга состояния яблок и винограда в режиме реального времени [185].

Румынские ученые H. Mureşan и M. Oltean выделяют один из наиболее важных факторов для классификатора растительной продукции – высокое качество набора данных. Существующие наборы данных содержат объекты и шум, что может влиять на классификацию. Разработанная авторами нейронная сеть, состоящая из сверточных слоев, уменьшающих размерность изображений, и связанных слоев, обрабатывающих данные, способна обучаться на наборе данных из 90 380 изображений фруктов и обеспечивает точность до 99,98 % [139].

По результатам исследования B. Srishayuchja и др., проведенного с целью изучения возможности использования подхода машинного обучения для идентификации заболеваний у различных культур и тестирования выбранных алгоритмов, определено, что ResNet показывает точность определения заболевания 99 % для тыквы, Random Forest – 95,33 % для зеленого перца чили, а вероятностная нейронная сеть (Probabilistic Neural Network) – 94,66 % для баклажанов [193].

Программный комплекс, разработанный А. Г. Аксеновым и др. на базе высокоточной нейронной сети ResNet 34 (34 слоя), предназначен для анализа изображе-

ний с целью выявления больных растений картофеля, корректность распознавания составляет 99,5 % и 99,8 % – для зараженных растений [3].

Разработка алгоритма с использованием глубокого обучения для классификации огурцов, предложенная иранскими учеными S. Golzar и др., позволяет с точностью более 94 % классифицировать овощи по трем категориям на основе их внешнего вида: дефектные, изогнутые и здоровые (прямые зеленые) [105].

Использование искусственного интеллекта в сельском хозяйстве представляет собой одну из наиболее перспективных технологий, которая позволяет автоматизировать процессы мониторинга и управления сельскохозяйственными культурами, оборудованием. Применение компьютерного зрения помогает повысить эффективность работы фермерских хозяйств, снизить затраты и минимизировать влияние человеческого фактора.

Однако исследования российских и зарубежных ученых в области применения технологий компьютерного зрения и машинного обучения к задачам анализа изображений сельскохозяйственных культур в основном относятся к отрасли сельского хозяйства. Применение искусственного интеллекта, в том числе компьютерного зрения, на предприятиях оптовой и розничной торговли для выявления дефектов овощей и фруктов является эффективным способом повышения качества продукции и улучшения обслуживания потребителей. Технология позволяет автоматизировать процесс проверки качества, снижая затраты и увеличивая точность обнаружения дефектов.

Организация контроля качества овощей на предприятиях пищевой промышленности и в торговой отрасли включает несколько ключевых этапов и процедур, направленных на обеспечение безопасности продукции и соответствие стандартам качества.

Процесс приемки свежей тыквы в распределительных центрах имеет свои особенности, важно соблюдать определенные стандарты при ее приемке, чтобы сохранить качество и продлить срок хранения. Одним из этапов приемки является визуальный осмотр партии овощей, при котором оценивается внешний вид овощей

на предмет отсутствия повреждений, признаков гниения, пятен, плесени и других дефектов:

– внешний вид: тыква должна быть целой, без трещин, пятен, порезов и других видимых дефектов. Во время транспортировки и разгрузки тыквы могут возникать множественные механические повреждения плодов. Наличие естественного воскового налета допускается;

– зрелость: тыква должна быть полностью спелой, но не перезревшей. Переспевшие плоды быстро портятся и теряют свою пищевую ценность;

– чистота: поверхность плода должна быть чистой, без грязи, земли или других загрязнений;

– плодоножка: плодоножка должна быть сухой и крепкой, что свидетельствует о свежести и зрелости тыквы.

Складские потери тыквенных культур могут возникать по ряду причин, связанных с условиями хранения, качеством плодов и другими факторами, такими как несоблюдение температурного режима, высокая влажность и отсутствие вентиляции, механические повреждения при погрузке и разгрузке, отсутствие своевременной сортировки, наличие насекомых-вредителей. Внедрение на предприятиях пищевой промышленности и распределительных центрах современных систем мониторинга температуры, влажности и уровня CO₂ позволяет автоматически поддерживать оптимальные условия хранения тыквы.

Плоды с признаками поражения болезнью или механическими повреждениями должны своевременно удаляться из общей массы, чтобы предотвратить распространение инфекции на здоровые экземпляры, а проведение регулярного мониторинга состояния плодов позволяет вовремя выявить начавшиеся процессы порчи и принять меры по предотвращению распространения инфекции.

Нарушение сроков и условий хранения при поставках свежих овощей и фруктов от поставщиков на распределительные центры предприятий торговли ведет к преждевременной порче продуктов и невозможности их дальнейшей продажи в магазинах, что приводит к дополнительным затратам и необходимости списания испорченной продукции, а также наносит экологический вред за счет увеличения объ-

емов отходов. Для минимизации потерь проводится выборочный контроль качества поступающих товаров с привлечением сотрудников распределительных центров и удаленных специалистов посредством видеомониторинга. Однако из-за большого объема поставок и ограниченного числа работников, ответственных за качество, такой подход не всегда позволяет обеспечить полный контроль соответствия стандартам при приеме свежих овощей и фруктов.

Одним из ключевых направлений Национальной стратегии развития искусственного интеллекта в России до 2030 г. становится внедрение технологий искусственного интеллекта в стратегически важных областях экономики.

Примеры внедрения технологий искусственного интеллекта в приоритетных отраслях отечественной экономики, таких как сельское хозяйство и торговля, за период 2023–2024 г. представлены в таблице 5.

Использование программы для автоматического анализа изображений позволяет добиться более высокой точности оценки качества тыквы, что снижает вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, а также ускоряет процессы проверки и сортировки плодов тыквы, что повышает общую эффективность работы предприятий пищевой промышленности и торговли. Своевременное выявление некачественных плодов тыквы позволит предприятиям сократить расходы на утилизацию испорченной продукции и повысить безопасность продукции.

Таким образом, предлагается разработка обучаемой модели для автоматического анализа изображений плодов тыквы. При отклонении фактического внешнего вида товара от принятых стандартов программа уведомляет сотрудника для принятия решения о допуске либо недопуске товара.

Обучаемая модель программы позволит значительно ускорить процессы контроля качества, повысить точность анализа благодаря исключению человеческого фактора, снизить издержки и минимизировать потери за счет своевременного выявления дефектов. Разработка функционала программы для автоматического анализа изображений плодов тыквы требует комплексного подхода, включающего этапы подготовки данных, моделирования, тестирования и внедрения.

Таблица 5 – Примеры внедрения технологий искусственного интеллекта в приоритетных отраслях экономики РФ (сельское хозяйство, торговля) [30; 46; 22]

Проект	Используемые ИИ-технологии	Приоритетная отрасль экономики	Разработчик/заказчик	Дата внедрения	Характеристика проекта/ Эффект от внедрения проекта
Технология искусственного интеллекта для распознавания дефектов фруктов и овощей	Компьютерное зрение	Торговля	«Вкусвилл» (заказчик)	2024 г.	Создание бота, позволяющего идентифицировать дефекты определенных видов овощей и фруктов, а также распределить их по категориям «зеленый ценник» и «списать»
Комплекс для контроля качества овощей и фруктов	Компьютерное зрение	Сельское хозяйство	Сколковский институт науки и технологий, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения	2024 г.	Метод определения гнилых и плесневых участков яблок на послеуборочной стадии, при хранении на складах
Оптическая система для поиска дефектов в овощах и фруктах	Лазерные и спектральные технологии	Сельское хозяйство, торговля	Федеральный научный агроинженерный центр «Всероссийский институт механизации» (ФНАЦ ВИМ), Институт общей физики РАН	2023 г.	Оптическая система для экспресс-диагностики механических повреждений и заболеваний плодов овощных культур, картофеля и яблок после сбора урожая. Устройство получает информацию о внешнем и внутреннем состоянии плодов овощей и фруктов за счет излучения точечного и рассеянного света на объект, точность сортировки по крупности – 95,4 %, точность по наличию дефектов – 93,1 %

Заключение по первой главе

Анализ научной и технической литературы показал, что на сегодняшний день тыква – одна из перспективных культур, используемая в питании человека в свежем и переработанном виде. При этом ценные нативные компоненты мякоти плодов, в том числе каротиноиды, переходят в получаемый продукт.

Проведенный обзор показал, что в технологии продуктов питания различных по назначению и, соответственно, физическому состоянию, преимущественно используется мякоть тыквы в нативном состоянии, термически обработанная, в виде пюре, в том числе ферментированного *Lactobacillus casei*, и порошка.

Тыква по объему производства занимает девятое место среди овощей и, несмотря на некоторую хранимоспособность, сезонная переработка плодов, и как следствие, увеличение срока годности и минимизация послеуборочных потерь приобретают все бóльшую значимость. При этом тенденции в переработке направлены на разработку максимально эффективных технологий, позволяющих сохранить нативный потенциал мякоти тыквы.

Одним из перспективных направлений в переработке тыквы может стать гибридная технология ферментативной модификации и сушки пюре при пониженной температуре для получения оптимальной формы полуфабриката, который компактно хранится длительное время, легко восстанавливается водой, содержит значительное количество микронутриентов и т. д., что определяет актуальность и необходимость проведения исследований по разработке технологии тыквенного пюре на основе ферментативной модификации сырья с заданными функциональными и технологическими свойствами – цвет, консистенция, содержание каротиноидов и их усвояемость для интеграции в пищевые системы с добавленной пользой.

2 Организация эксперимента, объекты и методы исследования

2.1 Общая схема исследований

Теоретические, практические и экспериментальные исследования диссертационной работы выполнялись в период с 2020 по 2024 г. в соответствии с общей схемой проведения исследований (рисунок 6).

Основной объем исследований выполнен автором в специализированных лабораториях Единого лабораторного комплекса ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

В соответствии с разработанной схемой исследования проводились поэтапно.

На *первом этапе* для формирования цели и задач работы проведен анализ отечественной и зарубежной научно-технической и патентной литературы по теме диссертационной работы. Обобщены доступные сведения о технологическом потенциале тыквы и сохранности каротиноидов в составе пищевых систем. На основе анализа литературных данных сформулированы цель и задачи собственных исследований.

На *втором этапе* исследования определены перспективы использования продуктов переработки тыквы в составе пищевых рационов, изучены факторы качества и безопасности, определен химический состав мякоти тыквы.

На *третьем этапе* дано научное обоснование ферментативной модификации в технологии каротиноидсодержащего ингредиента и определены ее оптимальные условия для эффективного гидролиза крахмала и белков мякоти тыквы. Исследовано влияние сушки и переработки на динамику каротиноидов и цветовых характеристик пюре. Исследованы биодоступность каротиноидов каротиноидсодержащего ингредиента *in vitro* и его влияние на активность пробиотической микро-

флоры. Разработана обучаемая модель для обеспечения безопасности плодов тыквы в процессе товародвижения.

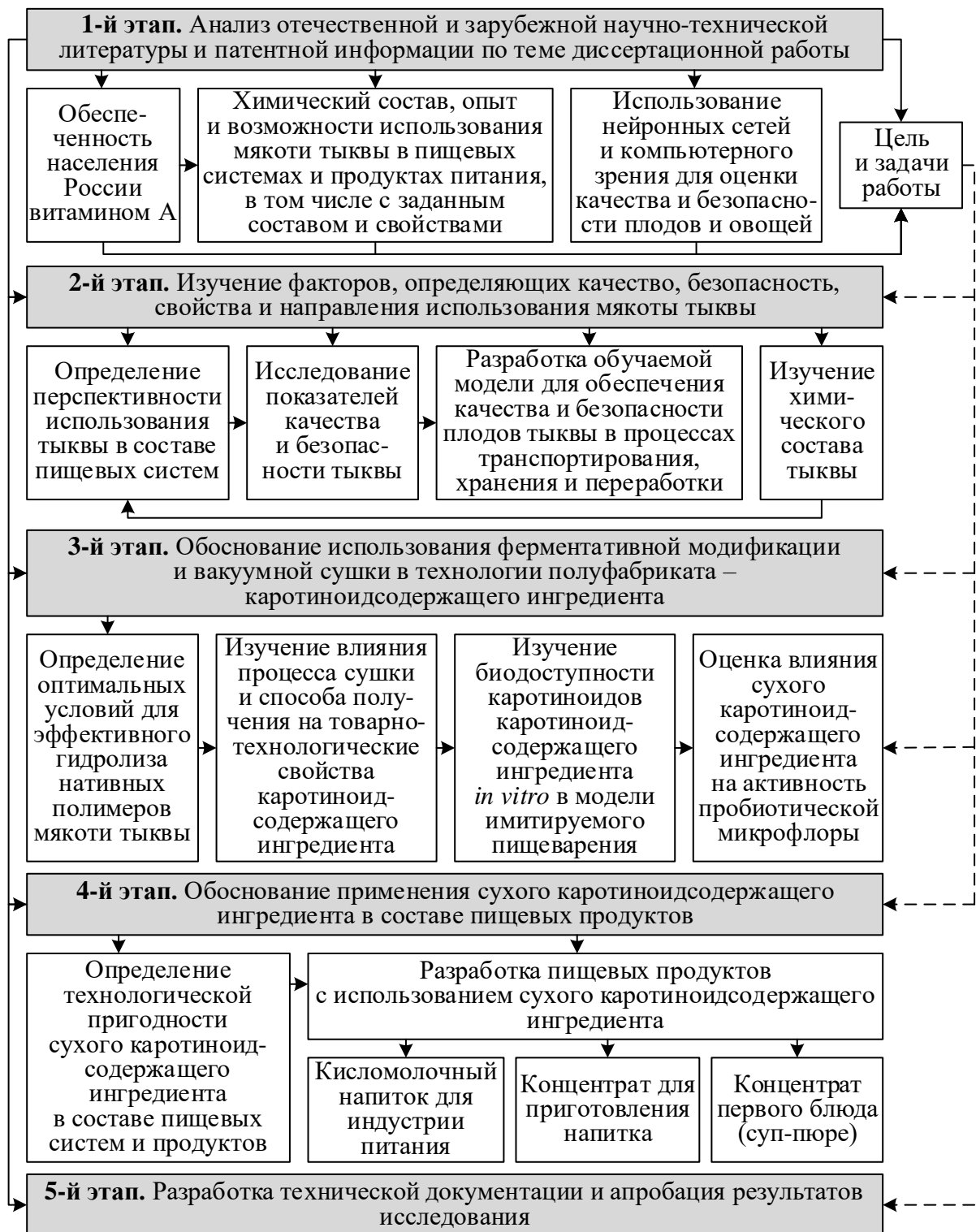


Рисунок 6 – Общая схема исследования

На *четвертом этапе* исследован процесс регидратации и обосновано применение сухого каротиноидсодержащего ингредиента в технологии пищевых продуктов различного физического состояния и назначения (концентраты для приготовления густого напитка и супа-пюре, кисломолочный напиток) с добавленной пользой.

На *пятом этапе* была разработана техническая документация на сухой каротиноидсодержащий ингредиент, а также проведена промышленная апробация разработанных пищевых продуктов с его использованием.

2.2 Объекты и методы исследования

Для выполнения исследований по каждому сформированному блоку экспериментов (параграф 2.1) и реализации сформированной научной концепции были использованы стандартные или специально созданные устройства и приборы, компьютерные программы, выбраны объекты и методы их исследования.

Экспериментальные исследования проводились с использованием общепринятых стандартных и оригинальных методов, в том числе модифицированных и адаптированных автором.

В работе использованы современные информационные технологии, открытые онлайн-ресурсы, специализированные базы научных знаний, а также программа для ЭВМ «Расчет содержания каротиноидов при ферментализации тыквенного пюре» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024687982, приложение А).

Для объективной и достоверной оценки результатов исследований были использованы методы математической статистики обработки данных с применением программных продуктов Microsoft Office Excel 2019, Statistica 10.0 и MathCad 14.0.

Объектами исследования в соответствии с поставленными целями и задачами на различных этапах эксперимента являлись:

1) свежие плоды тыквы урожая 2020–2024 гг. потребительской степени зрелости (без повреждений и признаков порчи) шести среднеспелых сортов (рисунок 7), таких как:

– сорта крупноплодной тыквы Грибовская зимняя, Зимняя сладкая (Алтайский край), Россиянка, Улыбка, Кустовая оранжевая (Свердловская область, Сысертский район, координаты $56^{\circ}25'$ с. ш. и $60^{\circ}48'$ в. д.);

– сорт твердокорой тыквы Алтайская 47 (Алтайский край, Смоленский район, координаты $52^{\circ}18'16''$ с. ш., $85^{\circ}04'42''$ в. д.).



Грибовская зимняя



Алтайская 47



Зимняя сладкая



Россиянка



Улыбка



Кустовая оранжевая

Рисунок 7 – Внешний вид образцов тыквы

Погодные условия во время вегетационного периода тыквы были характерными для регионов: дневная минимальная температура воздуха в Сысертском районе Свердловской области составила 4°C , максимальная – 25°C , в Смоленском

районе Алтайского края – 5 °С и 29 °С соответственно. Ночные температуры различались также несущественно: в Смоленском районе – от 8 °С до 19 °С, в Сысертском – от 4 °С до 17 °С. Район Алтайского края выгодно отличается по количеству солнечных дней – 60, тогда как в Сысерти – 47, что говорит о более благоприятных климатических условиях в районе Алтайского края;

2) образцы каротиноидсодержащего ингредиента:

– контрольные – получены традиционным способом: плоды тыквы промывали водопроводной водой, мякоть очищали от кожуры и семенной части и нарезами на куски размером 1×1 см. Подготовленную мякоть тыквы бланшировали в кипящей воде в течение 10 мин и протирали через сетку с размером отверстий 1,0 мм (образец К1). Тыквенное пюре высушивали в вакуумном сушильном шкафу Labtex LT-VO/50 («Лабтех», Россия) при температуре 60–80 °С на силиконовых ковриках при толщине слоя пюре 5–7 мм. Сушку осуществляли до конечной влажности продукта 4,5 % (образец К2);

– опытные – получены ферментативной модификацией нативных полимеров мякоти тыквы следующим образом: плоды тыквы промывали водопроводной водой, мякоть очищали от кожуры, семенной части и диспергировали в гомогенизаторе Witeg HG-15D (Witeg Labortechnik GmbH, Германия) при частоте вращения ротора 2000 об/мин. Диспергированное пюре тыквы подвергали ферментативной модификации при 65 °С в течение 60 мин при использовании ферментных препаратов Амилоризин (ООО «Биопрепарат», г. Воронеж, Россия) и Протозим (ООО «Биопрепарат», г. Воронеж, Россия) (образец О1). Каротиноидсодержащий ингредиент высушивали в вакуумном сушильном шкафу Labtex LT-VO/50 («Лабтех», Россия) при температуре 60–80 °С на силиконовых ковриках при толщине слоя пюре 5–7 мм. Сушку осуществляли до конечной влажности продукта 4,5 % (образец О2).

3) опытные образцы пищевых продуктов (кисломолочный напиток для индустрии питания, концентрат для приготовления густого напитка, концентрат первого блюда (суп-пюре), получаемые регидратацией сухого каротиноидсодержащего ингредиента при использовании дополнительных ингредиентов.

В исследовании применялись ферментные препараты (таблица 6).

Таблица 6 – Ферментные препараты, используемые в работе

Ферментный препарат	Оптimum температуры, °С		Оптimum pH, ед.	Преобладающая активность	Упаковка	Стоимость, р.
	оптимальная	рабочая				
Termamil SC	80–85	30–100	5,0–9,0	1800 ед/мл	1,0 кг	1 269,00
Альфалад БН	60–70	30–80	6,0–6,5	2000 ед/мл	1,0 л	702,00
Альфалад БТ	90–95	30–110	6,5–7,5	800 ед/мл	1,0 л	720,00
Амилоризин	30–75	30–75	5,0–6,0	2500 ед/г	1,0 кг	720,00
Протозим	50–70	25-70	5,5-11,0	50 000 ед/г	1,0 кг	1 260,00

При выработке опытных образцов кисломолочного напитка использовали:

– комплекс сухих микроорганизмов пробиотиков «Эвиталия». Особенностью комплекса является использование лиофильной сушки при высушивании специальных штаммов молочнокислых микроорганизмов: *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii*;

– молоко питьевое пастеризованное «Деревенское молоко из Талицы» массовая доля жира от 3,5 % до 4,0 % (производитель ООО «Талицкие молочные фермы», пос. Троицкий, Свердловская область, Россия) по ГОСТ 31450-2013.

При выработке опытных образцов концентрата для приготовления густого напитка использовали экстракт облепихи сухой (производитель ООО «КиТ плюс», г. Бийск, Россия).

При выработке опытных образцов концентрата первого блюда (супа-пюре) использовались:

– морковь сушеная дробленая (производитель ООО «Альянс», г. Электросталь, Россия) по ТУ 9199-001-61603089-2020;

– лук репчатый сушеный жареный (производитель ООО «ТД «Файн Арома», г. Москва, Россия) по ТУ 9164-002-27958346-15;

– соль поваренная пищевая каменная без добавок (производитель «Тырецкий солерудник», пос. Тыреть, Иркутская область, Россия) по ГОСТ Р 51574-2000;

– мука кукурузная «Кудесница» (производитель ПАО «Петербургский мельничный комбинат», г. Санкт-Петербург, Россия) по ГОСТ 14176-69;

– куркума молотая (страна происхождения – Индия, изготовлено и упаковано ООО «ТопФУД», пос. Лесные поляны, Пушкинский район, Московская область, Россия) по ТУ 9199-004-59350416-11.

Для анализа фактического рациона и пищевого поведения студентов использовали стандартизированное интервью по разработанной анкете с закрытыми вариантами ответов. В качестве респондентов выступили 208 студентов ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» (г. Екатеринбург), из которых 124 чел. (59,6 %) женского и 84 чел. (31,4 %) мужского пола в возрасте от 17–22 лет, более половины опрошенных (56,4 %) в возрасте 19–20 лет. Для статистической обработки полученных результатов использованы возможности MS Excel 2007.

Содержание сухих веществ в нативном пюре из тыквы, а также влажность сухого каротиноидсодержащего ингредиента определяли по ГОСТ 28561-90 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги».

Содержание сахаров в нативном и ферментативно модифицированном пюре из тыквы определяли перманганатным методом по ГОСТ 8756.13-87 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров».

Определение крахмала в нативном пюре тыквы и продуктах ферментативной модификации проводили спектрофотометрически по [47], с использованием однолучевого сканирующего спектрофотометра Shimadzu UV1800 (Shimadzu, Япония).

Эффективность гидролиза крахмала мякоти тыквы оценивали по степени гидролиза крахмала, рассчитываемой по формуле

$$\text{ЭГ} = \frac{C_{\text{пг}}}{C_{\text{нат}}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где $C_{\text{шт}}$ – количество крахмала в мякоти тыквы после проведения ферментативной модификации, г/100 г; $C_{\text{нат}}$ – количество нативного крахмала в мякоти тыквы, г/100 г.

Определение белка проводили в соответствии с ГОСТ 54607.7-2016 «Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 7. Определение белка методом Къельдаля».

Определение содержания β -каротина проводили по ГОСТ ISO 6558-2–2019 «Фрукты, овощи и продукты их переработки. Определение содержания каротина спектрофотометрическим методом (метод А)».

В настоящее время отсутствуют методология и стандартные методы определения технологических свойств растительных сыпучих материалов. В связи с этим применены оригинальные методы:

– смачиваемость высушенного пюре (в секундах) определяли путем измерения времени полного смачивания 10 г образца, помещенного в мензурку объемом 250 мл содержит 100 мл дистиллированной воды при $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ по [106];

– для определения насыпной плотности ($\text{кг}/\text{дм}^3$) 20 г высушенного пюре загружали в мерный цилиндр объемом 100 мл, загруженный цилиндр опускали 70 раз на резиновый коврик высотой 15 см и фиксировали конечный объем для использования в расчетах по [116];

– сыпучесть и когезионную способность высушенного пюре оценивали с помощью индекса Carr (CI) и коэффициента Hausner (HR) соответственно с учетом насыпной плотности пюре и предложенной классификацией сыпучести и способности волокон связываться по [116].

При анализе биодоступности модельные образцы желудочного сока в количестве 2 см^3 или среды ЖКТ в количестве 1 см^3 отбирали в стеклянные пробирки, вносили 7 см^3 метанола, содержащего 0,6 % MgCO_3 . Содержимое пробирки гомогенизировали в течение 30 с в вортексе, добавляли 7 см^3 хлороформа, вновь гомогенизировали в течение 30 с в вортексе. Смесь отстаивали в течение 15 мин, вносили 7 см^3 дистиллированной воды и центрифугировали при 3600 об/мин в течение 10 мин при комнатной температуре. Собирали нижнюю часть, обогащенную каро-

тиноидами, анализировали методом обращенно-фазовой ВЭЖХ с использованием хроматографа Waters с диодно-матричным детектором (Waters 2996) (Waters Corporation, США). Каротиноиды разделяли с помощью двух последовательно установленных колонок 150×4.6-nm RP C18, 3-μm Nucleosyl (Interchim, Montlucon, Франция) и 250×4.6-nm RP C18, 5-μm Vydac TP54 (Hesperia, США). Подвижная фаза: ацетонитрил – дихлорметан – метанол (содержащий 50 мМ ацетата аммония) – вода в соотношении 70:10:15:5 (по объему). Каротиноиды детектировали при 450 нм и идентифицировали по времени удерживания и спектральному анализу (от 300 до 550 нм) в сравнении с чистыми стандартами каротиноидов [172]. Биодоступность (bioavailability, BA, %) каротиноидов рассчитывалась как отношение:

$$BA = \frac{Car_{exp}}{Car_{ref}} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где Car_{exp} – концентрация каротиноидов, распределившихся из образцов пюре в смеси желудка или кишечника, мг/дм³ смеси; Car_{ref} – референсная концентрация введенных каротиноидов (2,5 мг/дм³).

Индивидуальные каротиноиды в исследуемых образцах продукции – виолаксантин (Sigma-Aldrich, CAS № 126-29-4), лютеин (Clearsynth, CAS № 127-40-2), α-каротин (Sigma-Aldrich, CAS № 7488-99-5), *транс*-β-каротин (Sigma-Aldrich, CAS № 7235-40-7), *цис*-β-каротин (9-cis-β-Carotene, GlpBio Technology, CAS № 13312-52-2) – анализировали методом обращенно-фазовой ВЭЖХ с использованием хроматографа Waters с диодно-матричным детектором (Waters 2996) (Waters Corporation, США). Каротиноиды разделяли с помощью двух последовательно установленных колонок 150×4.6-nm RP C18, 3-μm Nucleosyl (Interchim, Montlucon, Франция) и 250×4.6-nm RP C18, 5-μm Vydac TP54 (Hesperia, США). Подвижная фаза: ацетонитрил – дихлорметан – метанол (содержащий 50 мМ ацетата аммония) – вода в соотношении 70:10:15:5 (по объему). В качестве аналитической пробы использовали каротиноидсодержащий экстракт, полученный из мякоти свежих плодов тыквы, а также опытных и контрольных образцов пюре из мякоти тыквы. Экс-

тракт готовили растиранием известной массы навески образца с небольшим количеством воды, под слоем *n*-гексана. Экстракт отбирали из ступки и переносили на воронку с фильтровальной бумагой. К твердому остатку добавляли новую порцию экстрагента, затем экстракцию повторяли. Экстракцию продолжали до получения бесцветной порции экстракта. Все порции экстракта объединяли, растворитель удаляли на вакуумном ротационном испарителе Stegler RI-213 (Stegler, Россия). Остаток растворяли в известном объеме подвижной фазы для ВЭЖХ-определения каротиноидов. Полученный раствор пропускали через насадочный фильтр в виалы, перенося их в ячейки автодозатора хроматографа. Каротиноиды детектировали при 450 нм и идентифицировали по времени удерживания и спектральному анализу (от 300 до 550 нм) в сравнении с чистыми стандартами индивидуальных каротиноидов.

Для исследования оптических характеристик полученных образцов пюре (предварительно все образцы доводили до содержания сухих веществ 10 % путем добавления питьевой воды) белые матовые пластины покрывали слоем продукта толщиной 5 мм и сглаживали поверхность силиконовым шпателем для исключения неровностей и образования теней. Затем с использованием цифровой фотокамеры Canon EOS 2000D Kit 18-55mm DC (Canon, Китай) в белом боксе при цветовой температуре 6000 К делали снимки поверхности пюре. Далее снимки обрабатывали с применением открытого программного обеспечения ImageColorPicker для анализа изображений (<https://imagecolorpicker.online>), позволяющего с использованием классического для фоторедакторов инструмента «пипетка» определить координаты цвета любой точки загруженного изображения в модели RGB. Затем, используя цветовой конвертор (<https://cielab.xyz/colorconv>), определяли координаты цвета в трихроматических координатах XYZ.

Определение расчетных координат цвета L^* (светлота), a^* (красно-зеленая цветовая ось) и b^* (желто-синяя цветовая ось) осуществляли согласно рекомендациям, приведенным в [115], и далее проводили оценку цветовых различий свежей мякоти, контрольного и опытного образцов тыквенного пюре с использованием формулы

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}, \quad (3)$$

где ΔL^* – разница между светлотой образцов; Δa^* – разница между значениями координат цвета двух образцов по зелено-красной хроматической оси; Δb^* – разница между значениями координат цвета двух образцов по желто-синей хроматической оси.

Светлота пищевых продуктов как оптическая характеристика отражает их цвет от черного (значение светлоты 0) до белого (значение светлоты 100). Отрицательное значение цветовой координаты a^* свидетельствует о преобладании зеленого, положительное значение – о преобладании красно-фиолетового цвета. Отрицательное значение цветовой координаты b^* свидетельствует о преобладании синего, положительное значение – о преобладании желтого [174].

На основании значений цветковых координат a^* и b^* рассчитывали индекс насыщенности цвета (luminance index, LI), который отражает, насколько тусклым или ярким является продукт [146]:

$$LI = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}, \quad (4)$$

В соответствии с теорией цвета смешивание чистого оттенка с черным, белым или любым другим цветом снижает его насыщенность, которая представляет собой полярную координату, в отличие от декартовых координат a^* и b^* .

Угол оттенка тона (hue angle, H°) также является количественной характеристикой, позволяющей оценивать цвет фруктов и овощей, а также продуктов их переработки [168]:

$$H^\circ = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right). \quad (5)$$

Угол оттенка тона показывает, насколько похож или отличается цвет изучаемого объекта от основных цветов – красного, зеленого, синего и желтого. Угол меньший или равный 360° (0°) соответствует чистому красному оттенку, меньший или равный 90° – соответствует желтому оттенку, 180° – зеленому оттенку, 270° – синему.

Индекс потемнения (browning index, *BI* (безразмерная величина)), отражающий глубину процесса потемнения продукта, рассчитывали в соответствии с [142]:

$$BI = \frac{100(x - 0,31)}{0,17}, \quad (6)$$

где

$$x = \frac{a^* + 1,75L^*}{5,645L^* + a^* - 3,012b^*}. \quad (7)$$

Удельную скорость роста микроорганизмов рассчитывали по формуле

$$\mu_{cp} = \frac{\ln m_1 - \ln m_0}{t_1 - t_0} = \frac{2,3(\log m_1 - \log m_0)}{t_1 - t_0}. \quad (8)$$

Число генераций клеток рассчитывали по формуле

$$n = \frac{\log N_1 - \log N_0}{\log 2} = 3,32(\log N_1 - \log N_0). \quad (9)$$

Среднюю продолжительность генерации рассчитывали по формуле

$$g = \frac{0,3(t_1 - t_0)}{\log N_1 - \log N_0}. \quad (10)$$

Качество использованного сырья и вспомогательных материалов для получения напитков соответствовало требованиям действующей нормативной документации и Гигиеническим требованиям к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов (ТР ТС 021/2011, СанПиН 2.3.2.1078-2001, СанПиН 2.3.2.1280-2003).

Исследование влияния повышенных температур на стабильность в хранении полуфабриката с целью подтверждения срока годности осуществлялось выдерживанием образцов сухого каротиноидсодержащего ингредиента при повышенных температурах 35–55 °С в климатической камере КС-200 по [57].

Все экспериментальные исследования проводили в трех – пяти повторностях, результаты представляли как среднее значение \pm стандартное отклонение. Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием пакета Statistica 10. Для оценки изменений рассматриваемых показателей использовали одно- и двухфакторный дисперсионный анализ, сравнение средних значений проводили при помощи теста Тьюки ($p < 0,05$), сила влияния независимых переменных на рассматриваемые показатели оценивалась методом Снедекора ($p < 0,05$).

Для реализации модели автоматического анализа изображений плодов тыквы использовался язык программирования Python, обладающий широкими возможностями в области машинного обучения и искусственного интеллекта. Разработка проводилась с применением фреймворков TensorFlow и Keras для создания нейросетей, Flask для веб-интерфейса, а также NumPy, Pillow и Matplotlib для обработки данных и визуализации. Обучение модели осуществлялось в среде Google Colab с использованием GPU, а тестирование и доработка – в Jupyter Notebook и Visual Studio Code.

Модель базируется на сверточных нейронных сетях (CNN), использующих слои Conv2D, MaxPooling и Dropout для выделения признаков изображений и классификации плодов по трем категориям. Для увеличения объема обучающих данных применялись генеративные состязательные сети (GAN), а оценка точности выполнялась с помощью метрик accuracy, precision, recall, F1-score и матрицы ошибок.

3 Обоснование выбора сырья и технологии получения каротиноидсодержащего ингредиента как полуфабриката для конструирования пищевых систем

3.1 Пищевой рацион студентов как предпосылка для разработки каротиноидсодержащих пищевых систем

Общеизвестна и доказана важность для здоровья человека питания, нарушение которого увеличивает риск развития различных заболеваний, в том числе сердечно-сосудистых, новообразований, сахарного диабета II типа и др. [19; 62]. В настоящее время особую тревогу вызывает тенденция к росту числа молодых людей с дислипидемией, артериальной гипертензией, ожирением и избыточной массой тела, одной из причин развития которых может быть нарушение пищевого поведения [27; 110; 123].

Пищевое поведение в основном формируется в детском возрасте под влиянием пищевых установок родителей, сверстников и социального окружения. Однако – это сложный динамический процесс, который возможно формировать и в студенческом периоде [15]. За последние несколько лет количество исследований, посвященных изучению и анализу пищевого поведения студентов, значительно возросло, и на текущий момент является актуальным и крайне важным направлением [5; 14; 26; 44; 50]. В результате проведенных исследований установлены как нарушения режима питания, так и недостаточность в рационе растительного и животного белка, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. В связи с этим целесообразно рассмотреть возможность использования в составе пищевых систем недорогого местного овощного сырья, в частности мякоти тыквы обыкновенной *Cucurbita pepo* как источника микронутриентов.

В аспекте разработки пищевых продуктов для рациона студентов особый интерес представляют каротиноиды тыквы, содержание которых (порядка 170 мг/г) позволяет рассматривать мякоть как надежный их источник.

Цель данного этапа работы – обоснование для выбора и разработки пищевых продуктов из мякоти тыквы на основе исследования фактического питания студентов для восполнения микронутриентов в их рационе.

Для анализа фактического пищевого рациона и пищевого поведения студентов использовали стандартизированное интервью по разработанной анкете с закрытыми вариантами ответов. В качестве респондентов выступили 208 студентов ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» (г. Екатеринбург), из которых 124 чел. (59,6 %) женского и 84 чел. (31,4 %) мужского пола в возрасте от 17–22 лет, более половины опрошенных (56,4 %) в возрасте 19–20 лет. Для статистической обработки полученных результатов использованы возможности MS Excel 2007.

В ходе опроса выявлено, что не менее 3 раз в день регулярно питаются почти 60 % опрошенных (рисунок 8).

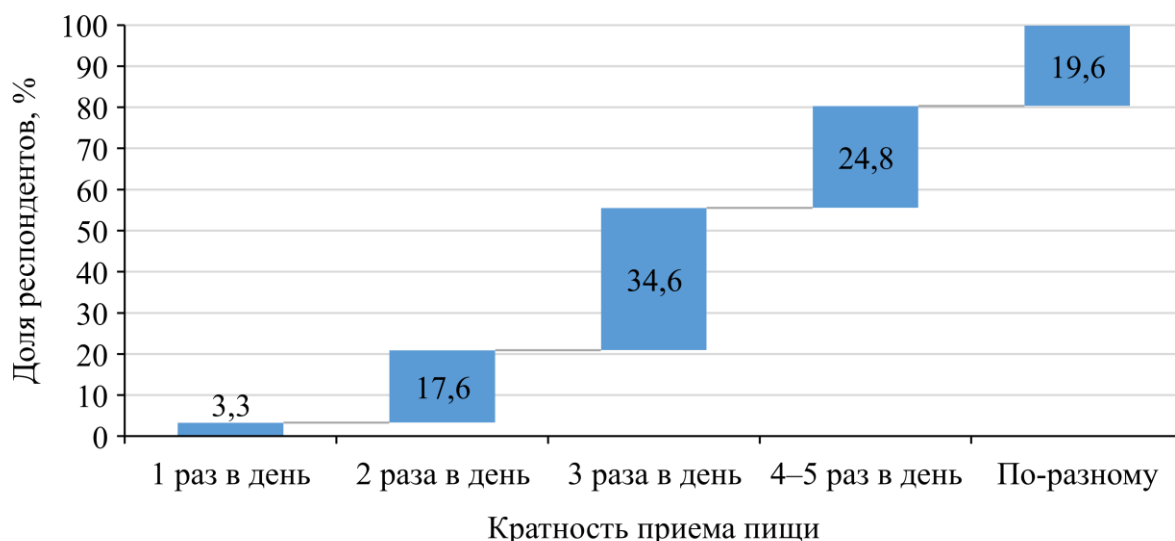


Рисунок 8 – Кратность приемов пищи

Доля респондентов, имеющих в день два приема пищи, составляет 17,6 %, из примерно поровну не обедают или не ужинают; 3,3 % опрошенных плотно едят

один раз в день, чего, по их заверению, им вполне достаточно, так как в течение дня они перекусывают, употребляют тонизирующие напитки и кондитерские изделия. Около 20 % респондентов не имеют устойчивого распорядка приема пищи, так как выбиваются из режима.

В ходе анализа также было выявлено, что 7,2 % опрошенных не завтракают вообще, а 26,1 % завтракают редко (рисунок 9).

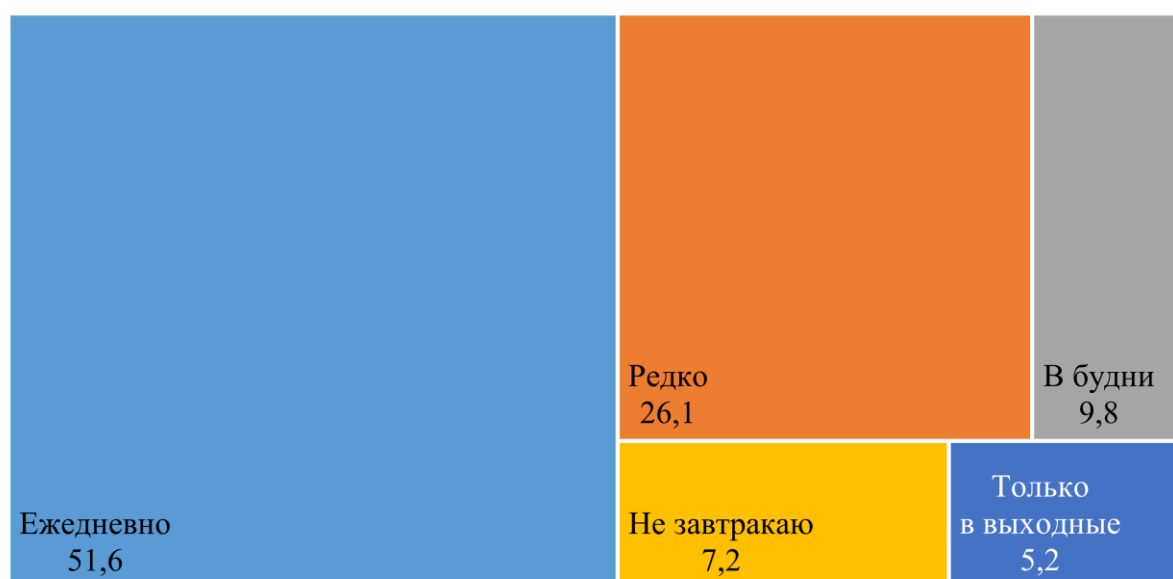


Рисунок 9 – Частота завтраков, %

Как видно из рисунка 9, более половины опрошенных (51,6 %) завтракают, что можно отметить как весьма положительный момент, поскольку завтрак увеличивает продуктивность на 1/3, способствует быстрому запоминанию и концентрации. Ранее Т. А. Аксеновой и соавторами установлено, что отсутствие полноценного завтрака приводит к ощущению чувства голода в районе 10 часов утра (44,2 %), а также к большим порциям во время обеда или ужина (78,2 %) [4].

В ходе анализа было выявлено редкое употребление горячих блюд (рисунок 10).

Установлено, что только 34,0 % опрошенных едят горячую пищу всего один раз в день, а 13,7 % – несколько раз в неделю.

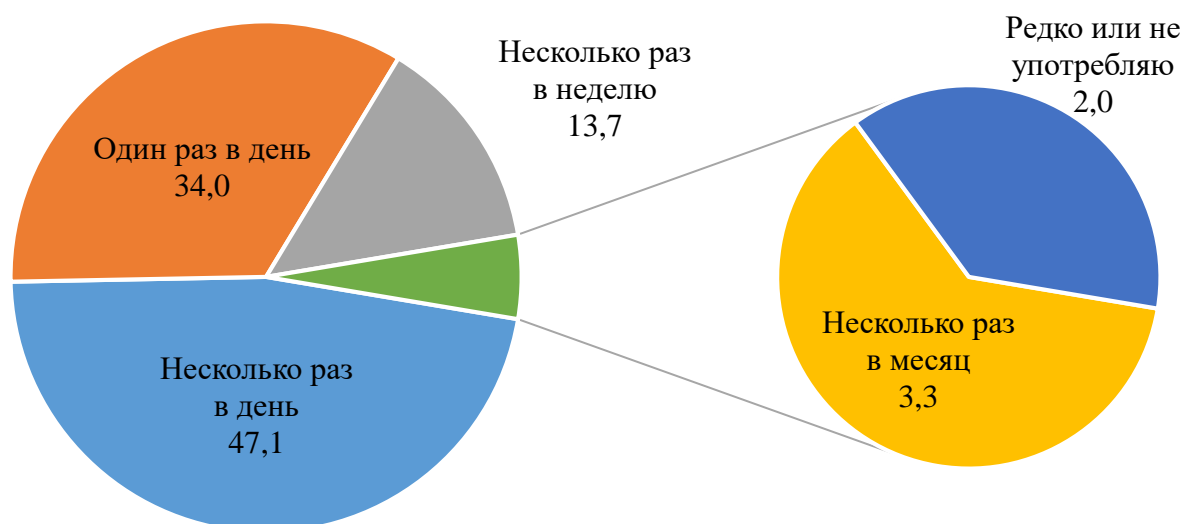


Рисунок 10 – Частота приемов горячей пищи, %

Данная привычка крайне плохо влияет на усвояемость пищи: холодная еда переваривается стремительно и в желудке почти не задерживается, а переваренные белки следуют прямо в кишечник. В результате их неполной переработки возможны предпосылки к возникновению различных заболеваний и, как следствие, нарушению обмена веществ (дисбактериоз, ожирение и др.). Однако почти половина респондентов (47,1 %) несколько раз в день употребляет горячую пищу, которая переваривается медленнее холодной и полностью расщепляется на белки, жиры и углеводы.

В ходе анкетирования установлено, что мясные продукты, овощи и фрукты опрошенные употребляют, обеспечивая свой пищевой рацион основными макро- и микронутриентами – белками и витаминами (рисунок 11). Отсутствие в рационе мясного белка 11,1 % опрошенных объяснили нежеланием включать мясные продукты в свой рацион, тогда как почти 60 % объяснили это недостатком денег, невозможностью купить мясные продукты высокой степени готовности и нежеланием готовить самим; лишь 29,4 % респондентов употребляют продукты переработки мяса ежедневно.

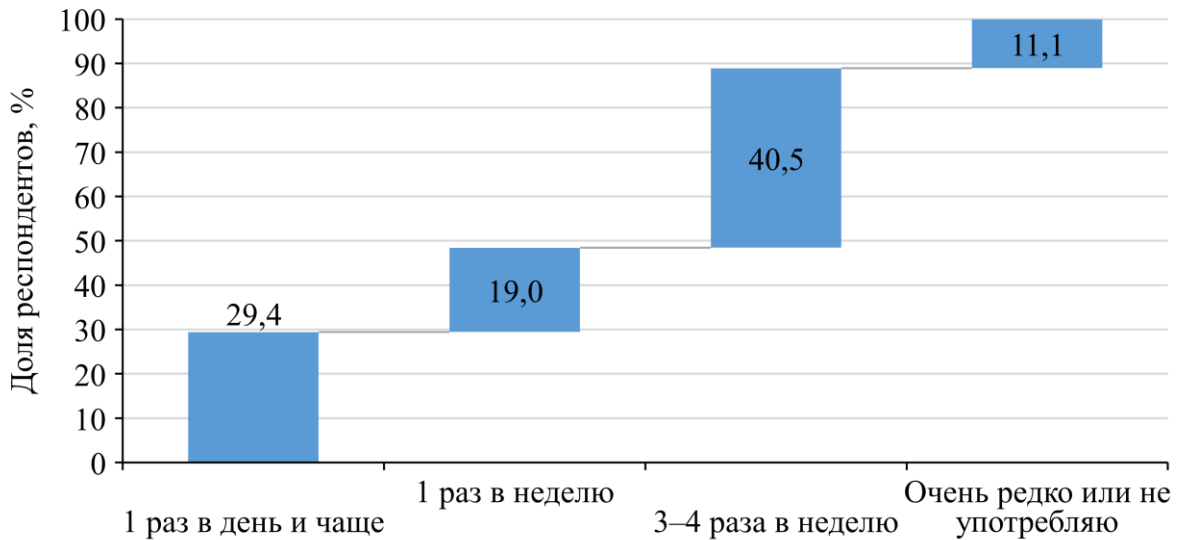


Рисунок 11 – Частота употребления мясной продукции, %

При анализе ответов анкеты выявлено довольно частое употребление фаст-фуда: у 7,2 % респондентов в ежедневном рационе присутствуют гамбургеры, картофель фри, пакетированные супы, 18,3 % – несколько раз в неделю (рисунок 12).

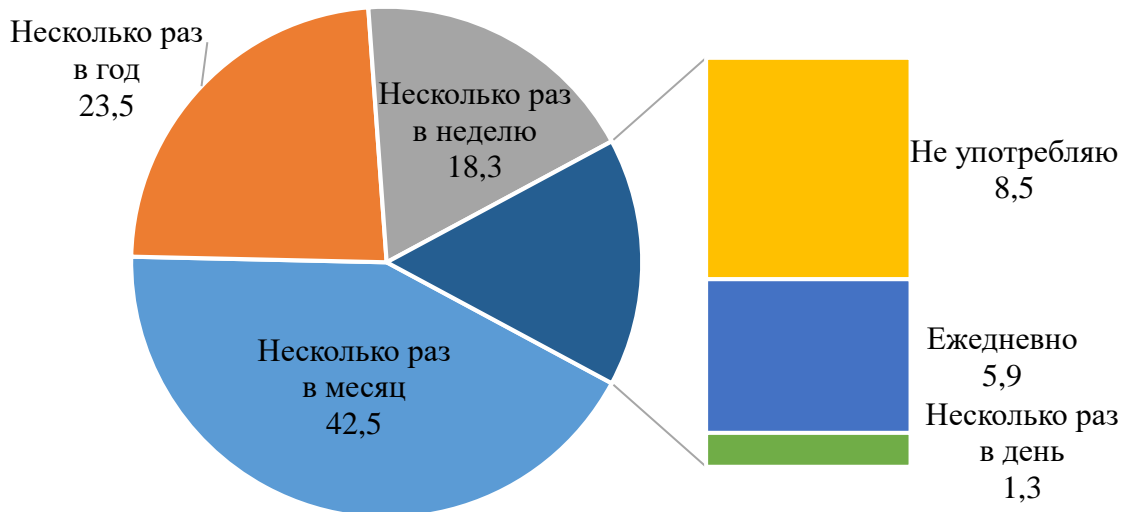


Рисунок 12 – Частота употребления фаст-фуда, %

Стоит отметить, что проблемы со здоровьем, возникающие при регулярном употреблении продуктов фастфуда, волнуют медицинское сообщество уже давно, так как доказано на фоне их употребления развитие заболеваний желудочно-кишечного тракта, ожирения и т. д. [4].

На вопрос: «Как часто вы едите фрукты и овощи?» лишь 31,4 % опрошенных ответили «Ежедневно», при этом 13,1 % – несколько раз в день (рисунок 13).

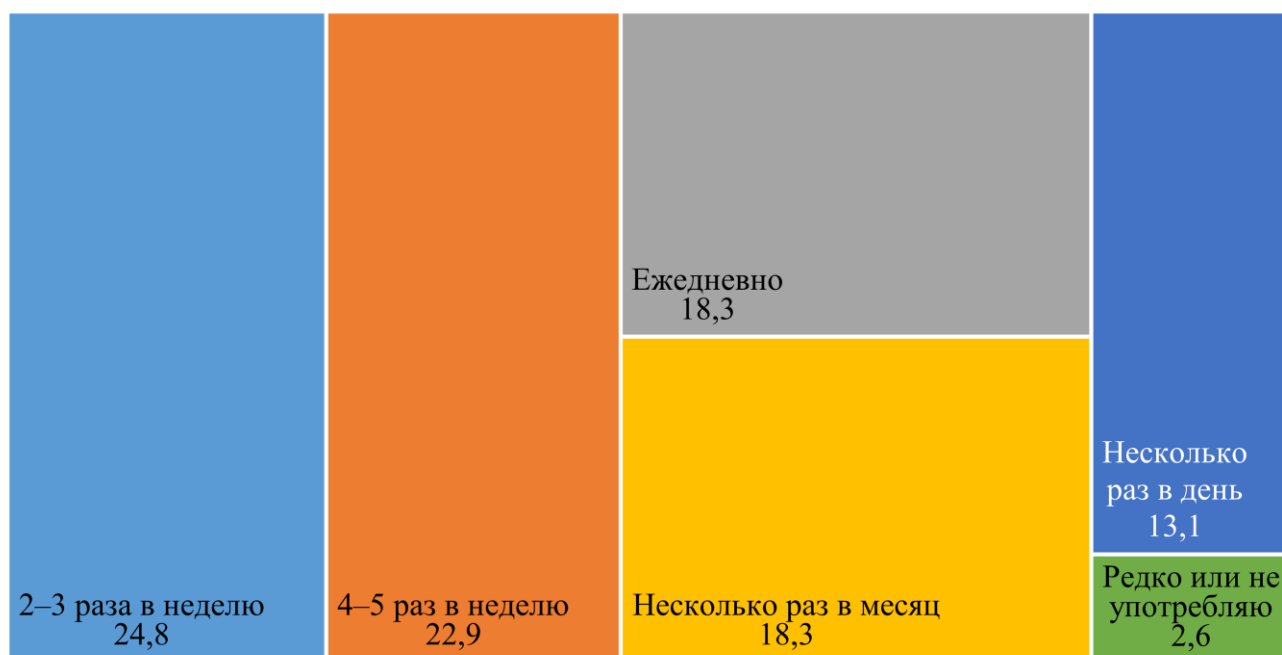


Рисунок 13 – Частота употребления фруктов и овощей, %

Около 21 % опрошенных ответили «Несколько раз в месяц», а 2,6 % – редко либо не употребляют вообще, что представляется критичным. В целом опрошенные студенты употребляют фруктов и овощей меньше, чем нужно для нормальной жизнедеятельности человека. Фрукты и овощи должны присутствовать в ежедневном рационе как источники клетчатки и целого перечня биологически активных веществ.

Следует отметить, что полученные в ходе исследования результаты хорошо согласуются с результатами аналогичных исследований в различных городах и вузах нашей страны [14; 26; 44]. Таким образом, можно определить основные проблемы пищевого поведения студентов: нерегулярное питание, отсутствие завтраков и приемов горячей пищи, при этом в пищевом рационе молодых людей выявлено недостаточное количество источников белка, клетчатки и БАВ – микронутриентов фруктов и овощей.

Далее в ходе опроса была выявлена малая осведомленность о пользе БАВ фруктов и овощей вообще и каротиноидов в частности: 41,11 % респондентов не знает о пользе БАВ, а 46,29 % – чем полезны каротиноиды для организма человека.

Стоит сказать, что мякоть плодов тыквы обыкновенной имеет определенные перспективы в технологиях напитков с минимальной термической обработкой [49; 183].

В ходе анализа было выявлено в основном положительное отношение к продуктам из тыквы (рисунок 14).

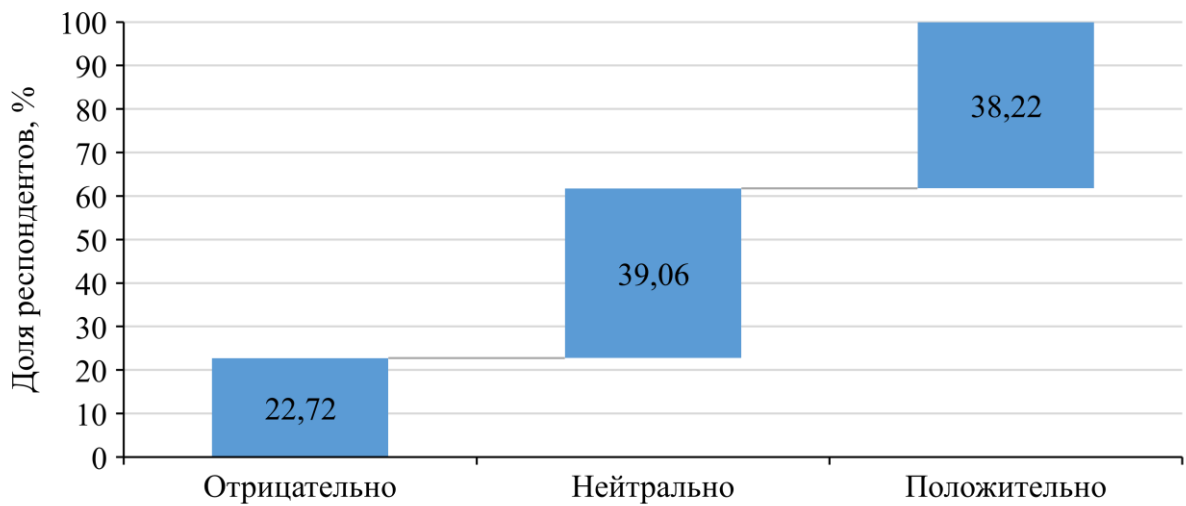


Рисунок 14 – Отношение к продуктам из тыквы

Из рисунка 14 видно, что к продуктам из мякоти тыквы положительно отнеслись 38,22 % опрошенных, имеющих опыт употребления соков и нектаров на основе тыквы, 39,06 % респондентов придерживаются нейтральной позиции, а значит, при правильном позиционировании продуктов из мякоти тыквы могут стать их потребителями.

Таким образом, выявленные основные проблемы пищевого поведения студентов хорошо согласуются с литературными данными, при этом в пищевом рационе опрошенных молодых людей выявлено недостаточное количество источников белка, клетчатки и БАВ – микронутриентов фруктов и овощей. Установлена невысокая осведомленность о пользе БАВ фруктов и овощей вообще и каротиноидов

в частности: 41,11 % респондентов не знает о пользе БАВ, а 46,29 % – чем полезны каротиноиды для организма человека. При этом к продуктам из мякоти тыквы положительно отнеслись 38,22 %, а почти 40 % респондентов придерживаются нейтральной позиции, а значит, при правильном позиционировании продуктов из мякоти тыквы могут стать их потребителями.

3.2 Исследование показателей качества тыквы, произрастающей в Свердловской области и Алтайском крае

На первом этапе исследования установлено соответствие образцов тыквы требованиям ГОСТ 7975-2013 «Тыква продовольственная свежая. Технические условия»: форма и размер плодов, окраска коры и мякоти плодов свойственны ботаническому виду и сорту, размер плодов по наибольшему поперечному диаметру составил от 27 см (Алтайская 47) до 38 см (Грибовская зимняя). Разрез плодов показал, что семена сформировавшиеся, зрелые. В ходе дегустации сырой мякоти образцов тыквы установлено, что ее аромат свежий, приятный, свойственный плодам тыквы, вкус характерный, сладковатый, мягкий; выделены два сорта (Зимняя сладкая и Кустовая оранжевая), сладкий вкус которых более выражен. Из показателей гигиенической безопасности исследовано содержание нитратов, которое колеблется от 120 мг/кг (Зимняя сладкая) до 210 мг/кг (Улыбка) и не превышает предельно допустимого уровня 400 мг/кг (ТР ТС «О безопасности пищевой продукции», прил. 3, п. 6). Данный факт объясняется тем, что исследуемые плоды приобретены у садоводов-любителей, а накопление нитратов в овощах происходит при промышленном производстве с использованием удобрений.

Далее было определено содержание элементов, определяющих гигиеническую безопасность (таблица 7).

Таблица 7 – Содержание тяжелых металлов и нитратов ($M \pm m, n = 3$)

Сорт	Содержание в образце мякоти, мг/кг				
	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть	Нитраты
Россиянка	0,021 ± 0,003	0,050 ± 0,010	0,005 ± 0,001	0,004 ± 0,001	165,0 ± 15,0
Улыбка	0,035 ± 0,003	0,050 ± 0,010	0,005 ± 0,001	0,005 ± 0,001	210,0 ± 22,0
Кустовая оранжевая	0,028 ± 0,003	0,050 ± 0,010	0,005 ± 0,001	0,004 ± 0,001	130,0 ± 15,0
Грибовская зимняя	0,019 ± 0,003	0,040 ± 0,010	0,005 ± 0,001	0,003 ± 0,001	187,0 ± 18,0
Зимняя сладкая	0,025 ± 0,003	0,060 ± 0,010	0,005 ± 0,001	0,003 ± 0,001	240,0 ± 20,0
Алтайская 47	0,027 ± 0,003	0,035 ± 0,010	0,006 ± 0,001	0,004 ± 0,001	190,0 ± 15,0
Референсное значение (по ТР ТС 021/2011, прил. 3), не более	0,5	0,2	0,03	0,02	400

Из приведенных в таблице 7 данных видно, что содержание тяжелых металлов в образцах тыквы значительно ниже установленных норм, что хорошо согласуется с литературными данными [29]. В работе [69] показано, что основным источником тяжелых металлов является почвенная влага, экстрагирующая под влиянием органических кислот металлы из почвы, источником кадмия дополнительно может являться и поливная вода. Из контролируемых металлов самым подвижным является свинец, который вместе с почвенной влагой мигрирует в состав плодов. Свердловская область является промышленно развитым регионом, что и объясняет наличие в почве тяжелых металлов.

Из показателей гигиенической безопасности в свежей мякоти исследовано содержание нитратов, которое колеблется от 130 мг/кг (Кустовая оранжевая) до 210 мг/кг (Улыбка) и не превышает предельно допустимого уровня 400 мг/кг (ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», прил. 3, п. 6). Данный факт объясняется тем, что исследуемые плоды приобретены у садоводов-любителей, а накопление нитратов в овощах происходит при промышленном производстве с использованием удобрений.

Показатели микробиологической безопасности приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели микробиологической безопасности цельной мякоти тыквы

Сорт	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП (колиформы)	Дрожжи, КОЕ/г	Плесени, КОЕ/г
Россиянка	$0,1 \cdot 10^5$	Не выделены	25	Не обнаружены
Улыбка	$0,1 \cdot 10^5$	Не выделены	15	Не обнаружены
Кустовая оранжевая	$0,1 \cdot 10^5$	Не выделены	20	Не обнаружены
Грибовская зимняя	$0,1 \cdot 10^5$	Не выделены	24	Не обнаружены
Зимняя сладкая	$0,1 \cdot 10^5$	Не выделены	30	Не обнаружены
Алтайская 47	$0,1 \cdot 10^5$	Не выделены	18	Не обнаружены
Референсное значение (по ТР ТС 021/2011, прил. 2)	Не более $5 \cdot 10^4$	Не допускаются в массе продукта 0,01	Не более 50	Не более 500

Количество КМАФАнМ, дрожжей и плесеней во всех образцах свежей мякоти позволяет сделать вывод о микробиологической безопасности образцов и их пригодности к использованию для получения полуфабрикатов и готовых блюд в домашних условиях, в кулинарном производстве предприятий общественного питания и розничного ретейла, а также на предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности.

Дрожжи и плесени развиваются в диапазоне температур 4–60 °С. Как правило, дрожжи обитают на сахаросодержащих субстратах, в том числе на поверхности плодов и некоторых овощей: ранее в исследованиях определено содержание редуцирующих сахаров в мякоти тыквы – от 5,42 % до 7,40 % [68]. Дрожжи являются причиной ферментативных процессов в большинстве случаев нежелательных, а плесени создают благоприятные условия для развития бактерий. Что касается БГКП, являющихся санитарно-показательными микроорганизмами и индикаторами биологического загрязнения окружающей среды (производственных помещений, поверхности растительного сырья, тары и т. п.), то в образцах их не выделено, что свидетельствует о чистоте сырья.

Из приведенных в таблицах 9 и 10 данных видно, что при дальнейшей переработке мякоти с течением времени в образцах увеличивается общая обсемененность – в нарезанной мякоти на 20–30 %, в измельченной – на 30–40%, которая в дальнейшем повлечет нарастание общей кислотности образцов, что непременно отразится на вкусе и запахе полуфабрикатов.

Таблица 9 – Показатели микробиологической безопасности нарезанной и измельченной мякоти тыквы выращенной в Свердловской области

Сорт	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП (колиформы)	Дрожжи, КОЕ/г	Плесени, КОЕ/г
Образцы нарезанной мякоти				
Россиянка	$0,12 \cdot 10^5$	Не выделены	30	15
Улыбка	$0,13 \cdot 10^5$		18	15
Кустовая оранжевая	$0,12 \cdot 10^5$		22	15
Образцы измельченной мякоти				
Россиянка	$0,14 \cdot 10^5$	Не выделены	32	20
Улыбка	$0,13 \cdot 10^5$		20	22
Кустовая оранжевая	$0,14 \cdot 10^5$		24	20
Референсное значение (по ТР ТС 021/2011, прил. 2)	Не более $5 \cdot 10^4$	Не допускаются в массе продукта 0,01	Не более 50	Не более 500

Таблица 10 – Показатели микробиологической безопасности нарезанной и измельченной мякоти тыквы выращенной в Алтайском крае

Сорт	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП (колиформы)	Дрожжи, КОЕ/г	Плесени, КОЕ/г
Образцы нарезанной мякоти				
Грибовская зимняя	$0,15 \cdot 10^5$	Не выделены	28	9
Зимняя сладкая	$0,14 \cdot 10^5$		26	16
Алтайская 47	$0,17 \cdot 10^5$		14	14
Образцы измельченной мякоти				
Грибовская зимняя	$0,18 \cdot 10^5$	Не выделены	34	18
Зимняя сладкая	$0,16 \cdot 10^5$		29	24
Алтайская 47	$0,21 \cdot 10^5$		22	21
Референсное значение (по ТР ТС 021/2011, прил. 2)	Не более $5 \cdot 10^4$	Не допускаются в массе продукта 0,01	Не более 50	Не более 500

Плесени в свежей мякоти не определены, тогда как в порезанных и измельченных полуфабрикатах они присутствуют; нарастает и количество дрожжей, что можно объяснить спорообразующим характером микроорганизмов на поверхности тыквы. При попадании в благоприятную среду, содержащую достаточное количество влаги и питательных веществ, происходит развитие микроорганизмов, и с течением времени количество биомассы возрастает резко экспоненциально в соответствии с типичной кривой роста микроорганизмов. Однако полученные в экспери-

менте значения микробиологических показателей не являются критичными, что позволит использовать полуфабрикаты для дальнейшей переработки. БГКП не идентифицированы, что можно считать положительным моментом, поскольку данные бактерии являются возбудителями инфекций в организме человека.

Потенциальная опасность может быть проанализирована с позиций системы менеджмента качества и безопасности пищевой продукции НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points), основным принципом которой является проведение анализа опасных факторов на все этапах производства переработки овощного сырья (рисунок 15).

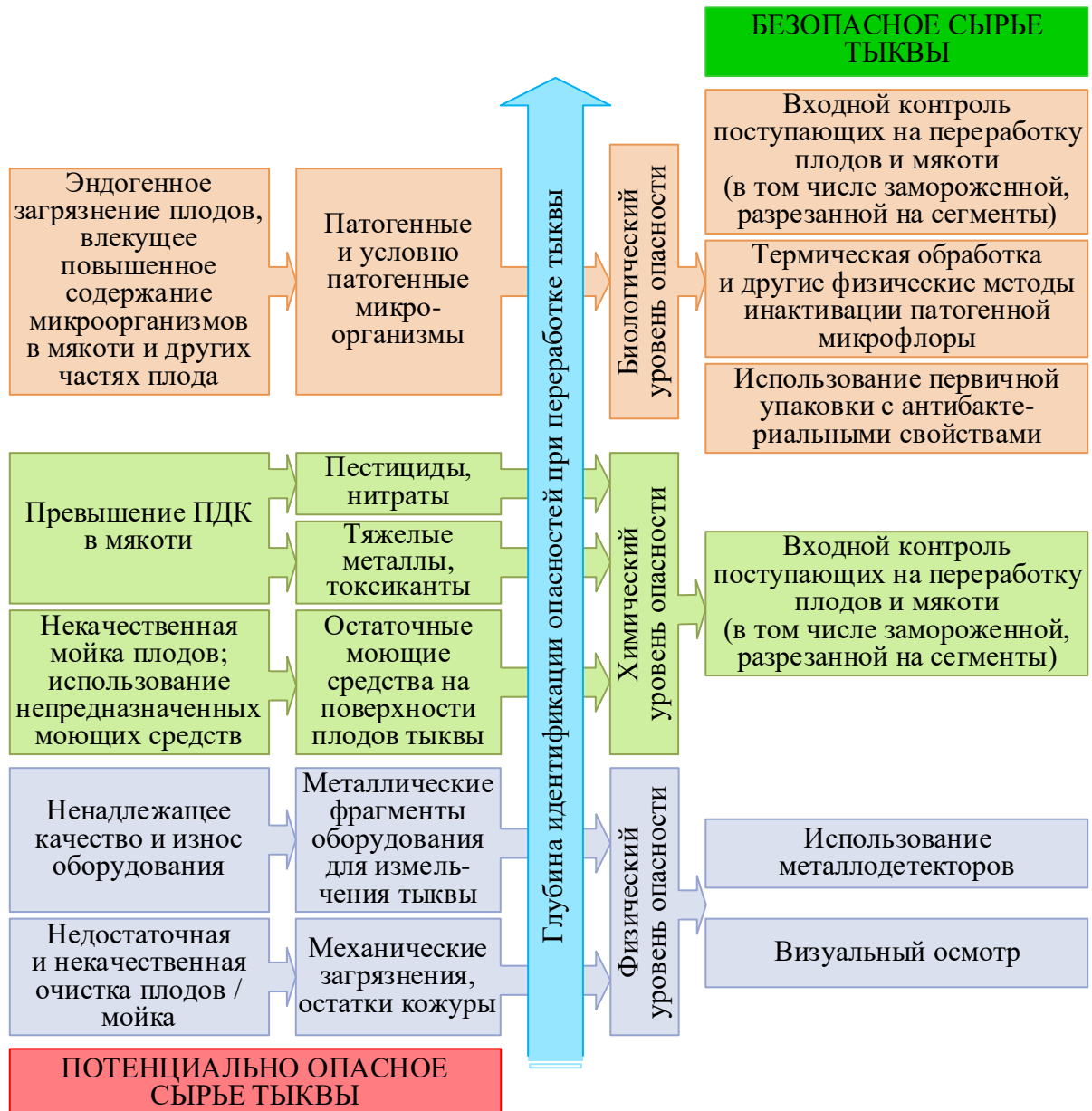


Рисунок 15 – Потенциально опасные факторы при переработке сырья тыквы

Из рисунка 15 видно, что наиболее опасной является группа биологических факторов, а именно наличие патогенных микроорганизмов, в частности бактерий (*Salmonella* spp., *Klebsiella* spp., *Staphylococcus* spp., *Pseudomonas* spp. и др.), плесневых грибов (*Candida* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus niger* и др.); из химических – превышение содержания тяжелых металлов и их солей нитратов и остатков моющих средств; из физических – посторонние примеси. Предупреждающими мерами являются: во-первых, проверка сопроводительных документов поставщиков сырья, подтверждающих качество плодов тыквы (протоколы испытаний, качественные удостоверения и т. д.); во-вторых, выборочный входной контроль плодов, периодичность которого устанавливается в каждом конкретном случае. Кроме того, необходимо соблюдать условия и сроки хранения плодов и мякоти на перерабатывающих предприятиях, в том числе общественного питания и розничного ритейла. Так, несоблюдение требуемых значений показателей климатического режима (температура, относительная влажность воздуха) приводит к активизации составляющих патогенной микрофлоры, что отрицательно повлияет на микробиологическую безопасность мякоти и полученных полуфабрикатов. Кроме того, обязательным является контроль всех технологических этапов производства полуфабрикатов: приемка, хранение и обработка плодов и мякоти тыквы, подготовка тары, хранение и использование готовых полуфабрикатов. Должны быть включены оценка оборудования и всего предприятия в целом с точки зрения общей гигиены, гигиены и организации санитарных условий технологических процессов, здоровья и гигиены персонала.

Химический состав мякоти образцов представлен в таблице 11.

В ходе исследования установлено, что содержание сухих веществ в образцах тыквы составляет 8,15–11,18 %. Наибольшее содержание сахаров наблюдается в сортах Зимняя сладкая и Кустовая оранжевая (6,59 % и 6,46 % соответственно), что хорошо согласуется с результатом органолептической оценки мякоти. Необходимо отметить, что все исследуемые сорта тыквы содержат незначительное количество кислот (этот факт объясняет пресный вкус мякоти).

Таблица 11 – Химический состав мякоти образцов тыквы (усредненные значения за 2020–2024 гг.) ($n = 5, M \pm m$)

Показатель	Образцы тыквы					
	выращенные в Алтайском крае			выращенные в Свердловской области		
	Грибовская зимняя	Алтайская 47	Зимняя сладкая	Россиянка	Улыбка	Кустовая оранжевая
Массовая доля сухих веществ, %	8,15 ± 0,31 ^{c-f}	7,88 ± 0,37 ^{c-f}	9,03 ± 0,52 ^{abf}	8,81 ± 0,39 ^{abf}	9,15 ± 0,33 ^{abf}	11,18 ± 0,32 ^{a-e}
Массовая доля редуцирующих сахаров, %	4,67 ± 0,27 ^{c-f}	5,11 ± 0,34 ^{cef}	6,59 ± 0,35 ^{abde}	5,24 ± 0,29 ^{acde}	6,03 ± 0,32 ^{a-d}	6,46 ± 0,23 ^{abd}
Массовая доля титруемых кислот, %	0,45 ± 0,05 ^e	0,39 ± 0,04 ^{cef}	0,51 ± 0,05 ^b	0,44 ± 0,03 ^{ef}	0,54 ± 0,04 ^{abd}	0,51 ± 0,04 ^{bd}
Массовая концентрация каротиноидов в расчете на β-каротин, мкг/г	37,78 ± 4,30 ^{bc}	43,99 ± 3,03	31,53 ± 3,15 ^{abc}	41,03 ± 4,17 ^b	37,18 ± 3,57 ^{bc}	40,29 ± 3,22 ^b
Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г	10,34 ± 2,07 ^{cd}	14,03 ± 2,99 ^c	19,23 ± 2,37	12,30 ± 2,49 ^c	11,51 ± 2,23 ^c	14,89 ± 2,26 ^{ac}
Содержание железа, мг/100 г (в расчете на сухую массу)	0,51 ± 0,03 ^{bde}	0,41 ± 0,06	0,48 ± 0,03 ^{bdef}	0,62 ± 0,02	0,54 ± 0,04 ^{bcd}	0,33 ± 0,04
Содержание магния, мг/100 г (в расчете на сухую массу)	12,53 ± 0,91 ^{bcef}	14,66 ± 0,83 ^{acef}	18,44 ± 0,89	13,75 ± 0,89 ^{cef}	22,02 ± 1,26	16,46 ± 0,87
Примечание – Различия средних значений в строке с разными строчными буквами (<i>a-f</i> – по сорту) незначительны ($p < 0,05$).						

Биологическую ценность мякоти тыквы обуславливают прежде всего каротиноиды, содержание которых является одним из основных показателей функциональных свойств пищевых продуктов. Известно, что максимальным содержанием каротиноидов отличаются мускатные сорта тыквы (например, Чудо-юдо, Жемчужина, Красавица и др.) – 6,9–11,9 мг/100 г в пересчете на β -каротин [13]. Рассматриваемые сорта крупноплодной и твердокорой тыквы успешно возделываются в условиях Сибири и Среднего Урала; содержание каротина в них варьирует в пределах от $(3,153 \pm 0,153)$ мг/г (сорт Зимняя сладкая) до $(4,399 \pm 0,399)$ мг/г (сорт Алтайская 47).

Аскорбиновая кислота, будучи, как и каротин, эндогенным антиоксидантом и синергистом, подавляет свободные радикалы [1]. Установленное содержание аскорбиновой кислоты составило от $(10,34 \pm 2,07)$ мг/100 г (сорт Грибовская зимняя) до $(19,23 \pm 2,37)$ мг/100 г (сорт Зимняя сладкая), что хорошо согласуется с литературными данными [16; 52].

Исходя из суточной потребности в тех или иных минеральных веществах, мякоть тыквы не следует рассматривать как основной источник их поступления, однако железо и магний активируют сеть ферментов, составляющих собственную антиоксидантную систему человека [25].

Использование мякоти тыквы в рецептурах продуктов питания увеличивает их биологическую ценность за счет содержащегося в ней микронутриента β -каротина, снижает себестоимость изделий и увеличивает срок годности [45; 49]. Данный факт определяет перспективы использования мякоти тыквы в безалкогольных напитках, в частности в качестве овощной основы для смузи и ферментированных напитков.

В результате проведенного исследования установлено, что содержание сухих веществ в образцах тыквы составляет от $(7,88 \pm 0,37)$ % (сорт Алтайская 47) до $(11,18 \pm 0,32)$ % (сорт Кустовая оранжевая); максимальным содержанием редуцирующих сахаров отличаются сорта Зимняя сладкая и Кустовая оранжевая.

Полученные экспериментальные данные подтверждают возможность использования в рецептурах продуктов питания мякоти тыквы.

В таблице 12 представлен морфологический состав плодов тыквы изучаемых сортов.

Таблица 12 – Морфологический состав плодов тыквы (усредненные значения за 2020–2024 гг.) ($n = 5, M \pm m$)

Показатель	Массовая доля в образцах тыквы, %					
	выращенных в Алтайском крае			выращенных в Свердловской области		
	Грибовская зимняя	Алтайская 47	Зимняя сладкая	Россиянка	Улыбка	Кустовая оранжевая
Мякоть	74,36 ± 2,27 ^{bcf}	72,39 ± 2,29 ^{af}	76,24 ± 1,73 ^{aef}	81,40 ± 1,86 ^e	78,74 ± 1,41 ^{cd}	74,49 ± 2,01 ^{abc}
Кожура	6,62 ± 0,32 ^{ce}	9,39 ± 0,41	7,02 ± 0,33 ^{ae}	5,92 ± 0,36 ^f	6,48 ± 0,32 ^{ac}	5,64 ± 0,36 ^d
Волокна	14,76 ± 0,16	14,23 ± 0,45	13,26 ± 0,24	8,03 ± 0,32	11,40 ± 0,32	15,83 ± 0,44
Семена	4,26 ± 0,53 ^{bdf}	3,99 ± 0,43 ^{acf}	3,48 ± 0,24 ^{bef}	4,65 ± 0,44 ^a	3,38 ± 0,29 ^c	4,04 ± 0,22 ^{abc}
Примечание – Различия средних значений в строке с разными строчными буквами ($a-f$ – по сорту) несутественны ($p < 0,05$).						

Можно видеть, что достоверно по количеству мякоти в плодах выделяются сорта Россиянка и Улыбка, содержащие (81,40 ± 1,86) % и (78,74 ± 1,41) % мякоти соответственно ($p < 0,05$). Наибольшее содержание кожуры в составе плода было отмечено для сорта Алтайская 47 – 9,39 % ($p < 0,05$), наименьшее для сортов Россиянка и Кустовая оранжевая – (5,92 ± 0,36) % и (5,64 ± 0,36) % соответственно ($p < 0,05$). Наименьшее количество волокон содержится в плодах тыквы Россиянка – (8,03 ± 0,32) % ($p < 0,05$), семян – в сортах Зимняя сладкая и Улыбка – (3,48 ± 0,24) % и (3,38 ± 0,29) % соответственно ($p < 0,05$). Таким образом, если учитывать количество вторичных сырьевых ресурсов, образующихся при переработке мякоти тыквы, то сорт Россиянка можно отнести к наиболее подходящим для промышленной переработки.

В настоящее время применяются все части плодов тыквы и отходы их переработки, что открывает определенные перспективы для использования местных сортов тыквы в технологии продуктов питания, в частности безалкогольных напитков сложного состава. В эксперименте подтверждена безопасность среднеспелых крупноплодных сортов Россиянка, Улыбка, Кустовая оранжевая, выращенных в Свердловской области. Установлено, что содержание тяжелых металлов гораздо

ниже установленных ТР ТС 021/2011 норм, содержание нитратов (130–210 мг/кг) также не превышает предельно допустимого данным техническим регламентом уровня; бактерии группы кишечной палочки в образцах мякоти и полученных полуфабрикатов не выделены, что свидетельствует о чистоте сырья; КМАФАнМ и количество дрожжей во всех образцах свежей мякоти позволяет сделать вывод о микробиологической безопасности образцов и их пригодности к использованию для получения полуфабрикатов. При переработке мякоти в образцах нарастает общая обсемененность – в нарезанной на 20–30 %, в измельченной – на 30–40%. Плесени в свежей мякоти не определены, тогда как в полуфабрикатах они есть, нарастает и количество дрожжей, что можно объяснить спорообразующим характером микроорганизмов на поверхности тыквы. Однако полученные в эксперименте значения микробиологических показателей не являются критичными, что позволит использовать полуфабрикаты для дальнейшей переработки в домашних условиях, в кулинарном производстве предприятий общественного питания и розничного ретейла, на предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности.

3.3 Разработка обучаемой модели для автоматического анализа изображений плодов тыквы

Современные технологии искусственного интеллекта и компьютерного зрения позволяют автоматизировать процессы контроля качества продукции. В данной работе представлена обучаемая модель для автоматического анализа изображений плодов тыквы, разработанная с использованием сверточных нейронных сетей (CNN). При внедрении технологий рекомендуется учитывать обновленную архитектуру системы контроля качества продукции, разработанную на основе применения нейронных сетей и компьютерного зрения и состоящую из ключевых компонентов, представленных на рисунке 16.

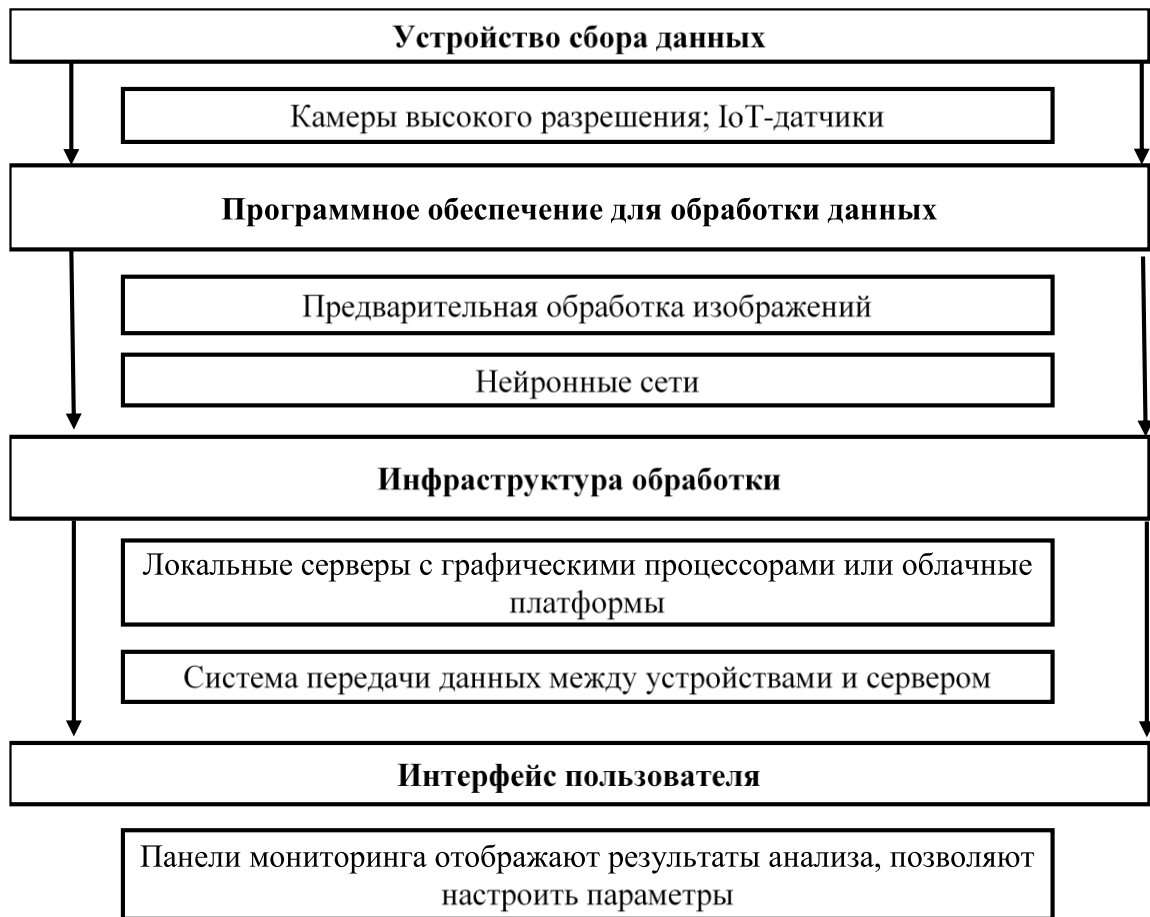


Рисунок 16 – Архитектура системы контроля качества продукции с применением цифровых технологий

В контексте проведения оценки качества плодов тыквы применение искусственного интеллекта, в частности компьютерного зрения, может способствовать обнаружению дефектов на поверхности плодов (выявление гнили, пятен, трещин или других видимых повреждений), а также производить оценку формы (определение отклонений от стандартной формы, которые могут свидетельствовать о повреждениях или проблемах при выращивании). Немаловажным является и возможность классификации по цвету (анализ цвета кожуры для определения зрелости и выявления проблем, связанных с болезнями или повреждениями), а также сегментации изображений (разделение изображения на зоны: например, тыква и фон, что позволяет сосредоточить анализ на конкретных областях).

К потенциальным сферам применения предложенной разработки обучаемой модели для автоматического анализа изображений плодов тыквы относятся пред-

приятия пищевой промышленности, распределительные центры, овощехранилища, предприятия оптовой и розничной торговли:

– интеграция программы в производственные линии предприятий пищевой промышленности для автоматической проверки качества растительного сырья перед переработкой, что снижает риск попадания некачественного сырья в продукцию и повышает общую безопасность и качество продукции.

– контроль качества на этапе закупки у поставщиков: использование программы для быстрого и точного анализа качества продукции.

– интеграция программы в автоматизированные линии сортировки.

– проведение регулярного мониторинга состояния тыквы на складах, овощехранилищах, распределительных центрах крупных торговых сетей.

Этапы разработки обучаемой модели для автоматического анализа изображений плодов тыквы изображены в виде-блок-схемы (рисунок 17).

1. *Сбор и подготовка данных.* На данном этапе проведен сбор изображений, используемых для дальнейшего обучения модели. Для создания базы изображений исследуемого объекта дополнительно были выбраны определенные бахчевые культуры, имеющие общие признаки с тыквой: кабачки, дыня, арбузы.

Сортировка изображений проведена в соответствии с требованиями ГОСТ 7975-2013 по следующим группам:

– здоровые плоды;

– допустимые дефекты, незначительные (плоды с отклонениями от правильной формы, но не уродливые, с зарубцевавшимися (опробковевшими) повреждениями коры от порезов и царапин);

– нестандарт (плоды неправильной формы (уродливые), не зарубцевавшиеся порезы и трещины, не переходящие в мякоть, солнечные ожоги на площади менее $\frac{1}{4}$ плода, загрязненные);

– брак, отход, неликвид (загнившие и гнилые, перезревшие, раздавленные, поврежденные сельскохозяйственными вредителями, увядшие, загнившее соцветие, вырванная плодоножка, грубые механические повреждения, переходящие в мякоть плода, бактериальные пятна).

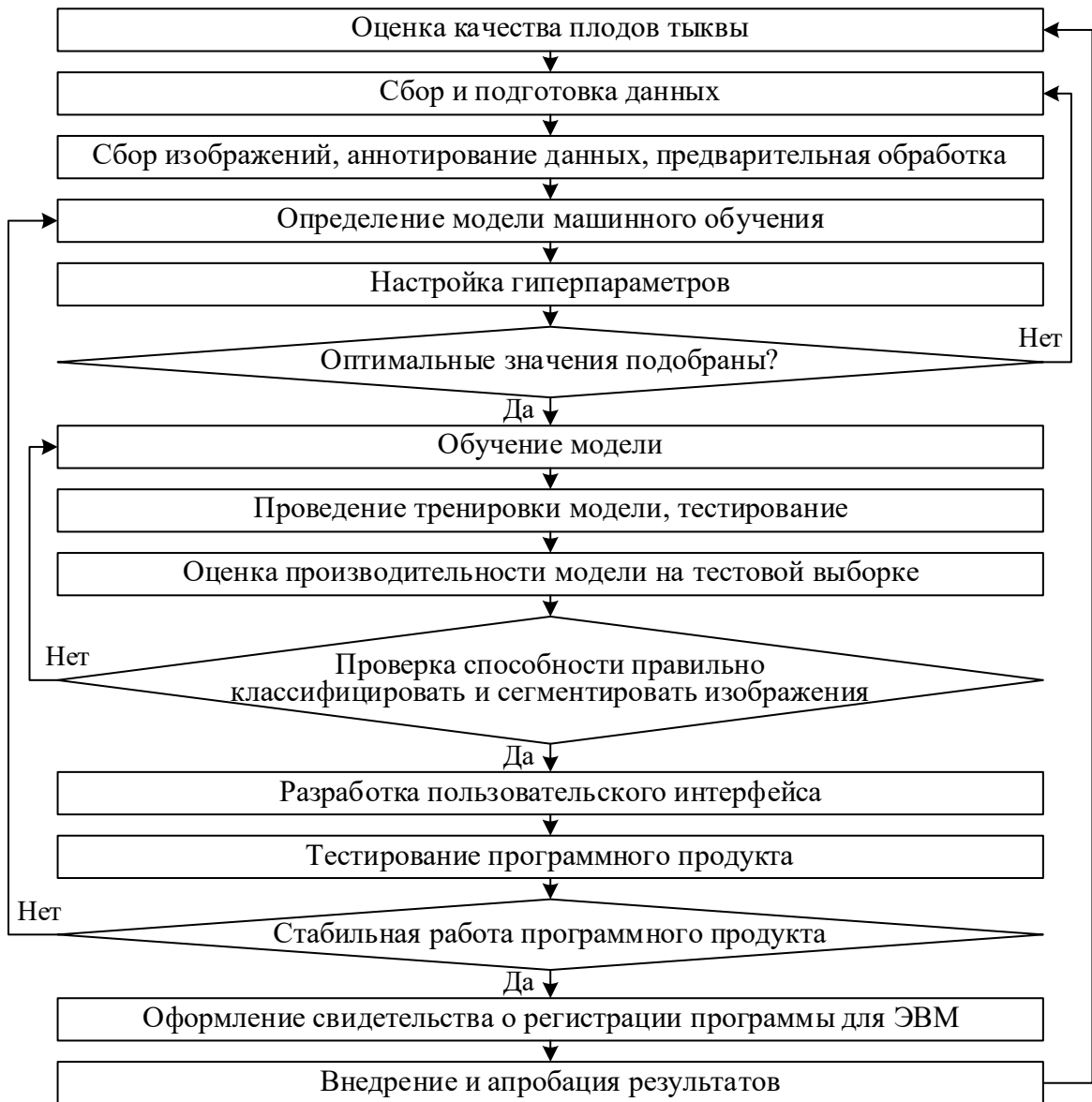


Рисунок 17 – Блок-схема этапов разработки обучаемой модели для автоматического анализа изображений плодов тыквы

Пример подбора и группировки изображений представлен на рисунке 18.

Далее отсортированные изображения подлежат разметке, с указанием области интереса (здоровая часть плода, поврежденная область, признаки гнили, наличие вредителей и т. д.). Для подготовки к дальнейшему анализу изображений рекомендуется проводить нормализацию изображений, удаление шумов, изменение размера и других параметров.



Рисунок 18 – Принцип сортировки и группировки изображений

2. *Выбор модели машинного обучения.* Для классификации изображений была выбрана сверточная нейронная сеть (CNN), так как она наиболее эффективна при обработке визуальных данных. Архитектура сети включает:

- входной слой размером 150×150 пикселей;
- четыре сверточных слоя (Conv2D) с увеличивающимся количеством фильтров (64; 128; 256; 512);
- слои подвыборки (MaxPooling2D);
- полносвязный слой с 512 нейронами;
- выходной слой с четырьмя нейронами (по числу категорий) и функцией активации softmax.

3. *Обучение модели.* Обучение модели проводилось с использованием оптимизатора Adam и функции потерь «categorical_crossentropy» на 50 эпохах. Для повышения обобщающей способности модели применялась аугментация данных (вращение, сдвиги, масштабирование, отражение).

4. *Разработка пользовательского интерфейса.* Данный этап предполагает создание веб-интерфейса – разработку интерфейса, позволяющего загружать изображения и получать результаты анализа.

Для удобства использования была создана программа с графическим интерфейсом (GUI). Она позволяет пользователю загружать изображения, получать результаты анализа, а также давать обратную связь для дообучения модели.

Функционал программы включает:

- загрузку изображения с компьютера;
- классификацию изображения по одной из четырех категорий;
- вывод результата вместе с обработанным изображением;
- возможность исправления ошибки классификации;
- кнопку «Переобучить модель» для внесения правок на основе пользовательского ввода.

Пример интерфейса представлен на рисунке 19.

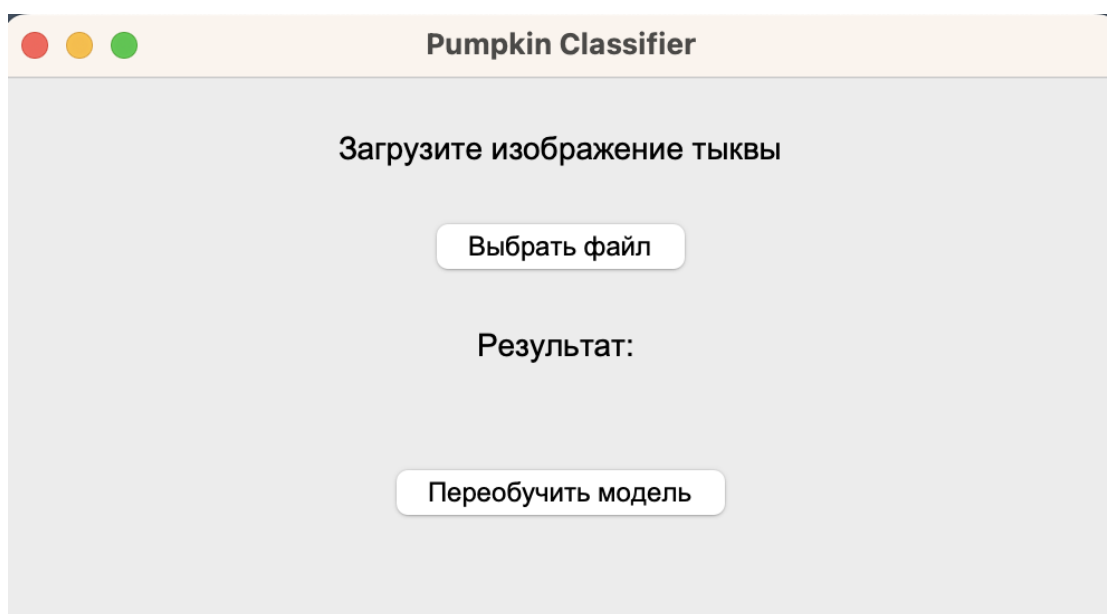


Рисунок 19 – Пример интерфейса разработанной модели

5. *Тестирование и внедрение.* Модель была протестирована на отдельном тестовом наборе данных. Средняя точность классификации составила 85 %.

Для оценки качества модели были использованы метрики точности (accuracy), полноты (recall) и F1-меры. График точности модели представлен на рисунке 20.

****Отчет по классификации**:**

	precision	recall	f1-score	support
Здоровые	0.63	0.81	0.71	21
Допустимые дефекты	0.33	0.12	0.18	8
Нестандарт	0.33	0.38	0.35	8
Брак	0.00	0.00	0.00	3
accuracy			0.53	40
macro avg	0.32	0.33	0.31	40
weighted avg	0.46	0.53	0.48	40

Рисунок 20 – График точности модели

Дополнительно, была проведена оценка работы модели на тестовом наборе. Получены следующие результаты:

– матрица ошибок, отражающая корректность предсказаний по каждому классу (рисунок 21).

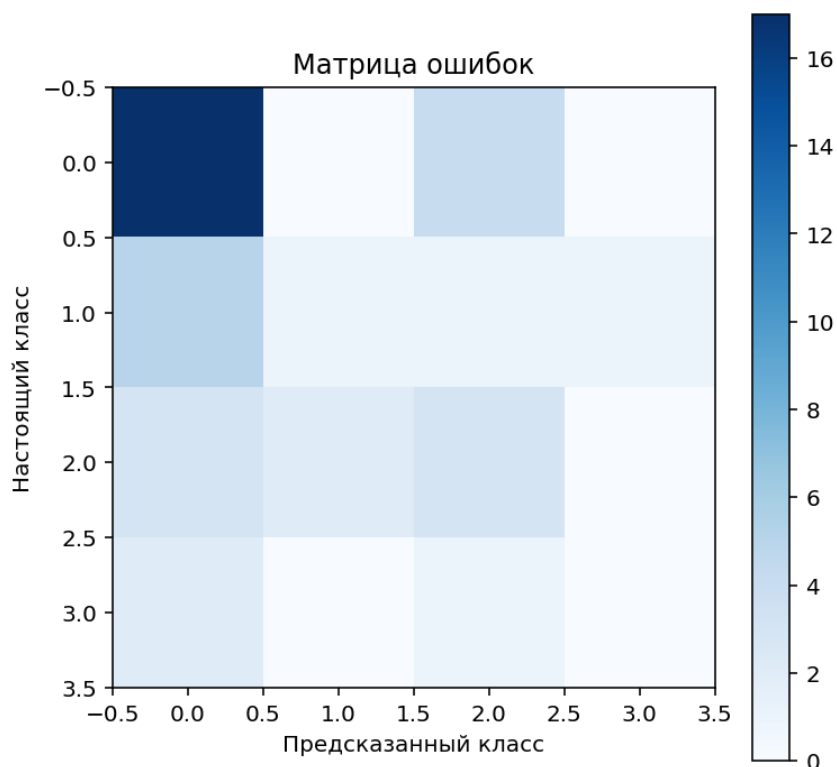


Рисунок 21 – Матрица ошибок, отражающая корректность предсказаний по каждому классу

- отчет по классификации, включающий precision, recall и F1-score.
- среднее время обработки одного изображения, составившее 0,1606 с, что позволяет использовать модель в реальном времени.

6. *Документирование.* Создание документации для пользователей и разработчиков, описывающую функциональность приложения, инструкции по использованию и возможные улучшения.

Примерный функционал программы представлен схематично на рисунке 22.

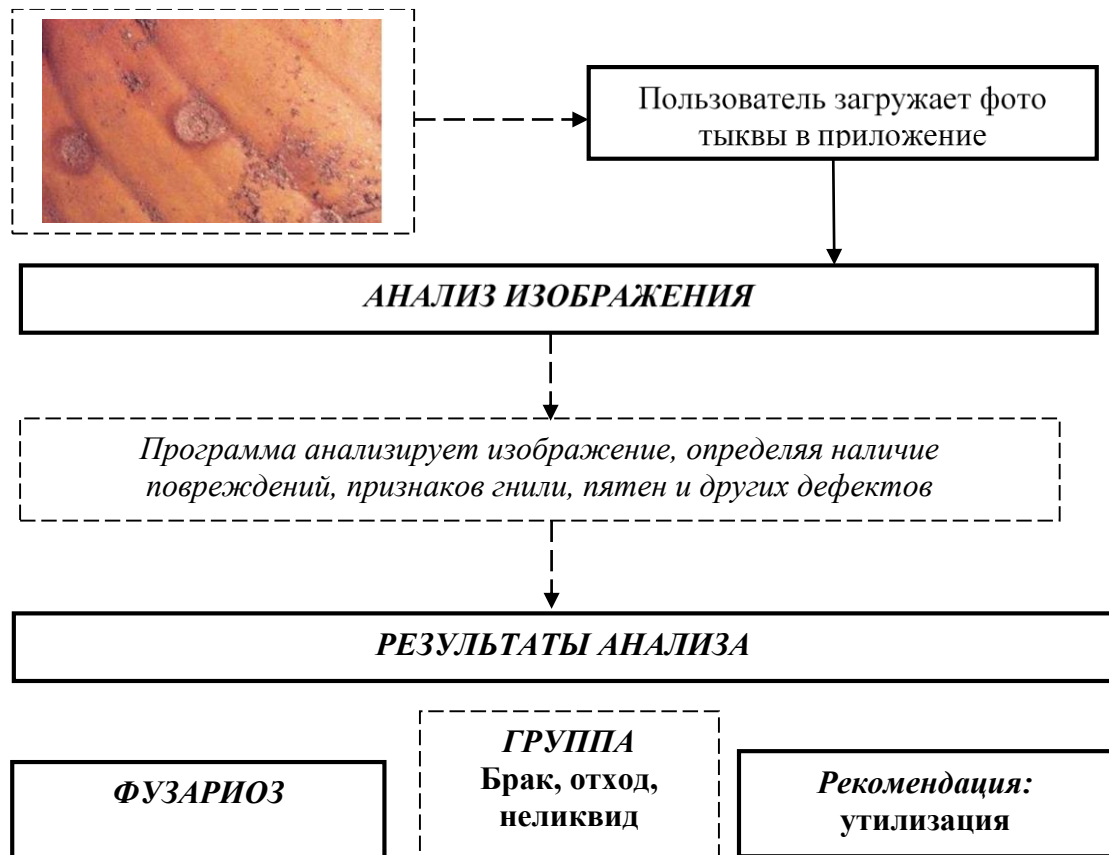


Рисунок 22 – Функциональные возможности программы

Предложенная модель для автоматического анализа изображений плодов тыквы определяет наличие повреждений, признаков гнили, пятен и других дефектов. По результатам анализа программа выводит отчет с результатами, содержащий рекомендации по дальнейшим действиям (например, утилизация). Приложение сохраняет историю проведенных анализов, позволяя пользователю отслеживать изменения о состоянии тыквы.

Проведенные исследования легли в основу разработки программного продукта, предназначенного для оценки качества плодов тыквы свежей, внедренного в деятельность АО «Тандер» (приложение Е).

При дальнейшем совершенствовании модели планируется обучение возможности оценки степени зрелости плода на основе цвета, текстуры и формы.

3.4 Научное обоснование технологии каротиноидсодержащего ингредиента

Традиционная технология производства тыквенного пюре состоит в подготовке сырья (мойка, измельчение на сегменты, удаление семян, дробление), обработки дробленой массы тыквы в шпарителях до размягченного состояния, перетирании до однородной массы с размером частиц не более 0,4 мм [55]. К отрицательным моментам данной технологии можно отнести сравнительно жесткие условия термической обработки тыквенной массы – выдержка при 100–105 °С в течение 10–25 мин, что неминуемо приводит к деградации каротиноидов и снижению биологической ценности получаемого тыквенного пюре.

Фактически длительность тепловой обработки мякоти тыквы находится в прямой зависимости от содержания в ней крахмала, поскольку, будучи полимером, он в полной мере участвует в формировании межклеточного каркаса. Кроме того, достаточно высокое содержание крахмала (до 4,5 %) [55] придает свежей тыкве неприятный привкус «сырого крахмала», а также специфические ощущения при разжевывании.

С учетом локализации и возможного механизма удерживания каротиноидов в белково-крахмальном матриксе растительных клеток (см. рисунок 5), одним из вариантов совершенствования технологии тыквенного пюре, обеспечивающей сохранность каротиноидов, является ферментативная модификация нативного крахмала тыквы в щадящих условиях.

Нативное пюре получали диспергированием очищенной от кожуры и семенной массы мякоти тыквы в гомогенизаторе Viteg HG-15D при частоте вращения ротора 2000 об/мин.

Была поставлена серия экспериментов по подбору условий и амилолитических ферментных препаратов для эффективного гидролиза крахмала мякоти тыквы.

На первом этапе исследовали органолептические показатели и химический состав нативного пюре из тыквы (таблица 13). Нативное пюре тыквы представляет собой гомогенную массу со свойственным сырью цветом. Запах овощной, характерный. Вкус сырых овощей, слабо сладкий, мало гармоничный. Отмечался слабый синерезис в виде отделения незначительного объема жидкости (количественно не оценивалось).

Таблица 13 – Физико-химические показатели пюре из тыквы (урожай 2023 г.) ($M \pm m$, $n = 5$)

Сорт	Массовая доля сухих веществ, %	Массовая доля, % (на а.с.в.)			Массовая концентрация каротиноидов в расчете на β -каротин, мкг/г (на а.с.в.)
		сахаров	крахмала	белка	
Грибовская зимняя	$8,67 \pm 0,45^{bd}$	$4,29 \pm 0,06$	$2,81 \pm 0,13^{bcef}$	$1,34 \pm 0,12^{ce}$	$36,79 \pm 0,11$
Россиянка	$10,48 \pm 0,89^{acef}$	$5,37 \pm 0,07$	$3,26 \pm 0,17$	$1,21 \pm 0,16^{ce}$	$41,81 \pm 0,08^{acde}$
Улыбка	$9,13 \pm 0,82^{bd}$	$6,13 \pm 0,07$	$1,97 \pm 0,22^{abde}$	$0,97 \pm 0,18^{abdf}$	$35,24 \pm 0,08$
Кустовая оранжевая	$11,22 \pm 0,71^{acef}$	$6,84 \pm 0,05$	$2,83 \pm 0,13^{bcef}$	$1,41 \pm 0,13^{ce}$	$38,68 \pm 0,09$
Зимняя сладкая	$9,02 \pm 0,68^{bd}$	$6,34 \pm 0,05$	$1,64 \pm 0,09$	$0,91 \pm 0,14^{abdf}$	$32,55 \pm 0,07$
Алтайская 47	$8,29 \pm 0,48^{bd}$	$4,85 \pm 0,05$	$1,98 \pm 0,10^{abde}$	$1,28 \pm 0,12^{ce}$	$41,78 \pm 0,08^{acde}$

Примечание – Различия средних значений в столбцах с разными строчными буквами ($a-f$ – по сорту) существенны ($p < 0,05$).

Одним из факторов, влияющих на эффективность ферментативного гидролиза крахмала, является температура его клейстеризации, при этом известно, что

для разных крахмалсодержащих культур температура клейстеризации крахмала различна [187].

Из результатов, представленных в таблице 13, можно сделать вывод об отсутствии значимых статистических различий ($p < 0,05$) в содержании сухих веществ в сортах Россиянка и Кустовая оранжевая, а также в сортах Улыбка, Грибовская зимняя, Зимняя сладкая и Алтайская 47. Апостериорный дисперсионный анализ с использованием критерия Тьюки показал наличие значимых статистических различий ($p < 0,05$) в содержании сахаров для всех изучаемых сортов тыквы. Статистически значимые различия ($p < 0,05$) в содержании крахмала отмечены в сортах тыквы Россиянка и Зимняя сладкая (для этих сортов наблюдается максимальное и минимальное содержание крахмала соответственно). В то же время можно видеть, что для сортов Грибовская зимняя и Кустовая оранжевая, а также Улыбка и Алтайская 47 такие различия отсутствуют. Оценивая содержание белка в исследуемых сортах тыквы, можно отметить, что максимальные значения отмечены для сортов Грибовская зимняя, Россиянка, Кустовая оранжевая и Алтайская 47, однако внутри этой группы статистически значимые различия в содержании белка отсутствуют ($p < 0,05$). Как показал апостериорный дисперсионный анализ с использованием критерия Тьюки, существуют статистически значимые различия ($p < 0,05$) между содержанием каротиноидов в сортах тыквы Грибовская зимняя, Улыбка, Кустовая оранжевая и Зимняя сладкая. Однако максимальное содержание каротиноидов отмечено в сортах тыквы Россиянка и Алтайская 47 (статистически значимые различия в содержании каротиноидов в этих сортах отсутствуют ($p < 0,05$)).

При анализе доступной научно-технической литературы не обнаружено сведений о температуре клейстеризации тыквенного крахмала, поэтому в эксперименте необходимо установить не только дозировку фермента для гидролиза крахмала, но и подобрать минимальную температуру и продолжительность процесса. На рисунке 23 показано изменение консистенции (выраженной через обобщенную вязкостную характеристику¹) пюре тыквы в зависимости от температуры нагрева

¹ Особенность используемого оборудования – выражение количественной реологической характеристики в собственных условных единицах

массы. Можно видеть, что для всех сортов тыквы максимальная обобщенная вязкостная характеристика отмечается при нагревании тыквенного пюре до температуры 65–75 °С и в дальнейшем снижается, что соответствует стадии растворения крахмала. Таким образом, будем считать оптимальной температурой клейстеризации крахмала (70 ± 5) °С.

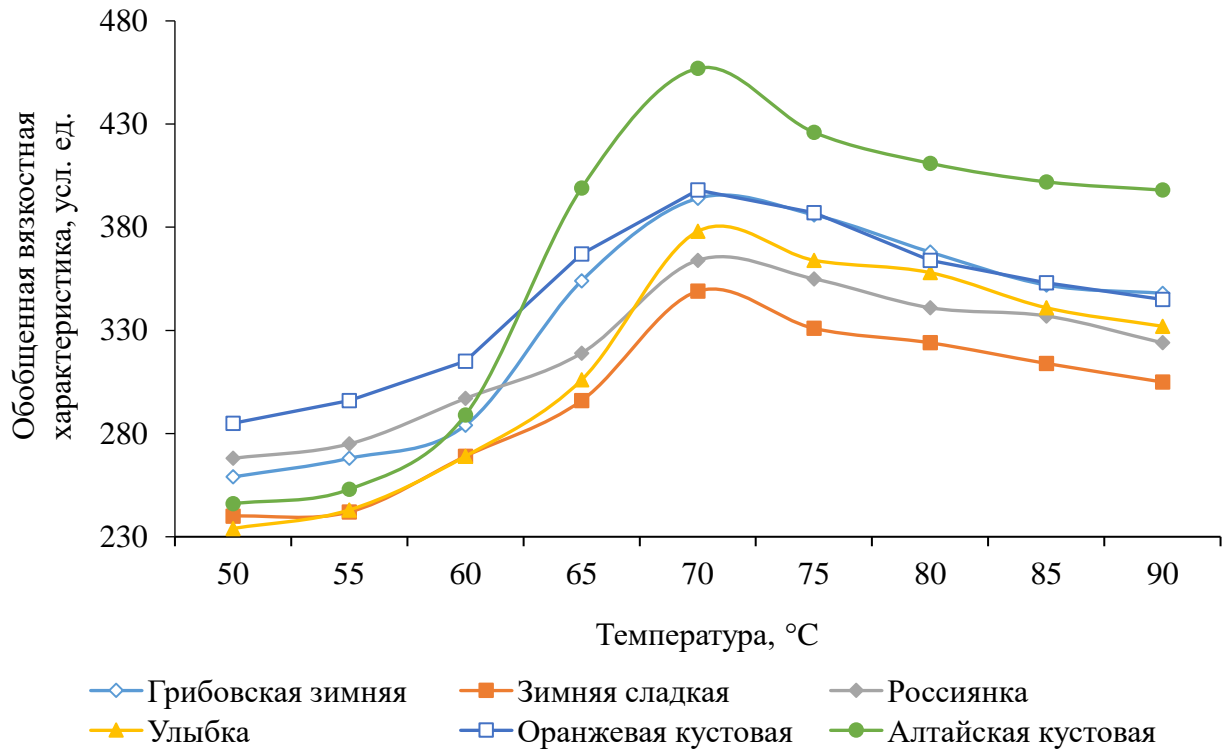


Рисунок 23 – Влияние температуры на вязкостные характеристики тыквенного пюре

На начальном этапе разработки технологии ферментативной модификации мякоти тыквы определяли минимальную дозировку ферментного препарата, достаточную для полного гидролиза нативного крахмала тыквы в течение 60 мин при температуре 70 °С. В дальнейшем установленные дозировки будут использованы для оптимизации процесса ферментативной модификации методом математического планирования.

В опыте варьировали дозировку ферментных препаратов (на преобладающую α -амилазную активность) от 5 до 50 ед. АС/г сырья. Продолжительность ферментативной модификации определяли по йодной пробе, проводимой при микро-

скопировании (400–600 крат). Результаты экспериментов (на примере пюре из тыквы сорта Россиянка) представлены на рисунках 24–28.

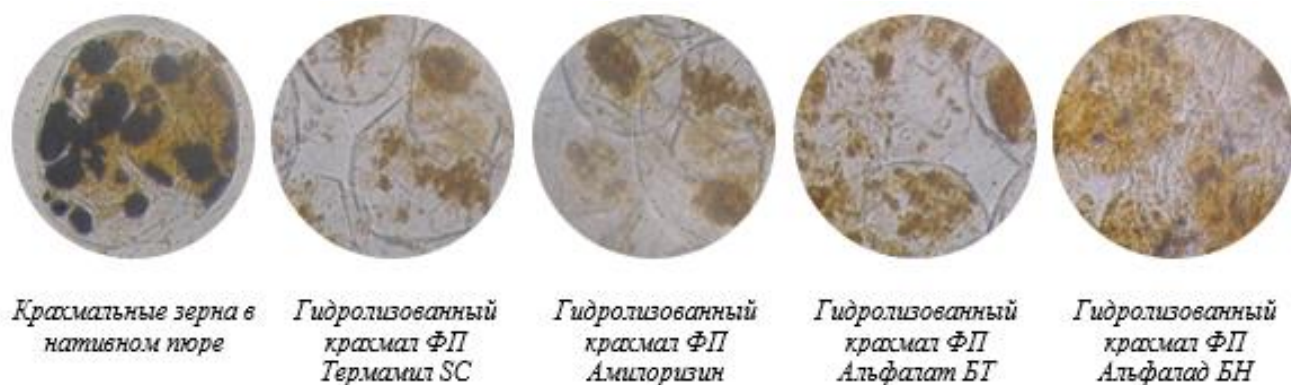


Рисунок 24 – Микрофотографии крахмальных зерен тыквенного пюре до и после ферментативной модификации (увеличение $\times 600$)

По результатам выполненного комплекса исследований установлено, что для полного гидролиза крахмала тыквы ферментным препаратом Термамил SC достаточно дозировки препарата 25 ед. АС/г сырья и продолжительности ферментативной модификации 40–45 мин. Практически аналогичные результаты были достигнуты при использовании ферментного препарата Амилоризин – полный гидролиз крахмала также достигался при дозировке ферментного препарата 25 ед. АС/г сырья, однако для этого требовалось не менее 50–55 мин. Использование препаратов Альфафад БН и Альфафад БТ показало более худшие результаты. Более эффективное расщепление крахмала тыквы ферментным препаратом Амилоризин, вероятно, связано с диапазоном значения активной кислотности (препарат способен осахаривать крахмал в более кислых условиях, чем Альфафад БН и Альфафад БТ), а также широким диапазоном температурного интервала для действия, что делает возможным протекание ферментативной модификации крахмала вне оптимальных значений.

При использовании Альфафад БТ полный гидролиз крахмала тыквы достигался при дозировке препарата 45–55 ед. АС/г сырья и длительности ферментативной модификации 55–60 мин. Эксперимент с использованием ферментного препарата Альфафад БН показал, что максимальная степень гидролиза крахмала, равная

89–93 % достигается при дозировках 45–55 ед. АС/г сырья и длительности ферментативной модификации 60 мин. Полный гидролиз крахмала ферментным препаратом Альфалад БН достигнут не был (на рисунке 28 видны частично негидролизованные фрагменты крахмала, окрашенные в фиолетовый цвет), поэтому при проведении дальнейших экспериментов данный препарат не использовался.

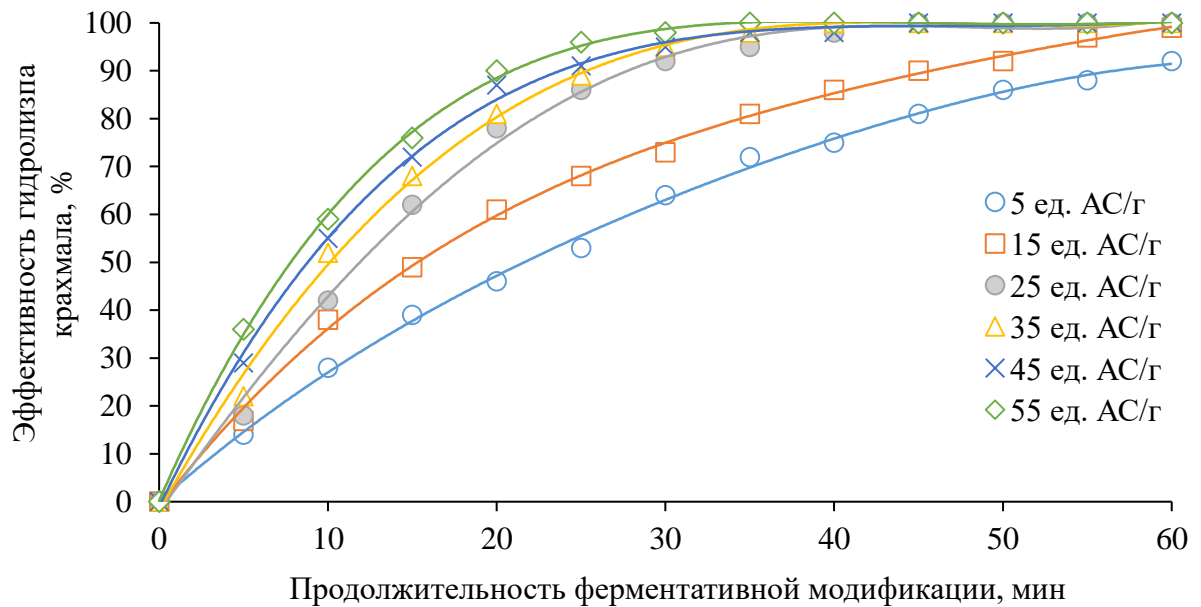


Рисунок 25 – Эффективность гидролиза крахмала тыквы при использовании ферментного препарата Термамил SC

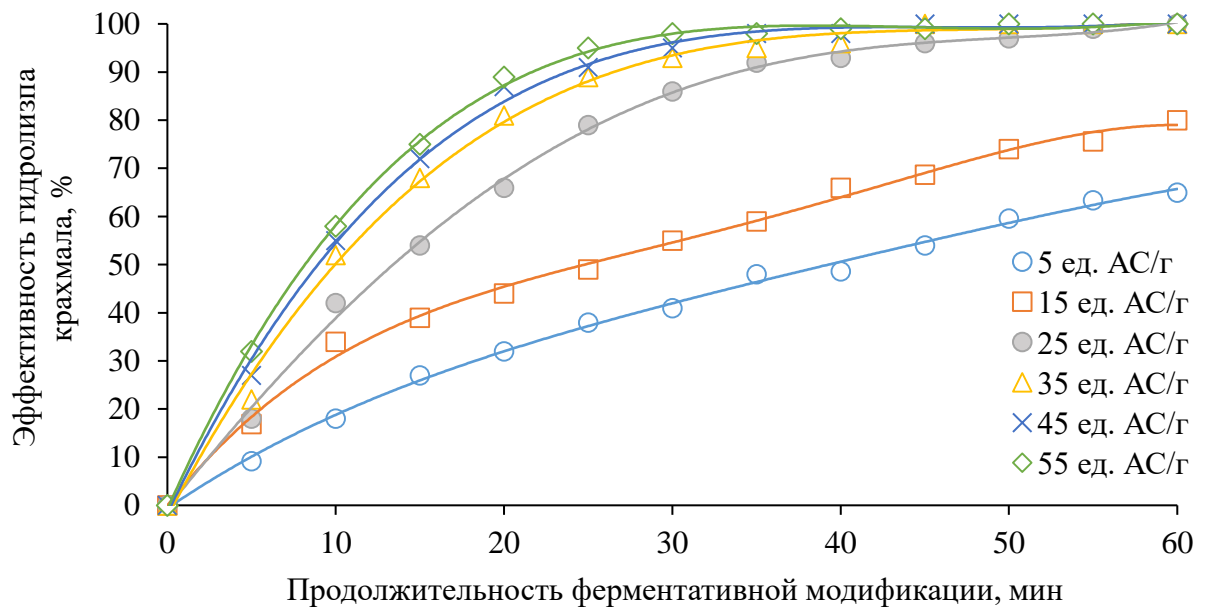


Рисунок 26 – Эффективность гидролиза крахмала тыквы при использовании ферментного препарата Амилоризин

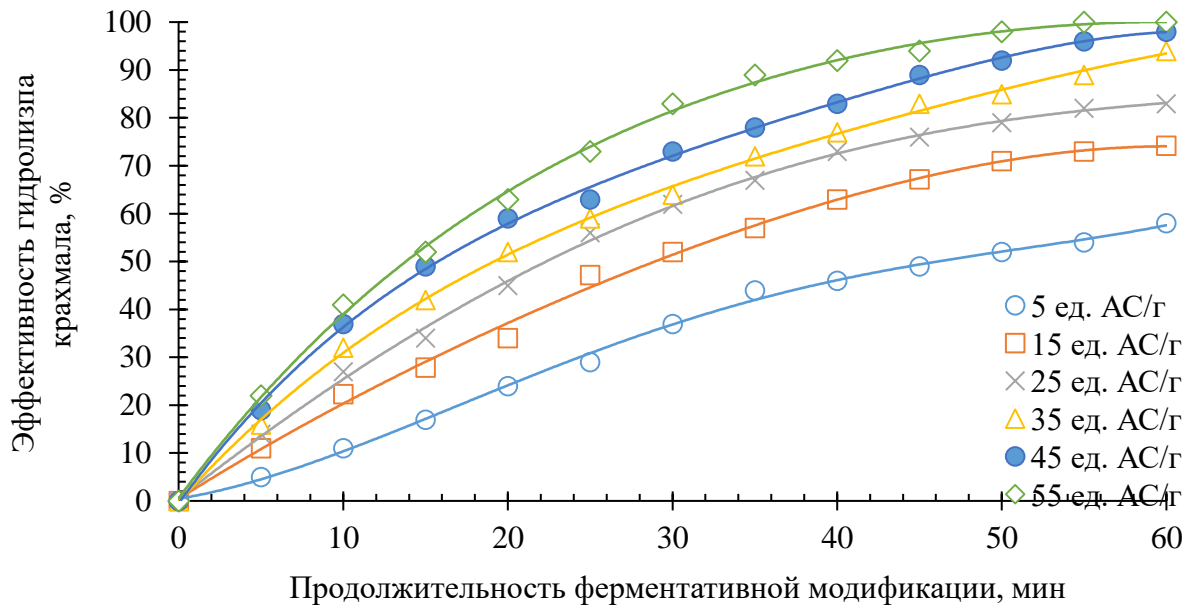


Рисунок 27 – Эффективность гидролиза крахмала тыквы при использовании ферментного препарата АльфаЛад БТ

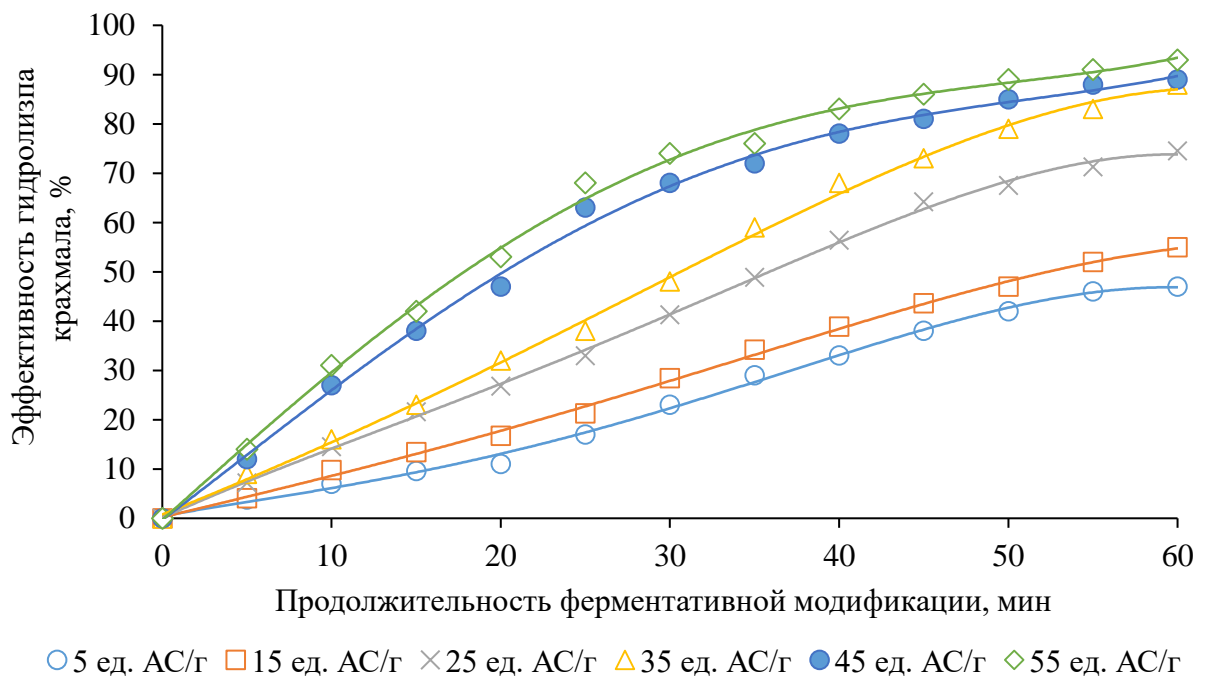
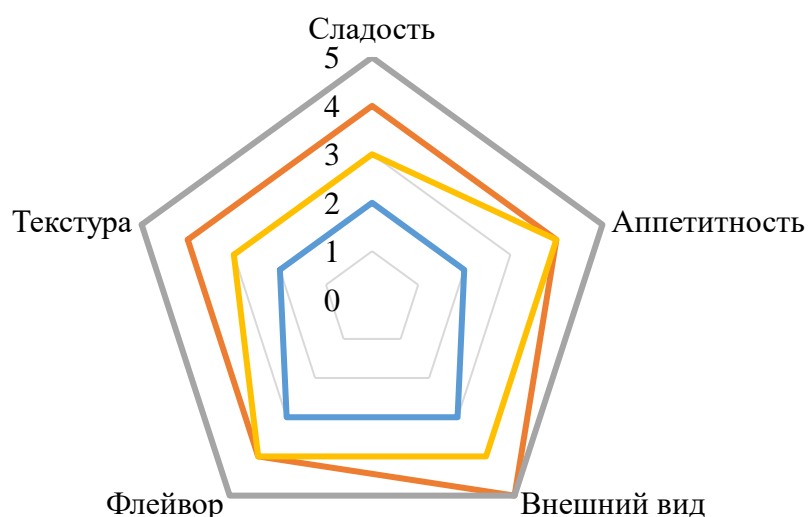


Рисунок 28 – Эффективность гидролиза крахмала тыквы при использовании ферментного препарата АльфаЛад БН

Поскольку получаемое тыквенное пюре планируется использовать в составе пищевых систем, получаемых в том числе и без термообработки, необходимым условием его качественных характеристик являются приемлемый вкус и пережевываемость, без привкуса сырых овощей и ощущения крупинчатости. Поэтому на

следующем этапе исследований оценивали органолептические показатели нативного и каротиноидсодержащего ингредиента.

Как показали результаты проведенного органолептического исследования (рисунок 29), показатели каротиноидсодержащего ингредиента улучшились во всех вариантах. Появилась характерная сладость тыквы, присущая разваренной мякоти, практически отсутствовал вкус сырых овощей, улучшились флейвор и аппетитность полуфабриката, но в то же время при пережевывании продукта осталось ощущение гетерогенности, придающее продукту в полости рта эффект присутствия крупинок сырря, что в целом снижает его потребительскую привлекательность.



- Нативное пюре
- Ферментативно модифицированное пюре, 25 ед. АС/г ФП Термамил SC, 45 мин
- Ферментативно модифицированное пюре, 25 ед. АС/г ФП Амилоризин, 55 мин
- Ферментативно модифицированное пюре, 50 ед. АС/г ФП Альфалад БТ, 60 мин

Рисунок 29 – Профилограмма органолептических свойств образцов ферментативно модифицированного пюре

Таким образом на данном этапе исследований первоначальная гипотеза о достаточности использования только амилолитических ферментных препаратов для повышения качества тыквенного пюре была отвергнута. В последующих исследованиях для ферментативной модификации биополимеров нативного пюре тыквы

(крахмала и белков) использовали отечественные ферментные препараты Амилоризин и Протозим.

Для проведения комплексной ферментативной модификации нативное пюре тыквы нагревали до (70 ± 2) °С для осуществления температурной клейстеризации крахмала тыквенного пюре. Затем в пюре при постоянном перемешивании вводили водные растворы ферментных препаратов Амилоризин и Протозим (соотношение воды и препарата 10:1) в расчетном количестве. Ферментативную модификацию нативного пюре тыквы продолжали в течение 60 мин при постоянном перемешивании и термостатировании.

Ферментативную модификацию нативного пюре тыквы осуществляли в лабораторном реакторе объемом 2 дм³ при непрерывном перемешивании и температуре (70 ± 2) °С в течение 60 мин. Таким образом, направленное воздействие ферментными препаратами на полимеры мякоти тыквы должно обеспечить высвобождение каротиноидов из матрикса, что повысит их биодоступность в составе пищевых систем. При ферментативной модификации совместно использовались следующие дозировки ферментных препаратов: Амилоризин – 25; 35 и 45 ед. АС/г сырья (экспериментально найденные дозировки, обеспечивающая полный гидролиз крахмала тыквы в течение 60 мин); Протозим – 5; 10 и 15 ед. ПС/г сырья. Эффективность ферментативной модификации оценивали по количеству каротиноидов. Данный показатель был выбран в качестве контрольного, поскольку известно, что в растительном сырье каротиноиды находятся в основном в связанном состоянии с белками и другими полимерными молекулами [161], таким образом, разрушение белкового каркаса должно приводить к накоплению каротиноидов в тыквенном пюре при ферментативной модификации.

В таблице 14 представлены значения уровней факторов и интервалов варьирования при постановке эксперимента по поиску оптимальных условий ферментативной модификации тыквенного пюре.

Таблица 14 – Значения уровней факторов и интервалов варьирования

Показатель	Длительность ферментативной модификации (X_1)		Дозировка ферментного препарата Амилоризин (X_2)		Дозировка ферментного препарата Протозим (X_3)	
	Натуральное значение, мин	Кодированное значение	Натуральное значение, ед. АС/г	Кодированное значение	Натуральное значение, ед. ПС/г	Кодированное значение
Основной уровень	60,0	0	35,0	0	10,0	0
Интервал варьирования	20,0	–	10,0	–	5,0	–
Нижний уровень	40,0	–1	25,0	–1	5,0	–1
Верхний уровень	80,0	+1	45,0	+1	15,0	+1

На основании проведенных серий опытов (рисунки 30–33) полнофакторного эксперимента 23 были рассчитаны коэффициенты уравнения регрессии в кодированных значениях факторов (приводятся только значимые коэффициенты):

$$Car = 45,0839 + 1,0139X_1 + 1,2761X_2 + 0,6089X_3.$$

Анализируя представленное уравнение можно сделать вывод о влиянии отдельных факторов на содержание каротиноидов в каротиноидсодержащем ингредиенте. Так, наибольшее влияние на изменение каротиноидов при ферментативной модификации тыквенного пюре оказывает фактор X_2 – дозировка ферментного препарата Амилоризин, наименьшее – фактор X_3 – дозировка ферментного препарата Протозим. Увеличение значения всех изучаемых факторов способствует увеличению содержания каротиноидов в тыквенном пюре.

Уравнение регрессии в натуральном виде будет иметь следующий вид:

$$Car = 36,3581 + 0,0507X_1 + 0,1276X_2 + 0,1218X_3 (R^2 = 0,987).$$

Полученное уравнение позволяет рассчитать содержание каротиноидов при ферментативной модификации тыквенного пюре путем подстановки в него натуральных значений факторов.

При анализе уравнения регрессии в пакете Statistica 10.0 встроенным инструментом «Общие регрессионные модели» с использованием функции желательности определены оптимальные параметры ферментативной модификации, позволяющие обеспечить максимальное содержание каротиноидов в каротиноидсодержащем ингредиенте: длительность ферментативной модификации 55 мин, дозировка

ферментного препарата Амилоризин – 40 ед. АС/г сырья, дозировка ферментного препарата Протозим – 18 ед. ПС/г сырья.

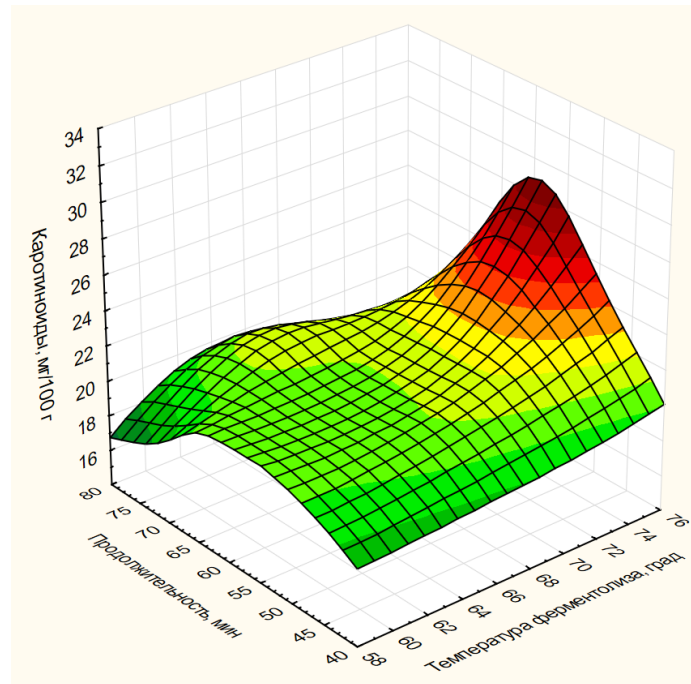


Рисунок 30 – Влияние температуры и продолжительности ферментативной модификации на содержание каротиноидов в тыквенном пюре

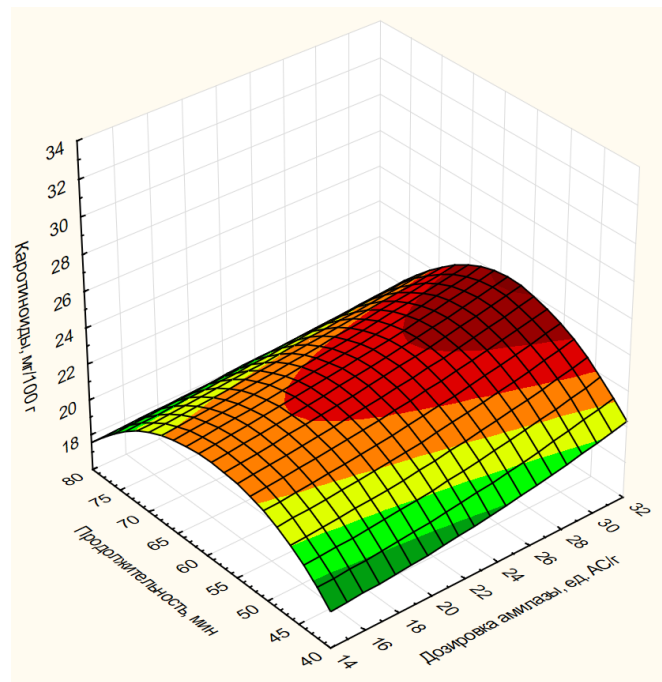


Рисунок 31 – Влияние продолжительности и дозировки амилолитического препарата Амилоризин на содержание каротиноидов в тыквенном пюре

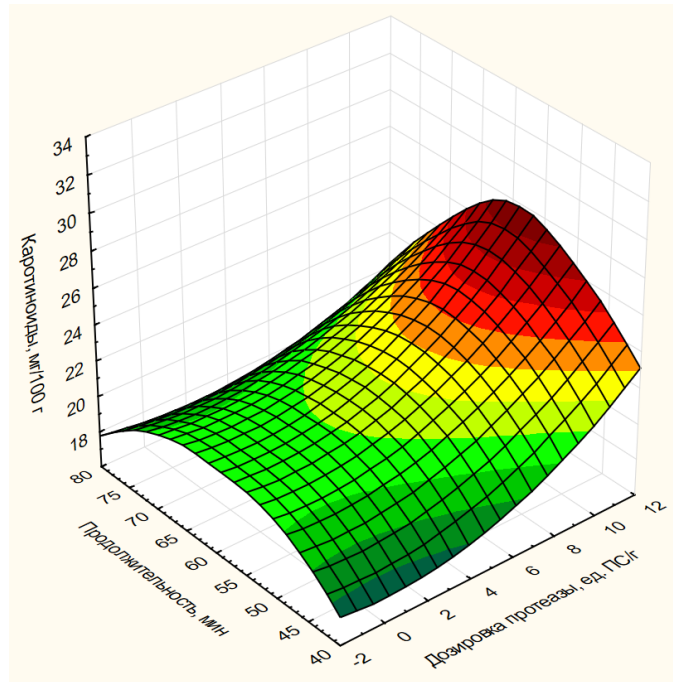


Рисунок 32 – Влияние продолжительности и дозировки протеолитического препарата Протозим на содержание каротиноидов в тыквенном пюре

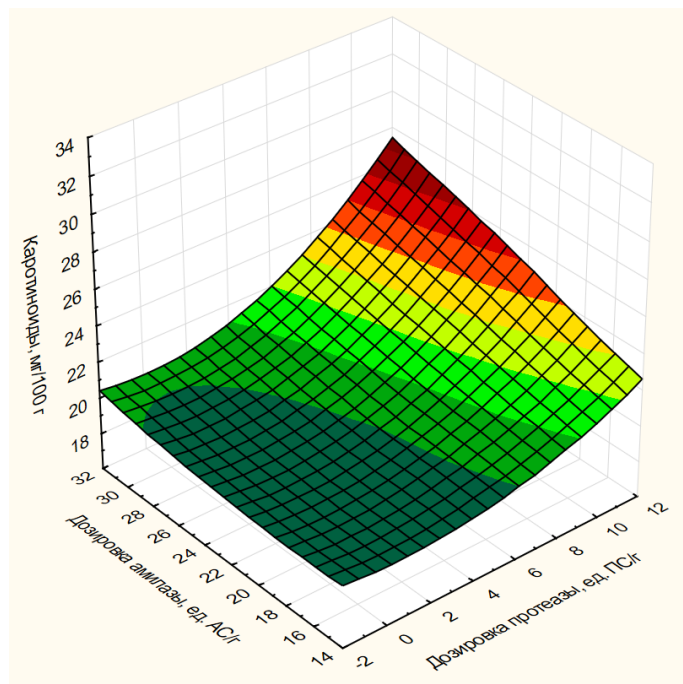


Рисунок 33 – Влияние дозировок амилалитического препарата Амилолизин и протеолитического препарата Протозим на содержание каротиноидов в тыквенном пюре

На следующем этапе исследовали химические показатели каротиноидсодержащего ингредиента, полученного в оптимальных условиях ферментативной модификации (таблица 15).

Таблица 15 – Физико-химические показатели ферментативно модифицированного пюре из тыквы сорта Россиянка ($M \pm m, n = 5$)

Показатель	Значение
Массовая доля сахаров, % (на а.с.в.)	$7,39 \pm 0,09$
Массовая доля крахмала, % (на а.с.в.)	Не определяется
Массовая доля белка, % (на а.с.в.)	$0,04 \pm 0,01$
Массовая концентрация β -каротина, мг/100 г (на а.с.в.)	$4,53 \pm 0,09$

Каротиноидсодержащий ингредиент охлаждали до комнатной температуры и сравнивали его органолептические характеристики с нативным пюре из мякоти тыквы (рисунок 34). В ходе опробования установлено, что в результате ферментативной модификации органолептические характеристики нативного пюре из мякоти тыквы существенно улучшаются. Так, отмечено значительное увеличение ощущения сладости во вкусе, текстура пюре приобретает однородность, при этом характерная для нативного пюре крупинчатость устраняется.

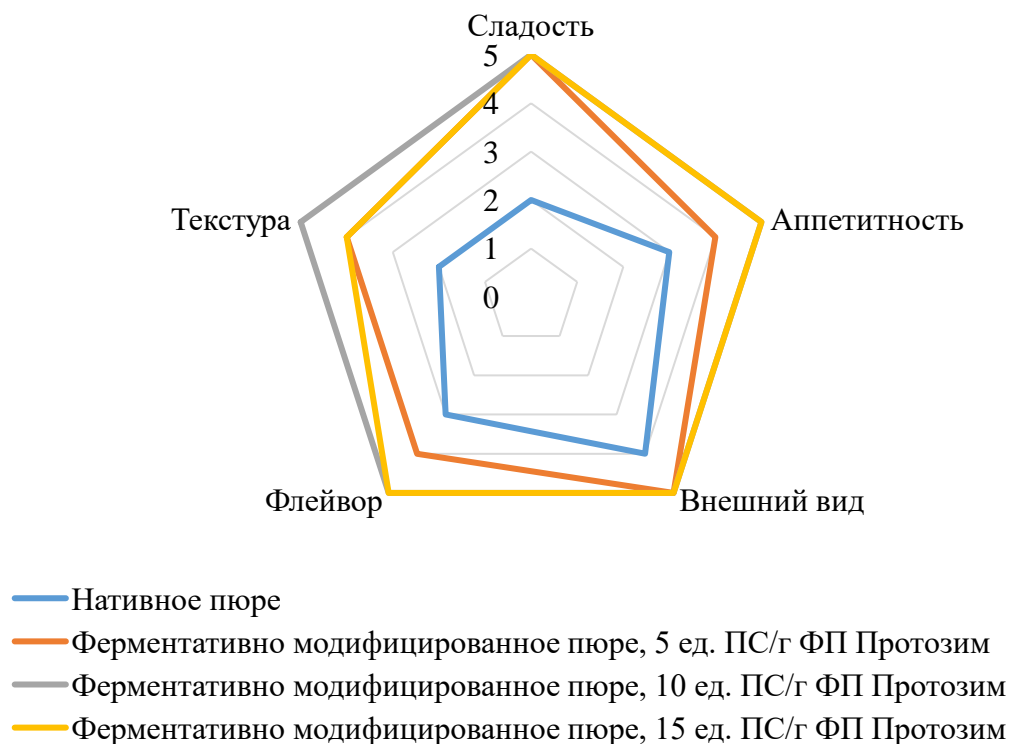


Рисунок 34 – Профилограмма органолептических свойств опытных образцов тыквенного пюре

Все это делает полуфабрикат более привлекательного внешнего вида и повышенной аппетитности. Во флейворе пропадают тона сырых овощей, ферментативно модифицированное пюре приобретает приятные и гармоничные аромат и вкус пареной тыквы.

При комплексном анализе результатов проведенного эксперимента было отмечено, что при получении нативного тыквенного пюре наблюдалось явление синерезиса – незначительного отделения свободной влаги от твердой части тыквенного гомогената, что согласуется с рядом экспериментальных данных [88; 124; 151], а само тыквенное пюре по совокупности реологических свойств можно классифицировать как псевдопластическую жидкость [122]. К наиболее значимым факторам, влияющим на реологическое поведение тыквенного пюре, можно отнести размер частиц, общее содержание сухого вещества и общее количество нерастворенных веществ, в том числе биополимеров. Таким образом, целенаправленно влияя на биополимеры мякоти тыквы возможно добиться однородности тыквенного пюре и повысить его пластичные свойства, что является важным при обосновании и выборе основного и вспомогательного оборудования при дизайне технологий и компоновке производственных линий.

Как показала серия проведенных экспериментов, крахмалистая часть мякоти тыквы подвергается клейстеризации в диапазоне температур 65–75 °С. Технологический этап нагревания тыквенного пюре для последующей ферментативной модификации необходим для эффективного воздействия амилолитическими ферментными препаратами. Экспериментально установлено, что в результате ферментативной модификации мультиэнзимной композицией, содержащей Амилоризин в дозировке 25 ед. АС/г сырья, полностью гидролизуется крахмалистая часть пюре, что сопровождается увеличением содержания сахаров и объективным увеличением сладости пюре с одновременным улучшением текстуры и аппетитности пюре.

Использование мультиэнзимной композиции, включающей ферментные препараты Амилоризин и Протозим, позволяет увеличить содержание каротиноидов в пюре на 8,4–10,3 %, что объясняется разрушением комплексов каротиноидов и белковой матрицы мякоти тыквы [151] и в итоге приводит к лучшей усвояемости

каротиноидов в организме человека. В ходе проведенных исследований была выявлена тенденция к снижению содержания каротиноидов в тыквенном пюре при ферментативной модификации в течение более 60 мин, что, вероятно, связано с началом терминальной стадии окислительного разрушения каротиноидов.

Проведенные исследования легли в основу программы для ЭВМ, предназначенной для расчета содержания каротиноидов при ферментативной модификации тыквенного пюре (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024687982, приложение А).

3.5 Исследование процесса сушки каротиноидсодержащего ингредиента

Каротиноидсодержащий ингредиент высушивали в вакуумном сушильном шкафу Labtex LT-VO/50 при температуре 60–80 °С на силиконовых ковриках при толщине слоя пюре 5–7 мм. Сушку осуществляли до конечной влажности продукта не более 5 %. На рисунке 35 представлены данные, характеризующие изменение влагосодержания (*а*) в слое каротиноидсодержащего ингредиента при вакуумной сушке (остаточное давление 133 Па) и скорость удаления влаги из образцов (*б*).

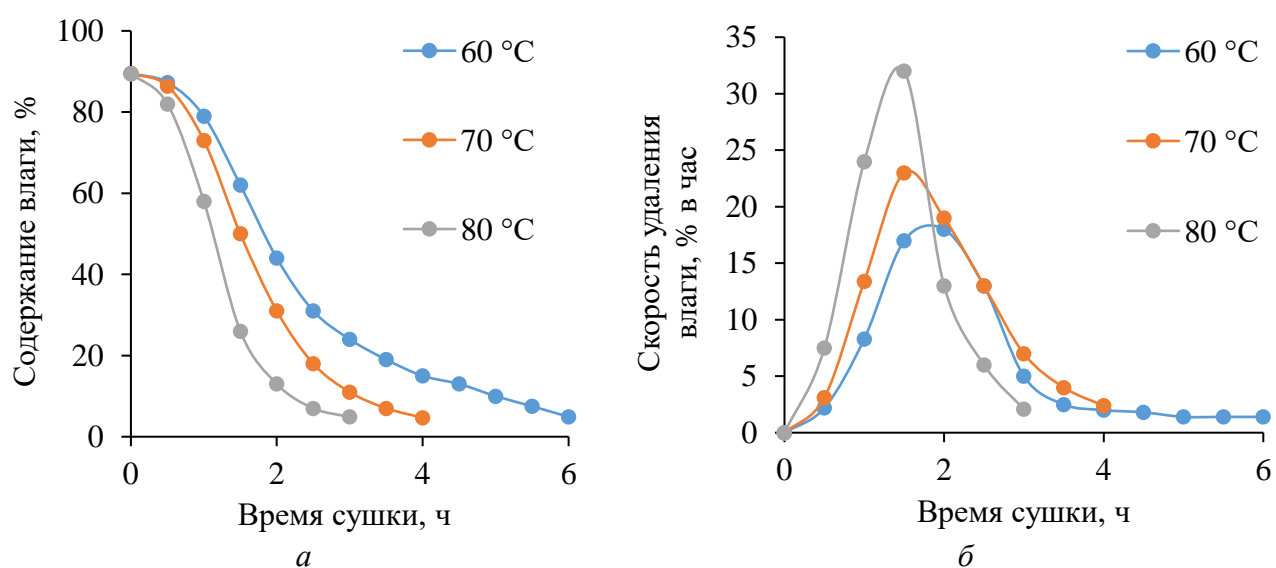


Рисунок 35 – Динамика процесса вакуумной сушки каротиноидсодержащего ингредиента

Отмечено, что повышение температуры вакуумной сушки с 60 °С до 80 °С позволяет сократить время сушки в 2 раза (рисунок 35, а), что подтверждается данными о скорости удаления влаги (рисунок 35, б).

Далее в исследовании оценивали возможную убыль каротиноидов (на а.с.в.) при сушке (рисунок 36).

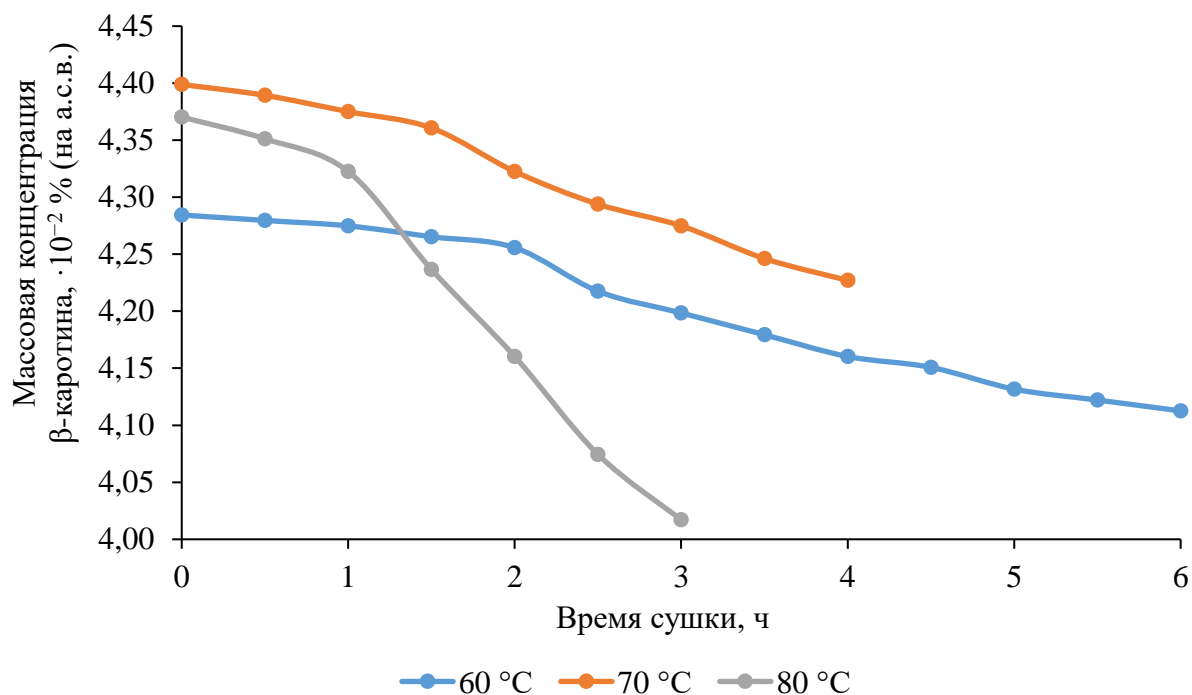


Рисунок 36 – Динамика убыли β-каротина при вакуумной сушке каротиноидсодержащего ингредиента

В эксперименте установлено, что общие потери каротиноидов при сушке при температуре 60–70 °С незначительны и не превышают 4 %.

При исследовании процесса сушки ферментативно модифицированного пюре из мякоти тыквы в диапазоне температур от 60 °С до 80 °С экспериментально установлена потеря каротиноидов в количестве 4–8 % от начального содержания в тыквенном пюре. При этом при температуре сушки 60 °С и 70 °С потери каротиноидов сопоставимы, однако увеличение температуры сушки до 70 °С позволяет сократить длительность процесса на 2 ч.

Таким образом, с учетом представленных данных наиболее перспективным параметром для разработки технологии сушки с использованием вакуума является температура в сушильной камере не более 70 °С, что позволит сократить время сушки и обеспечить бóльшую сохранность β-каротина.

На рисунке 37 представлена визуализация принципиальной технологической схемы производства сухого каротиноидсодержащего ингредиента для последующего использования в составе каротиноидсодержащих пищевых систем.



Рисунок 37 – Принципиальная технологическая схема производства сухого каротиноидсодержащего ингредиента

Для расчета увеличения себестоимости на производство 1 кг сухого каротиноидсодержащего ингредиента были учтены затраты на сырье, ферментные препараты, упаковку и технологический процесс (таблица 16).

Таблица 16 – Расчет себестоимости образцов тыквенного пюре

Статья расходов	Нативное пюре из мякоти тыквы	Высушенное тыквенное пюре*	Ферментативно модифицированное пюре из мякоти тыквы	Высушенное ферментативно модифицированное пюре из мякоти тыквы
Стоимость сырья, р.	104,00	104,00	104,00	104,00
Стоимость ферментных препаратов (Амилоризин, Протозим), р.	–	–	6,22	6,22
Стоимость вакуумной сушки, р.	–	10,25	–	10,25
Стоимость упаковки, р. (пакет с замком зиплок 15×20 см, 80 мкм)	6,72	6,72	6,72	6,72
Итоговая стоимость 1 кг образца, р.	110,72	120,97	116,94	127,19
Удорожание себестоимости, %	–	–	–	5,10
<p>Примечание – *Характеристика оборудования для сушки: вакуумный сушильный шкаф Labtex LT-VO/50: мощность 250 Вт, объем 53 л, время непрерывной работы для высушивания 1 кг готового продукта 4 ч; пластинчато-роторный вакуумный насос Stegler 2VP-1 (96 л/мин, 0,067 Па, масляный): мощность 300 Вт, время непрерывной работы для высушивания 1 кг готового продукта 0,5 ч.</p>				

Таким образом, согласно приведенным расчетам увеличение себестоимости 1 кг сухого каротиноидсодержащего ингредиента из мякоти тыквы составило 5,1 % (по отношению к высушенному нативному тыквенному пюре).

3.6 Изучение динамики каротиноидов и цветовых характеристик тыквенного пюре в процессе переработки

Первоначально проводили исследования цвета и цветовых различий по цветовым координатам пюре из тыквы – результаты исследований представлены в таблицах 17–19, рисунках 38–40.

Таблица 17 – Значение показателя светлоты пюре из тыквы (L^* , lightness) ($M \pm m$, $n = 5$)

Сорт тыквы	Мякоть свежих плодов тыквы	Контрольные образцы		Опытные образцы	
		К1	К2	О1	О2
Россиянка (1–5)	$78,19 \pm 0,65^9$	$70,34 \pm 0,47^{14}$	$68,55 \pm 0,43^{15,16,29}$	$74,60 \pm 0,37^{7,10,11}$	$72,12 \pm 0,19^{8,14,26}$
Улыбка (6–10)	$81,19 \pm 1,50$	$74,88 \pm 0,47^{4,10,11}$	$72,96 \pm 0,46^{5,26}$	$77,55 \pm 0,29^1$	$75,27 \pm 0,36^{4,7,11}$
Грибовская зимняя (11–15)	$74,84 \pm 0,72^{4,7,10}$	$65,62 \pm 0,78^{27}$	$61,04 \pm 0,50^{17,20,28}$	$71,42 \pm 0,37^{2,5}$	$68,56 \pm 0,40^{3,16,29}$
Зимняя сладкая (16–20)	$67,61 \pm 0,71^{3,15,27,29}$	$60,36 \pm 0,62^{13,20}$	$56,71 \pm 0,54^{22}$	$63,96 \pm 0,37^{30}$	$60,70 \pm 0,44^{13,17}$
Алтайская 47 (21–25)	$62,49 \pm 0,60^{28}$	$55,95 \pm 0,82^{18,25}$	$50,91 \pm 0,43$	$58,84 \pm 0,39$	$55,36 \pm 0,59^{22}$
Кустовая оранжевая (25–30)	$72,85 \pm 1,41^{5,8}$	$66,60 \pm 0,62^{12,16}$	$61,92 \pm 0,35^{13,21}$	$68,79 \pm 0,39^{3,15,16}$	$64,48 \pm 0,26^{19}$
Примечание – Различия средних значений с разными надстрочными цифрами несут существенны ($p < 0,05$).					

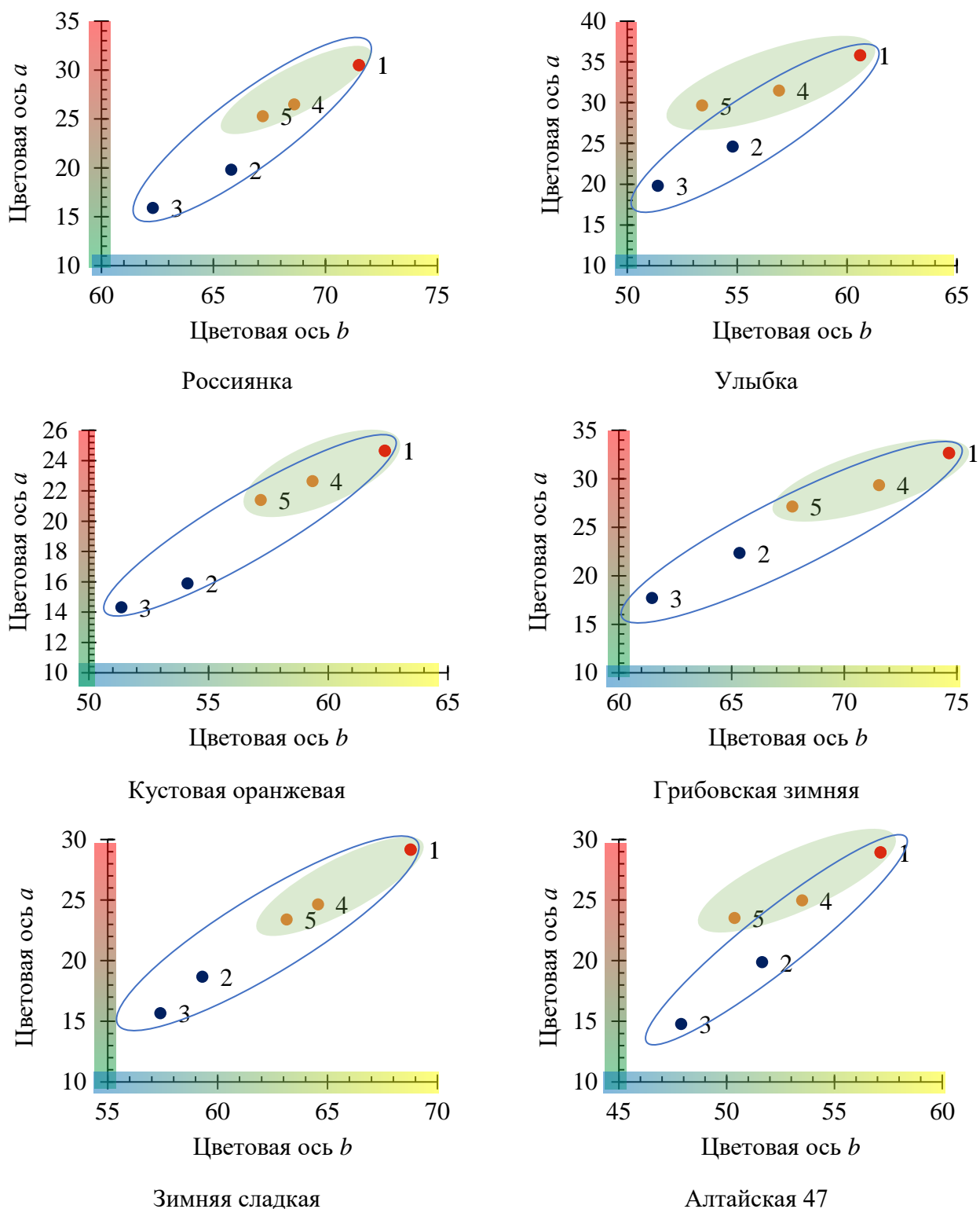


Рисунок 38 – Динамика цветовых координат a и b тыквенного пюре: цветовые координаты, соответствующие цвету: 1 – нативной мякоти тыквы; 2 – бланшированной мякоти тыквы; 3 – высушенного пюре из бланшированной мякоти тыквы; 4 – каротиноидсодержащего ингредиента; 5 – сухого каротиноидсодержащего ингредиента

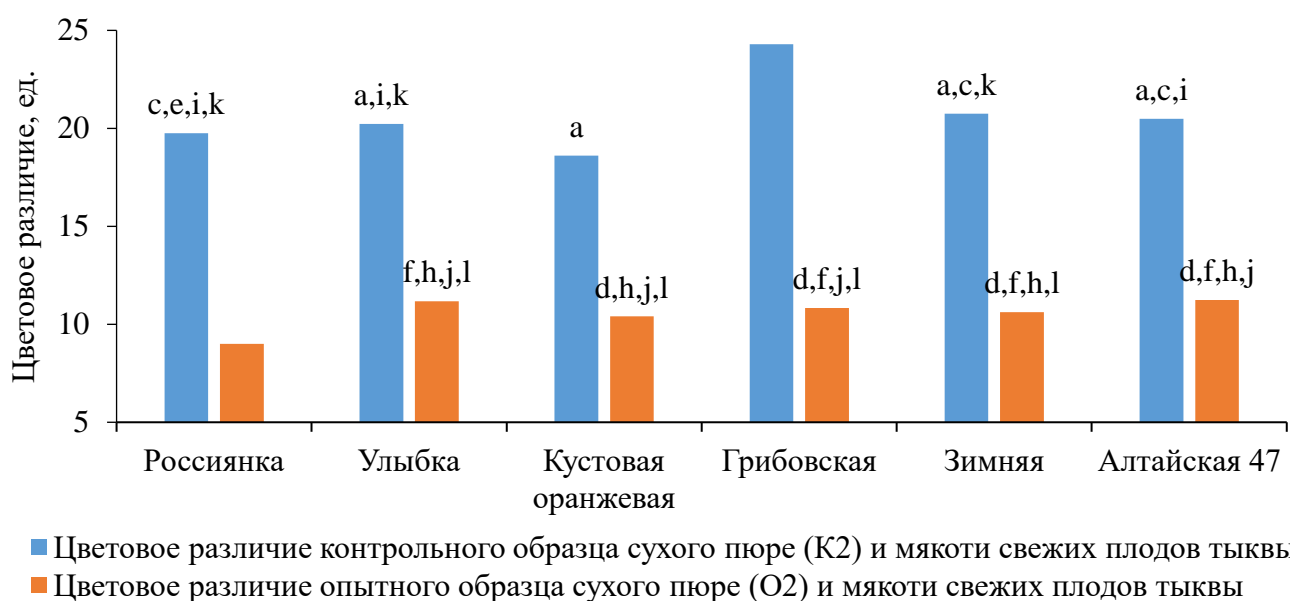
Из данных таблицы 17 видно, что показатели светлоты исследуемых образцов продукции имели в основном значимые различия ($p < 0,05$). Установили, что

на изменения показателя светлоты образцов оказывали все исследуемые факторы – сорт, технология и взаимодействие «сорт × технология» (сила влияния соответственно 71,6; 28,0 и 0,3 %, $p < 0,01$). Наилучшими показателями светлоты отличались образцы продукции из сорта Улыбка (К1, К2, О2 – сохранность соответственно 92,2; 89,8 и 92,7 %), Россиянка (О1 – сохранность 95,6 %), наихудшими – из сорта Грибовская зимняя (К1 – сохранность 87,7 %), Алтайская 47 (К2, О1 – сохранность соответственно 81,5 % и 94,2 %), Кустовая оранжевая (О2 – сохранность 88,4 %). Продукция, полученная по технологии, предусматривающей ферментативную модификацию сырья, отличалась лучшими показателями светлоты (в среднем 92,85 %), чем без него (в среднем 87,6 %).

На рисунке 38 представлены цветовые координаты (a^* и b^* в системе оценки цвета CIELab) исследуемых образцов пюре из тыквы, свидетельствующие о том, что на смещение их цветовых координат сине-зеленую область спектра оказывали влияние сорт тыквы, технология получения из нее продукции и взаимодействие «сорт × технология» – сила влияния на цветовые координаты a^* соответственно 19,7; 79,9 и 0,3 %, b^* соответственно 69,1; 30,1 и 0,4 % ($p < 0,01$). Наименьшие изменения цветовых координат a^* отметили у образцов сорта Улыбка (К1 – сохранность 68,8 %), Кустовая оранжевая (К2, О1, О2 – сохранность соответственно 58,2; 91,8 и 86,8 %), наихудшие у сорта Зимняя сладкая (К1, О1, О2 – сохранность соответственно 64,1; 84,5 и 80,3 %), Алтайская 47 (К2 – сохранность 51,1 %).

Наименьшие изменения цветовых координат b^* отметили у образцов сорта Россиянка (К1, К2, О1 и О2 – сохранность соответственно 92,1; 87,1; 96,1 и 94,0 %), наихудшие – у сортов Зимняя сладкая (К1 – сохранность 86,2 %), Грибовская зимняя (К2 – сохранность 82,3 %), Алтайская 47 (О1 и О2 – сохранность соответственно 93,6 % и 88,1 %). Продукция, полученная по технологии, предусматривающей ферментативную модификацию сырья, отличалась меньшими изменениями цветовых координат a^* (сохранность О1 и О2 соответственно 87,9 % и 82,8 %), чем без него (К1 и К2 сохранность соответственно 66,7 % и 54,0 %). Аналогичную тенденцию отметили и для изменений цветовых координат b^* – сохранность для К1, К2, О1 и О2 составила соответственно 88,9; 84,0; 94,8 и 90,9 %.

На основании экспериментальных данных (рисунок 39) установили, что на значение показателя цветового различия в основном оказывало воздействие технология получения пюре из тыквы (сила влияния 98,6 %, $p < 0,01$), а не сорт сырья или взаимодействие «сорт × технология» (сила влияния соответственно 0,8 % и 0,5 %, $p < 0,01$). Наименьшие потери значений показателя отметили у продукции сорта Кустовая оранжевая (43,9 %), а наибольшие – Грибовская зимняя (55,2 %). Значения показателя у продукции, полученной по технологии, предусматривающей ферментативную модификацию сырья, практически в 2 раза выше, чем без нее.

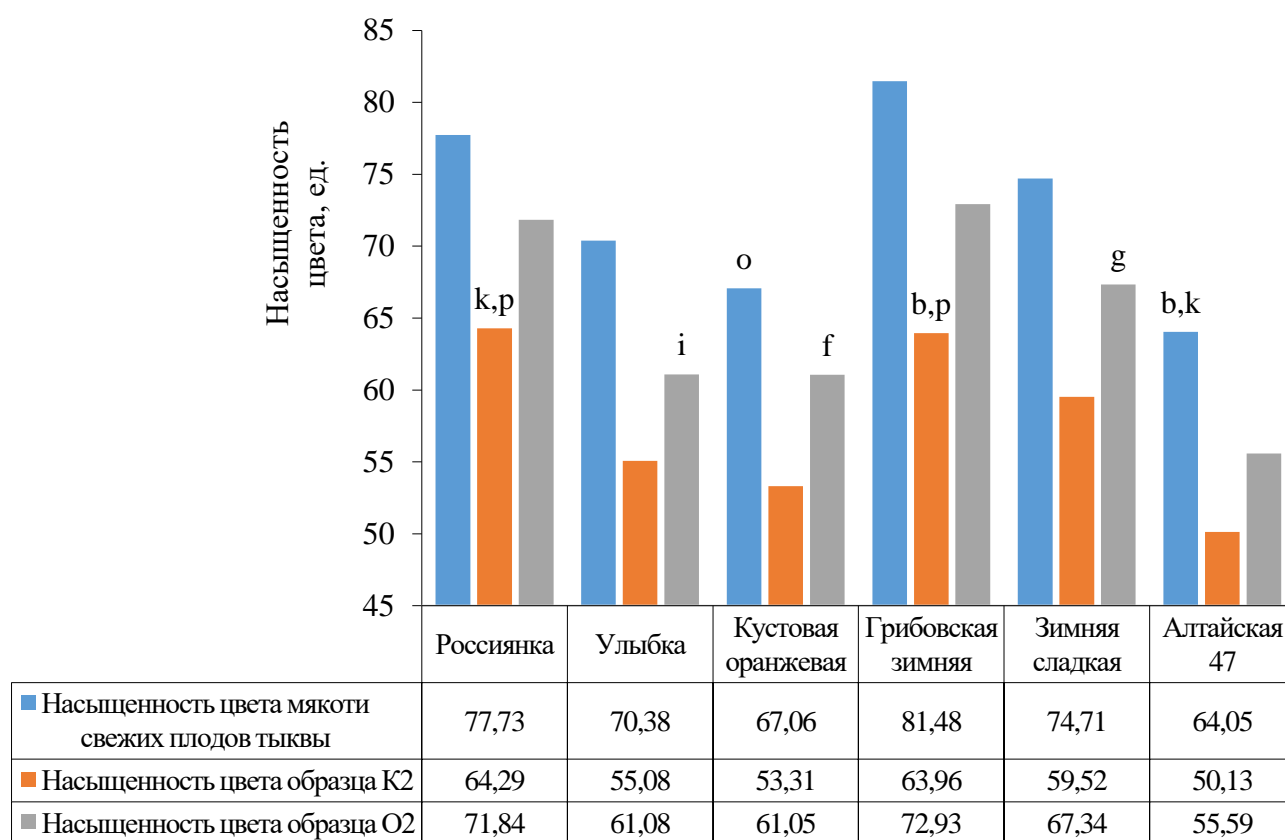


Примечание – Различия средних значений с разными надстрочными буквами несущественны ($p < 0,05$): Россиянка – a, b; Улыбка – c, d; Кустовая оранжевая – e, f; Грибовская зимняя – g, h; Зимняя сладкая – i, j; Алтайская 47 – k, l.

Рисунок 39 – Цветовые различия сухого пюре относительно мякоти свежих плодов тыквы

Высокие значения показателя насыщенности цвета (рисунок 40) свидетельствовали о том, что доминирующие цвета мякоти тыквы – желтый и красный – являются чистыми и интенсивными. Статистический анализ данных указывал на то, что технология получения сухого пюре из тыквы оказывала значительное влияние на насыщенность цвета, сорт – гораздо меньше, минимально – взаимодействие «сорт × технология», сила влияния соответственно 72,9; 26,9 и 0,2 % ($p < 0,01$). Наибольшие потери насыщенности цвета отметили у образцов из сорта Алтайская

47 (К2 – 21,7 %) и Улыбка (О2 – 13,2 %), а наименьшие – у сорта Россиянка (К1 и О2 соответственно 17,3 % и 7,6 %).



Примечание – Значения насыщенности цвета в столбцах с разными надстрочными цифрами несущественны ($p < 0,05$).

Рисунок 40 – Насыщенность цвета сухого пюре из тыквы

Продукция, полученная по технологии, предусматривающей ферментативную модификацию сырья, отличалась меньшими изменениями насыщенности цвета (сохранность О2 89,5 %), чем без него (К2 сохранность 79,5 %).

Из таблицы 18 видно, что результаты смещения угла оттенка цвета из красно-желтой в желтую область исследуемых образцов сушеной продукции имели, в основном, значимые различия ($p < 0,05$). Установили, что на значения угла оттенка продукции оказывали существенное влияние сорт тыквы, технология получения из нее пюре и взаимодействие «сорт × технология» (сила влияния соответственно 19,9; 79,9 и 0,5 %, $p < 0,01$). Наибольшие изменения угла оттенка тона продукции отмечены у образцов из сорта Улыбка (К2 – на 16,0 %) и Зимняя сладкая (О2 – на 3,9 %), наименьшие – Кустовая оранжевая (К2 и О2 – соответственно на 8,8 % и

1,5 %). Продукция, полученная по технологии, предусматривающей ферментативную модификацию сырья, отличалась меньшими изменениями угла оттенка тона, чем без него – изменения составили соответственно 2,9 % и 12,6 %.

Таблица 18 – Значение угла оттенка тона сухого пюре из тыквы ($n = 5$)

Сорт тыквы	Угол оттенка тона, град		
	контрольного образца пюре К2	опытного образца пюре О2	мякоти свежих плодов тыквы
Россиянка (а–с)	75,72	69,40 ^{dhn}	66,93 ^{lo}
Улыбка (d–f)	68,97 ^{bhi}	60,97	59,46
Кустовая оранжевая (g–i)	74,46 ^{jm}	69,51 ^{bdn}	68,47 ^{dk}
Грибовская зимняя (j–l)	73,98 ^g	68,17 ⁱ	66,41 ^{co}
Зимняя сладкая (m–o)	74,77 ^g	69,69 ^{bh}	67,06 ^{cl}
Алтайская 47 (p–r)	72,89	64,98	63,17

Примечание – Различия средних значений с разными надстрочными буквами несущественны ($p < 0,05$).

Из представленных данных можно видеть, что при переработке тыквы в сухое пюре независимо от используемого способа происходило увеличение индекса потемнения продукта – сила влияния сорта тыквы, технологии получения пюре и взаимодействия «сорт × технология» соответственно 91,4; 8,1 и 0,5 % ($p < 0,01$).

Наибольшие изменения индекса потемнения отмечены у образцов из сорта Улыбка (К2 – на 17,1 %) и Кустовая оранжевая (О2 – на 9,7 %), наименьшие – Алтайская 47 (К2 – на 1,9 %) и Грибовская зимняя (О2 – на 0,9 %). Опытные образцы тыквенного пюре, полученные с использованием ферментативной модификации, имеют меньший прирост этого показателя, чем без него, – соответственно 4,7 % против 8,1 % (таблица 19).

Аналогичные наблюдения о различиях цвета пюре из тыквы за счет используемых сортов сырья и технологии получения продукции согласуются с результатами исследований других авторов. Изменения цвета могли вызываться как особенностями сырья, так и происходящими в процессе изготовления пюре окислительными реакциями, ферментативной активностью и изомеризацией β -каротина [87; 118; 122; 171].

Таблица 19 – Индекс потемнения сухого пюре из тыквы ($n = 5$)

Сорт тыквы	Индекс потемнения		
	контрольного образца пюре К2	опытного образца пюре О2	мякоти свежих плодов тыквы
Россиянка (а–с)	205,1	201,3	188,9
Улыбка (d–f)	153,5	140,9	131,1
Кустовая оранжевая (g–i)	188,1	178,5	162,7
Грибовская зимняя (j–l)	235,6	231,2	229,2
Зимняя сладкая (m–o)	251,2	243,6	232,6
Алтайская 47 (p–r)	205,8	204,6	201,9

Примечание – Различия средних значений с разными надстрочными буквами несущественны ($p < 0,05$).

Проведены исследования индивидуальных каротиноидов, содержащихся в пюре из тыквы (таблица 20 и рисунок 41).

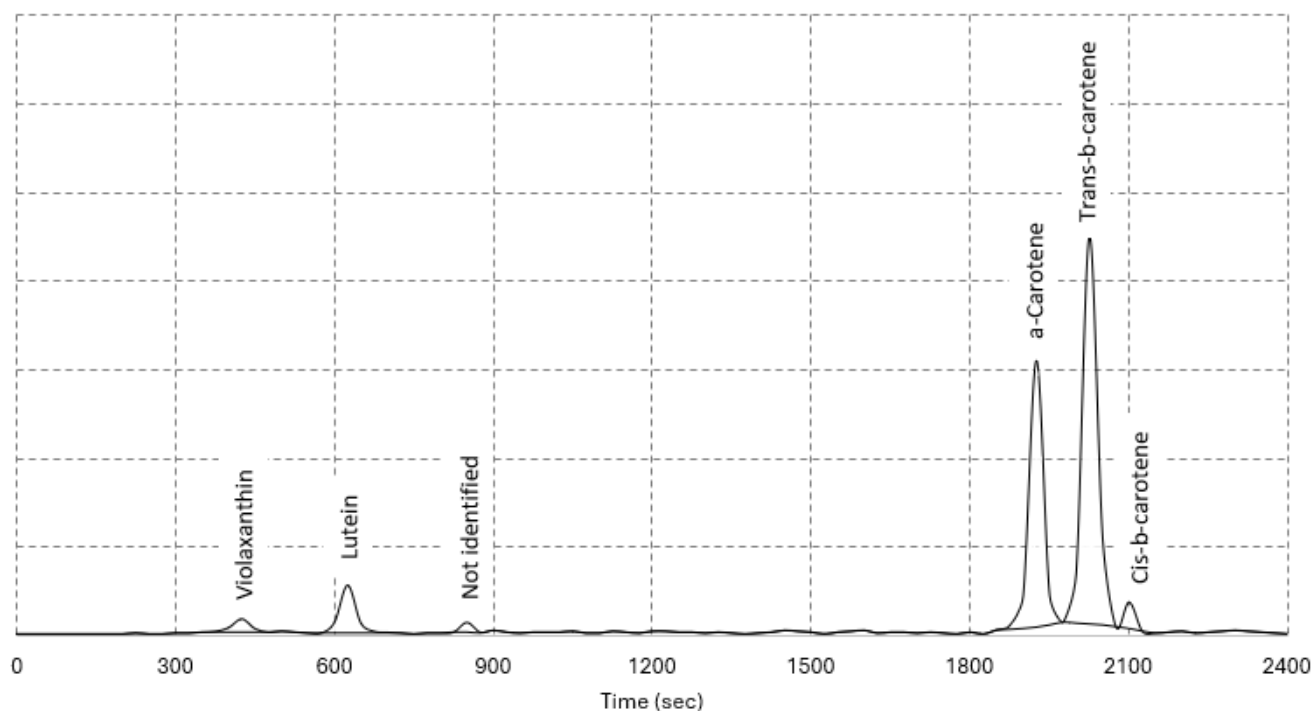


Рисунок 41 – Результаты ВЭЖХ-анализа каротиноидсодержащего экстракта мякоти свежих плодов тыквы

Таблица 20 – Содержание индивидуальных каротиноидов в пюре из тыквы ($M \pm m, n = 5$)

Сорт тыквы	Массовая доля индивидуального каротиноида, мкг/г сухого вещества				
	Мякоть свежих плодов тыквы	Контрольные образцы		Опытные образцы	
		К1	К2	О1	О2
Биолоксантин					
Россиянка (1–5)	0,888 ± 0,007	0,053 ± 0,004 ¹²	0,032 ± 0,005 ⁸	0,213 ± 0,006 ¹⁴	0,143 ± 0,003 ¹⁷
Улыбка (6–10)	0,413 ± 0,00330	0,068 ± 0,003 ¹²	0,037 ± 0,007 ³	0,186 ± 0,008 ^{10,15,27,28}	0,173 ± 0,011 ^{9,27}
Кустовая оранжевая (11–15)	0,275 ± 0,006 ^{19,22}	0,057 ± 0,003 ^{2,7}	0,091 ± 0,008	0,215 ± 0,007 ⁴	0,196 ± 0,004 ^{9,28}
Грибовская зимняя (16–20)	0,372 ± 0,006 ²⁵	0,152 ± 0,006 ⁵	0,113 ± 0,002	0,282 ± 0,001 ^{11,22}	0,312 ± 0,005 ²³
Зимняя сладкая (21–25)	0,642 ± 0,009	0,272 ± 0,004 ^{11,19}	0,313 ± 0,002 ²⁰	0,487 ± 0,001	0,362 ± 0,002 ¹⁶
Алтайская 47 (26–30)	0,554 ± 0,009	0,177 ± 0,006 ^{9,10}	0,192 ± 0,003 ^{9,15}	0,383 ± 0,004	0,416 ± 0,002 ⁶
Лютеин					
Россиянка (1–5)	0,736 ± 0,003 ^{5,27}	0,614 ± 0,008	0,647 ± 0,009	0,717 ± 0,011 ^{5,28}	0,727 ± 0,008 ^{1,4,27,28}
Улыбка (6–10)	1,128 ± 0,009	0,861 ± 0,009 ³⁰	0,892 ± 0,009	1,067 ± 0,012	1,084 ± 0,007
Кустовая оранжевая (11–15)	1,643 ± 0,010 ²²	1,233 ± 0,006	1,196 ± 0,004	1,482 ± 0,008	1,537 ± 0,005 ¹⁷
Грибовская зимняя (16–20)	1,861 ± 0,008	1,543 ± 0,011 ¹⁵	1,624 ± 0,009	1,691 ± 0,008	1,743 ± 0,007
Зимняя сладкая (21–25)	2,148 ± 0,011	1,646 ± 0,008 ¹¹	1,787 ± 0,004	1,982 ± 0,003	1,911 ± 0,004
Алтайская 47 (26–30)	1,115 ± 0,007	0,744 ± 0,016 ^{1,5}	0,711 ± 0,007 ^{4,5}	0,831 ± 0,005	0,869 ± 0,003 ⁷
α-каротин					
Россиянка (1–5)	16,248 ± 0,057 ^{3-5, 11-15,17-19,22-25,27,28}	15,119 ± 0,034 ^{12,18,22}	15,183 ± 0,027 ^{1,4,5, 12-15,17,18,22,23,27,28}	15,803 ± 0,031 ^{1,3,5,11- 15,17-19,22-25,27,28}	15,942 ± 0,024 ^{1,3,4,11- 15,17-19,22-25,27,28}
Улыбка (6–10)	21,461 ± 0,041 ^{9,10, 16,26}	18,696 ± 0,029 ^{15,19-21, 24,25,28-30}	18,633 ± 0,033 ^{7,11,15, 19-21,24,25,28-30}	20,622 ± 0,034 ^{6,7,10, 16,20,26,29}	20,982 ± 0,047 ^{6,9,16,26}
Кустовая оранжевая (11–15)	17,688 ± 0,024 ^{1,4,5,7, 8,14,15,17,19-21,24,25,27-30}	14,691 ± 0,041 ^{1-5,13, 14,17,18,22,23,27}	15,237 ± 0,039 ^{1,3-5,12, 14,15,17,18,22,23,27,28}	16,547 ± 0,051 ^{1,3-5,11- 13,15,17,19,22-25,27,28,30}	16,943 ± 0,036 ^{1,2-5,7,8, 11,13,14,17,19-21,23-25,27-30}

Продолжение таблицы 20

Сорт тыквы	Массовая доля индивидуального каротиноида, мкг/г сухого вещества				
	Мякоть свежих плодов тыквы	Контрольные образцы		Опытные образцы	
		К1	К2	О1	О2
Грибовская зимняя (16–20)	21,457 ± 0,036 ^{6,9,10,27}	16,374 ± 0,027 ^{1,3-5,11-15,19,22-25,27-30}	14,277 ± 0,034 ^{1-5,12,13,22,23}	17,547 ± 0,031 ^{1,4,5,7,8,11,14,15,17,20,21,24,25,27-30}	18,697 ± 0,042 ^{7-9,11,15,19,22,24,25,28-30}
Зимняя сладкая (21–25)	18,743 ± 0,021 ^{7,8,11,15,19,20,24,25,28-30}	14,627 ± 0,039 ^{1-5,12-14,17,18,23,15}	15,042 ± 0,028 ^{1,3-5,12,15,17,18,22,27,28}	17,312 ± 0,028 ^{1,4,5,7,8,11,14,15,17,19-21,25,27-30}	17,694 ± 0,033 ^{1,4,5,7,8,11,14,15,17,19,21,24,27-30}
Алтайская 47 (26–30)	21,626 ± 0,023 ^{6,9,10,16}	16,426 ± 0,057 ^{1,3-5,11-15,17,19,22,25,28,30}	16,893 ± 0,039 ^{1,3-5,7,8,11,13-15,17,19-21,23-26,27,29,30}	18,672 ± 0,033 ^{7-9,11,15,19-21,24,25,28,30}	18,235 ± 0,025 ^{7,8,11,14,15,17,19-21,24,25,27-30}
<i>транс-β-каротин</i>					
Россиянка (1–5)	28,320 ± 0,036	22,422 ± 0,029 ²⁶	17,848 ± 0,032	25,938 ± 0,027	25,328 ± 0,046
Улыбка (6–10)	26,036 ± 0,054	21,847 ± 0,037	22,597 ± 0,024 ¹⁶	23,877 ± 0,039	24,149 ± 0,032
Кустовая оранжевая (11–15)	19,831 ± 0,031	12,568 ± 0,038 ²²	13,882 ± 0,042	17,661 ± 0,024	17,312 ± 0,041 ²⁷
Грибовская зимняя (16–20)	22,666 ± 0,024	19,051 ± 0,039 ²⁹	18,932 ± 0,027	21,592 ± 0,042	21,442 ± 0,021
Зимняя сладкая (21–25)	16,679 ± 0,038	12,638 ± 0,041 ¹²	12,371 ± 0,034	15,467 ± 0,034	14,377 ± 0,021
Алтайская 47 (26–30)	22,392 ± 0,047 ²	17,231 ± 0,031 ¹⁵	16,777 ± 0,022	19,066 ± 0,042 ¹⁷	20,182 ± 0,031
<i>цис-β-каротин</i>					
Россиянка (1–5)	–	0,256 ± 0,007	0,692 ± 0,009 ¹⁸	0,043 ± 0,006 ^{19,24}	0,345 ± 0,003 ²⁵
Улыбка (6–10)	–	0,362 ± 0,008	0,982 ± 0,003	0,086 ± 0,002 ¹⁴	0,582 ± 0,006
Кустовая оранжевая (11–15)	–	0,425 ± 0,008 ¹⁵	0,765 ± 0,006	0,083 ± 0,003 ⁹	0,417 ± 0,006 ¹²
Грибовская зимняя (16–20)	–	0,152 ± 0,009 ²⁹	0,682 ± 0,008 ³	0,053 ± 0,006 ^{4,24}	0,477 ± 0,006
Зимняя сладкая (21–25)	–	0,273 ± 0,009	0,776 ± 0,002	0,052 ± 0,003 ^{4,19}	0,343 ± 0,006 ⁵
Алтайская 47 (26–30)	–	0,392 ± 0,008	0,842 ± 0,004	0,152 ± 0,003 ¹⁷	0,554 ± 0,004
Примечание – Различия средних значений с разными надстрочными цифрами несущественны ($p < 0,05$).					

Из данных таблицы 20 видно, что содержание индивидуальных каротиноидов в пюре из тыквы различалось в зависимости от сорта сырья и технологии их переработки, силы влияния сорта тыквы, технологии получения, взаимодействия «сорт × технология» соответственно, % ($p < 0,01$): виолоксантина – 21,9; 72,4 и 5,7; лютеина – 93,1; 3,8 и 3,1; α -каротина – 47,2; 50,1 и 2,3; *транс*- β -каротина – 69,6; 29,2 и 1,2; *цис*- β -каротина – 2,8; 96,5 и 0,7.

Наибольшее количество индивидуальных каротиноидов содержалось в продукции из тыквы следующих сортов: виолоксантина – Зимняя сладкая (К1 и К2 – сохранность соответственно 42,2 % и 48,6 % от первоначального количества) и Грибовская зимняя (О1 и О2 – соответственно 78,0 % и 86,4 %); α -каротина – Улыбка (К1 – сохранность 93,4 %) и Россиянка (К2, О1 и О2 – сохранность соответственно 93,4; 97,2 и 98,1 %); *транс*- β -каротина – Грибовская зимняя (К1, О1 и О2 – сохранность соответственно 84,0; 95,3 и 94,6 %), Улыбка (К2 – сохранность 86,8 %). Наименьшее количество виолоксантина содержалось в пюре из тыквы сорта Россиянка (К1, К2, О1 и О2 – сохранность соответственно 5,9; 3,6; 24,0 и 16,2 %), α -каротина – Алтайская 47 (К1 и О2 – сохранность соответственно 76,0 % и 84,7 %), Грибовская зимняя (К2 и О1 – сохранность соответственно 66,5 % и 81,8 %), *транс*- β -каротина – Кустовая оранжевая (К1 – сохранность 63,4 %), Россиянка (К2 – сохранность 63,0 %), Алтайская 47 (О1 – сохранность 85,1 %) и Зимняя сладкая (О2 – сохранность 86,1 %). Следует отметить, что количество лютеина при переработках тыквы сорта Улыбка увеличивается от первоначального количества в 6,6; 6,9; 8,2 и 8,4 раза соответственно у образцов К1, К2, О1 и О2, однако у других сортов его количество снижалось – наибольшие потери отметили у пюре из сорта тыквы Алтайская 47 (К1, К2, О1 и О2). В свежем пюре из тыквы отсутствовал *цис*- β -каротин, но в процессе технологической переработки образовывался – наибольшее количество отметили у продукции из сорта Кустовая оранжевая (К1), Улыбка (К2 и О2), Алтайская 47 (О1), а наименьшее – из сортов Грибовская зимняя (К1 и К2), Россиянка (О1) и Зимняя сладкая (О2).

Отметили, что наибольшее количество виолоксантина, α -каротина и *транс*- β -каротина содержалось в пюре из тыквы, полученного по технологии, предусмат-

ривающей ферментативную модификацию сырья, чем без нее, – соответственно в среднем в 2,2; 1,1 и 1,2 раза. При изготовлении продукции по технологии, не предусматривающей ферментативную модификацию сырья, отметили потери лютеина (в среднем 75,1 %), с ферментативной модификацией сырья – увеличение *цис*- β -каротина (в среднем на 2,5 %). При этом отметили, что продукция, полученная по технологии, не предусматривающей ферментативную модификацию тыквы, содержала в среднем в 2,1 раз больше *цис*- β -каротина, чем с нее.

Полученные данные о снижении, увеличении или образовании индивидуальных каротиноидов в пюре из тыквы, обусловленные сортавыми особенностями сырья (местом локализации, количеством окислительных ферментов и пр.) и технологией его переработки (количество и продолжительностью технологических операций, температурой и пр.) из-за окислительной деградации, изомеризации каротиноидов и пр., согласуются с данными других авторов [91; 195; 196; 209].

Установили значимые положительные тесные корреляционные зависимости между содержанием *транс*- β -каротином в пюре из тыквы и изменениями светлоты и цветовых координат a^* ($r = 0,72$ и $0,71$ соответственно, $p < 0,05$), виолоксантина и изменениями цветовых координат a^* и b^* ($r = 0,56$ и $0,38$ соответственно, $p < 0,05$), α -каротина и изменениями цветовой координаты a^* ($r = 0,76$, $p < 0,05$); отрицательные тесные корреляционные зависимости между содержанием *цис*- β -каротина и изменениями светлоты и цветовых координат a^* , b^* ($r = -0,44$; $0,72$ и $0,60$ соответственно, $p < 0,05$). Значимые связи отсутствовали между содержанием виолоксантина и изменениями светлоты, α -каротина и изменениями светлоты и цветовых координат b^* , *транс*- β -каротина и изменениями цветовой координаты b^* . Следует отметить отсутствие существенных корреляционных зависимостей между содержанием лютеина и исследуемыми показателями цвета.

В ходе анализа литературы установлено, что стабильность каротиноидов различается в разных продуктах питания, даже при условии использования одинаковых условий обработки и хранения [131; 213]. Основными причинами потери каротиноидов по время переработки сырья и хранения продуктов питания являются процессы ферментативного и неферментативного окисления.

Наличие в составе растительного сырья окислительных ферментов может приводить к существенной потере каротиноидов, однако использование в большинстве технологий высокотемпературной стабилизации (пастеризация, стерилизация) приводит к их инактивации. Окисление каротиноидов, катализируемое ферментами, происходит до тепловой обработки, во время очистки, нарезки и варки. Оно также может происходить в минимально обработанных продуктах и небланшированных замороженных продуктах во время размораживания [117; 132].

Рассматривая механизмы неферментативного окисления каротиноидов необходимо отметить, что *цис-транс*-изомеризация, кроме температуры и света, стимулируется наличием в среде кислот, содержание которых возрастает при механической травматизации клеток сырья. В эксперименте показано, что высокая температура бланширования при получении тыквенного пюре, приводит к интенсивной изомеризации β -каротина (см. таблицу 19). В работе A. Schieber и R. Carle приведены последствия появления *цис*-изомеров каротиноидов в пище: технологические – необходимость разработки новых технологий, препятствующих изомеризации каротиноидов; аналитические – развитие методов контроля содержания *цис*-изомеров и степени изомеризации каротиноидов; пищевые – вопросы безопасности, биодоступности, антиоксидантных свойств [186]. *Цис-транс*-изомеризация каротиноидов приводит к потере цвета пищевых систем, способности гасить синглетный кислород [102], а также приводит к изменению биодоступности и метаболизма каротиноидов. Вне зависимости от протекающей *цис-транс*-изомеризации каротиноиды (например, лютеин, *транс*- β -каротин, α -каротин) в пищевых матрицах/системах подвергаются реакциям автоокисления, которые первоначально включают в себя образование эпоксидов, расщепляющихся до апокаротиналей с последующим гидроксильрованием [132].

Последующая фрагментация гидроксикаротиноидов приводит к образованию ряда низкомолекулярных летучих соединений (в основном альдегидов, кетон, спиртов, различных углеводов, производных фурана и пирана) [89; 94; 191]. Стоит отметить, что новообразованные летучие соединения напрямую участвуют в образовании вкусоароматического профиля пищевого продукта, поскольку

зачастую обладают низкими порогами сенсорной чувствительности. В общем виде пути деградации каротиноидов в составе пищевых систем можно представить в виде рисунка 42.

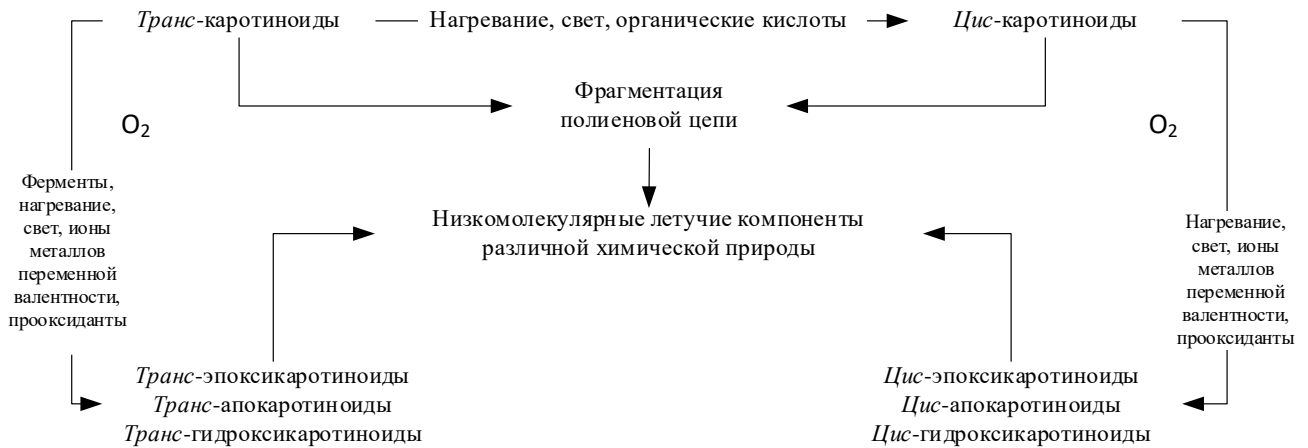


Рисунок 42 – Общий механизм неферментативного и ферментативного окисления каротиноидов в составе пищевых систем

Представленный механизм отражает взаимосвязь между химическими и физическими процессами, протекающими на разных технологических этапах переработки каротиноидсодержащего сырья и влияющими на трансформацию каротиноидов в пищевых системах.

По результатам выполненного блока исследований, установлено, что сорт тыквы, используемый при изготовлении пюре, оказывал основное влияние на показатели цвета (светлоту, цветовую координату b^* , индекс потемнения), содержание лютеина и транс- β -каротина (сила влияния от 69,1 % до 93,1 %, $p < 0,01$), технология – на показатели цветовой координаты a^* , цветовое различие, насыщенность и угол оттенка тона, содержание виолоксантина, α -каротина и *цис*- β -каротина (сила влияния от 72,4 % до 98,6 %, $p < 0,01$).

Были выявлены значимые прямые тесные корреляционные зависимости между содержанием *транс*- β -каротина в пюре из тыквы и изменениями светлоты и цветовой координаты a^* , виолоксантина и изменениями цветовых координат a^* и b^* , α -каротина и изменениями цветовой координаты a^* , обратные тесные корреляции

ляционные зависимости между содержанием *цис*- β -каротина и изменениями светлоты и цветовых координат a^* и b^* .

Пюре из тыквы, в том числе сухое, полученное путем ферментативной модификации (препаратами Амилоризин и Протозим), по сравнению с традиционными характеризовались лучшими значениями показателей светлоты (в 1,05 раза), меньшими изменениями цветовых координат a^* и b^* (соответственно в 1,41 и 1,02 раза), насыщенности цвета (в 1,13 раза), большим содержанием виолоксантина (в 2,16 раза), лютеина (в 1,16 раза), α -каротина (в 1,14 раза) и *транс*- β -каротина (в 1,18 раза), но меньшим содержанием *цис*- β -каротина (в 2,07 раза). Наилучшими сортами тыквы для получения пюре по оптическим характеристикам являлись Россиянка, Улыбка и Кустовая оранжевая, а по содержанию индивидуальных каротиноидов – Улыбка, Грибовская зимняя, Россиянка, Зимняя сладкая и Алтайская 47.

Предложенная технология получения сухого каротиноидсодержащего ингредиента из тыквы позволяет рассматривать его как источник каротиноидов при составлении рецептур пищевых продуктов, в том числе функционального и специализированного назначения. Представленные результаты позволят организовать производство тыквенного пюре высокого качества и стабильными оптическими характеристиками.

3.7 Изучение биодоступности каротиноидов каротиноидсодержащего ингредиента

На следующем этапе исследований важным представлялось исследовать биодоступность каротиноидов каротиноидсодержащего ингредиента. В целом, как было установлено многочисленными исследованиями, эффективная биодоступность β -каротина варьирует в значительных пределах – от 3,5 % до 90 % в зависи-

мости от введенной дозировки, матрицы-носителя, а также метода, используемого для оценки самой биодоступности [92; 100; 143].

В настоящее время существуют три предположения о метаболизме каротиноидов в верхних отделах желудочно-кишечного тракта человека [200]:

- каротиноиды не могут усваиваться, пока остаются включенными в исходную растительную матрицу;
- каротиноиды должны находиться в мицеллах, чтобы успешно адсорбироваться;
- каротиноиды поглощаются организмом по механизму пассивной диффузии.

В модельные системы желудка и кишечника вводили регидратированное тыквенное пюре (контрольный и опытный образцы) в количестве, обеспечивающем рекомендованную суточную дозу каротиноидов 5 мг, и осуществляли инкубирование модельных смесей при 36–37 °С. Среднее время задержки пищи на основе растительного сырья в желудке составляет от 2 до 4 ч, в кишечнике – до 3 сут. Для экспериментов было установлено нахождение образцов пюре в модельной системе желудка – 3 ч; в модельной системе кишечника – 8 ч. Объем желудочного и кишечного сока принят равным 2 дм³. Результаты эксперимента представлены на рисунке 43.

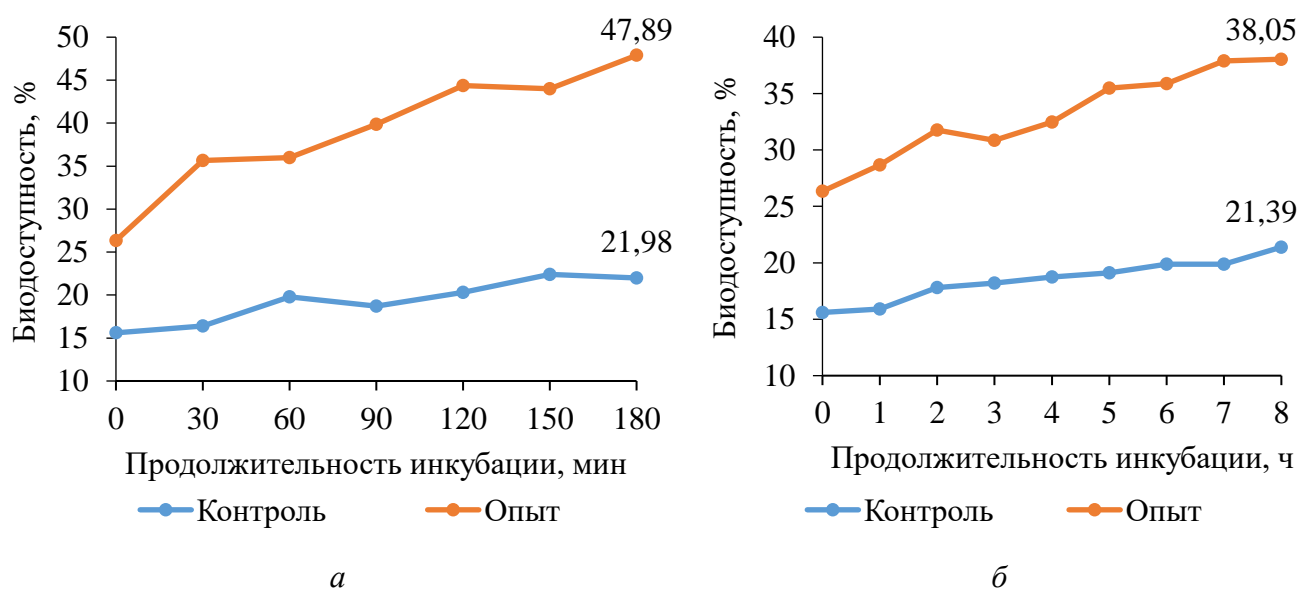


Рисунок 43 – Биодоступность каротиноидов опытного и контрольного образцов тыквенного пюре *in vitro* на модели желудка (а) и на модели кишечника (б)

Как показали результаты исследований, ферментативная обработка в значительной степени повышает биодоступность тыквенного пюре в эксперименте с моделью как желудочного сока, так и кишечного сока. В опыте показано, что ферментативная обработка тыквенного пюре в выбранных условиях позволяет увеличить биодоступность каротиноидов на 25,91 % в желудке и на 16,66 % в кишечнике. Таким образом, предлагаемый способ получения каротиноидсодержащего ингредиента позволяет обеспечить более эффективное использование каротиноидов сырья в составе пищевых систем и оптимизировать реализацию их доказанных терапевтических свойств.

3.8 Исследование влияния каротиноидсодержащего ингредиента на пробиотическую микрофлору

Возрастающий интерес потребителей к различным продуктам, обогащенным пре- и пробиотиками и одновременно с функциональными свойствами обладающим еще и высокой пищевой ценностью, подчеркивает актуальность исследований в этом направлении. В то же время поиск альтернативных пищевых систем, способных к ферментации микроорганизмами, активно продвигается под влиянием тренда к употреблению веганских и вегетарианских продуктов [145; 205], а также в связи со все более частыми и массовыми проявлениями непереносимости лактозы коровьего молока – традиционного продукта, наиболее часто обогащаемого пробиотическими микроорганизмами.

Исследовали влияние каротиноидсодержащего ингредиента на активность пробиотической микрофлоры на примере комплекса пробиотических микроорганизмов «Эвиталия». В эксперименте оценивали влияния различных концентраций вносимого каротиноидсодержащего ингредиента на процесс развития пробиотиче-

ских микроорганизмов «Эвиталия» при сквашивании молока. Результаты представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Показатели роста пробиотических микроорганизмов закваски «Эвиталия» в зависимости от концентрации каротиноидсодержащего ингредиента ($M \pm m$, $n = 5$)

Образец	Титр клеток молочнокислых бактерий, lg КОЕ/см ³				
	0 ч	12 ч	24 ч	36 ч	48 ч
Контроль	4,31 ± 0,27	5,05 ± 0,13	7,04 ± 0,53	6,33 ± 0,20	5,52 ± 0,34
1,0 % КСИ	4,23 ± 0,21	5,29 ± 0,29	7,67 ± 0,28	7,22 ± 0,18	6,59 ± 0,26
2,0 % КСИ	4,37 ± 0,28	5,42 ± 0,11	8,05 ± 0,33	7,57 ± 0,21	6,78 ± 0,28
3,0 % КСИ	4,33 ± 0,38	5,88 ± 0,17	8,63 ± 0,49	8,23 ± 0,20	7,63 ± 0,24
4,0 % КСИ	4,29 ± 0,36	6,07 ± 0,22	8,97 ± 0,15	8,45 ± 0,28	8,09 ± 0,23
5,0 % КСИ	4,31 ± 0,43	6,69 ± 0,27	9,23 ± 0,27	8,79 ± 0,17	8,20 ± 0,18

Из полученных данных можно видеть, что внесение каротиноидсодержащем ингредиенте в стерилизованное молоко с инокулированной пробиотической закваской «Эвиталия» увеличивает в первые 12 ч скорость прироста биомассы в 1,43–3,21 раза. Указанная тенденция к увеличению биомассы пробиотических микроорганизмов сохраняется в течение всего периода культивирования.

Этот факт можно связать с наличием в каротиноидсодержащем ингредиенте продуктов ферментативной модификации нативных полимеров – крахмала и белков, которые выступают в качестве питательных веществ (моно- и олигосахариды) и участвуют непосредственно в клеточном метаболизме (аминокислоты, короткоцепочечные пептиды).

Также были рассчитаны некоторые характеристики, отражающие непосредственно процесс развития пробиотической микрофлоры в первые 24 ч развития (таблица 22).

Таблица 22 – Характеристики развития микроорганизмов пробиотической закваски «Эвиталия» в зависимости от концентрации каротиноидсодержащего ингредиента ($n = 5$)

Образец	Удельная скорость роста, ч ⁻¹	Число поколений	Средняя продолжительность генерации, ч
Контроль	0,262	9,06	2,64
1,0 % КСИ	0,330	11,42	2,09
2,0 % КСИ	0,353	12,22	1,96
3,0 % КСИ	0,412	14,28	1,67
4,0 % КСИ	0,449	15,54	1,54
5,0 % КСИ	0,472	16,33	1,46

Таким образом, выполненный комплекс исследований доказывает положительное влияние каротиноидсодержащего ингредиента на ключевые биотехнологические характеристики развития пробиотических микроорганизмов на примере комплекса пробиотических микроорганизмов «Эвиталия». По сравнению с контролем удельная скорость роста пробиотиков в опыте с применением 5 % каротиноидсодержащего ингредиента выросла в 1,8 раза, а продолжительность генерации сократилась на 1,18 ч, что в совокупности позволило дополнительно вырастить семи поколениям пробиотиков.

4 Разработка практических рекомендаций по использованию каротиноидсодержащего ингредиента

4.1 Определение технологической пригодности сухого каротиноидсодержащего ингредиента

В настоящее время овощные пюре являются оптимальной формой полуфабрикатов для изготовления соусов, заправок, спредов, начинок, супов и др. в промышленных условиях, в индустрии питания (общественного питания) и секторе HoReCa, так как удобны в применении, компактно хранятся длительное время (от 6 до 36 мес.), легко восстанавливаются водой (молоком, бульоном и т. д.), образуя пюреобразные массы, не отличимые от исходного сырья, хорошо гомогенизируются с другими рецептурными ингредиентами, технологически более удобны при подаче на производство. Особо значимо использование овощных пюре в производстве концентратов таких пищевых систем, как суп-пюре, крем-суп, смузи и т. д., в том числе функциональных.

По оценкам BusinesStat, в 2019–2023 гг. производство овощных, фруктовых и ягодных пюре в России увеличилось на 39 % с 283 до 393 тыс. т [6].

Для лучшей сохранности и удобства хранения нативные пюре консервируют преимущественно физическими методами – высушиванием при повышенной температуре [56; 214] или сублимационной сушкой [96] отварной измельченной и (или) гомогенизированной мякоти тыквы, используя также плодовые компоненты, например айву [141], шиповник и облепиху [56]. В результате замораживания или сушки овощное пюре теряет влагу, что приводит к изменению его консистенции и структуры – преимущественно волокнистой, а зачастую и цвета.

Стоит сказать, что наиболее эффективной, позволяющей сохранить нативный потенциал мякоти тыквы, в частности содержание каротиноидов, является гибрид-

ная технология ферментативной модификации и сушки при повышенной температуре, разработанная авторами и описанная [48]. Ферментативная модификация в данном случае способствует, во-первых, повышению пищевой ценности пюреированной мякоти тыквы за счет увеличения содержания сахаров, лучшей сохранности аскорбиновой кислоты (в 2,5–3,5 раза), каротина (в 3,2–5,7 раза) по сравнению с контрольными образцами пюре, полученными бланшированием; во-вторых, большей сенсорной привлекательности – крахмалистый привкус в ферментированном пюре практически неощутим, отсутствует тон вареных овощей (по сравнению с контрольными образцами), консистенция становится более однородной и «пластичной» [67]; в-третьих, доказано, что усвоение/биодоступность каротиноидов увеличивается в ферментированных растительных пищевых системах [31]. Высушивание при температуре 50 °С до остаточной влажности 2–4 % позволит увеличить срок хранения до 24 мес. и более, с одной стороны, а с другой – термическая обработка инактивирует некоторые окислительные ферменты и частично разрушают структуру других, что приводит к более высокой биодоступности β-каротина, содержание которого при температуре 70 °С и выше снижается прямо пропорционально повышению температуры, что обусловлено окислительными и неокислительными изменениями – *цис-транс*-изомеризацией и образованием эпоксида [201].

Регидратация овощных пюре – это процесс восстановления влаги в пюре после его замораживания или сушки. При этом при восстановлении необходимо изучить не только общее сенсорное восприятие, в частности, внешний вид и цвет, текстуру и технологические свойства [97; 144], но и содержание целевых микронутриентов – каротиноидов, антоцианов и т. д. Надо сказать, что в процессе тепловой обработки возможно чрезмерное обесцвечивание овощных пюре в следствие разрушения весьма лабильных веществ – пигментов, в частности, в пюре из мякоти тыквы – каротина.

Для овощных пюре одним из критериев оптимального вкуса и консистенции /текстуры, ощущаемыми в ротовой полости, является «естественное ощущение во рту». Для пюре из тыквы это идеальная однородность без ощущения волокнисто-

сти. Многие важные параметры для контроля производства, а также для разработки новых продуктов напрямую связаны с реологическими параметрами продукта, такими как вязкость и точка текучести. Так, оптимальная вязкость пюре – основа требуемой консистенции готовых продуктов.

На эффективность процесса восстановления высушенных пюре влияют такие технологические свойства высушенных материалов (порошков и волокнистых), как насыпная плотность, смачиваемость и сыпучесть (связана с когезионной способностью, т. е. способностью волокон связываться), которые исследованы в эксперименте (таблица 23).

Таблица 23 – Технологические свойства высушенных пюре из тыквы сорта Россиянка ($M \pm m, n = 3$)

Образец	Смачиваемость, с	Насыпная плотность, кг/дм ³	Сыпучесть при влажности 4,6 %	Когезионная способность при влажности 4,6 %
1 (контроль)	710,0 ± 11,0 ^a	0,35 ± 0,11 ^{ab}	Удовлетворительная	Средняя
2 (опытный)	680,0 ± 10,0 ^b	0,42 ± 0,10 ^{ab}	Удовлетворительная	Высокая
Примечание – Различия средних значений с разными надстрочными индексами существенны ($p < 0,05$).				

Как видно из приведенных данных, ферментативная модификация положительно влияет на смачиваемость высушенного пюре – сокращается продолжительность смачивания на 30 с (4,3 %), насыпная плотность увеличивается на 20 %, при удовлетворительной сыпучести в обоих образцах у контрольного когезионная способность высокая, что обеспечит более плотную и пластичную структуру восстановленного пюре. Скорее всего это связано с размером частиц в пюре: чем они меньше, тем легче смачиваемость и насыпная плотность меньше, т. е. ферментативная модификация влияет также и на размер частиц. В целом ферментативная модификация способствует большей технологической приемлемости при получении готовых продуктов из восстановленного пюре.

Самый простой способ регидратации полученных высушиванием при повышенной температуре или физическом воздействии овощных и плодовых пюре – до-

бавление воды или других растворителей различной температуры. Ввиду того, что полученный полуфабрикат планируется использовать в производстве концентратов первых (суп-пюре) и безалкогольного напитка смузи, детально изучена регидратация водой, а именно температура и продолжительность процесса восстановления; регидратация излишне горячей водой разрушит пигмент каротин, и соответственно, изменится цвет пюре (обесцветится).

Доказано, что кинетика деградации пигмента β -каротина и цвета в пюре из мякоти тыквы, полученном бланшированием в 1 % растворе NaCl при 100 °C в течение 2 мин, соответствует кинетике реакций первого порядка [97].

Практический интерес представляет исследование процесса регидратации пюре, полученного из бланшированной мякоти тыквы по классической технологии и высушиванием (в вакуумном сушильном шкафу Labtex LT-VO/50 при температуре 60–80 °C с шагом 10 °C на силиконовых ковриках при толщине слоя пюре не более 5 мм) и определение технологической пригодности для получения концентратов супов/смузи.

Регидратацию осуществляли водой с температурой 75 °C в течение 5 мин. В ходе дегустации установлено, что высушенное тыквенное пюре, полученное по классической технологии (образец 1, контроль), представляет собой гомогенную массу с крупинчатостью желто-оранжевого цвета, с характерным овощным запахом, со вкусом сырых овощей, слабо сладким, мало гармоничным.

Высушенный каротиноидсодержащий ингредиент (образец 2, опыт) представляет собой гомогенную однородную пластичную массу оранжевого цвета, имеет запах пареной тыквы, вкус слабо сладкий, приятный и гармоничный, с тонами пареной тыквы. Стоит отметить выраженность цветового тона в данном образце – оранжевого (за счет того, что при ферментации в системе цветовых координат « L^* светлота – a^* покраснение – b^* желтизна» возрастает величина a^* [118]). Химический состав восстановленного пюре из тыквы приведен в таблице 24.

Каротиноидсодержащий ингредиент должен соответствовать требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и изготавливаться с соблюдением санитарных правил и норм.

Таблица 24 – Физико-химические показатели пюре из тыквы «Россиянка», восстановленного водой с $T = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ ($M \pm m$, $n = 3$)

Показатель	Образец 1 (опыт)	Образец 2 (контроль)
Массовая доля сухих веществ, % (по ГОСТ 32742-2014 не менее 5,0 % для тыквы)	$11,10 \pm 0,87^{ab}$	$11,94 \pm 0,82^{ab}$
Массовая доля сахаров, % (на а.с.в.)	$5,42 \pm 0,07^a$	$7,16 \pm 0,13^b$
Массовая доля крахмала, % (на а.с.в.)	$3,56 \pm 0,21$	Не определяется
Массовая доля белка, % (на а.с.в.)	$1,21 \pm 0,16^a$	$0,24 \pm 0,06^b$
Массовая концентрация β -каротина, мг/100 г	$4,02 \pm 0,09^a$	$4,39 \pm 0,08^b$
Примечание – Различия средних значений с разными надстрочными индексами существенны ($p < 0,05$).		

Отличительные признаки продукта, применяемые при идентификации, представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Идентификационные признаки сухого каротиноидсодержащего ингредиента

Наименование	Признаки
Сухой каротиноидсодержащий ингредиент	Однородная мелкодисперсная масса, сохраняющая цвет и вкус термически обработанной мякоти тыквы; предназначен для длительного хранения за счет массовой доли влаги не более 4,5 % и герметичной упаковки

По органолептическим и физико-химическим показателям сухой каротиноидсодержащий ингредиент должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 26.

Таблица 26 – Показатели качества сухого каротиноидсодержащего ингредиента ($M \pm m$, $n = 3$)

Показатель	Характеристика
Внешний вид и консистенция	Однородная мелкодисперсная масса с размером частиц не более 0,5 мм, без посторонних примесей
Вкус и запах	Свойственные термически обработанной мякоти тыквы, хорошо выраженные. Не допускаются посторонние привкус и запах
Цвет	Желтый, оранжевый, однородный по всей массе. Допускается незначительное изменение цвета/потемнение

Продолжение таблицы 26

Показатель	Характеристика
Массовая доля влаги, %	Не более 4,50
Массовая концентрация β-каротина, мг/100 г	Не менее 4,00
Массовая доля минеральных примесей, %	Не более 0,05
Посторонние примеси, в том числе растительного происхождения	Не допускаются

По содержанию токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов, нитратов продукт должен соответствовать требованиям ТР ТС 021/2011 (прил. 3), указанным в таблице 27.

Таблица 27 – Показатели безопасности сухого каротиноидсодержащего ингредиента

Наименование вещества (элемента)		Допустимый уровень, мг/кг (для радионуклидов – Бк/л), не более
Токсичные элементы	Свинец	0,5
	Мышьяк	0,2
	Кадмий	0,03
	Ртуть	0,02
Микотоксины	Патулин	0,05
Пестициды	ГХГЦ (α, β, γ-изомеры)	0,5
ДДТ и его метаболиты		0,1
Радионуклиды	Цезий-137	80
	Стронций-90	40
Нитраты		150

Микробиологические показатели продукции не должны превышать допустимых уровней, установленных ТР ТС 021/2011 (прил. 2), указанных в таблице 28.

Таблица 28 – Микробиологические показатели сухого каротиноидсодержащего ингредиента

Показатель	Допустимый уровень
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г (см ³)	Не более $5 \cdot 10^4$
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), г/см ³	Не допускаются в массе продукта 0,01
Дрожжи, КОЕ/г	Не более 50
Плесени, КОЕ/г	Не более 500

Технические требования к производству сухого каротиноидсодержащего ингредиента, в том числе требования к сырью, маркировке готового продукта правилам приема и методам контроля, изложены в ТУ 10.39.13-175-88698095-2024 «Сухое ферментализованное тыквенное пюре. Технические условия» (приложение В).

4.2 Пример использования каротиноидсодержащего ингредиента в технологии концентрата для приготовления напитка

Основной задачей данного блока исследований было изучить и обосновать технологическое решение, направленное на получение порошкообразного продукта, при регидратации восстанавливающегося до состояния густого напитка «Тыквенно-облепиховый смузи» с высоким содержанием каротиноидов.

На первом этапе исследования было подобрано количество каротиноидсодержащего ингредиента, позволяющего придать напитку характерные для смузи внешний вид и консистенцию (таблица 29).

Таблица 29 – Органолептические свойства регидратированных основ для густого напитка «Тыквенно-облепиховый смузи»

Показатель	Образец		
	9 % СКСИ	12 % СКСИ	15 % СКСИ
Внешний вид	Однородная, не расслаивающаяся масса, желто-оранжевого цвета	Густая, однородная, не расслаивающаяся масса, желто-оранжевого цвета	Чрезмерно густая масса, не ассоциирующаяся с напитком, однородная, не расслаивающаяся масса, желто-оранжевого цвета
Запах	Свойственный, обусловленный используемым сырьем	Свойственный, обусловленный используемым сырьем	Свойственный, обусловленный используемым сырьем
Вкус	Водянистый с характерным вкусом тыквы	Сладковатый, приятный, характерный для тыквы	Сладковатый, приятный, характерный для тыквы

Поскольку смузи являются прохладительным напитком, употребляемым в том числе и со льдом, использование горячей воды для регидратирования исключено. Поэтому для регидратации была использована вода комнатной температуры. Исследовали дозировки каротиноидсодержащего ингредиента от 9 % до 15 %.

Таким образом, на данном этапе исследования была уточнена дозировка каротиноидсодержащего ингредиента (12 %) для использования в качестве основы для смузи. Использование большего количества каротиноидсодержащего ингредиента приводит к трудностям при перемешивании продукта, а также придает продукту внешний вид и консистенцию скорее полужидкого пюре, чем напитка. С учетом рекомендованной нормы потребления каротиноидов 5 мг/сут употребление напитка (200 мл), содержащего 12 % каротиноидсодержащего ингредиента, способно удовлетворить до 20 % от нормы потребления каротиноидов.

Для повышения вкусовых характеристик тыквенного смузи в рецептуру ввели сухой экстракт облепихи (ООО «КиТ плюс», г. Бийск), представляющий собой порошкообразный продукт желто-коричневого цвета с выраженным запахом облепихи, а также кислым вкусом. Как показали исследования, внесение 5 % сухого экстракта в рецептуру позволяет получить напиток с приятным, освежающим кисло-сладким вкусом и выраженным ароматом облепихи. Комбинация тыквы и облепихи положительно оценивается потребителями; кроме того, дополнительное внесение экстракта облепихи способствует обогащению смузи органическими кислотами, фенольными веществами, жирными кислотами и каротиноидами (таблица 30).

Таблица 30 – Физико-химические показатели регидратированного концентрата для приготовления густого напитка «Тыквенно-облепиховый смузи» ($M \pm m, n = 3$)

Показатель	Фактическое значение	Предлагаемое значение для использования при разработке нормативно-технической документации
Массовая доля сухих веществ, %	$18,8 \pm 0,2$	Не менее 17,0
Массовая доля органических кислот, %	$0,32 \pm 0,1$	Не менее 0,3
Массовая концентрация каротиноидов, мг/100 г	$1,06 \pm 0,07$	Не менее 1,0
Массовая концентрация полифенольных веществ, мг/100 г	$164,3 \pm 0,2$	–

Полученные в ходе исследований данные позволяют сделать вывод о высоком содержании каротиноидов в готовых смузи на основе сухого каротиноидсодержащего ингредиента, а добавление экстракта облепихи повышает профилактические и функциональные свойства готового продукта. Употребление одной порции напитка (200 см³) позволит удовлетворять около 20 % суточной нормы каротиноидов.

4.3 Пример использования каротиноидсодержащего ингредиента в технологии концентратов первых блюд

В ходе опроса (параграф 3.1) установлено, что почти половина (47,8 %) опрошенных студентов редко употребляют жидкую горячую пищу. Тогда как мясные и овощные горячие бульоны являются неотъемлемой частью полноценного рациона и служат для улучшения пищеварения и гидратации организма. Бульон обладает большим питательным потенциалом, его употребление способствует нормализации работы желудочно-кишечного тракта, ускоряет процесс метаболизма и насыщения.

Разработана рецептура концентрата первого блюда (опытный, образец 1) – супа-пюре на основе ферментативно модифицированного пюре из мякоти тыквы, содержащая локальные доступные и недорогие ингредиенты (таблица 31).

Таблица 31 – Рецептура концентрата супа-пюре на основе сухого каротиноидсодержащего ингредиента

Наименование сырья	Норма расхода (на 0,025 кг*), кг
Сухой каротиноидсодержащий ингредиент	0,01000
Морковь пассерованная сушеная	0,00650
Лук пассерованный сушеный	0,00400
Соль поваренная	0,00100
Куркума молотая	0,00025
Кукурузная мука	0,00325
Итого	0,02500
Примечание – *25 г – масса одной единицы потребительской тары для разового употребления.	

В качестве контроля взяты коммерческие образцы аналогичного концентрата, наиболее близкие по составу ингредиентов к опытному.

Образец 1 (опытный), изготовленный в соответствии с рецептурой (см. таблицу 31).

Образец 2. Состав: овощи (тыква, картофель, морковь), крахмал картофельный, сахароза, хлопья кукурузные, миндаль, заменитель сливок (кукурузный сироп, масло растительное, молочный белок), соль, сырный порошок, бульон овощной, куркума, орех мускатный. Пищевая ценность одной порции: белки 1,4 г; жиры 1,2 г; углеводы 9,8 г, энергетическая ценность 55 ккал (230 кДж).

Образец 3. Состав: мякоть тыквы сушеная измельченная, хлопья кукурузные, картофельные хлопья, молоко сухое, жмых кедровый, жмых кунжутový, смола индийской акации (гуаровая камедь), лук порей сушеный измельченный, морковь сушеная дробленая, жмых грецкого ореха, соль поваренная пищевая, зелень петрушки сушеная измельченная, черный перец молотый, янтарная кислота. Пищевая ценность одной порции: белки 3,65 г; жиры 1,39 г; углеводы 4,40 г, энергетическая ценность 44,66 ккал (186,98 кДж).

Образец 4. Состав: тыква сушеная, мальтодекстрин, лук репчатый сушеный, молоко сухое цельное, морковь столовая сушеная, соль, приправа «Карри», чеснок сушеный, перец черный, укроп сушеный. Пищевая ценность одной порции: белки 2,36 г; жиры 1,68 г; углеводы 17,44 г, энергетическая ценность 96,32 ккал (403 кДж).

Как видно из состава контрольных образцов, во-первых, тыква сушеная измельчена, что не обеспечивает однородную консистенцию готового супа-пюре; во-вторых, присутствуют ингредиенты-аллергены (молоко сухое, миндаль и др.); в-третьих, неоправданно многокомпонентный состав.

Для сравнительной и объективной оценки качества образцов разработана балльная шкала, критерии которой приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Описательная пятибалльная шкала для тыквенного супа-пюре быстрого приготовления

Показатель	Коэффициент весомости	Характеристика	Количество баллов
Внешний вид	0,15	Однородная пюреобразная текучая масса без частиц, волокон, кожицы, семян	5
		Практически однородная пюреобразная текучая масса без частиц, волокон, кожицы, семян	4
		Практически однородная пюреобразная текучая масса с включением небольшого количества волокон мякоти тыквы	3
		Неоднородная пюреобразная текучая масса с включением небольшого количества волокон мякоти тыквы	2
		Неоднородная пюреобразная текучая масса с включением волокон мякоти тыквы	1
Цвет	0,15	Однородный, свойственный с свойственный ингредиентам по рецептуре блюда	5
		Практически однородный, свойственный ингредиентам по рецептуре блюда	4
		Неоднородный, свойственный ингредиентам по рецептуре блюда, встречаются темные пятна, крапчатость	3
		Неоднородный, несвойственный ингредиентам по рецептуре блюда, крапчатость, неприятный на вид	2
		Несвойственный ингредиентам по рецептуре блюда	1
Вкус	0,20	Насыщенный, хорошо выраженный, свойственный соответствующим ингредиентам по рецептуре блюда, приятный, без постороннего привкуса в послевкусии	5
		Выраженный, свойственный соответствующим ингредиентам по рецептуре блюда, приятный, без привкуса в послевкусии	4
		Свойственный соответствующим ингредиентам по рецептуре блюда, без явного постороннего привкуса в послевкусии	3
		Разлаженный и (или) несоответствующий ингредиентам по рецептуре блюда, в послевкусии присутствует посторонний привкус	2
		Не свойственный соответствующим ингредиентам по рецептуре блюда и (или) неприятный, вызывает отторжение, в послевкусии присутствуют явные посторонние привкусы	1

Продолжение таблицы 32

Показатель	Коэффициент весомости	Характеристика	Количество баллов
Запах	0,20	Хорошо выраженный чистый гармоничный запах, свойственный ингредиентам по рецептуре блюда, без посторонних запахов	5
		Выраженный запах, свойственный ингредиентам по рецептуре блюда, без посторонних запахов	4
		Негармоничный и (или) слабовыраженный запах, свойственный ингредиентам по рецептуре блюда, без посторонних запахов	3
		Негармоничный и (или) слабовыраженный запах, свойственный ингредиентам по рецептуре блюда, имеются посторонние тона	2
		Не свойственный ингредиентам по рецептуре блюда / или неприятный, вызывает отторжение, имеются посторонние тона	1
Консистенция	0,30	Гомогенная, свойственная супу-пюре	5
		Однородная, свойственная тыквенному супу-пюре	4
		Неоднородная, свойственная тыквенному супу-пюре	3
		Неоднородная, свойственная тыквенному супу-пюре, слегка желеобразная	2
		Неоднородная, желеобразная, не свойственная тыквенному супу-пюре	1

Оценку выбранных показателей проводили в ходе дегустации пять оценщиков (студенты обучающиеся по направлению подготовки 19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания»). Результаты оценки представлены в таблицах 33 и 34.

Наихудшая органолептическая оценка в результате опробования была дана образцу 3, который отличался темно-желтым цветом с зеленоватым тоном, а также горьким послевкусием. Образец 2, по мнению оценщиков, имел хороший цвет и вкус, однако слабо развитый аромат и жидкую консистенцию. Образец 4 получил от оценщиков наивысший балл, характеризовался приятным внешним видом, консистенцией характерной для супа-пюре, развитым вкусом и ароматом.

Таблица 33 – Органолептические показатели образцов супа-пюре из мякоти тыквы

Показатель	Образец 1 (опытный)	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Фотография				
Внешний вид	Однородная пюреобразная текучая масса без частиц, волокон, кожицы, семян	Однородная масса, на поверхности шарики из кукурузных хлопьев	Неоднородная масса с вкраплениями измельченных овощей	Однородная
Консистенция	Гомогенная	Однородная жидкая, хлопья мягкие	Неоднородная, густая	Однородная
Цвет	Оранжевый	Желтый, видны хлопья светло-желтого цвета	Темно-желтый с оттенками зеленого	Темно-оранжевый
Запах	Приятный вареной тыквы	Слабый тыквенный запах с преобладающим молочным ароматом	Запах пассерованных овощей и бульонного кубика	Запах тыквы, с ароматом пассерованных овощей и слабым ароматом карри
Вкус	Слабо-сладкий, приятный, гармоничный с тонами вареной тыквы	Слабо тыквенный с миндальным привкусом	Вкус тыквенных семечек с овощами, горькое послевкусие	Насыщенный, приятный, гармоничный, с пряным послевкусием

Таблица 34 – Средний балл оценщиков с учетом коэффициентов весомости ($n = 5$)

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Внешний вид	0,72	0,66	0,51	0,69
Консистенция	1,44	0,84	0,96	1,26
Цвет	0,75	0,42	0,18	0,72
Запах	0,92	0,44	0,84	0,96
Вкус	0,96	0,56	0,24	0,88
Итого	4,79	2,92	2,73	4,51

Опытный образец по внешнему виду представлял собой однородную пюреобразную текучую массу без частиц, волокон, кожицы, семян, имел более выражен-

ный оранжевый цвет, идеально однородную консистенцию, приятный запах и слабо сладкий, приятный, гармоничный с тонами вареной тыквы вкус.

Определено содержание каротиноидов, мг/100 г: образец 1 – $(1,75 \pm 0,07)$, образец 2 – $(1,13 \pm 0,04)$, образец 3 – $(0,72 \pm 0,07)$, образец 4 – $(1,28 \pm 0,06)$.

Проведенные исследования образцов позволили определить регламентированные значения показателей для использования при разработке нормативно-технической документации (таблица 35).

Таблица 35 – Показатели качества супа-пюре на основе сухого каротиноидсодержащего ингредиента ($M \pm m, n = 3$)

Показатель	Фактическое значение	Предлагаемое значение для использования при разработке нормативно-технической документации
Внешний вид	Однородная пюреобразная текучая масса без частиц, волокон, кожицы, семян	Однородная пюреобразная текучая масса
Консистенция	Гомогенная	Гомогенная
Цвет	Оранжевый	Оранжевый различной интенсивности
Запах	Приятный вареной тыквы	Приятный, вареной тыквы
Вкус	Слабо сладкий, приятный, гармоничный, с тонами вареной тыквы	Приятный, вареной тыквы
Массовая доля влаги, %	$10,4 \pm 0,2$	Не более 12,0
Массовая доля жира, %	$5,2 \pm 0,1$	Не менее 4,0
Массовая концентрация каротиноидов, мг/100 г	$1,75 \pm 0,07$	Не менее 1,5

4.4 Пример использования сухого каротиноидсодержащего ингредиента в технологии кисломолочных продуктов

Тыква является растительным сырьевым ресурсом, практически не используемым в технологии кисломолочных продуктов и напитков. В то же время применение тыквы в составе данной группы продуктов питания массового потребления поз-

волит восполнить дефицит каротиноидов и провитамина А у большого числа потребителей. Таким образом, исследования в области использования тыквы и продуктов ее переработки в составе кисломолочных продуктов и напитков являются важными и актуальными.

Для исследований было использовано молоко питьевое пастеризованное (м. д. жира 3,5–4,0 %, м. д. белка – 3,0 %). В качестве закваски была использована многоштаммовая закваска «Эвиталия», которая вносилась в сквашиваемый продукт прямым методом.

Выбор данной закваски обусловлен ее индивидуальными штаммами молочнокислых микроорганизмов. Так, в состав «Эвиталии» входят ацидофильная палочка и термофильные стрептококки, вырабатывающие молочную кислоту в результате потребления углеводов молока, а также обладающие бактерицидными свойствами по отношению к ряду патогенных микроорганизмов. Кроме того, входящие в состав «Эвиталии» пропионовокислые бактерии продуцируют витамин В₁₂.

В ходе исследований были получены образцы кисломолочного напитка: контрольный (без использования сухого каротиноидсодержащего ингредиента), а также опытные – содержащие в своем составе 3 %; 5 % и 7 % сухого каротиноидсодержащего ингредиента. Напиток вырабатывали термостатным способом с использованием суховоздушного термостата, а закваску в молоко или тыквенно-молочную смесь вносили при температуре $(40 \pm 1) ^\circ\text{C}$ (рисунок 44).

Для приготовления тыквенно-молочной смеси отмеренное количество высушенного каротиноидсодержащего ингредиента смешивали с 20 % подогретого молока, гомогенизировали с использованием погружного блендера, а затем вносили в общую массу молока для сквашивания. Добавляли закваску в количестве 1 % от массы смеси и перемешивали.

Общая длительность ферментации составила 12 ч. В ходе ферментации наблюдали за консистенцией продукта и синерезисом. По истечении первых 5 ч сквашивания во всех образцах было отмечено образование сгустка, при этом сгусток в опытных образцах был более плотным, при этом наблюдалась тенденция к крупинчатости, синерезис практически не наблюдался.

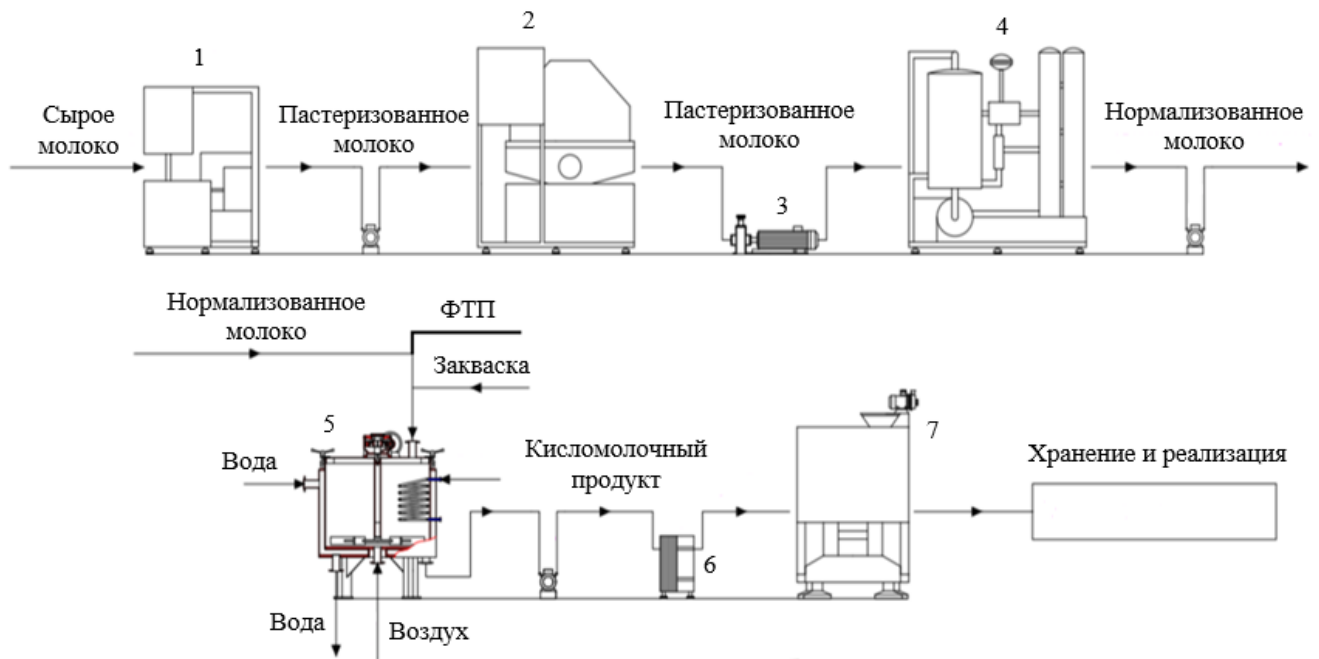


Рисунок 44 – Аппаратурно-технологическая схема производства кисломолочного напитка с каротиноидсодержащим ингредиентом:

1 – пастеризатор-охладитель; 2 – сепаратор-нормализатор; 3 – насос-гомогенизатор; 4 – выдерживатель; 5 – смеситель (диспергатор); 6 – пластинчатый теплообменник; 7 – упаковщик

На рисунке 45 представлено нарастание кислотности в образцах кисломолочного напитка при его получении и дальнейшем хранении в течение 7 сут при температуре $(5 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

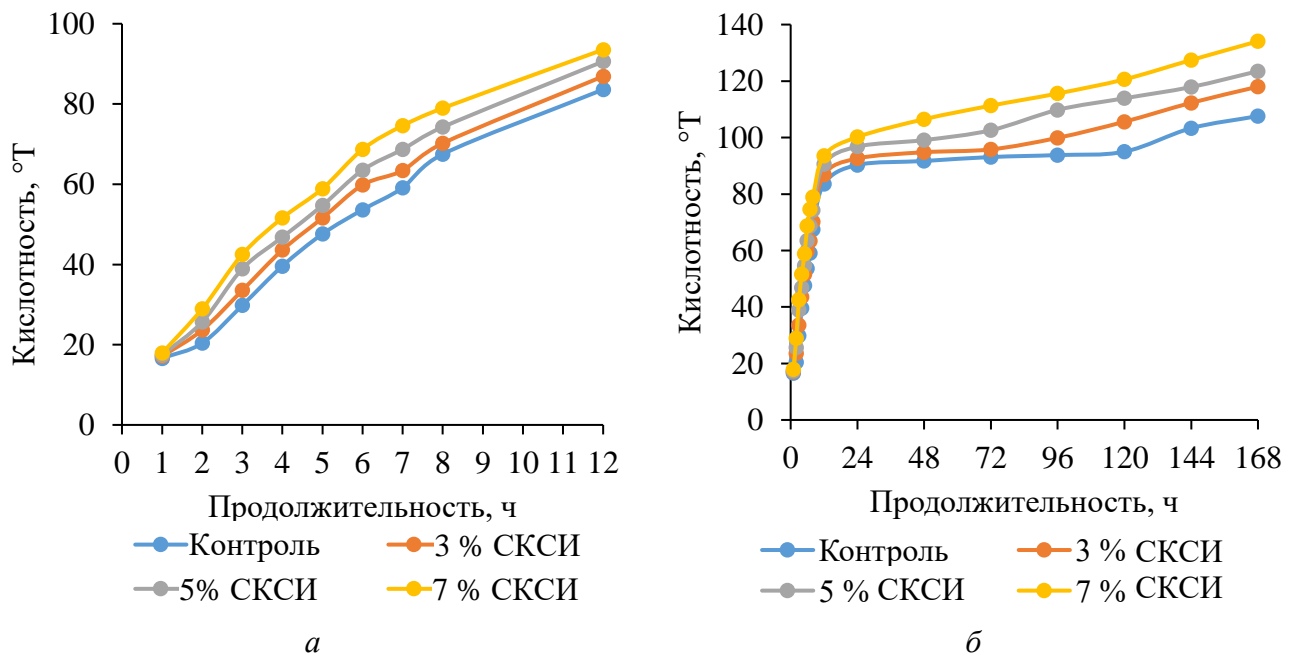


Рисунок 45 – Динамика титруемой кислотности в образцах кисломолочного напитка при сквашивании (а) и хранении (б)

Можно заметить, что внесение каротиноидсодержащего ингредиента на стадии заквашивания практически не влияет на сам процесс, а увеличение кислотности образцов в целом можно объяснить вносимыми кислотами сырья. На стадии хранения кислотность опытных образцов кисломолочного напитка возрастала с большей интенсивностью и составила на 7-е сутки хранения 107,6 °Т для контроля и 118,0; 123,5 и 134,1 °Т для опытных образцов и не превышала предельно допустимого для йогуртов значения 140 °Т.

С технологической точки зрения при добавлении в рецептуру йогурта высушенного каротиноидсодержащего ингредиента наблюдалась крупинчатость сгустка, что снижает потребительские свойства продукта. Поэтому перед органолептической оценкой образцов производили гомогенизирование продукта перемешиванием. Результаты органолептического анализа представлены в таблице 36.

Таблица 36 – Результаты оценки органолептических свойств кисломолочных напитков с добавлением сухого каротиноидсодержащего ингредиента

Образец	Органолептический показатель		
	Консистенция и внешний вид	Вкус и запах	Цвет
Контроль	Однородная, вязкая	Кисломолочный	Молочно-белый, равномерный по всей массе
3 % СКСИ	Однородная, вязкая	Кисломолочный, сладковатый с легким овощным привкусом	Грязно-белый, слегка желтоватый, равномерный по всей массе
5 % СКСИ	Однородная, вязкая	Кисломолочный, сладковатый с заметным вкусом тыквы	Бело-желтый, равномерный по всей массе
7 % СКСИ	Однородная, густая	Кисломолочный, сладковатый с выраженным вкусом тыквы	Бело-желтый, равномерный по всей массе

Как показали результаты опробования образцов, наилучшим можно считать образец, содержащий 5 % сухого каротиноидсодержащего ингредиента. Так, при дозировке 3 % вкус тыквы практически не ощущается, а увеличение дозировки поре до 7 % приводит к получению слишком густого продукта, что затруднит его использование конечным потребителем за счет высокой адгезии с поверхностью упаковочной тары.

На завершающем этапе исследований определяли качество разработанного напитка (таблица 37).

Таблица 37 – Показатели качества кисломолочного напитка с каротиноидсодержащим ингредиентом ($M \pm m, n = 3$)

Показатель	Значение	Степень удовлетворения суточной нормы потребления 1 порцией продукта (0,2 дм ³), %
Кислотность, °Т	123,20 ± 2,60	–
Массовая доля углеводов, %	4,64 ± 0,07	–
Массовая доля кальция, мг%	93,08 ± 1,49	18,69
Массовая доля жира, %	3,25 ± 0,13	–
Массовая доля белка, %	2,95 ± 0,12	–
Массовая доля β-каротина, мг/100 г (при норме 5 мг/сут)	0,22 ± 0,06	8,78

Исходя из результатов исследований, установлены регламентированные показатели и их значения (таблица 38).

Таблица 38 – Показатели качества кисломолочного напитка с каротиноидсодержащим ингредиентом ($M \pm m, n = 3$)

Показатель	Предлагаемое значение показателя для использования при разработке нормативно-технической документации (по ГОСТ 33491)
Консистенция и внешний вид	Однородная, вязкая, с нарушенным или ненарушенным сгустком
Вкус и запах	Чистые, кисломолочные, со вкусом тыквы, без посторонних привкусов и запаха
Цвет	Желтоватый, обусловленный добавлением пюре из мякоти тыквы, равномерный по всей массе
Массовая доля жира, %	0,1–9,9
Массовая доля белка, %	Не менее 2,8
Кислотность, °Т	75–140
Массовая концентрация каротиноидов, мг/100 г	Не менее 0,20

4.5 Исследование процесса хранения сухого каротиноидсодержащего ингредиента

Разработанный полуфабрикат для использования в составе пищевых систем – сухой каротиноидсодержащий ингредиент – является сыпучим продуктом, склонным к поглощению избыточной влаги и посторонних запахов из окружающей среды. Кроме того, в составе сухого каротиноидсодержащего ингредиента содержится ряд органических соединений, склонных к участию в окислительных процессах под влиянием света и кислорода воздуха (таблица 39).

Таблица 39 – Критические компоненты химического состава сухого каротиноидсодержащего ингредиента

Химический компонент	Факторы, провоцирующие снижение срока годности	Последствия нарушения условий хранения
Каротиноиды	Свет, температура, кислород воздуха	Окисление каротиноидов и потеря цвета полуфабриката и продуктов на его основе
Олигосахариды, декстрины и прочие низкомолекулярные продукты гидролиза крахмала	Влажность, температура	Поглощение избыточной влаги, вызывающее комкование полуфабриката и продуктов на его основе
Аминокислоты, низкомолекулярные продукты гидролиза белка		Потемнение продукта в связи с протеканием сахароаминной реакции между простыми сахарами и аминокислотами

Таким образом, к упаковке сухого каротиноидсодержащего ингредиента предъявляются некоторые ограничения:

– упаковка не должна пропускать свет в видимом и ультрафиолетовом частях спектра для исключения протекания фотохимических окислительных процессов. Это позволит предотвратить образование свободных радикалов при разрушении каротиноидов, которые затем смогут вступать в цепную реакцию с кислородом воздуха;

– упаковка не должна допускать поступление в полуфабрикат влаги и посторонних запахов из окружающей среды. Это позволит предотвратить комкование продукта, развитие посторонней микрофлоры и появление в продукте посторонних запахов;

– упаковка должна допускать возможность легкого вскрытия продукта, что обеспечит удобство для потребителей при использовании продукта.

С учетом вышесказанного одним из современных видов упаковки, отвечающей накладываемым ограничениям, являются пакеты из комбинированных термосваривающихся полимерных материалов на основе алюминиевой фольги (по ГОСТ 24370), позволяющие фасовать продукт для индивидуального потребления массой нетто от 25 г (например, саше пакеты) до 500 г (например, реторт-пакеты с zip-лок-застежкой).

Образцы сухого каротиноидсодержащего ингредиента были расфасованы в выбранный тип упаковки и подвергнуты хранению при контролируемой температуре и продолжительности. Контрольный опыт включал в себя хранение упакованного образца пюре при комнатной температуре (20 ± 1) °C и относительной влажности воздуха 75 %. Также для прогнозирования изменений качества полуфабриката было использовано хранение при повышенной температуре – 35 °C; 45 °C и 55 °C в течение 6 мес.

В таблице 40 показана динамика технологических свойств сухого каротиноидсодержащего ингредиента в процессе хранения.

Увеличение продолжительности смачивания сухого каротиноидсодержащего ингредиента может быть связано с уменьшением объема свободного пространства между частицами за счет миграции влаги к поверхностным слоям продукта. На увеличение продолжительности смачивания в большей степени влияет температура хранения (сила влияния фактора – 73,1 %, $p < 0,05$). Длительность хранения оказывает влияние на показатель смачиваемости в меньшей степени (сила влияния – 26,9 %, $p < 0,05$), совместное влияние факторов «температура хранения» и «длительность хранения» оказывает незначительное влияние (2,0 %, $p < 0,05$).

Таблица 40 – Динамика технологических свойств сухого пюре из тыквы «Россиянка» ($M \pm m, n = 5$) в процессе хранения

Показатель	Продолжительность хранения, мес.					
	1	2	3	4	5	6
Температура хранения 20 °С						
Смачиваемость, с (1–6)	680,0 ± 6,4 ^{2,3,7,8}	684,0 ± 3,7 ^{1,3,4,7,8,13}	690,4 ± 4,4 ^{1,2,4,5,7-9,13}	695,6 ± 4,2 ^{2,3,5-10,13,19}	699,8 ± 4,6 ^{3,4,6,8-10,13,19}	702,6 ± 6,1 ^{4,5,9-11,13,19}
Насыпная плотность, кг/дм ³	0,42 ± 0,05 ^{23,24}	0,41 ± 0,04 ²⁴	0,39 ± 0,05	0,39 ± 0,04	0,36 ± 0,05	0,37 ± 0,04
Температура хранения 35 °С						
Смачиваемость, с (7–12)	685,8 ± 5,1 ^{1-4,8,13}	690,2 ± 5,4 ^{1-5,7,9,13}	698,6 ± 6,9 ^{3-6,8,13,19}	706,2 ± 6,3 ^{4-6,9,11,14,19}	713,0 ± 5,3 ^{6,10,12,14,19,20}	721,0 ± 6,1 ^{11,14,15,20}
Насыпная плотность, кг/дм ³	0,41 ± 0,05 ²⁴	0,40 ± 0,04	0,39 ± 0,04	0,38 ± 0,04	0,37 ± 0,05	0,36 ± 0,04
Температура хранения 45 °С						
Смачиваемость, с (13–18)	693,4 ± 5,9 ²⁻⁹	715,8 ± 4,8 ^{10-12,19,20}	729,6 ± 6,7 ^{12,16,20,21}	741,2 ± 6,1 ^{15,17,21}	748,8 ± 6,7 ^{16,18,21,22}	759,0 ± 5,9 ^{17,22}
Насыпная плотность, кг/дм ³	0,42 ± 0,04 ²⁴	0,39 ± 0,03	0,37 ± 0,03	0,36 ± 0,03	0,35 ± 0,03	0,35 ± 0,03
Температура хранения 55 °С						
Смачиваемость, с (19–24)	706,4 ± 7,8 ^{4-6,9-11,14}	724,2 ± 8,0 ^{11,12,14,15}	740,6 ± 7,6 ¹⁵⁻¹⁷	757,2 ± 7,5 ^{17,18}	771,4 ± 6,7	792,6 ± 7,0
Насыпная плотность, кг/дм ³	0,41 ± 0,04 ²⁴	0,38 ± 0,03	0,37 ± 0,04	0,35 ± 0,04	0,34 ± 0,03 ¹	0,33 ± 0,03 ^{1,2,7,13,19}
<p>Примечание – Различия средних значений показателя «Смачиваемость, с» с одинаковыми надстрочными индексами несущественны ($p < 0,05$); различия средних значений показателя «Насыпная плотность, кг/дм³» с разными надстрочными индексами существенны ($p < 0,05$).</p>						

Увеличение продолжительности смачивания сухого каротиноидсодержащего ингредиента при хранении является негативным процессом, поскольку этот показатель напрямую будет влиять на регидратацию продуктов, выработанных с использованием этого полуфабриката.

В то же время на динамику показателя насыпной плотности температура хранения оказывает меньшее влияние по сравнению с длительностью хранения (34,5 % и 65,5 % соответственно, $p < 0,05$); совместное влияние факторов «температура хранения» и «длительность хранения» оказывает незначительное влияние (2,0 %, $p < 0,05$). Уменьшение показателя насыпной плотности при хранении можно связать с гигроскопичностью компонентов, входящих состав сухого каротиноидсодержащего ингредиента (олигосахариды, моно- и дисахариды). Перераспределение влаги внутри образца приводит к образованию агломератов частиц поро, вследствие чего происходит частичное комкование и слипание частиц, снижающие насыпную плотность за счет образования воздушных полостей между крупными частицами.

В целом, как показывают экспериментальные данные, при хранении образцов при повышенной температуре практически отсутствуют значимые изменения насыпной плотности ($p < 0,05$). Снижение насыпной плотности полуфабриката является нежелательной характеристикой, поскольку в дальнейшем может привести к увеличению объема упаковки продуктов, выработанных с его использованием. Кроме того, низкая насыпная плотность указывает на то, что внутри продуктов будет содержаться больше воздуха, что увеличивает вероятность окисления компонентов концентратов напитков и первых блюд и снизит их стабильность при хранении.

Динамика убыли суммы каротиноидов при хранении сухого каротиноидсодержащего ингредиента представлена на рисунке 4б.

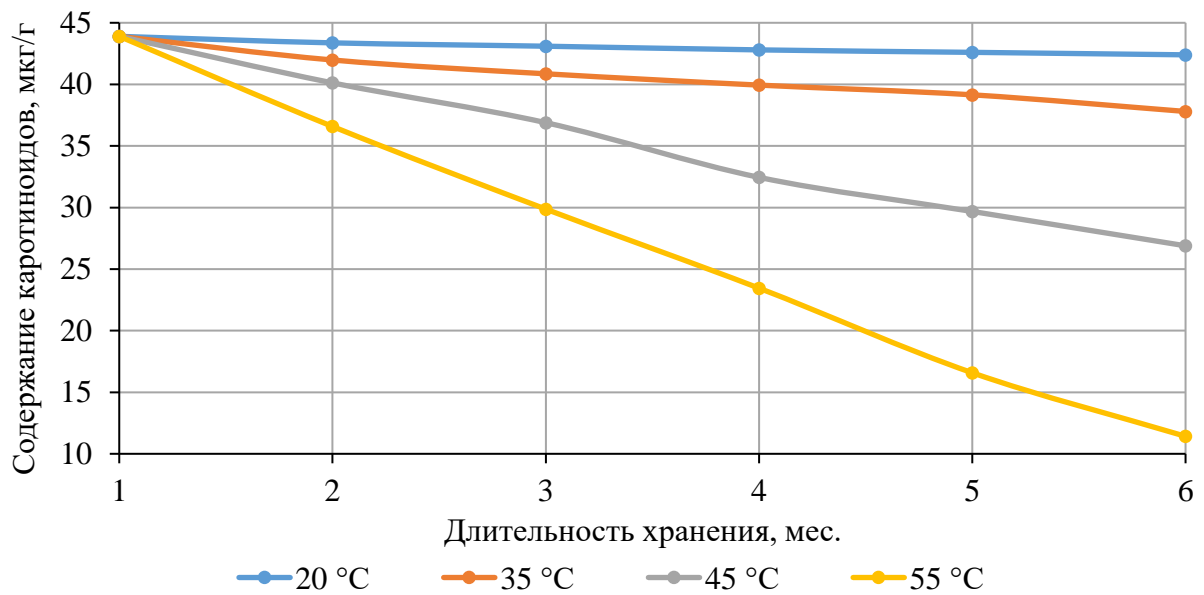


Рисунок 46 – Динамика убыли каротиноидов при хранении сухого каротиноидсодержащего ингредиента

На основе экспериментальных данных были рассчитаны индивидуальные скорости разрушения каротиноидов (k , ч^{-1}) в условиях опыта и определены периоды полупревращения каротиноидов (таблица 41) через соотношение [84]:

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}. \quad (10)$$

Таблица 41 – Индивидуальные константы скорости распада и периоды полупревращения каротиноидов

Температура хранения полуфабриката, °C	k , ч^{-1}	$t_{1/2}$, сут
20	$0,791 \cdot 10^{-5}$	3651
35	$3,216 \cdot 10^{-5}$	898
45	$8,969 \cdot 10^{-5}$	322
55	$1,747 \cdot 10^{-3}$	169

Можно видеть, что при хранении в стандартных условиях период полупревращения каротиноидов превышает нормативный срок хранения полуфабриката

(12 мес.) практически в 10 раз, повышение температуры сокращает период полураспада с 4,1 до 21,6 (при 35 °С и 55 °С). Полученные данные еще раз подтверждают необходимость соблюдения температурных режимов при переработке и хранении продуктов из тыквы для сохранения каротиноидов.

Зависимость константы скорости k от температуры T (К) можно выразить уравнением Аррениуса (2):

$$k = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}, \quad (11)$$

где k_0 – предэкспоненциальный множитель, ч^{-1} ; E_a – энергия активации, кДж/моль; R – универсальная газовая постоянная (8,314 Дж/(моль·К)).

На основе обработки экспериментальных данных инструментарием химической кинетики была построена диаграмма Аррениуса (рисунок 47).

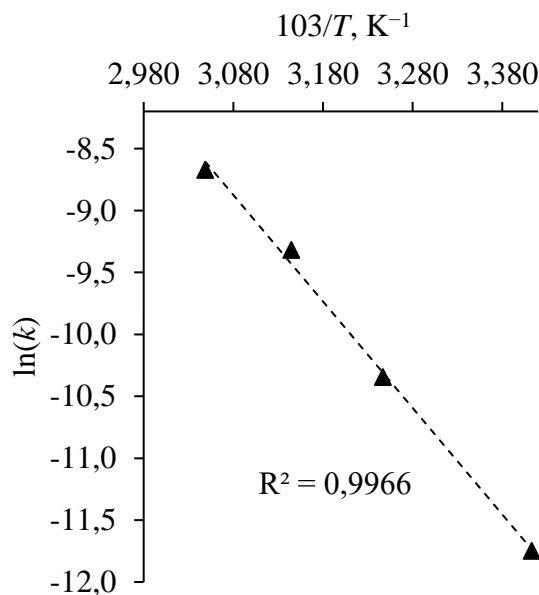


Рисунок 47 – Диаграмма Аррениуса, отражающая зависимость константы скорости разрушения каротиноидов от температуры хранения

По диаграмме Аррениуса были определены энергия активации (E_a) и предэкспоненциальный коэффициент (k_0):

$$k = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT}} = 2,048 \cdot 10^7 e^{-\frac{70,202}{8,314T}} \quad (12)$$

где T – температура хранения полуфабриката, К.

Фактически температурная зависимость константы скорости реакции хорошо описывается уравнением Аррениуса ($R^2 = 0,9966$). Максимальная деградация каротиноидов отмечалась при более высоких температурах, и она соответствовала кинетике реакции первого порядка.

Таким образом, анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что соблюдение установленного в ТУ режима хранения полуфабриката (температура от 0 °С до 25 °С, относительная влажность воздуха не более 65 %, упаковка из полимерных и комбинированных материалов) позволит обеспечить сохранность каротиноидов и обеспечить качество полуфабриката в течение всего срока хранения.

Заключение

По результатам проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Исследованы факторы, формирующие качество нативного тыквенного пюре и его безопасность. Установлено, что содержание сухих веществ в образцах мякоти составляет 8,29–11,22 %. Максимальное содержание каротиноидов (до 44 мкг/г) отмечено в сортах Алтайская 47, Россиянка и Кустовая оранжевая. В эксперименте подтверждена безопасность мякоти тыквы на соответствие требованиям ТР ТС 021, что обуславливает ее пригодность к использованию для получения полуфабрикатов и готовых блюд. Установлено, что наиболее опасной является группа биологических факторов (наличие патогенных микроорганизмов).

2. Разработана обучаемая модель для автоматического анализа изображений плодов тыквы для своевременного контроля сохранности, качества и безопасности. По результатам анализа программа выводит отчет с результатами, содержащий рекомендации по дальнейшим действиям, что позволит оперативно переработать некондиционные плоды.

3. Установлено, что в результате ферментативной модификации органолептические характеристики тыквенного пюре существенно улучшаются: появляется сладость во вкусе, текстура приобретает однородность, при этом характерная для тыквенного пюре крупинчатость устраняется. В эксперименте доказана эффективность использования следующих дозировок ферментных препаратов: Амилоризин – 25 ед. АС/г сырья (обеспечивает полный гидролиз крахмала в течение 60 мин); Протозим – 5; 10 и 15 ед. ПС/г сырья. Доказано, что вакуумная сушка (при остаточном давлении 133 Па) при температуре 70 °С позволяет получить продукт с конечной влажностью не более 5 % и сохранением 96 % β -каротина от начального содержания в каротиноидсодержащем ингредиенте.

4. В результате выполненных исследований установлено, что предлагаемый способ переработки мякоти тыквы с использованием ферментных препаратов снижает количество образуемого *цис*- β -каротина, что сказывается на цветовых харак-

теристиках каротиноидсодержащего ингредиента (снижение показателя светлоты от 7,3 % до 11,5 %).

5. Показано, что ферментативная модификация тыквенного пюре в выбранных условиях позволяет увеличить *in vitro* биодоступность каротиноидов на 25,91 % в желудке и на 16,66 % в кишечнике по сравнению с контролем, обеспечивая более эффективное их использование в составе пищевых систем. Внесение сухого каротиноидсодержащего ингредиента в стерилизованное молоко с инокулированной пробиотической закваской «Эвиталия» в первые 12 ч увеличивает скорость прироста биомассы в 1,43–3,21 раза. По сравнению с контролем удельная скорость роста пробиотиков в опыте с применением 5 % сухого каротиноидсодержащего ингредиента выросла в 1,8 раза, а продолжительность генерации сократилась на 1,18 ч, что в совокупности позволило дополнительно вырастить семи поколениям пробиотиков.

6. Отмечено что ферментативная модификация положительно влияет на технологические свойства сухого каротиноидсодержащего ингредиента: продолжительность смачивания сокращается на 30 с, насыпная плотность увеличивается на 20 %. В результате опытного хранения установлено, что деградация каротиноидов соответствует уравнению Аррениуса, что позволило определить энергию активации процесса распада каротиноидов и предэкспоненциальный множитель. Разработаны и апробированы рецептуры и технология с добавлением сухого каротиноидсодержащего ингредиента: концентратов для приготовления густого напитка и супа-пюре, кисломолочного напитка, исследовано их качество и определены регламентированные значения показателей.

Список литературы

1. Аверьянова, Е. В. Синергизм экзогенных антиоксидантов в пищевых продуктах / Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьников // Биотехнология и общество в XXI веке : сб. ст. / под ред. М. М. Силантьевой. – Барнаул : АлтГТУ, 2018. – С. 123–135.
2. Акинделе, А. К. Получение кондированной продукции из тыквы / А. К. Акинделе, Н. А. Пискунова, Н. Н. Воробьева [и др.] // Пищевая промышленность. – 2011. – № 8. – С. 34–35.
3. Аксенов, А. Г. Использование нейронной сети для выявления больных растений картофеля / А. Г. Аксенов, В. С. Тетерин, А. Ю. Овчинников [и др.] // Аграрная наука. – 2022. – № 7–8. – С. 167–171.
4. Аксенова, Т. А. Положительная корреляционная связь нерегулярного питания с частотой возникновения желудочной диспепсии у студентов медицинского вуза / Т. А. Аксенова, В. А. Щербак, Ю. В. Скобова [и др.] // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2021. – № 2 (186). – С. 58–64.
5. Аминова, О. С. Питание молодежи как фактор самосохранительного поведения / О. С. Аминова, Н. Н. Тятенкова, Ю. Е. Уварова // Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы : монография : в 5 т. – Москва : Научная книга, 2019. – Т. 2. – С. 205–218.
6. Анализ рынка овощных, фруктовых и ягодных пюре в России в 2018–2022 гг., прогноз на 2023–2027 гг. / BusinesStat. – URL: <https://businessstat.ru> (дата обращения: 26.02.2021).
7. Ачмиз, А. Д. Физиологическая роль каротиноидов и их применение в технологиях пищевых продуктов / А. Д. Ачмиз, Е. В. Лисовая, Е. П. Викторова, А. А. Схаляхов // Новые технологии. – 2023. – Т. 19, № 1. – С. 14–25.
8. Глебова, С. Ю. Разработка балльной шкалы органолептической оценки качества овощных соусов / С. Ю. Глебова, О. В. Голуб, Н. В. Заворохина // Пищевая промышленность. – 2018. – № 2. – С. 20–23.

9. Глебова, С. Ю. Разработка описательной балльной шкалы для органолептической оценки качества быстрозамороженных овощей / С. Ю. Глебова, Н. В. Заборохина, О. В. Голуб // Пищевая промышленность. – 2019. – № 3. – С. 26–29.

10. Голубкина, Н. А. Особенности каротиноидного состава тыквы Конфетка, перспективы использования / Н. А. Голубкина, Г. А. Химич, М. С. Антошкина [и др.] // Овощи России. – 2021. – № 1. – С. 111–116.

11. Давыденко, Н. И. Применение алгоритмов машинного обучения для прогнозирования химического состава пищевых продуктов / Н. И. Давыденко, А. Ю. Зирка, М. С. Куракин, Н. Г. Костина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13, № 4 (68). – С. 182–190.

12. Дадали, В. А. Каротиноиды. Биологическая активность / В. А. Дадали, В. А. Тутельян, Ю. В. Дадали, Л. В. Кравченко // Вопросы питания. – 2011. – Т. 80, № 4. – С. 4–18.

13. Дейнека, Л. А. Исследование каротиноидного состава мякоти тыкв / Л. А. Дейнека, И. А. Гостищев, В. И. Дейнека [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 9 (104). – С. 131–136.

14. Дрожжина, Н. А. Организация питания студентов / Н. А. Дрожжина, Л. В. Максименко // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. – 2013. – № 1. – С. 112–118.

15. Дурнева, М. Ю. Формирование пищевого поведения: путь от младенчества до подростка. Обзор зарубежных исследований / М. Ю. Дурнева // Клиническая и специальная психология. – 2015. – Т. 4, № 3. – С. 1–19.

16. Емельянов, А. А. Составляющие мякоти тыквы / А. А. Емельянов, Е. А. Кузнецова // Пиво и напитки. – 2009. – № 4. – С. 40–43.

17. Завьялова, Т. И. Биологическая ценность тыквы и продуктов ее переработки / Т. И. Завьялова, И. Г. Костко // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 39. – С. 45–58.

18. Истомин, А. В. Питание и север: гигиенические проблемы арктической зоны России (обзор литературы) / А. В. Истомин, И. Н. Федина, С. В. Шкурихина, Н. С. Кутакова // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 6. – С. 557–563.

19. Кайшев, В. Г. Функциональные продукты питания: основа для профилактики заболеваний, укрепления здоровья и активного долголетия / В. Г. Кайшев, С. Н. Серегин // Пищевая промышленность. – 2017. – № 7. – С. 8–14.

20. Коденцова, В. М. Каротиноиды: пищевые источники, уровень потребления и клинически эффективные дозы / В. М. Коденцова, Д. В. Рисник // Медицинский совет. – 2023. – Т. 17, № 6. – С. 299–310.

21. Коденцова, В. М. Характеристика обеспеченности витаминами взрослого населения Российской Федерации / В. М. Коденцова, Н. А. Бекетова, Д. Б. Никитюк, В. А. Тутельян // Профилактическая медицина. – 2018. – Т. 21, № 4. – С. 32–37.

22. Компьютерное зрение и нейронные сети помогут определять болезни фруктов и овощей / Сколковский институт науки и технологий. – URL: <https://www.skoltech.ru/2023/12/kompyuternoe-zrenie-i-nejronnye-seti-pomogut-opredelyat-bolezni-fruktoy-i-ovoshhej/> (дата обращения: 18.02.2024).

23. Кулякина, Н. В. Оценка тыквы столовой по биохимическим показателям как перспективного сырья для продуктов функционального назначения в Дальневосточном регионе / Н. В. Кулякина, Г. А. Кузьмицкая, Г. Е. Шестопалова [и др.] // Овощи России. – 2019. – № 2 (46). – С. 63–69.

24. Линда, Л. П. Оценка сортов и гибридов тыквы столовой, районированных в Молдове, на пригодность к переработке / Л. П. Линда, В. Ф. Каражия, И. М. Соболева [и др.] // Овощи России. – 2012. – № 3 (16). – С. 62–67.

25. Лысиков, Ю. А. Роль и физиологические основы обмена макро- и микроэлементов в питании человека / Ю. А. Лысиков // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2009. – № 2. – С. 120–131.

26. Лысцова, Н. Л. Оценка здоровья студенческой молодежи / Н. Л. Лысцова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-8. – С. 1699–1702.

27. Малявская, С. И. Актуальность выявления метаболических фенотипов ожирения в детском и подростковом возрасте / С. И. Малявская, А. В. Лебедев // Альманах клинической медицины. – 2015. – № 42. – С. 38–45.

28. Министерство агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области : [сайт]. – URL: <https://mcxso.midural.ru/> (дата обращения: 26.02.2024).

29. Москвина, Н. А. Методические аспекты контроля качества молочных продуктов с растительными добавками / Н. А. Москвина, Ю. В. Голубцова // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 32–42.

30. Национальный портал в сфере искусственного интеллекта. – URL: <https://ai.gov.ru> (дата обращения: 21.12.2024).

31. Нилова, Л. П. Каротиноиды в растительных пищевых системах / Л. П. Нилова, И. Ю. Потороко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2021. – Т. 9, № 4. – С. 54–69.

32. Нициевская, К. Н. Возможность применения хвои пихты (*Abies sibirica*) в технологии получения овощного соуса из плодов тыквы (*Cucurbita moschata* Duch.) / К. Н. Нициевская, Е. В. Бородай, С. В. Станкевич // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2022. – № 3. – С. 147–160.

33. Нициевская, К. Н. Переработка плодов тыквы с использованием физических методов воздействия / К. Н. Нициевская, Е. В. Бородай, О. К. Мотовилов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2021. – № 5 (70). – С. 16–22.

34. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации : указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731> (дата обращения: 26.02.2024).

35. Огнева, О. А. Разработка рецептур комбинированных продуктов с функциональными свойствами / О. А. Огнева, Н. С. Безверхая // Новые технологии. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 64–69.

36. Осмоловский, П. Д. Технологическая оценка современных сортов тыквы как сырья для производства варенья / П. Д. Осмоловский, Н. А. Пискунова,

Н. Н. Воробьева [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 5–14.

37. Патент № 2241356 Российская Федерация, МПК A23L 2/02, A23L 1/29. Способ производства овощного ферментированного сока : № 2002129516/13 : заявл. 04.11.2002 : опубл. 10.12.2004 / А. Н. Теркун, М. А. Кожухова.

38. Патент № 2336731 Российская Федерация, МПК A23L 1/05, A23L 1/0524, A23L 1/308. Способ получения растительных пищевых волокон : № 2007133465/13 : заявл. 07.09.2007 : опубл. 27.10.2008 / Г. Н. Румянцева, С. В. Макурина.

39. Патент № 2609974 Российская Федерация, МПК A23L 2/02, A23L 2/38, A23L 2/52. Способ производства безалкогольного напитка «Гурзуфский вечер» : № 2015143488 : заявл. 12.10.2015 : опубл. 07.02.2017 / Л. Я. Родионова, Е. А. Ольховатов, А. В. Степовой [и др.].

40. Патент № 2685944 Российская Федерация, МПК A23L 2/02. Способ получения сокосодержащего напитка функционального назначения : № 2018137152 : заявл. 22.10.2018 : опубл. 23.04.2019 / Н. Н. Степакова, В. А. Помозова, Т. Ф. Киселева [и др.].

41. Патент № 2734509 Российская Федерация, МПК A23L 2/02. Состав для производства смузи тыквенно-облепихового : № 2019138488 : заявл. 27.11.2019 : опубл. 19.10.2020 / Е. Д. Рожнов.

42. Патент № 2779182 Российская Федерация, МПК A23L 23/00, A23L 27/60, A23L 29/10. Способ получения пищевого концентрата из растительного сырья : № 2021135558 : заявл. 02.12.2021 : опубл. 05.09.2022 / К. Н. Нициевская, О. К. Мотовилов, О. Б. Юдина, Е. В. Бородай.

43. Перфилова, О. В. Использование нетрадиционного растительного сырья для рецептурной композиции чипсов / О. В. Перфилова, К. В. Брыксина, З. Ю. Родина. – DOI 10.47370/2072-0920-2023-19-3-68-77 // Новые технологии. – 2023. – Т. 19, № 3. – С. 68–77.

44. Проскуракова, Л. А. Особенности пищевого поведения и виды его нарушений у студентов различных сроков обучения / Л. А. Проскуракова // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2016. – № 2. – С. 118–124.

45. Развязная, И. Б. Использование тыквы при получении напитков функционального назначения / И. Б. Развязная, В. Н. Тимофеева, Н. И. Титенкова // Пиво и напитки. – 2008. – № 3. – С. 22–24.
46. Разработана оптическая система для поиска дефектов в овощах и фруктах / ТАСС. – URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/19319473> (дата обращения: 21.11.2023).
47. Рачкова, В. П. Спектрофотометрическое определение крахмала в томатных продуктах с антроновым реактивом / В. П. Рачкова, Н. М. Сураева, С. В. Глазков, А. В. Самойлов // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 6 (141). – С. 187–193.
48. Рожнов, Е. Д. Высушенный ферментализованный полуфабрикат из мякоти тыквы как основа для пищевых систем / Е. Д. Рожнов, М. Н. Школьников, В. Н. Аббазова, В. Л. Захаров // Ползуновский вестник. – 2025.
49. Рожнов, Е. Д. Подходы к разработке рецептур каротиноидосодержащих безалкогольных напитков / Е. Д. Рожнов // Индустрия питания. – 2019. – Т. 4, № 4. – С. 37–43.
50. Ромашов, А. Ю. Актуальность проблемы неправильного питания современного студента / А. Ю. Ромашов, Ю. А. Кашпарова // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2020. – № 2 (18). – С. 77–83.
51. Рядинская, А. Использование продуктов переработки тыквы / А. Рядинская, О. Кощаева // Комбикорма. – 2019. – № 2. – С. 56–58.
52. Самченко, О. Н. Использование тыквы при производстве мясных рубленых полуфабрикатов / О. Н. Самченко, Т. К. Каленик, А. Г. Вершинина // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 2 (25). – С. 84А–88.
53. Сидорова, Н. П. Оценка сортов тыквы в условиях южной зоны Приамурья дальнего востока / Н. П. Сидорова, О. В. Щегорец, В. Ф. Кузин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2. – С. 35–38.
54. Скрипников, Ю. Г. Производство функциональных продуктов питания на основе тыквы / Ю. Г. Скрипников, М. А. Митрохин, Е. П. Иванова [и др.] // Инновационные технологии в производстве функциональных продуктов питания : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Мичуринск, 16–18 декабря 2014 г.). – Мичуринск : БИС, 2014. – С. 118.

55. Скрипников, Ю. Г. Технологические особенности производства тыквенного пюре / Ю. Г. Скрипников, В. Ф. Винницкая, М. Ю. Коровкина // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 8. – С. 50–52.

56. Соколова, О. В. Разработка технологии производства функционального экологически безопасного овощного пюре / О. В. Соколова // Школа молодых ученых : материалы областного профильного семинара по проблемам естественных наук (Липецк, 16 октября 2020 г.). – Липецк : ЛГПУ им. П. П. Семенова-Тян-Шанского, 2020. – С. 20–23.

57. Срок годности пищевых продуктов: расчет и испытание : пер. с англ. / под ред. Р. Стеле. – Санкт-Петербург : Профессия, 2006. – 479 с. – ISBN 5-93913-100-X.

58. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации : Указом Президента РФ от 28 февраля 2024 г. № 145. – URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/50358>.

59. Табаторович, А. Н. Разработка и оценка качества тыквенного мармелада, обогащенного аскорбиновой кислотой / А. Н. Табаторович, Е. Н. Степанова // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 4 (27). – С. 57А–64.

60. Типсина, Н. Н. Использование пюре из тыквы в пищевой промышленности / Н. Н. Типсина, Г. К. Селезнева // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 12 (87). – С. 242–247.

61. Толстова, Н. Ю. Разработка рецептуры и технологической схемы производства нового вида хлеба с пюре из тыквы с порошком мяты перечной / Н. Ю. Толстова, О. В. Перфилова, Д. В. Акишин, К. В. Брыксина // Наука и образование. – 2023. – Т. 6, № 2. – Статья 128.

62. Тутельян, В. А. Оптимальное питание – основа здорового образа жизни / В. А. Тутельян, Н. Ф. Герасименко, Д. Б. Никитюк, А. В. Погожева // Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы, т. 3. – Москва : Научная книга, 2019. – С. 228–249.

63. Фокина, А. Д. Биоактивные вещества геропротекторной направленности / А. Д. Фокина, А. Д. Веснина, А. С. Фролова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2024. – Т. 54, № 2. – С. 423–435.

64. Химич, Г. А. В мире тыкв / Г. А. Химич, В. П. Кушнерева // Овощи России. – 2009. – № 1 (3). – С. 46–49.

65. Химич, Г. А. Конвейер сортов тыквы столовой селекции ВНИИССОК / Г. А. Химич, И. Б. Коротцева // Овощи России. – 2018. – № 1 (39). – С. 63–65.

66. Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. – Москва : ДеЛи принт, 2002. – 236 с. – ISBN 5-94343-028-8.

67. Школьникова, М. Н. Исследование влияния ферментативной обработки на качество пюреобразных полуфабрикатов из мякоти тыквы / М. Н. Школьникова, В. Н. Аббазова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2021. – Т. 10, № 3 (55). – С. 112–116.

68. Школьникова, М. Н. Исследование химического состава мякоти тыквы как основы для безалкогольных напитков / М. Н. Школьникова, В. Н. Аббазова // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2021. – Т. 24, № 4. – С. 441–449.

69. Шумакова, Г. Е. Источники загрязнения тяжёлыми металлами тыквы в условиях фоновой среды (Приазовье) / Г. Е. Шумакова // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 11-2. – С. 329–333.

70. Adubofuor, J. Physicochemical properties of pumpkin fruit pulp and sensory evaluation of pumpkin-pineapple juice blends / J. Adubofuor, I. Amoah, P. B. Agyekum // American journal of food science and technology. – 2016. – Vol. 4, iss. 4. – P. 89–96.

71. Ahmed, W. M. M. Quality evaluation of beef sausage formulated with different levels of dried pumpkin powder / W. M. M. Ahmed, S. A. Alsiddig, M. O. Abdelgadir [et al.] // International journal of multidisciplinary and current research. – 2020. – Vol. 8. – P. 150–154.

72. Al Jahani, A. Nutritional and sensory evaluation of pumpkin-based (*Cucurbita maxima*) functional juice / A. Al Jahani, R. Cheikhousman // Nutrition and food science. – 2017. – Vol. 47, iss. 3. – P. 346–356.

73. Aliyev, S. Study of the pectin-based beverage preparation technology from fruits and vegetables grown in Azerbaijan / S. Aliyev, M. Khalilov, R. Saidov // Bulletin of science and practice. – 2022. – Vol. 8, iss. 4. – P. 242–250.

74. Aljahani, A. H. Effect of gamma irradiation and calcium carbonate on the overall quality of pumpkin jam during storage / A. H. Aljahani, A. N. Alkuraieef, D. H. Aljabryn // Food science and technology. – 2022. – Vol. 42. – Art. e94722.

75. Aman, R. Effects of heating and illumination on trans-cis isomerization and degradation of β -carotene and lutein in isolated spinach chloroplasts / R. Aman, A. Schieber, R. Carle // Journal of agricultural and food chemistry. – 2005. – Vol. 53. – P. 9512–9518.

76. Aslam, F. A survey of deep learning methods for fruit and vegetable detection and yield estimation / F. Aslam, Z. Khan, A. Tahir [et al.] // Big data analytics and computational intelligence for cybersecurity / ed. by M. Ouaisa [et al.]. – Cham : Springer, 2022. – P. 299–323.

77. Aziz, A. Pumpkin and pumpkin byproducts: phytochemical constitutes, food application and health benefits / A. Aziz, S. Noreen, W. Khalid [et al.] // ACS omega. – 2023. – Vol. 8, iss. 26. – P. 23346–23357.

78. Bachmann, J. Organic pumpkin and winter squash marketing and production / J. Bachmann, K. L. Adam. – 2010. – URL: <https://attra.ncat.org/attra-pub/summaries/summary.php?pub=30> (дата обращения: 03.05.2019).

79. Bhagwat, R. A framework for crop disease detection using feature fusion method / R. Bhagwat, Y. Dandawate // International journal of engineering and technology innovation. – 2021. – Vol. 11, iss. 3. – P. 216–228.

80. Bohm, V. Trolox equivalent antioxidant capacity of different geometrical isomers of α -carotene, β -carotene, lycopene, and zeaxanthin / V. Bohm, N. L. Puspitasari-Nienaber, M. G. Ferruzzi, S. J. Schwartz // Journal of agricultural and food chemistry. – 2002. – Vol. 50. – P. 221–226.

81. Britton, G. Overview of carotenoid biosynthesis / G. Britton // Carotenoids, vol. 3 / ed. by G. Britton [et al.]. – Basel : Birkhäuser, 1998. – P. 13–147.

82. Britton, G. UV/visible spectroscopy / G. Britton // Carotenoids, vol. 1B / ed. by G. Britton [et al.]. – Basel : Birkhäuser, 1995. – P. 13–62.

83. Bulut, S. Antibacterial activity of biopolymer composite materials obtained from pumpkin oil cake and winter savory or basil essential oil against various pathogenic bacteria / S. Bulut, S. Popović, N. Hromiš [et al.] // Journal of food and nutrition research. – 2020. – Vol. 59, iss. 3. – Art. 250.

84. Burri, B. J. Serum carotenoid depletion follows first-order kinetics in healthy adult women fed naturally low carotenoid diets / B. J. Burri, T. R. Neidlinger, A. J. Clifford // The Journal of nutrition. – 2001. – Vol. 131, iss. 8. – P. 2096–2100.

85. Buzigi, E. Potential of pumpkin to combat vitamin A deficiency during complementary feeding in low and middle income countries: variety, provitamin A carotenoid content and retention, and dietary reference intakes / E. Buzigi, K. Pillay, M. Siwela // Critical reviews in food science and nutrition. – 2022. – Vol. 62, iss. 22. – P. 6103–6112.

86. Chen, B. H. Processing and stability of carotenoid powder from carrot pulp waste / B. H. Chen, Y. C. Tang // Journal of agricultural and food chemistry. – 1998. – Vol. 46. – P. 2312–2318.

87. Chikpah, S. K. Colour change kinetics of pumpkin (*Cucurbita moschata*) slices during convective air drying and bioactive compounds of the dried products / S. K. Chikpah, J. K. Korese, B. Sturm, O. Hensel // Journal of agriculture and food research. – 2022. – Vol. 10. – Art. 100409.

88. Colin-Henrion, M. Texture of pureed fruit and vegetable foods / M. Colin-Henrion, G. Cuvelier, C. Renard // Stewart postharvest review. – 2007. – Vol. 5, iss. 3. – P. 1–14.

89. da Silva Souza, M. A. Changes in flavonoid and carotenoid profiles alter volatile organic compounds in purple and orange cherry tomatoes obtained by allele introgression / M. A. da Silva Souza, L. E. Peres, J. R. Freschi [et al.] // Journal of the science of food and agriculture. – 2020. – Vol. 100, iss. 4. – P. 1662–1670.

90. Dabash, V. The effect of added pumpkin flour on sensory and textural quality of rice bread / V. Dabash, I. Burešová, M. Tokár [et al.] // Journal of microbiology, biotechnology and food sciences. – 2017. – Vol. 6, iss. 6. – P. 1269–1271.

91. Darijani, M. Theoretical study on the mechanism and kinetics of the formation β -carotene epoxides from the oxidative degradation of β -carotene / M. Darijani, M. Shahraki, S. M. Habibi-Khorassani // Food chemistry. – 2022. – Vol. 389. – Art. 133082.

92. de Pee, S. Orange fruit is more effective than are dark-green, leafy vegetables in increasing serum concentrations of retinol and β -carotene in schoolchildren in Indonesia / S. de Pee [et al.] // The American journal of clinical nutrition. – 1998. – Vol. 68, iss. 5. – P. 1058–1067.

93. De Rigal, D. Changes in the carotenoid content of apricot (*Prunus armeniaca*, var Bergeron) during enzymatic browning: β -carotene inhibition of chlorogenic acid degradation / D. De Rigal, F. Gaillard, F. Richard-Forget // Journal of the science of food and agriculture. – 2000. – Vol. 80. – P. 763–768.

94. Dhenge, R. Variations of polyphenols, sugars, carotenoids, and volatile constituents in pumpkin (*Cucurbita moschata*) during high pressure processing: a kinetic study / R. Dhenge, M. Rinaldi, T. Ganino [et al.] // Innovative food science and emerging technologies. – 2022. – Vol. 78. – Art. 103005.

95. Dhiman, A. K. Studies on development and storage stability of dehydrated pumpkin based instant soup mix / A. K. Dhiman, N. Vidiya, A. Surekha, R. Preethi // Journal of applied and natural science. – 2017. – Vol. 9, iss. 3. – P. 1815–1820.

96. Dirim, S. N. Determination of the effect of freeze drying process on the production of pumpkin (*Cucurbita moschata*) puree powder and the powder properties / S. N. Dirim, G. Caliskan // Journal of food. – 2012. – Vol. 37. – P. 203–210.

97. Dutta, D. Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of β -carotene in pumpkin puree / D. Dutta, A. Dutta, U. Raychaudhuri, R. Chakraborty // Journal of food engineering. – 2006. – Vol. 76, iss. 4. – P. 538–546.

98. El Samh, M. M. A. Properties and antioxidant activity of probiotic yogurt flavored with black carrot, pumpkin and strawberry / M. M. A. El Samh, A. A. D. Sherein, H. H. Essam // International journal of dairy science. – 2013. – Vol. 8, iss. 2. – P. 48–57.

99. Elvira-Torales, L. I. Nutritional importance of carotenoids and their effect on liver health: a review / L. I. Elvira-Torales, J. García-Alonso, M. J. Periago-Castón // *Antioxidants*. – 2019. – Vol. 8, iss. 7. – Art. 229.
100. Faulks, R. M. Absorption of all-*trans* and 9-*cis* beta-carotene in human ileostomy volunteers / R. M. Faulks, D. J. Hart, P. D. Wilson [et al.] // *Clinical science*. – 1997. – Vol. 93, iss. 6. – P. 585–591.
101. Ferrer-González, B. M. Textural properties, sensory acceptance and fatty acid profile of cooked meat batters employing pumpkin seed paste or soybean oil oleogel as fat replacers / B. M. Ferrer-González, I. García-Martínez, A. Totosaus // *Grasas y aceites*. – 2019. – Vol. 70, iss. 3. – Art. e320.
102. Fusi, F. Photon-and singlet-oxygen-induced *cis–trans* isomerization of the water-soluble carotenoid crocin / F. Fusi, G. Romano, G. Speranza, G. Agati // *International journal of molecular sciences*. – 2023. – Vol. 24, iss. 13. – Art. 10783.
103. Gao, Y. Antioxidant activity in supramolecular carotenoid complexes favored by nonpolar environment and disfavored by hydrogen bonding / Y. Gao, A. L. Focsan, L. D. Kispert // *Antioxidants*. – 2020. – Vol. 9, iss. 7. – Art. 625.
104. Genevois, C. Byproduct from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex poiret) as a substrate and vegetable matrix to contain *Lactobacillus casei* / C. Genevois, S. Flores, M. de Escalada Pla // *Journal of functional foods*. – 2016. – Vol. 23. – P. 210–219.
105. Golzar, S. A new method to optimize deep CNN model for classification of regular cucumber based on global average pooling / S. Golzar, H. Bagherpour, J. Parian // *Journal of food processing and preservation*. – 2024. – Vol. 2024. – Art. 5818803.
106. Gong, Z. Spray drying and agglomeration of instant bayberry powder / Z. Gong, M. Zhang, A. S. Mujumdar, J. Sun // *Drying technology*. – 2008. – Vol. 26. – P. 116–121.
107. Goula, A. M. Prediction of lycopene degradation during a drying process of tomato pulp / A. M. Goula, K. G. Adamopoulos, P. C. Chatzitakis, V. A. Nikas // *Journal of food engineering*. – 2006. – Vol. 74. – P. 37–46.

108. Grujić, S. Factors affecting consumer preference for healthy diet and functional foods / S. Grujić, M. Grujčić // *Foods and raw materials*. – 2023. – Vol. 11, iss. 2. – P. 259–271.
109. Gryniewicz, G. Phytochemicals between nutrition and medicine / G. Gryniewicz // *Acta scientific nutritional health*. – 2020. – Vol. 4. – P. 24–29.
110. Guzman-Limon, M. Pediatric hypertension: diagnosis, evaluation, and treatment / M. Guzman-Limon, J. Samuels // *Pediatric clinics of North America*. – 2019. – Vol. 66, iss. 1. – 45–57.
111. Hernández, S. Physicochemical characterization of texture-modified pumpkin by vacuum enzyme impregnation: textural, chemical, and image analysis / S. Hernández, M. Gallego, S. Verdú [et al.] // *Food and bioprocess technology*. – 2023. – Vol. 16, iss. 1. – P. 122–134.
112. Hosen, M. Pumpkin (*Cucurbita* spp.): a crop to mitigate food and nutritional challenges / M. Hosen, M. Y. Rafii, N. Mazlan [et al.] // *Horticulturae*. – 2021. – Vol. 7, iss. 10. – Art. 352.
113. Hussain, A. Determination of total phenolic, flavonoid, carotenoid, and mineral contents in peel, flesh, and seeds of pumpkin (*Cucurbita maxima*) / A. Hussain [et al.] // *Journal of food processing and preservation*. – 2021. – Vol. 45, iss. 6. – Art. e15542.
114. Iedzwiedzki, D. M. Ultrafast time resolved absorption spectroscopy of geometric isomers of carotenoids / D. M. Iedzwiedzki, D. J. Sandberg, H. Cong [et al.] // *Chemical physics*. – 2009. – Vol. 357. – P. 4–16.
115. ISO/CIE 11664-4:2019. Colorimetry – Part 4: CIE 1976 L*a*b* colour space. – 8 p.
116. Jinapong, N. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration / N. Jinapong, M. Supphantharika, P. Jammong // *Journal of food engineering*. – 2008. – Vol. 84. – P. 194–205.
117. Jurić, S. Sources, stability, encapsulation and application of natural pigments in foods / S. Jurić, M. Jurić, Ž. Król-Kilińska [et al.] // *Food reviews international*. – 2022. – Vol. 38, iss. 8. – P. 1735–1790.

118. Karadeniz, F. Kinetics of nonenzymatic browning reactions in pumpkin puree during storage / F. Karadeniz, B. Işık, S. Kaya [et al.] // Gazi university journal of science, part A: Engineering and innovation. – 2024. – Vol. 11, iss. 1. – P. 101–111.

119. Karrar, E. A potential new source: nutritional and antioxidant properties of edible oils from cucurbit seeds and their impact on human health / E. Karrar, S. Sheth, W. B. Navicha [et al.] // Journal of food biochemistry. – 2019. – Vol. 43, iss. 2. – Art. e12733.

120. Kaur, S. Functional and nutraceutical properties of pumpkin – a review / S. Kaur, A. Panghal, M. K. Garg [et al.] // Nutrition and food science. – 2019. – Vol. 50, iss. 2. – P. 384–401.

121. Kolasinac, S. M. Carotenoids: new applications of ‘old’ pigments / S. M. Kolasinac, Z. P. D. Stevanovic, S. N. Kilibarda, A. Z. Kostic // Phyton – international journal of experimental botany. – 2021. – Vol. 90, iss. 4. – P. 1041–1062.

122. Kormin, F. The effect of enzyme concentration on physical characteristics of pumpkin (*Cucurbita moschata*) puree and its dried extract / F. Kormin, R. A. Sakinah, A. C. Iwansyah, A. Hesani // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 736, iss. 1. – Art. 012031.

123. Lee, E. Y. Epidemic obesity in children and adolescents: risk factors and prevention / E. Y. Lee, K. H. Yoon // Frontiers in medicine. – 2018. – Vol. 12, iss. 6. – P. 658–666.

124. Li, W. Effect of pectin oligosaccharide on quality control of quick-frozen pumpkin puree / W. Li [et al.] // International journal of food science and technology. – 2022. – Vol. 57, iss. 2. – P. 1061–1073.

125. Lin, C. H. Determination of carotenoids in tomato juice by liquid chromatography / C. H. Lin, B. H. Chen // Journal of chromatography A. – 2003. – Vol. 1012. – P. 103–109.

126. Ling, C. Extraction and antioxidant activities in vivo of pumpkin polysaccharide / C. Ling, L. Rong, H. Gangliang, H. Hualiang // Industrial crops and products. – 2020. – Vol. 146. – Art. 112199.

127. Liu, R. S. H. The primary process of vision and the structure of bathorhodopsin: a mechanism for photoisomerization of polyenes / R. S. H. Liu, A. E. Asato // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 1985. – Vol. 82. – 259–263.

128. Maia, L. F. The diversity of linear conjugated polyenes and colours in nature: Raman spectroscopy as a diagnostic tool / L. F. Maia, V. E. De Oliveira, H. G. Edwards, L. F. C. De Oliveira // Chemphyschem: a European journal of chemical physics and physical chemistry. – 2021. – Vol. 22, iss. 3. – 231–249.

129. Mala, S. K. Effect of pumpkin powder incorporation on the physico-chemical, sensory and nutritional characteristics of wheat flour muffins / S. K. Mala, P. Aathira, E. K. Anjali [et al.] // International food research journal. – 2018. – Vol. 25, iss. 3. – P. 1081–1087.

130. Mbijiwe, J. Enrichment of fermented sorghum flour with pumpkin pulp and seed for production of a vitamin A and iron enhanced supplementary food / J. Mbijiwe, Z. Ndung, J. Kinyuru // Journal of food research. – 2021. – Vol. 10, iss. 6. – P. 36–55.

131. Meléndez-Martínez, A. J. A comprehensive review on carotenoids in foods and feeds: status quo, applications, patents, and research needs / A. J. Meléndez-Martínez, A. I. Mandić, F. Bantis [et al.] // Critical reviews in food science and nutrition. – 2022. – Vol. 62, iss. 8. – P. 1999–2049.

132. Meléndez-Martínez, A. J. Comprehensive review on carotenoid composition: Transformations during processing and storage of foods / A. J. Meléndez-Martínez, P. Esquivel, D. B. Rodriguez-Amaya // Food research international. – 2023. – Vol. 169. – Art. 112773.

133. Mertz, C. Characterization and thermal lability of carotenoids and vitamin C of tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.) / C. Mertz, P. Brat, C. Caris-Veyrat, Z. Gunata // Food chemistry. – 2010. – Vol. 119. – P. 653–659.

134. Milovanovic, B. What is the color of milk and dairy products and how is it measured? / B. Milovanovic, I. Djekic, J. Miocinovic [et al.] // Foods. – 2020. – Vol. 9, iss. 11. – Art. 1629.

135. Mirhosseini, H. Effect of partial replacement of corn flour with durian seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of gluten free pasta / H. Mirhosseini, N. F. A. Rashid, B. T. Amid [et al.] // LWT – Food science and technology. – 2015. – Vol. 63, iss. 1. – P. 184–190.

136. Moccia, S. A carotenoid-enriched extract from pumpkin delays cell proliferation in a human chronic lymphocytic leukemia cell line through the modulation of autophagic flux / S. Moccia [et al.] // Current research in biotechnology. – 2020. – Vol. 2. – P. 74–82.

137. Moran, N. E. Intrinsic and extrinsic factors impacting absorption, metabolism, and health effects of dietary carotenoids / N. E. Moran, E. S. Mohn, N. Hason [et al.] // Advances in nutrition. – 2018. – Vol. 9, iss. 4. – 465–492.

138. Mordi, R. C. Oxidative degradation of β -carotene and β -apo-8'-carotenal / R. C. Mordi, J. C. Walton, G. W. Burton [et al.] // Tetrahedron. – 1993. – Vol. 49. – P. 911–928.

139. Mureşan, H. Fruitre cognition from images using deep learning / H. Mureşan, M. Oltean // Acta universitatis sapientiae, Informatica. – 2018. – Vol. 10. – P. 26–42.

140. Ninčević Grassino, A. Carotenoid content and profiles of pumpkin products and by-products / A. Ninčević Grassino [et al.] // Molecules. – 2023. – Vol. 28, iss. 2. – Art. 858.

141. Nistor, O. V. A complex characterization of pumpkin and quince purees obtained by a combination of freezing and conventional cooking / O. V. Nistor, G. D. Mocanu, D. G. Andronoiu [et al.] // Foods. – 2022. – Vol. 11. – Art. 2038.

142. Nourzad, S. Investigation of the qualitative and appearance characteristics of *Eryngium caeruleum* L. based on colorimetric and browning indices in storage conditions / S. Nourzad, H. Naghdi Badi, S. Kalateh Jari [et al.] // Food science and nutrition. – 2024. – Vol. 00. – P. 1–9.

143. Novotny, J. A. Compartmental analysis of the dynamics of beta-carotene metabolism in an adult volunteer / J. A. Novotny [et al.] // Journal of lipid research. – 1995. – Vol. 36, iss. 8. – P. 1825–1838.

144. Nugmanov, A. H.-H. Hydrocolloid effect on the stabilization of vegetable purees in the process of freezing, refrigerating and defrosting / A. H.-H. Nugmanov, P. Hadjisimu, L. M. Titova [et al.] // *Foods and raw materials*. – 2018. – Vol. 6, iss. 2. – P. 325–333.

145. Okoye, C. O. Identification, characterization and optimization of culture medium conditions for organic acid-producing lactic acid bacteria strains from Chinese fermented vegetables / C. O. Okoye [et al.] // *Preparative biochemistry and biotechnology*. – 2024. – Vol. 54, iss. 1. – P. 49–60.

146. Onwude, D. I. Color change kinetics and total carotenoid content of pumpkin as affected by drying temperature / D. I. Onwude, N. Hashim, R. Janius [et al.] // *Italian journal of food science*. – 2017. – Vol. 29, iss. 1. – P. 2017–2018.

147. Ouyang, M. Stability of carotenoids and carotenoid esters in pumpkin (*Cucurbita maxima*) slices during hot air drying / M. Ouyang, Y. Huang, Y. Wang [et al.] // *Food chemistry*. – 2022. – Vol. 367. – Art. 130710.

148. Öztürk, T. Physicochemical properties of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed kernel flour and its utilization in beef meatballs as a fat replacer and functional ingredient / T. Öztürk, S. Turhan // *Journal of food processing and preservation*. – 2020. – Vol. 44, iss. 9. – Art. e14695.

149. Padalino, L. Manufacture and characterization of gluten-free spaghetti enriched with vegetable flour / L. Padalino, M. Mastromatteo, L. Lecce [et al.] // *Journal of cereal science*. – 2013. – Vol. 57, iss. 3. – P. 333–342.

150. Palace, V. P. Antioxidant potentials of vitamin A and carotenoids and their relevance to heart disease / V. P. Palace, N. Khaper, Q. Qin, P. K. Singal // *Free radical biology and medicine*. – 1999. – Vol. 25. – P. 746–761.

151. Panato, K. Drying kinetics and physicochemical and technological properties of pumpkin purée flour dried by convective and foam-mat drying / K. Panato, C. M. O. Muller // *Journal of food processing and preservation*. – 2022. – Vol. 46, iss. 2. – Art. e16264.

152. Parker, R. Absorption, metabolism, and transport of carotenoids / R. Parker // *FASEB Journal*. – 1996. – Vol. 10. – P. 542–551.

153. Patent CN105053843A. Fruity tranquillizing digestion-promoting noodle and preparation method thereof : no. CN201510448914A : appl. 2015-07-28 : publ. 2015-11-18 / Zhang Yue, Tao Yong, Deng Yumin.

154. Patent CN105053845A. Fish-flavor laver pleasing noodle and preparation method there of : no. CN201510448940A : appl. 2015-07-28 : publ. 2015-11-18 / Zhang Yue, Tao Yong, Deng Yumin.

155. Patent CN105053846A. Refreshing jasmine minced fillet noodle and preparation method there of : no. CN201510448966A : appl. 2015-07-28 : publ. 2015-11-18 / Zhang Yue, Tao Yong, Deng Yumin.

156. Patent CN105053847A. Fresh and fragrant sea sedge mashed garlic noodle and preparation method there of : no. CN201510448981A : appl. 2015-07-28 : publ. 2015-11-18 / Zhang Yue, Tao Yong, Deng Yumin.

157. Patent CN105053851A. Qi-rectifying rose honeydew noodle and preparation method there of : no. CN201510449107A : appl. 2015-07-28 : publ. 2015-11-18 / Zhang Yue, Tao Yong, Deng Yumin.

158. Patent CN105124402A. Ice clara double-mushroom mental tranquility-maintaining noodle and preparation method there of : no. CN201510448939A : appl. 2015-07-28 : publ. 2015-12-09 / Zhang Yue, Tao Yong, Deng Yumin.

159. Patent CN105124404A. American ginseng grapefruit peel elastic noodle and preparation method there of : no. CN201510449066A : appl. 2015-07-28 : publ. 2015-12-09 / Zhang Yue, Tao Yong, Deng Yumin.

160. Patent CN105124406A. Kidney-nourishing spicy sesame paste noodle and preparation method there of : no. CN201510449135A : appl. 2015-07-28 : publ. 2015-12-09 / Zhang Yue, Tao Yong, Deng Yumin.

161. Patent CN105962068A. Wheat-oligopeptide-enriched nutritive pumpkin noodles : no. CN201610299655A : appl. 2016-05-09 : publ. 2016-09-28 / Tian Jinju.

162. Patent CN109122783A. Vanilla pumpkin baked steamed twisted roll : no. CN201811158621A : appl. 30.09.2018 : publ. 04.01.2019 / Wang Linan, La Ruirong, Ma Jinxia.

163. Patent CN111134255A China. Probiotic fermented pumpkin beverage and preparation method thereof : № CN201811305452.5A : appl. 2018-11-05 : publ. 2020-05-12 / Guangzhou Zhenjian Bio Tech Co ltd.

164. Patent CN112120163A. Composite coarse rice powder and preparation method thereof : no. CN202011190078A : appl. 2020-10-30 : publ. 2020-12-25 / Xu Yuyun.

165. Patent KR20100081459A. Red pepper from paste garlic and sea tangle and a method for producing the red pepper : no. KR20090000706A : appl. 2009-01-06 : publ. 2010-07-15 / Lee Keun Tai, Kang Chang Yong, Kim Young Mok, Song Ho Su.

166. Patent US2020345759A1. Methods of treating galectin-3 dependent disorders : no. US202016933043A : appl. 2020-07-20 : publ. 2020-05-11 / R. Linhardt, J. Zhao, F. Zhang, P. Muntendam.

167. Patent WO2021195020A1. Methods and compositions for preventing and treating fibrosis resulting from a coronavirus infection : no. PCT/US2021/02358 : appl. 2021-03-23 : publ. 2021-09-30 / P. Muntendam.

168. Pathare, P. B. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review / P. B. Pathare, U. L. Opara, F. A. J. Al-Said // Food and bioprocess technology. – 2013. – Vol. 6. – P. 36–60.

169. Pereira, A. M. Physicochemical characterization, carotenoid content and protein digestibility of pumpkin access flours for food application / A. M. Pereira, F. D. Krumreich, A. H. Ramos [et al.] // Food science and technology. – 2020. – Vol. 40. – P. 691–698.

170. Péter, S. Systematic review of global alpha-tocopherol status as assessed by nutritional intake levels and blood serum concentrations / S. Péter, A. Friedel, F. F. Roos [et al.] // International journal for vitamin and nutrition research. – 2016. – Vol. 1, iss. 1. – P. 1–21.

171. Piepiórka-Stepuk, J. The effect of heat treatment on bioactive compounds and color of selected pumpkin cultivars / J. Piepiórka-Stepuk, I. Wojtasik-Kalinowska, M. Sterczyńska [et al.] // LWT. – 2023. – Vol. 175. – Art. 114469.

172. Provesi, J. G. Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree / J. G. Provesi, C. O. Dias, E. R. Amante // Food chemistry. – 2011. – Vol. 128, iss. 1. – P. 195–202.

173. Qiu, D. Effect of heating on solid β -carotene / D. Qiu, Z.-R. Chen, H.-R. Li // Food chemistry. – 2009. – Vol. 112. – P. 344–349.

174. Que, F. Comparison of hot air- drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours / F. Que, L. Mao, X. Fang, T. Wu // International journal of food science and technology. – 2008. – Vol. 43. – P. 1195–1201.

175. Rana, P. Sustainable production of lignocellulolytic enzymes in solid-state fermentation of agro-industrial waste: application in pumpkin (*Cucurbita maxima*) juice clarification / P. Rana, B. S. Inbaraj, S. Gurumayum, K. Sridhar // Agronomy. – 2021. – Vol. 11, iss. 12. – Art. 2379.

176. Rickman, J. C. Nutritional comparison of fresh, frozen, and canned fruits and vegetables II. Vitamin A and carotenoids, vitamin E, minerals and fiber / J. C. Rickman, C. M. Bruhn, D. M. Barrett // Journal of the science of food and agriculture. – 2007. – Vol. 87. – 1185–1196.

177. Rico, X. Recovery of high value-added compounds from pineapple, melon, watermelon and pumpkin processing by-products: an overview / X. Rico, B. Gullón, J. L. Alonso, R. Yáñez // Food research international. – 2020. – Vol. 132. – Art. 109086.

178. Rocha, H. R. Carotenoids diet: digestion, gut microbiota modulation, and inflammatory diseases / H. R. Rocha, M. C. Coelho, A. M. Gomes, M. E. Pintado // Nutrients. – 2023. – Vol. 15, iss. 10. – Art. 2265.

179. Rock, C. L. Carotenoids: biology and treatment / C. L. Rock // Pharmacology and therapeutics. – 1997. – Vol. 75. – P. 185–197.

180. Rodriguez-Amaya, D. B. A guide to carotenoid analysis in foods / D. B. Rodriguez-Amaya. – Washington : ILSI Press, 2001. – 64 p.

181. Rolnik, A. Vegetables from the *Cucurbitaceae* family and their products: positive effect on human health / A. Rolnik, B. Olas // Nutrition. – 2020. – Vol. 78. – Art. 110788.

182. Rozhnov, E. D. Biotechnological techniques of the formation of the quality of carotenoid-containing smoothie / E. D. Rozhnov, M. N. Shkolnikova, A. O. Kazarskikh, E. A. Ereemeev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 640. – Art. 052018.

183. Rozhnov, E. D. Formation of rheological characteristics of vegetable and fruit smoothies to ensure their quality / E. D. Rozhnov, M. N. Shkolnikova, A. O. Kazarskikh [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 613. – Art. 12125.

184. Różyło, R. Wheat bread with pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) pulp as a functional food product / R. Różyło, U. Gawlik-Dziki, D. Dziki [et al.] // Food technology and biotechnology. – 2014. – Vol. 52, iss. 4. – P. 430–438.

185. Sa, I. Computervision-based apple grape detection using convolutional neural networks / I. Sa, Z. Ge, F. Dayoub [et al.] // IEEE Robotics and Automation Letters. – 2017. – Vol. 2, iss. 3. – 1426–1433.

186. Schieber, A. Occurrence of carotenoid cis-isomers in food: technological, analytical, and nutritional implications / A. Schieber, R. Carle // Trends in food science and technology. – 2005. – Vol. 16. – P. 416–422.

187. Schirmer, M. Starch gelatinization and its complexity for analysis / M. Schirmer, M. Jekle, T. Becker // Starch/Stärke. – 2015. – Vol. 67, iss. 1–2. – P. 30–41.

188. Shahidi, F. Nutraceuticals and functional foods: whole versus processed foods / F. Shahidi // Trends in food science and technology. – 2009. – Vol. 20, iss. 9. – P. 376–387.

189. Sharma, A. Optimization of enzyme aided pigment extraction from pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch) using response surface methodology / A. Sharma, D. S. Sogi // Food measure. – 2022. – Vol. 16. – P. 1184–1194.

190. Sharma, P. Pharmacological and biomedical uses of extracts of pumpkin and its relatives and applications in the food industry: a review / P. Sharma, G. Kaur, B. A. Kehinde [et al.] // International journal of vegetable science. – 2020. – Vol. 26, iss. 1. – P. 79–95.

191. Shi, J. Comprehensive analysis of carotenoids constituents in purple-coloured leaves and carotenoid-derived aroma differences after processing into green, black, and white tea / J. Shi, W. Wu, Y. Zhang [et al.] // LWT. – 2023. – Vol. 173. – Art. 114286.

192. Shi, J. Effects of supercritical CO₂ fluid parameters on chemical composition and yield of carotenoids extracted from pumpkin / J. Shi, C. Yi, X. Ye [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2010. – Vol. 43. – P. 39–44.

193. Srishayuchja, B. Machine learning-based disease identification model for pumpkin, green chilli and brinjal leaves / B. Srishayuchja, Y. Pinthushan, V. Gowshalya [et al.] // Sustainability nexus: multidisciplinary connections for a resilient future : proceedings of the 8th International Conference of Uva Wellassa University (IRCUWU). – Badulla : Uva Wellassa University, 2024. – P. 91.

194. Srivastava, N. Nutraceutical potential of pumpkin (*Cucurbita* sp.) powder, seed, extracts, and oil on diabetes: mini review / N. Srivastava, P. Sahu, M. Banerjee // Journal of endocrinology and disorders. – 2021. – Vol. 5, iss. 1. – P. 1–3.

195. Sun, T. Pathways for carotenoid biosynthesis, degradation, and storage / T. Sun, Y. Tadmor, L. Li // Methods in molecular biology (Clifton, N. J.). – 2020. – Vol. 2083. – P. 3–23.

196. Szabo, K. Carotenoid recovery from tomato processing by-products through green chemistry / K. Szabo, B. E. Teleky, F. Ranga [et al.] // Molecules. – 2022. – Vol. 27, iss. 12. – Art. 3771.

197. Szydłowska, A. Applying potentially probiotic bacterial strains to pumpkin pulp fermentation / A. Szydłowska, D. Kolożyn-Krajewska // Żywność, nauka, technologia, jakość. – 2012. – V. 17, iss. 6. – P. 109–119.

198. Szydłowska, A. Development of potentially probiotic and synbiotic pumpkin frozen desserts, CyTA / A. Szydłowska, D. Kolożyn-Krajewska // Journal of food. – 2019. – Vol. 17, iss. 1. – P. 251–259.

199. Terao, J. Singlet molecular oxygen-quenching activity of carotenoids: relevance to protection of the skin from photoaging / J. Terao, Y. Minami, N. Bando // Journal of clinical biochemistry and nutrition. – 2011. – Vol. 48. – P. 57–62.

200. Tyssandier, V. Processing of vegetable-borne carotenoids in the human stomach and duodenum / V. Tyssandier [et al.] // American journal of physiology-gastrointestinal and liver physiology. – 2003. – Vol. 284, iss. 6. – P. 913–923.

201. van der Berg, H. The potential for the improvement of beta-carotene levels in foods and the likely systemic effects / H. van der Berg, R. Faulks, H. Fernando-Granado [et al.] // Journal of the science of food and agriculture. – 2000. – Vol. 80, iss. 7. – P. 880–912.

202. van het Hoff, K. H. Carotenoid bioavailability in humans from tomatoes processed in different ways determined from the carotenoid response in the triglyceride-rich lipoprotein fraction of plasma after a single consumption and in plasma after four days of consumption / K. H. van het Hoff, B. C. de Boer, J. B. M. Tijburg [et al.] // Journal of nutrition. – 2000. – Vol. 130. – P. 1189–1196.

203. Vásquez-Caicedo, A. L. Accumulation of all-*trans*- β -carotene and its 9-*cis* and 13-*cis* stereoisomers during postharvest ripening of nine Thai mango cultivars / A. L. Vásquez-Caicedo, P. Sruamsiri, R. Carle, S. Neidhart // Journal of agricultural and food chemistry. – 2005. – Vol. 53. – P. 4827–4835.

204. Venuste, M. Influence of enzymatic hydrolysis and enzyme type on the nutritional and antioxidant properties of pumpkin meal hydrolysates / M. Venuste, X. Zhang, C. F. Shoemaker [et al.] // Food and function. – 2013. – Vol. 4, iss. 5. – Art. 811.

205. Vijaya Kumar, B. Trends in dairy and non-dairy probiotic products-a review / B. Vijaya Kumar, S. V. N. Vijayendra, O. V. S. Reddy // Journal of food science and technology. – 2015. – Vol. 52. – P. 6112–6124.

206. Wacheä, Y. Effect of cis/trans isomerism of β -carotene on the ratios of volatile compounds produced during oxidative degradation / Y. Wacheä, A. L. Bossier-Derauld, J.-C. Lhuguenot, J.-M. Belin // Journal of agricultural and food chemistry. – 2003. – Vol. 51. – P. 1984–1987.

207. Wawrzyniak, A. Dietary, anthropometric, and lifestyle correlates of serum carotenoids in postmenopausal women / A. Wawrzyniak, J. Hamułka, E. Friberg, A. Wolk // European journal of nutrition. – 2013. – Vol. 52, iss. 8. – P. 1919–1926.

208. Yadav, M. Medicinal and biological potential of pumpkin: an updated review / M. Yadav, S. Jain, R. Tomar [et al.] // Nutrition research reviews. – 2010. – Vol. 23, iss. 2. – P. 184–190.

209. Yahia, E. M. Chemistry, stability, and biological actions of carotenoids / E. M. Yahia, J. de Jesús Ornelas-Paz, T. Emanuelli [et al.] // Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry and human health / ed. by E. M. Yahia. – 2nd edition. – New York : Wiley, 2017. – P. 285–346.

210. Yang, S.-Q. Co-immobilization of pectinase and glucoamylase onto sodium algininate/graphene oxide composite beads and its application in the preparation of pumpkin-hawthorn juice / S.-Q. Yang, X.-Y. Dai, X.-Y. Wei [et al.] // Journal of food biochemistry. – 2018. – Vol. 43, iss. 3. – Art. e12741.

211. Zargar, F. A. Effect of pumpkin on the quality characteristics and storage quality of aerobically packaged chicken sausages / F. A. Zargar, S. Kumar, Z. F. Bhat, P. Kumar // Springer plus. – 2014. – Vol. 3. – Art. 39.

212. Zepka, L. Q. Degradation compounds of carotenoids formed during heating of a simulated cashew apple juice / L. Q. Zepka, A. Z. Mercadante // Food chemistry. – 2009. – Vol. 117. – P. 28–34.

213. Zhang, R. Insights into the stability of carotenoids and capsaicinoids in water-based or oil-based chili systems at different processing treatments / R. Zhang, G. Chen, B. Yang [et al.] // Food chemistry. – 2021. – Vol. 342. – Art. 128308.

214. Zhumaliyeva, G. Development of concentrate technology for puree / G. Zhumaliyeva, U. Chomanov, G. Aktokalova, G. Zhumaliyeva // Journal of hygienic engineering and design. – 2023. – Vol. 44. – P. 173–177.

**Приложение А
(обязательное)**

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2024687982

**Программа для расчета содержания каротиноидов при
ферментализе тыквенного пюре**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова» (RU)*

Авторы: *Рожнов Евгений Дмитриевич (RU), Школьникова
Марина Николаевна (RU), Аббазова Венера Нагимовна
(RU)*



Заявка № **2024686888**

Дата поступления **11 ноября 2024 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **22 ноября 2024 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Handwritten signature of Yu.S. Zubov in black ink.

Ю.С. Зубов

Приложение Б
(обязательное)

Примеры использования мякоти тыквы в продуктах питания

Таблица Б.1 – Примеры использования мякоти тыквы в продуктах питания

Продукт питания	Вид ингредиента из тыквы	Достоинства продукта, определенные в ходе исследования качества образцов по органолептическим и физико-химическим показателям
Концентрат для приготовления супа [95]	Пюре из вареной мякоти, сухой экстракт	Образцы содержали клетчатку, жир, белок и β-каротин. Увеличен срок годности образцов с мякотью тыквы (по сравнению с контролем) за счет снижения активности воды
Макаронные изделия без глютена [135; 149]	Замена пшеничной муки на тыквенную муку (из высушенной мякоти) до 25 %. Контрольный образец – из смеси кукурузной и пшеничной муки	Варочные свойства контрольного образца лучше, однако цвет, аромат, вкус опытных образцов, по мнению независимых оценщиков, превзошли контрольный
Хлеб из пшеничной муки [184]	Замена пшеничной муки на измельченную до состояния пюре свежую мякоть тыквы в количествах 5; 10; 15 и 20 %, добавленную непосредственно в пшеничную муку во время замеса теста. Контрольный образец – из пшеничной муки	С увеличением доли мякоти тыквы в опытных образцах объем буханки становился меньше, твердость мякиша выше, поры мелкие и компактные, цвет оранжевый различной интенсивности, что положительно сказалось на общей приемлемости опытных образцов. Однако оптимальной признана замена муки на 10 % свежей мякоти
Безглютеновый хлеб [90]	Замена рисовой муки на тыквенную муку (из высушенной мякоти) до 25 %. Контрольный образец – из рисовой муки	Внесение тыквенной муки до 15 % от рисовой не снижает качество опытного образца и выход булки. В исследовании <i>in vivo</i> (крысы) показано, что тыквенная мука повышает биологическую ценность хлеба: у самцов крыс, которых кормили хлебобулочными изделиями, сократилось количество патогенных микроорганизмов в желу-

Продукт питания	Вид ингредиента из тыквы	Достоинства продукта, определенные в ходе исследования качества образцов по органолептическим и физико-химическим показателям
		дочно-кишечном тракте и установлено снижение общего сывороточного уровня гипохолестеринемии
Маффины [129]	Замена пшеничной муки на тыквенную муку (из высушенной мякоти) до 20 %. Контрольный образец – из пшеничной муки	Содержание β -каротина в опытном образце кексов выше на 30 %. Органолептический анализ показал, что содержание 20 % тыквенной муки оптимально, выше 20 % негативно влияет на цвет и общую приемлемость готовых кексов
Мучная смесь для детского питания [130]	Замена муки из сорго на тыквенную муку из высушенных мякоти и семечек в соотношениях 80:10:10, 70:15:15 и 60:20:20 соответственно. Контрольный образец – мука из сорго	Установлено, что тыквенная мука значительно улучшает цвет, аромат, вкус и общую приемлемость рецептур мучных смесей; наиболее предпочтительным признан образец с содержанием 70 % ферментированной муки из сорго и по 15 % муки из мякоти и семян тыквы. В мучной смеси с содержанием муки из мякоти (20 %) и семян (20 %) тыквы зафиксировано наибольшее количество белка (22,87 %), витамина А (875 мкг РАЕ на 100 г) и железа (27,51 мг на 100 г). По мнению авторов, опытные образцы смесей способны обеспечить до 70 % суточной нормы в белке, железе и витамине А детям дошкольного возраста
Сырцовые пряники [60]	Пюре из мякоти. Контрольный образец – без пюре	Опытный образец содержит наибольшее количество углеводов, клетчатки, магния, фосфора, железа, а также β -каротина, витаминов РР и Е. Рентабельность производства пряников с использованием пюре из тыквы повышается на 2 %
Мармелад [59]	Пюре из мякоти сорта «Мускатная», обогащенное аскорбиновой кислотой	В течение 2 мес. хранения в темноте наблюдалась сохранность β -каротина в составе образца (независимо от других показателей климатического режима и наличия аскорбиновой кислоты)

Продукт питания	Вид ингредиента из тыквы	Достоинства продукта, определенные в ходе исследования качества образцов по органолептическим и физико-химическим показателям
Конфеты [78]	Тыквенные конфеты были изготовлены с минимальной обработкой, чтобы увеличить срок их хранения	Через 3 мес. наблюдалась потеря цвета, вкуса, полифенолов и витаминов. Кроме того, рост микробов происходил из-за ферментативной активности пектинметилэстеразы, полигалактуроназы, β -галактозидазы и целлюлозы, которые разрушали среднюю пластинку и клеточную стенку конфеты
Варенье [36]	Установлено, что варенье стабильно высокого качества из плодов тыквы твердокорой (Простастоп) может быть получено по стандартной технологии, из плодов тыквы крупноплодной (Кустовая оранжевая)	При замене 25 % воды в сахарном сиропе на яблочный сок, из плодов тыквы мускатной (Цукатная и Московская ароматная) – при замене 25 % (предпочтительно) или 50 % воды в сахарном сиропе на яблочный сок
Тыквенный джем [74]	Изучали влияние комбинации карбоната кальция с методом облучения на качественные характеристики, пищевую ценность, биологически активные компоненты, микробиологическую нагрузку и сенсорную оценку тыквенного джема в течение 12 мес. хранения. Образцы тыквенного джема обрабатывали карбонатом кальция 1 % (CCS), облучением (2 кГр) и комбинацией CCS + 2 кГр. годности тыквенного джема за счет снижения микробной нагрузки, сохранения качественных характеристик, питательной ценности, биологически активных компонентов и потребительской приемлемости тыквенного джема во время хранения	Обработка CCS + 2 кГр помогла сохранить содержание аскорбиновой кислоты. Обработка CCS и CCS + 2 кГр показала сходные значения содержания каротиноидов. Обработка CCS + 2 кГр показала самое высокое общее содержание флавоноидов; уменьшила рост микробов для общего количества аэробных пластинок, дрожжей и плесени; степень окрашивания была выше, чем при обработке CCS. Сочетание CCS + 2 кГр дало самые высокие оценки по текстуре, аромату, вкусовым качествам и общей приемлемости в конце срока хранения
Кандированные полуфабрикаты [2]	Мякоть тыквы использована для получения полуфабрикатов для кондитерской промышленности с применением сиропов на основе различных видов сахаров, в частности плодов облепихи	Получены полуфабрикаты с гармоничным сочетанием потребительских и пищевых достоинств
Полуфабрикат для приготовления сорбета [197]	Использована мякоть тыквы, ферментированная <i>Lactobacillus casei</i> KN 291 при $T = 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 26 ч с добавлением сахарозы 8 %	Опытный образец полуфабриката превосходил по органолептическим характеристикам контрольный (мякоть без ферментации)

Продукт питания	Вид ингредиента из тыквы	Достоинства продукта, определенные в ходе исследования качества образцов по органолептическим и физико-химическим показателям
Сорбеты [198]	Ферментированная мякоть тыквы сорта Duchesne в сочетании с ананасом и инулином (1 % и 2 %)	Установлено, что тыквенно-ананасовые сорбеты сохраняют качественные характеристики по истечении 6 мес. хранения при $T = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$
Колбаски куриные [211]	Замена постного мяса курицы на мякоть тыквы 6,5 %; 12 % и 18 %. Контрольный образец – без добавления мякоти тыквы	По ряду показателей достоверных отклонений не выявлено, за исключением параметра «активность воды», который ниже в опытном образце. Оптимальное количество вносимой мякоти тыквы составило 12 %. В процессе хранения 14 сут в условиях охлаждения (4 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ в опытном образце показатели микробиологической безопасности существенно ниже, чем в контрольном
Колбаса с тыквенным порошком [71]	Говяжья колбаса, приготовленная с использованием сухого тыквенного порошка (10 %, 20 % и 30 %). Контрольный образец тыквенного порошка не содержал	Сосиски, приготовленные из рекомендованного сырья. Были проведены предварительные исследования состава, значения рН, ВУС, микробиологических аспектов и сенсорных свойств. Включение порошка сушеной тыквы оказало значительное влияние, при этом наблюдалась тенденция к снижению содержания влаги по мере увеличения уровня порошка сушеной тыквы. В образце с 30 % высушенного тыквенного порошка самое низкое содержание влаги (64,22 %) по сравнению с контролем (72,43 %); зарегистрировано достоверное увеличение содержания жира и белка (9,30 % и 20,55 % соответственно); снизилось значение рН и увеличилась ВУС. Общее количество жизнеспособных бактерий в произведенных образцах колбасы колебалось от 2,89 до 1,70 \log_{10} КОЕ/г; во всех образцах сальмонеллы не выявлены. Улучшение цвета: образец с 30 % порошка получил самый высокий балл (5,38) по сравнению с контролем (4,90)

Продукт питания	Вид ингредиента из тыквы	Достоинства продукта, определенные в ходе исследования качества образцов по органолептическим и физико-химическим показателям
Йогурт [98]	Пюре из мякоти тыквы	Для повышения пищевой ценности и вкуса йогурта было проведено исследование путем добавления пюре из мякоти тыквы с сахаром, которое показало увеличение вязкости, органолептическую оценку в качестве ароматизатора
Скрученный рулет из ванильной тыквы, запеченный на пару [162]	Скрученный рулет из ванильной тыквы, запеченный на пару, состоит из тортильи и теста. Тортилья: 380–450 частей муки, 3–7 частей дрожжей, 3–7 частей разрыхлителя, 25–35 частей сахара, 180–250 частей вареного тыквенного пюре, 120–180 частей молока, 3–7 частей разрыхлителя для хлеба, 25–35 частей сгущенного молока, 45–55 частей яйца, 1–4 части ванильного порошка. Тесто: 180–220 частей кукурузной муки, 80–120 частей муки грубого помола, 120–180 частей сахара, 350–450 частей салатного масла	Согласно изобретению, приготовленный на пару скрученный рулет обладает насыщенным вкусом и высокой питательной ценностью, золотистым цветом и хрустящей корочкой, является мягким, сладким и аппетитным, имеет выраженный тыквенный вкус и легкий аромат ванили
Питательная тыквенная лапша, обогащенная пшеничными олигопептидами [161]	Тыквенная лапша, обогащенная пшеничным олигопептидом	Обогащенная пшеничными олигопептидами питательная тыквенная лапша получается мягкой, хрустящей, тонкой, однородной и освежающей на вкус, устойчива к развариванию и не приводит к помутнению супа. Продукт богат сырьем, имеет мягкий аромат и светло-желтый цвет; обогащен пшеничными олигопептидами, органическим кальцием и органическим цинком, сбалансирован по питательности и легко усваивается. Продукт способен повышать иммунитет, улучшать функции желудочно-кишечного тракта, улучшать обмен веществ, предотвращать сердечно-сосудистые и цереброваскулярные заболевания, повышать сопротивляемость к раку, а также улучшать функции организма

Продукт питания	Вид ингредиента из тыквы	Достоинства продукта, определенные в ходе исследования качества образцов по органолептическим и физико-химическим показателям
Безалкогольный напиток «Гурзуфский вечер» [39]	Морковное, тыквенное, брусничное пюре, гомогенизированное	Изобретение относится к области производства безалкогольных напитков, содержащих фруктовые и овощные соки. Позволяет повысить качество получаемого безалкогольного напитка, обладающего адаптогенными, тонизирующими, радиационно-защитными и поглощающими свойствами, а также стабильной структурой; позволяет сократить продолжительность производства
Составной порошок из коричневого риса [164]	Составной порошок из коричневого риса содержит, в частях по массе: порошок из пророщенного коричневого риса 20–30; порошок из тыквы 45–55; порошок из апельсинового сока 10–20; вспомогательные материалы 2,2–8,7	Составной рисовый порошок крупного помола хорош по цвету, аромату и вкусу; обладает такими преимуществами, как насыщенность питательными веществами, тонкий и однородный вкус, простота в приготовлении, хорошие показатели пивоварения и т. п.; имеет относительно хорошие экономические и социальные преимущества и отвечает требованиям, предъявляемым современной промышленностью быстрого приготовления
Лапша, приправленная рыбным вкусом [154]	30–40 частей тыквы, 10–20 частей сельдерея, 18–22 части крахмала, 300–400 частей муки, 18–25 частей кожуры свежего грейпфрута, 16–30 частей рубленого толстолобика, 24–35 частей измельченной красной кожуры, от 12 до 13 частей красного лаврового листа, от 7 до 8 частей лаврового листа, от 20 до 26 частей соевого молока, от 12 до 19 частей козьего молока, от 1,8 до 2,2 частей <i>Psoralea corylifolia</i> , от 1,2 до 2,5 частей коры <i>Albizia</i> , от 2 до 2,2 частей корня из китайского остролиста и надлежащего количества целлюлазы и этанола	Мякоть креветок перед измельчением обрабатывают экстрактом золотистого гриба; поскольку данный экстракт богат эрготионином, он может существенно подавлять рост и размножение бактерий, тем самым реализуя эффект продления срока хранения в свежем виде
Китайская лапша с различными вкусами [153; 157; 155; 156; 158; 159; 160]	В составе мука из мякоти тыквы 30–40 частей в общей массе сырья	Функциональная направленность

Продукт питания	Вид ингредиента из тыквы	Достоинства продукта, определенные в ходе исследования качества образцов по органолептическим и физико-химическим показателям
Красный перец из пасты из чеснока и морской капусты и способ производства красного перца [165]	Содержание, мас. %: порошок красного перца 22–26; чеснок 18–22; тыква 18–22; порошок ферментированных соевых бобов 7–9; зерновой сироп 18–22; лавровая соль 7–9; клейкий рис 7–9. Тыквенная и чесночная каши	Паста из красного перца для подавления активности раковых клеток и способ ее изготовления предложены для ограничения активности раковых клеток и увеличения содержания полезных компонентов
Соус на основе мякоти тыквы с добавлением хвои пихты [32]	Пюре из мякоти тыквы «Витаминная» и хвою пихты сибирской в количестве 0,17–0,50 % от мякоти пюре	Представлены результаты получения и исследования качества комбинированной пищевой системы на основе пюре из мякоти тыквы – соусов к мясным, рыбным и вторым блюдам, а также для использования в кондитерской промышленности как полуфабриката для производства пастильных кондитерских изделий. Установлено, что оптимальное количество вносимой хвои 0,17 % и 0,33 %
Комбинированные салатные заправки к мясным, рыбным и вторым блюдам, приготовления соусов, подливы или для использования в качестве приправы [27]	Семена амаранта и (или) лебеды – 10–15 %; свекла, или морковь, или тыква, или шпинат, или крапива – 40 %; вода – остальное	Изобретение позволяет получить пищевой концентрат с высокой желирующей способностью, увеличенным сроком хранения и седиментационной устойчивостью
Сброженный тыквенный сок с сахаром [45]	Для ферментации тыквенного сока использован концентрат бактериальный прямого внесения Lyofast MOS 0.64E, состоящий из комбинации <i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i> (40–60 %), <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> и <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	Разработана технология тыквенного сока, подвергнутого молочнокислому брожению. Готовый продукт имеет ценный химический состав, обладает функциональными свойствами
Хлеб с пюре из тыквы с порошком мяты перечной [61]	В рецептуру хлеба входят обогащающие добавки – пюре из тыквы с добавлением порошка мяты перечной в количестве 9 %	Разработана технология получения пюре из тыквы сорта Мичуринская с добавлением порошка из листьев мяты перечной, для решения проблемы обеспечения населения функциональным питанием
Чипсы [43]	Рациональное сочетание рецептурных ингредиентов (70 % пюре из яблочных выжимок, 30 % тыквенное пюре, 10 % кукурузная мука, 1 % порошок календулы)	Установлена зависимость показателей цветности чипсов от суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов, в частности флавоноидной группы

**Приложение В
(обязательное)**

Сухое ферментализованное тыквенное пюре. Технические условия

Общество с ограниченной ответственностью
"Удача"

УТВЕРЖДАЮ
Директор ООО «Удача»

Т.А. Гущина



ноябрь 2024 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

ТУ 10.39.13- 175 – 88698095- 2024

«СУХОЕ ФЕРМЕНТАЛИЗОВАННОЕ ТЫКВЕННОЕ ПЮРЕ»

РАЗРАБОТАНО:

д.т.н., профессор кафедры
технологии питания ФГБОУ ВО УрГЭУ
М.Н. Школьникова

д.т.н., профессор кафедры
технологии питания ФГБОУ ВО УрГЭУ
Е.Д. Рожнов

старший преподаватель кафедры
управления качеством и экспертизы
товаров и услуг ФГБОУ ВО УрГЭУ
В.Н. Аббазова

« 2 » декабря 2024 г.

Екатеринбург
2024

Приложение Г
(обязательное)

Методические рекомендации по приемке и хранению тыквы свежей

ОКП 97 3121

УТВЕРЖДЕНО

АО "ТАНДЕР"

Руководитель по внешним коммуникациям и связям
с органами власти по Уральскому округу

Маршук Д.Н.

«16» сентября 2024 г.

Методические рекомендации (МР)

Порядок приемки продуктов питания.

*Овоцы свежие: тыква свежая продовольственная, сорта: Твердокорая, мускатная,
крупноплодная*

МР 01.13.39.110-522-2024



Дата введения в действие

«01» октября 2024 г.

Без ограничения срока действия

РАЗРАБОТАНО:

старший преподаватель кафедры
управления качеством и экспертизы
товаров и услуг ФГБОУ ВО УрГЭУ

Аббазова

В.Н. Аббазова

Екатеринбург
2024 г.

Приложение Д
(обязательное)

Концентраты первых блюд. Технические условия

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"ПРО-ПИТАНИЕ"

ОКПД2 10.89.11

ОКС 67.080.20



КОНЦЕНТРАТЫ ПЕРВЫХ БЛЮД

Технические условия

ТУ 10.89.11– 23 – 65050115- 2024

Дата введения в действие: « 16 » декабря 2024 г.

РАЗРАБОТАНО:

д.т.н., профессор кафедры
технологии питания ФГБОУ ВО УрГЭУ
М.Н. Школьников

д.т.н., профессор кафедры
технологии питания ФГБОУ ВО УрГЭУ
Е.Д. Рожнов

старший преподаватель кафедры
управления качеством и экспертизы
товаров и услуг ФГБОУ ВО УрГЭУ
В.Н. Аббазова

Екатеринбург
2024

Приложение Е
(обязательное)

Акты о внедрении и апробации



АКТ о внедрении программного продукта

Настоящий Акт свидетельствует, что программный продукт (цифровая обучаемая модель для автоматического анализа изображений плодов тыквы), разработанный Аббазовой В.Н., старшим преподавателем кафедры управления качеством и экспертизы товаров и услуг ФГБОУ ВО УрГЭУ, Копниным А.А., ассистентом кафедры бизнес-информатики ФГБОУ ВО УрГЭУ внедрен в деятельность АО "ТАНДЕР".

Процесс внедрения программного продукта проходил с 01 октября по 30 ноября 2024 г.

Заявленные характеристики программного продукта предполагали наличие следующих основных возможностей:

- использование WEB - технологии, что позволяет применять систему как в локальной сети, так и в сети Интернет;
- определение наличия повреждений, признаков гнили, пятен и других дефектов на плодах тыквы;
- просмотр отчетов о результатах анализа;
- просмотр статистики полученных результатов, для отслеживания динамики и разработки предупреждающих и корректирующих мероприятий.

Назначение программного продукта: автоматизация деятельности по контролю качества овощной продукции при приемке и хранении, в части обнаружения дефектов на поверхности плодов тыквы (выявление гнили, пятен, трещин или других видимых повреждений).

Показатели экономической и социальной эффективности от внедрения программного продукта:

- Сокращение времени проведения выборочного контроля на стадии приемки овощей;
- Снижение доли продовольственных потерь на 10%;
- Повышение эффективности обучения сотрудников;
- Снижение количества жалоб и рекламаций потребителей.

АО "ТАНДЕР" обязуется не передавать разработку для использования в другие организации.

Руководитель по внешним коммуникациям и связям
с органами власти по Уральскому округу



Маршук Д.Н.

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ПРО-ПИТАНИЕ"

АКТ

о выработке опытных образцов концентрата первых блюд

Настоящий акт составлен о том, что научные и практические результаты диссертационного исследования Аббазовой В.Н. ФГБОУ ВО «УрГЭУ», в части разработки рецептуры концентрата первых блюд – супа-пюре на основе сухого каротиноидсодержащего ингредиента (далее по тексту продукт), используются в производственной деятельности ООО «ПРО-ПИТАНИЕ» (г. Екатеринбург)

Продукт получен по рецептуре и технологии, разработанной Аббазовой В.Н. (ТУ 10.89.11–23–65050115-2024), на существующей аппаратно-технологической линии, внедренной на предприятии.

Для производства продукта использовано сырье и технологические вспомогательные средства, соответствующие требованиям нормативно-технической документации (таблица).

Таблица. Рецептура концентрата супа-пюре на основе сухого каротиноидсодержащего ингредиента

Наименование сырья	НТД	Ед. изм	Норма расхода на 1 кг	Норма расхода на 0,025 кг*
Сухое ферментализованное тыквенное пюре	ТУ 10.39.13-175-88698095-2024	кг	0,4	0,0100
Морковь пассер. сушеная	ТУ 9199-001-61603089-2020	кг	0,26	0,0065
Лук пассер. сушеная	ТУ 9164-002-27958346-15	кг	0,16	0,0040
Соль поваренная	ГОСТ Р 51574-2000	кг	0,04	0,0010
Куркума (приправа)	ТУ 9199-004-59350416-11	кг	0,01	0,00025
Кукурузная мука	ГОСТ 14176-69	кг	0,13	0,00325
ИТОГО:		кг	1,0	0,0250

*25 г – масса одной единицы потребительской тары для разового употребления

Полученный продукт обладает оптимальными качественными характеристиками: Внешний вид: однородная пюреобразная текучая масса без частиц, волокон, кожицы, семян. Консистенция: гомогенная. Цвет: оранжевый. Запах: приятный вареной тыквы. Вкус: слабо-сладкий, приятный, гармоничный с тонами вареной тыквы.

Настоящий акт подтверждает практическую ценность результатов исследований и в иных целях использоваться быть не может.

Должность _____ ФИО _____





МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный экономический университет»
(УрГЭУ)

СПРАВКА

18 февраля 2025г.

№ 2/1802

г. Екатеринбург

О внедрении результатов диссертационного исследования Аббазовой Венеры Нагимовны на тему «Разработка технологии сухого каротиноидсодержащего ингредиента и его использование в пищевых системах» в учебный процесс ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Настоящая справка дана Аббазовой Венере Нагимовне в том, что основные научно-методические положения, содержащиеся в диссертационном исследовании «Разработка технологии сухого каротиноидсодержащего ингредиента и его использование в пищевых системах», представленном на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 4.3.3 «Пищевые системы», нашли применение в учебном процессе ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» при подготовке бакалавров, специалистов и магистров в рамках основных образовательных программ 19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания» (профиль «Организация и управление предприятиями в сфере индустрии питания») по дисциплине «Контроль качества продукции общественного питания», 19.04.04 «Технология продукции и организация общественного питания» (программа «Управление в индустрии питания») по дисциплине «Разработка функциональных продуктов питания»

Проректор по учебно-методической
работе и качеству образования

 Д.А. Карх