

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Иркутский государственный
аграрный университет имени А.А. Ежевского»

На правах рукописи

Быкова Светлана Михайловна

**Разработка технологии получения томатного порошка
с использованием инфракрасной сушки томатов**

Специальность 4.3.3. Пищевые системы

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук,
доцент Очиров Вадим Дансарунович

Молодежный – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1 Обзор и анализ литературы по теме исследования	10
1.1 Томат. Происхождение, распространение, биологическая характеристика, питательная и лечебная ценность	10
1.2 Анализ методов и способов переработки томатного сырья.....	19
1.3 Тепловая обработка и сушка томатного сырья. Применение сушеного томатного сырья в пищевой промышленности и АПК.....	24
Выводы по первой главе.....	34
Глава 2 Организация работ, оборудование, объекты и методы исследования	36
2.1 Организация работы и схема проведения исследований.....	36
2.2 Выбор сорта (гибрида) томата и объекты исследований.....	38
2.3 Методы исследования.....	40
2.4 Оборудование, применяемое при проведении экспериментальных исследований	43
Глава 3 Результаты исследований и их анализ	50
3.1 Исследования по определению электросопротивления, расчет постоянной времени и скорости нагрева томатов.....	50
3.2 Исследования по сушке томатов и получению томатного порошка.....	58
3.2.1 Исследование влияния температурных режимов инфракрасной сушки на качество томатов.....	58
3.2.2 Исследование энергетической эффективности толсто пленочных резистивных нагревателей при сушке томатов.....	70
3.2.3 Исследование параметров измельчения сушеных томатов при получении томатного порошка.....	76
3.2.4 Исследование характеристик сушеных томатов и томатного порошка инфракрасной сушки.....	80
3.5 Разработка технологии получения сушеных томатов и томатного порошка	90
3.6 Себестоимость полученных продуктов	93

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	96
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	99
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	125
Приложение А Анкета-опросник для изучения потребительских предпочтений	126
Приложение Б Результаты дегустационного анализа печенья с томатным порошком.....	130
Приложение В Патент на изобретение Российской Федерации.....	131
Приложение Г Техническая документация.....	132
Приложение Д Акты внедрения результатов работы.....	139
Приложение Е Участие в грантах, конкурсах и выставках	144

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Актуальность темы исследования определена непосредственно из Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года и Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации [179].

Для Сибирского Федерального округа (СФО), включая Иркутскую область, увеличение производства овощей имеет особо важное значение. Для населения крупных промышленных городов и поселков, образованных в результате индустриализации, овощи являются источником питательных и биологически активных веществ.

Специфической особенностью овощеводства СФО является остро выраженная сезонность выращивания и потребления овощей. Потребление свежих овощей совпадает со временем их созревания в открытом грунте. Из овощных культур в настоящее время ведущее место в России и в мире принадлежит томатам. Это объясняется тем, что плоды томатов по пищевой ценности и вкусовым качествам относятся к числу наиболее ценных овощных культур.

Для продления периода потребления томатов с максимальным содержанием питательных и биологически активных веществ в настоящее время применяют различные приемы и способы переработки и хранения. Одним из решений проблемы круглогодичного обеспечения населения продуктами высокой пищевой ценности является сушка томатного сырья для дальнейшего использования в качестве одного из ингредиентов при приготовлении продуктов питания функционального назначения.

В этой связи разработка технологии сушеных томатов и томатного порошка с использованием инфракрасной сушки и применения сушеных томатов и томатного порошка в производстве продуктов питания является актуальным.

Степень разработанности темы. Разработке научных основ и технологий переработки томатного сырья, в том числе и сушки томатов, для использования в приготовлении различных пищевых продуктов посвящены работы Волончук С.К.,

Гаджиевой А.М., Калманович С.А., Квасенкова О.И., Касьянова Г.И., Левинского В.Н., Пенто В.Б., Попова В.М., Потаповой А.А., Чернышева С.В. и др.

Развитию теории, технологии и техники инфракрасной сушки растительного сырья посвящены работы Лыкова А.В., Алексаняна И.Ю., Алтухова И.В., Беляевой М.А., Буляндра А.Ф., Вороненко Б.А., Гинзбурга А.С., Завалий А.А., Зверева С.В., Ильясова С.Г., Кирдяшкина В.В., Красникова В.В., Лебедева П.Д., Острикова А.Н., Пеленко В.В., Плаксина Ю.М., Попова В.М., Рогова И.А., Рудобашта С.П., Тюрева Е.П., Худоногова А.М. и др.

При этом стоит отметить, что, несмотря на широту проведенных исследований в области сушки томатного сырья задачи по определению эффективного температурного режима сушки, сокращению длительности процесса сушки, получения сушеных томатов и томатного порошка с высоким содержанием питательных и биологически активных веществ являются актуальными.

Цель работы. Разработка технологии получения томатного порошка и исследование технологических параметров инфракрасной сушки измельченных плодов томатов с использованием толсто пленочных резистивных нагревателей.

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

- провести анализ существующих технологий и оборудования, применяемых для сушки томатного сырья;
- провести исследования по определению эффективных температурных режимов и технологических параметров инфракрасной сушки томатов с использованием толсто пленочных резистивных нагревателей с разработкой энергосберегающей системы управления;
- разработать технологию получения сушеных томатов и томатного порошка, проанализировать в полученных продуктах состав витаминов, минеральных веществ и аминокислот, а также исследовать органолептические показатели;
- разработать техническую документацию на томат сушеный и томатный порошок;
- провести расчет экономической эффективности производства разработанных изделий.

Научная новизна. Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 4, 20 и 21 паспорта научной специальности ВАК РФ 4.3.3. Пищевые системы.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- получена зависимость изменения электрического сопротивления томатов от влажности и построена номограмма, позволяющая определить значения промежуточной влажности, плотности и удельной теплоемкости томатов по величине электрического сопротивления в процессе инфракрасной сушки;
- рассчитаны и получены сведения по постоянной времени нагрева и скорости нагрева измельченных томатов в зависимости от их промежуточной влажности в процессе инфракрасной сушки;
- впервые исследована возможность использования толсто пленочных резистивных нагревателей для сушки томатов, имеющих низкий уровень энергопотребления и позволяющих получить сухой продукт с минимальными потерями витаминов и минеральных веществ;
- разработана энергосберегающая система управления температурным режимом инфракрасной сушки томатов при использовании толсто плёночных резистивных нагревателей;
- исследована усадка долек томатов при инфракрасной сушке, которая происходит с линейной зависимостью при уменьшении длины долек томата в 1,8-2 раза, ширины – в 1,6-1,8 раза, высоты – в 2,1-2,3 раза, и определены потери витамина С в сушеных томатах при хранении;
- определены параметры получения томатного порошка инфракрасной сушки: влажность – 10-11 %, температура сушки – 60 °С; время сушки – 420 мин, расход электроэнергии на получение 1 кг сушеного томата – 0,94 кВт·ч, продолжительность измельчения сушеных томатов – 4 мин до размера частиц 185-190 мкм.

Теоретическая и практическая значимость работы. Определены технологические параметры инфракрасной сушки томатов и получения томатного порошка с использованием толсто плёночных резистивных нагревателей. Для управления температурным режимом процесса сушки томатов разработана энергосбе-

регающая система управления нагревателями на основе терморегулятора с твердотельным реле. Полученные в работе данные по постоянной времени нагрева и скорости сушки измельченных томатов в зависимости от влажности позволяют расширить область знаний о сушке пищевых продуктов. Предложена номограмма для определения плотности и удельной теплоемкости томатов в процессе сушки по величине электрического сопротивления. Обосновано использование томатного порошка при приготовлении печенья, что позволит расширить ассортимент мучных кондитерских изделий.

Разработаны технические условия и технико-технологические карты: томат сушеный (ТУ 10.39.13-003-00492919-2022); порошок из сушеных томатов (ТУ 10.61.23-004-00492919-2022); печенье сдобное и овсяное с добавками из овощей, фруктов и ягод (ТУ 10.72.12-005-00492919-2022); установка сушильная инфракрасная с толстоленочными резистивными нагревателями (ТУ 28.93.16-006-00492919-2024); технико-технологическая карта на томат сушеный.

Проведены испытания и получены акты внедрения на предприятиях СХ ПАО «Белореченское» и «Радуга» ИП Беляков Д.В., которые подтвердили целесообразность проведенных экспериментальных исследований. Научные положения и практические решения по разработке технологии инфракрасной сушки томатов внедрены в учебный процесс кафедры энергообеспечения и теплотехники и кафедры технологии переработки сельскохозяйственной продукции и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ.

Методология и методы исследования. При выполнении работы использованы общепринятые, стандартные и специальные методы исследований, статистические методы обработки и получения достоверной информации. Основные этапы исследований выполнены на кафедре энергообеспечения и теплотехники ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Качественные показатели готовой продукции определены в ФГБУ «Иркутская межобластная ветеринарная лаборатория», в НИЦ ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» и Иркутской областной лаборатории ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных».

Положения, выносимые на защиту:

- технология инфракрасной сушки томатов с использованием толсто пленочных резистивных нагревателей;
- результаты теоретических и экспериментальных исследований инфракрасной сушки томатов;
- способ энергосберегающего управления процессом сушки томатов на основе терморегулятора с твердотельным реле;
- параметры процесса получения томатного порошка;
- результаты по витаминному, минеральному и аминокислотному составу, санитарно-гигиеническим и микробиологическим исследованиям свежей и готовой продукции.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов подтверждена применением современного лабораторного оборудования, статистической математической обработкой экспериментальных данных и апробацией в производственных условиях.

Основные результаты работы были доложены и обсуждены на конференциях различного уровня: конференции ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (2019-2024); «Научно-практические аспекты развития АПК» (Красноярск, 2020); «Актуальные вопросы переработки и формирование качества продукции АПК» (Красноярск, 2021); «Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК» (Курск, 2022); «Проблемы современной аграрной науки» (Красноярск, 2022); «Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия – 2022» (Москва, 2022); «Аграрная наука в условиях глобальных вызовов мирового продовольственного кризиса: проблемы, тенденции, пути решений» (Омск, 2022); «Безопасность и качество товаров» (Саратов, 2023); «Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых» (Краснообск, 2023).

Результаты исследований прошли региональный и всероссийский уровень апробации на выставках, конкурсах и грантах: «Агропромышленная неделя» (Иркутск, 2019, 2022-2023); Областной фестиваль изобретательства (Иркутск, 2021, 2024); 24-ая Российская агропромышленная выставка «Золотая осень» (Москва,

2022); стипендия фонда стратегического и инновационного развития Иркутской области молодым талантливым исследователям и инженерам (Иркутск, 2022); Всероссийский конкурс научно-исследовательских работ студентов и аспирантов Минобрнауки России в секции «Агро-, био- и продовольственные технологии» (Орел, 2023); Победитель гранта «Студенческий стартап» (очередь III) Фонда содействия инновациям (Москва, 2023).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 27 научных работ, в том числе 5 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, одна статья в издании, входящем в международные базы данных Web of Science и Scopus, получен патент на изобретение РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 225 наименований и 6 приложений. Содержание работы изложено на 150 страницах, включая 55 рисунков и 23 таблицы.

Личный вклад автора. Результаты исследований, представленные в диссертации, получены лично автором при непосредственном его участии. Вклад автора в работы, выполненные в соавторстве, заключается в обсуждениях и постановке задач на этапах научной работы, в получении, анализе и оформлении полученных результатов.

Глава 1 Обзор и анализ литературы по теме исследования

1.1 Томат. Происхождение, распространение, биологическая характеристика, питательная и лечебная ценность

Томат является одной из ведущих овощных культур в Российской Федерации и в целом на планете Земля. Культура возделывается человеком во всех уголках мира и употребляется в пищу в сыром и переработанном виде. По агрономической классификации данная овощная культура относится к семейству пасленовых (*Solanaceae*) [14, 38, 114, 178].

Человеку томат был известен с давних времен и первые упоминания о томате датируются V веком до нашей эры, когда его начали возделывать жители Перу, Эквадора и районов проживания между Андами и Тихим океаном. В связи, с чем Южную Америку принято считать исторической родиной томата.

Знакомство Европейцев с культурой томат берет свои истоки с периода колонизации испанцами южноамериканского и североамериканского континентов в середине XVI века. В Европе томат вначале возделывался на Пиренейском и Апеннинском полуостровах, где получил название «помидор». После непродолжительного времени томат успешно выращивался и в других странах Европы.

В России томаты появились в XVIII веке сначала в южных районах: Астрахань, Крым, Нижнее Поволжье. В районах Восточной Сибири томат появился сравнительно недавно – в конце XIX века в районе Минусинской котловины и отсюда распространился в другие регионы.

В настоящее время томаты выращивают во всех видах хозяйств на всей территории нашей необъятной страны (табл. 1.1) [168], вплоть до северных широт [4, 14, 112, 136, 155, 178]. Данные рисунка 1.1 показывают устойчивую тенденцию роста удельного валового сбора томатов по всем видам хозяйств, в особенности это относится к сельскохозяйственным организациям (к 2020 году увеличение составило в 12,4 раз по сравнению с 2000 г.).

Таблица 1.1 – Динамика изменения посевных площадей и валовых сборов томатов по Российской Федерации

По-каза-тель	Тип хозяйства	Годы												2020 г. к 2000 г., %
		1997		2000		2005		2010		2015		2020		
		Знач.	%	Знач.	%	Знач.	%	Знач.	%	Знач.	%	Знач.	%	
Посевные площади, тысяч га	Хозяйства всех категорий	144	100	140	100	122	100	103,15	100	88,72	100	81,8	100	58,4
	Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели	5	3,5	9	6,4	14	11,5	15,44	15,0	11,86	13,4	9,61	11,7	106,8
	Сельскохозяйственные организации	26	18,1	25	17,9	10	8,2	5,49	5,3	4,24	4,8	8,3	10,1	33,2
	Хозяйства населения	113	78,5	106	75,7	98	80,3	82,22	79,7	72,62	81,9	63,89	78,1	60,3
Валовые сборы, тысяч тонн	Хозяйства всех категорий	1608,3	100	1508,97	100	1854,52	100	1821,41	100	2014,79	100	2384	100,0	158,0
	Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели	30,66	1,9	57,42	3,8	245,09	13,2	355,58	19,5	349,11	17,3	398,73	16,7	694,4
	Сельскохозяйственные организации	125,79	7,8	179,2	11,9	145,3	7,8	68,14	3,7	117,47	5,8	494,69	20,8	276,1
	Хозяйства населения	1451,85	90,3	1272,35	84,3	1464,13	78,9	1397,69	76,7	1548,21	76,8	1490,58	62,5	117,2

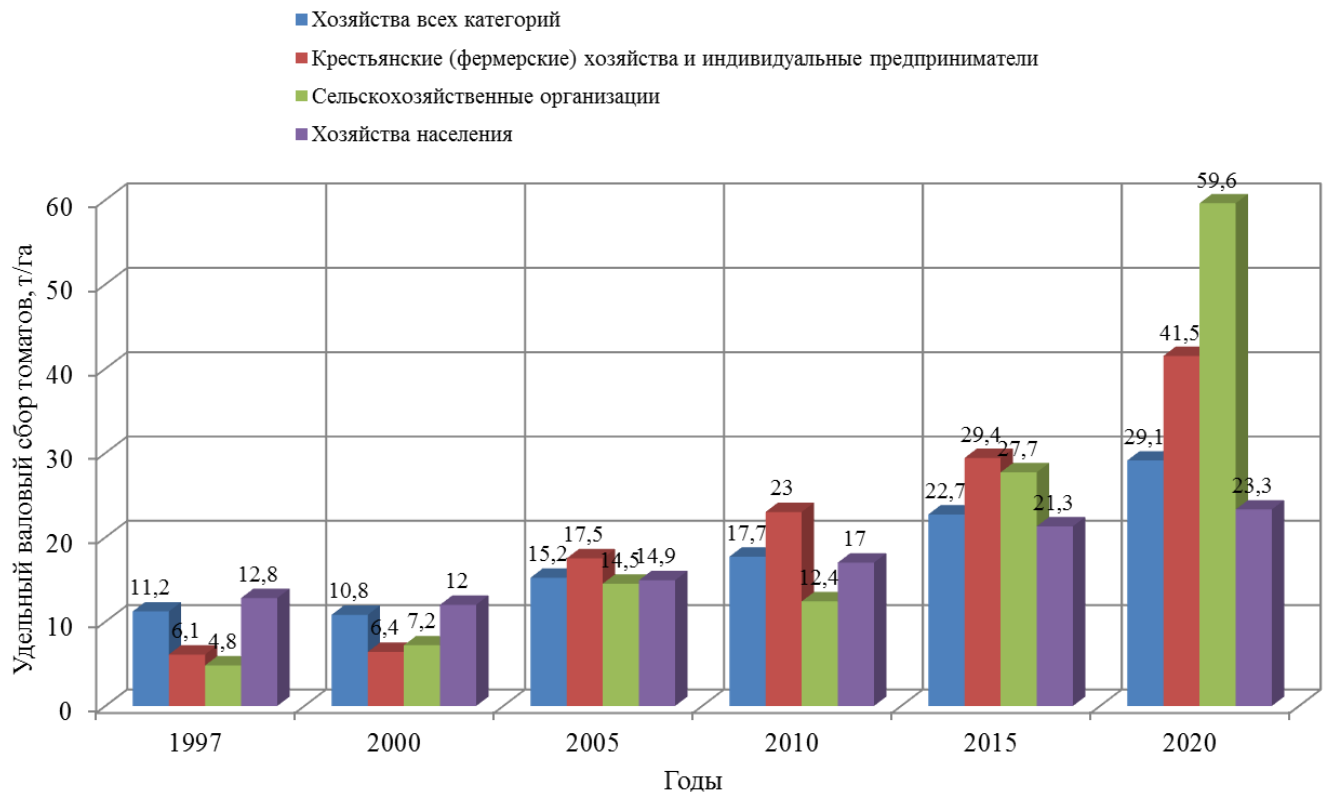


Рисунок 1.1 – Динамика удельного валового сбора томатов, т/га

Низкий уровень промышленного производства овощей, в том числе томатов, в начале 2000-х годов обусловлен разрушением сельского хозяйства в «лихие» 90-е годы [135]. Постепенное увеличение валового сбора томатов крестьянско-фермерскими хозяйствами и сельскохозяйственными организациями связано с внедрением в производство перспективных высокоурожайных сортов и гибридов томатов, созданием мощной инфраструктуры, финансовой поддержкой и экономической стабильностью государства и т.д. [180].

На территории Предбайкалья томат был успешно районирован в открытом грунте с середины прошлого века, а чуть позже, начиная с 90-х годов и по сегодняшний день, выращивается повсеместно в зимних теплицах с обогревом и пленочных необогреваемых теплицах.

Большой вклад по сортоизучению сортов и гибридов томата по хозяйственно ценным признакам, внедрению агротехнических приемов для выращивания и получения высокого урожая томатов в суровых климатических условиях Иркутской области сделан учеными ИСХИ и СИФИБР [93, 133, 136]. В частности, проф. Палкиным Ю.Ф. с коллегами получены перспективные сорта и гибриды

томата с хорошими потребительскими качествами плодов, успешно используемые на дачных участках населением региона [134, 135].

Существует большое количество сортообразцов томатов – от диких с несъедобными плодами до культурных, сильно различающихся между собой как по величине плодов, так и по типу растений, морфологическим, ботаническим, биологическим и хозяйственно-ценным признакам (рис. 1.2) [38].



Рисунок 1.2 – Классификация томатов по различным параметрам [4, 38]

Плод томата (рис. 1.2) по ботанической классификации представляет собой большую ягоду. Он состоит из тонкой кожицы, покрытой восковым налетом, тонкого слоя подкожной мякоти и сочных семенных камер. В зависимости от сорта и размера плода число камер бывает от двух до двадцати и более. Чем больше в плоде камер, тем крупнее плод, мясистее, сочнее, но хранится при этом такой томат несколько хуже [38].

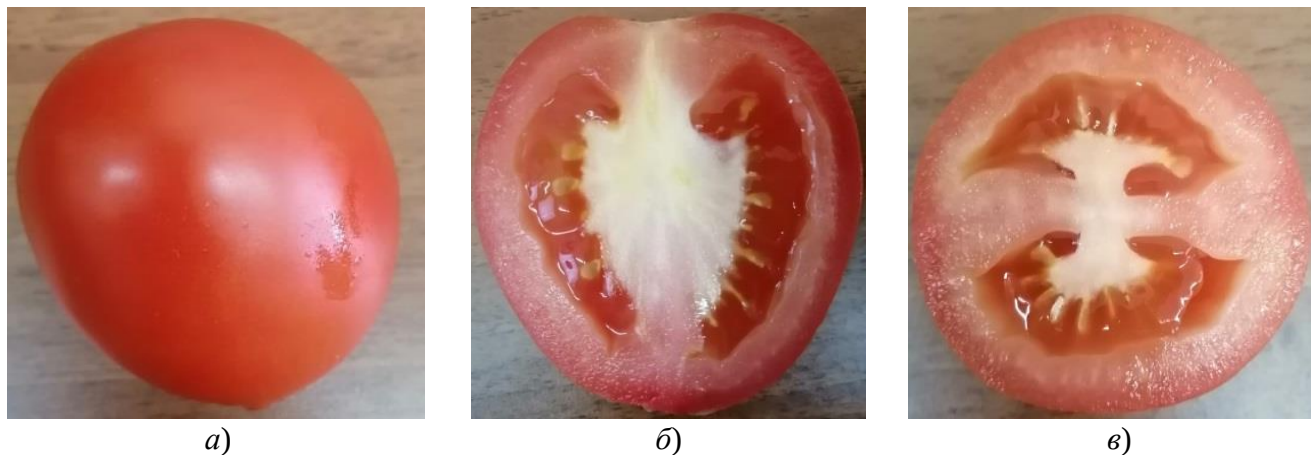
Сбор урожая томатов без снижения их товарных качества проводят в зависимости от степени зрелости плода, которую разделяют на четыре типа [85]:

1) молочная зрелость – зеленозрелые плоды, достигшие соответствующего размера для данного сорта, после сбора на этой стадии созревания плоды томатов дозревают при температуре 18...30 °С за 10...17 дней;

2) бурая зрелость – плоды приобретают светло-зеленую окраску с розоватым оттенком на вершине и внутри плода, в особенности вокруг семян. Плоды в такой спелости при температуре 18...30 °С могут созревать за 7...10 дней;

3) розовая зрелость – переход от бурой спелости к полной спелости, созревание плодов происходит за 3...6 дней;

4) красная зрелость – спелость, когда плоды по цвету в зависимости от сорта становятся красными, розовыми или желтыми и пригодными для потребления.



а)

б)

в)

Рисунок 1.3 – Плод томата: а) вид сверху;
б) вертикальный разрез; в) горизонтальный разрез

По данным НИИ питания РАМН (ныне ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи) суточная потребность человека в белке составляет 80-100 г, углеводах – 400-500 г, жирах – 8-100 г, органических кислотах – 2-3 мг, минеральных веществах – от 0,1 до 7000 мг, витаминах – от 0,2 до 100 мг, при этом необходимо поступление 16 различных витаминов. В этом плане плоды томата являются богатым источником питательных и биологически активных веществ (рис. 1.4, табл. 1.2) [85, 114, 186]. Как видно из рисунка 1.4 место возделывания томатов оказывает свое влияние на количественное содержание питательных веществ. Сравнивая два способа возделывания томатов, можно отметить, что содержание общих углеводов, моно- и дисахаридов, клетчатки и органических кислот в пересчете на яблочную кислоту у томатов, возделываемых в открытом грунте несколько выше, чем у томатов парниковых. В томате грунтового содержится крахмал, в количестве 0,3 %, в томатах парниковых он отсутствует.

Значимость плодов томата для организма человека исключительно велика, так как в них содержится сырой белок, крахмал, пектин. Также присутствуют йод и ароматические вещества, благодаря которым томаты обладают фитонцидными

свойствами. В растворимой форме содержатся различные кислоты: лимонная, яблочная, щавельная, винная, янтарная [112].



Рисунок 1.4 – Содержание основных питательных веществ 100 г съедобной части томатов (данные академика АМН СССР А.А. Покровского)

Таблица 1.2 – Химический состав томатов (на 100 г съедобной части продукта)

Наименование	Значение	Наименование	Значение
<i>Аминокислоты, углеводы, органические кислоты</i>		<i>Минеральные вещества (макроэлементы), мг</i>	
Съедобная часть, % общей товарной массы	95	Калий	290
Аминокислоты, мг		Кальций	14
незаменимые	195	Магний	20
заменимые	813	Натрий	40
Сахара, г	3,5	Сера	12
Клетчатка, г	0,8	Фосфор	26
Крахмал, г	0,3	Хлор	57
Пектин, г	0,3		
Органические кислоты, г	0,1	<i>Витамины, мг</i>	
<i>Микроэлементы, мкг</i>		С	30
Бор	115	А (каротин)	1,2
Железо	900	В ₁	0,1
Йод	2	В ₅	0,4
Кобальт	6	В ₆	0,06
Марганец	140	В ₉	0,07
Медь	110	Н	0,04
Фтор	20	К	1,0
Цинк	200	РР	0,1
		U	2,0

Исследованиями ученых установлено, что систематическое и регулярное употребление человеком плодов томатов в пищу улучшает защиту организма от недугов и способствует лечению различных заболеваний (рис. 1.5) [114].

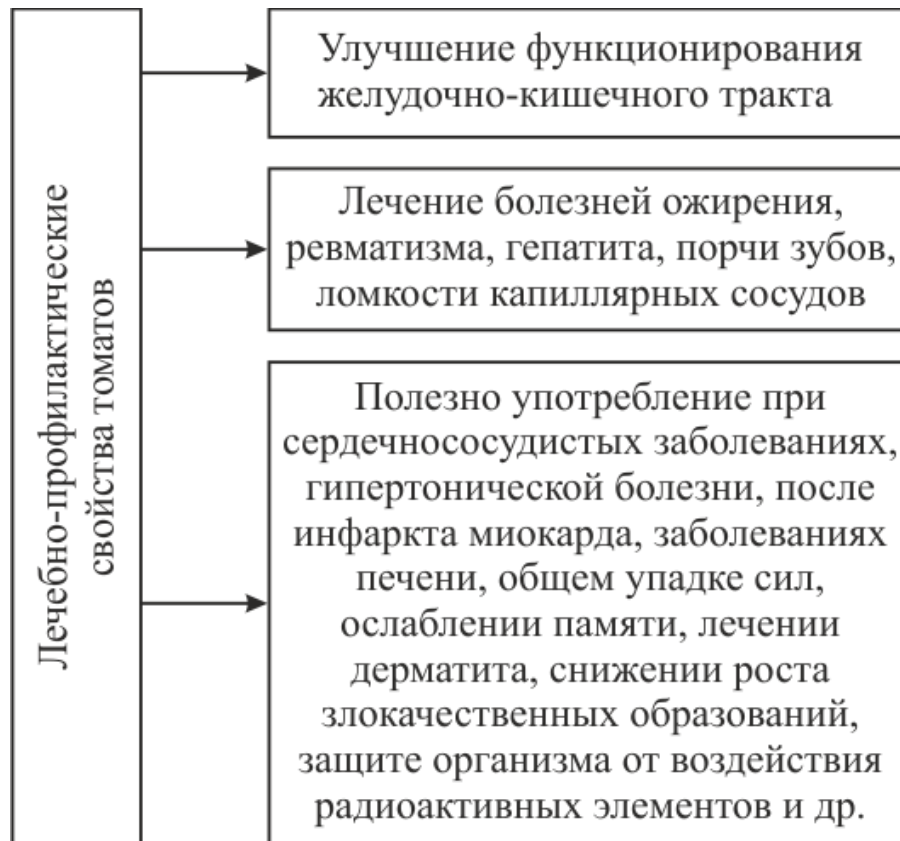


Рисунок 1.5 – Лечебно-профилактические свойства томатов

Настой из высушенных листьев томата обладает фитонцидными свойствами и используется против вредителей и болезней растений – листогрызущих вредителей: гусениц капустной совки, лугового мотылька, рапсового цветоеда [178].

Сок томата обладает антисептическим действием, в связи, с чем свежие половинки плода в вечернее время рекомендуется применять в косметических целях для натирания кожи лица с целью ее освежения. Ценность томата как косметического средства определяется благоприятным сочетанием органических кислот, витаминов и других веществ [14].

Одним из основных отличий томатов от других овощей заключается в том, что в них содержится пигмент ликопин, который получает организм человека в объеме до 85 % от общего поступления ликопина при употреблении пищи. Из-за содержания в томатах ликопина, повышающего иммунитет организма, по ценно-

сти для здоровья человека английские ученые ставят томат на первое место среди овощей. Рекомендуемое суточное потребление ликопина составляет 5...10 мг. Кроме ликопина, в томатах содержится еще один значимый жирорастворимый антиоксидант – β -каротин [101-103, 132, 163].

Системному изучению селекции томатов и оценки содержания в них ликопина и β -каротина посвящены работы ученых ВНИИССОК [51, 101, 103, 104, 105, 117]. Основоположником научных основ этого направления в России является академик ВАСХНИЛ Алпатыев А.В.

Аль Анати Рани (Агрофирма «Гавриш») в работе [163] привел результаты экспериментов иностранных ученых о полезных свойствах томата для здоровья человека, в том числе и пользе ликопина. Так в частности, интересной представляется информация о пользе потребления свежих и переработанных томатов для профилактики рака предстательной железы. Для выявления, в каком же виде полезнее будет томат при потреблении, были проведены соответствующие исследования, по результатам которого сделан следующий вывод. Потребление свежих томатов снижает риск заболеваний на 11 %, а потребление сушеных томатов с высоким содержанием ликопина, подвергшихся тепловой обработке, – на 19 %, что является одним из дополнительных аргументов по сушке томатов для получения продуктов длительного хранения.

Существует несколько факторов, влияющих на состав биологически активных веществ в томатах. К таким факторам относится окраска внешней поверхности плода томата (табл. 1.3) [85]. По ходу созревания в томатах увеличение ценных пигментов происходит в разы, в связи с чем, при отборе плодов для сушки необходимо обязательно учитывать данный фактор.

В обычных условиях свежесобранные томаты могут храниться без существенной порчи не очень долго. Для увеличения сроков их хранения плоды томатов размещают в специальных помещениях при заданной пониженной температуре, предусмотренной нормативными документами [80].

Таблица 1.3 – Содержание пигментов по мере созревания плодов томатов, мг на 100 г сырого вещества [85]

Плоды	Каротин	Ликопин	Ксантофилл	Сумма каротиноидов
Зеленые	0,27	0	0,83	1,1
Белесоватые	0,41	следы	0,77	1,18
Бланжевые	0,79	1,45	0,11	2,35
Красные (спелые)	0,81	2,13	0,08	3,02
Перезревшие	0,58	2,81	0,5	3,89

В процессе хранения в результате расхода питательных веществ на дыхание, испарение влаги, гниения, физиологических заболеваний происходит потеря части плодов и овощей с одновременным ухудшением их качества.

Свежие плоды томатов имеют короткий срок хранения, поэтому при их переработке необходимо использовать эффективные способы, позволяющие в максимальной степени сохранить биологически активные вещества исходного сырья. К таким способам можно отнести тепловую обработку и сушку, зарекомендовавших себя только с положительной стороны.

Измельченные плоды томатов, прошедшие тепловую обработку, содержат в семь раз больше каротиноида, чем свежие. Особенностью томатов является то, что ликопин в зрелых плодах содержит повышенное количество фитохимических соединений и под действием высоких температур нагрева ликопин не только не уничтожается, а изменяет строение молекул и лучше усваивается организмом.

В высушенных измельченных плодах томатов, имеющих высокую антиоксидантную активность и иммунозащитные свойства, ценные питательные и биологически активные вещества находятся в высококонцентрированном виде.

В связи с этим весьма актуальной становится задача совершенствования существующих и разработки новых прогрессивных способов и технических средств переработки плодов томатов с максимальным сохранением исходных количественных и качественных показателей.

1.2 Анализ методов и способов переработки томатного сырья

Переработка или консервирование части плодоовощного сырья направлено на сохранение в них исходного количества питательных и биологически активных веществ. Кроме этого такие технологии использования плодов и овощей способствуют к их применению в пищу без длительной специальной кулинарной подготовки, что немаловажно в эпоху интенсивного образа жизни современного человека, особенно в крупных городах, когда ему абсолютно не хватает времени ни на что, в том числе на приготовление и нормальный прием пищи. В переработанных продуктах, в отличие от сырого состояния, не происходят различные биохимические процессы, и отсутствует фитопатогенная микрофлора, способствующая к порче высоковлажных продуктов, к которым относятся, в частности, и томаты [2].

Существующая на сегодняшний день проблема длительного сохранения томатов с исходными питательными и вкусовыми свойствами связана с трудностью их хранения. Разработанные оптимальные режимы хранения томатов показывают, что продолжительность их хранения составляет около 1-2 месяца (табл. 1.4) [112].

Таблица 1.4 – Режим хранения томатов

Томаты	Температура, °C	Относительная влажность воздуха, %	Продолжительность хранения, мес.
Зеленые	12...15	85-90	1-2
Розовые	8...10	85-90	до 1
Красные	0...2	85-90	до 0,5

В связи с трудностью сохранения собранного урожая овощей в свежем виде их квасят, солят, маринуют, сушат, замораживают. Качество томатов, предназначенных для переработки, зависит от их исходного состояния и от длительности хранения, предельные сроки которых приведены в таблице 1.5 [38].

Существующие методы, способы и технические средства для переработки плодоовощной продукции разнообразны. Основные из них, в зависимости от способа воздействия на плоды и овощи и от происходящих в них процессов, представлены на рисунке 1.6 [2]. Пригодность для переработки различных сортов

и гибридов томатов определена техническими и технологическими требованиями к их качеству, которые регламентированы государственными стандартами и рекомендациями профильных научно-исследовательских институтов [38].

Таблица 1.5 – Предельные сроки хранения томатов на сырьевой площадке

Назначение томатов	Вид тары	Продолжительность хранения, ч, не более
Для производства концентрированных томатных продуктов и томатного сока	Дощатые ящики	18
	Ящичные поддоны	18
	Большегрузные транспортные средства	6
	Емкость с водой: - неохлажденная - при температуре 5-10 °С	8
		24
Для производства цельноплодных консервов	Дощатые ящики	8
	Ящичные поддоны	8



Рисунок 1.6 – Методы переработки плодов, овощей и картофеля

Требования, которые предъявляются к качеству томатов, поступающих на промышленную переработку следующие: размер, масса и форма плода; поверх-

ность плода; массовая доля сухих веществ; соотношение растворимых и нерастворимых сухих веществ; цвет плода; показатель активной кислотности и др.

В работе Гавриш С.Ф. и Галкиной С.Н. [38] приведены случаи пригодности томатов для различных способов переработки. Так, например, томаты, пригодные для консервирования целыми плодами, не всегда годятся для приготовления томатного сока. Такие томаты не используют для производства концентрированных продуктов, так как размер плодов для этого вида консервов должен быть от среднего до крупного (масса не менее 50 г), а для производства цельноконсервированных томатов предпочтительны мелкоплодные сорта.

При производстве томатного пюре и томатной пасты масса растворимых сухих веществ в томатах сильно сказывается при расходе сырья на единицу готовой продукции, затрат труда, пара, электроэнергии и производительность вакуум-выпарных установок. К примеру, при снижении массовой доли растворимых сухих веществ в томатах с 5 до 4 % расход сырья на производство 1000 кг 30 % томатной пасты увеличивается на 713 кг, т.е. на 25 %, при повышении фактического расхода сырья на 1782,5 кг. Стоит отметить, что снижение массовой доли растворимых веществ в томатах на 1 % требует дополнительно выпарить 1500 кг (30 %) влаги, что, в свою очередь, снижает эффективность работы вакуум-выпарных установок. Оптимальным значением массы растворимых сухих веществ является значение более 6 %.

Ни одна из овощных культур не используется так широко и разнообразно, как томаты, из которых традиционно приготавливают салаты, соленья и маринады, в том числе целыми плодами, производят приправы для различных блюд, томатную пасту, томатный сок, всевозможные соусы [38, 89, 136, 219]. В дополнение стоит сказать, что в различных торговых точках продукт переработки томатного сырья широко и полно представлен в виде соков. В работе [112] коллектива авторов приведены несколько интересных для использования в домашних условиях рецептов по переработке томатов, такие как фаршированные кабачки с томатным соком, салат из зеленых томатов, томатный сок.

Учеными ВНИИССОК и ВНИИООБ с целью расширения ассортимента промышленной переработки и питания населения томатами разработаны стандарты по производству томатов консервированных чесночных и купажированного томатного сока [131, 132], созданы сорта томатов и проведена оценка качества консервированных томатов в зависимости от сорта [101-103, 105, 119, 173].

Многие российские домохозяйки получают из овощей варенье, не уступающее по вкусу плодово-ягодному. Изучению применения новых сортов томатов селекции ВНИИООБ на качество варенья из их плодов посвящены работы Мачулкиной В.А. и Санниковой Т.А. с коллегами [118]. Предложенная технология приготовления варенья из томатов позволяет продлить срок их потребления, сделать переработку томатов практически безотходной и тем самым повысить экономическую эффективность их выращивания.

Гаджиевой А.М. (ДГТУ) и Касьяновым Г.И. (КубГТУ) разработана и внедрена в производство безотходная комплексная технология переработки томатов, позволяющая вырабатывать томатопродукты [44]. Сущность предложенной авторами комплексной технологии переработки томатов основана на отделении семян от мякоти, сока и кожицы из дробленой массы плодов томатов, для чего используются специальные устройства – семяотделитель и центрифуга. В дальнейшем при заданных параметрах тепловой обработки, выдержки и охлаждения в течение определенного времени получают томатный сок и мякоть, которую протирают на протирачной машине и используют при производстве концентрированных томатопродуктов (томатный сок, томатное пюре и томатная паста).

Учеными вузов и научно-исследовательских институтов Республики Дагестан разработана технология получения масла из семян томатов, полученных при переработке томатной массы на соки и томатную пасту, включающая в себя поэтапно следующие процессы [42]:

- холодное протиравание томатной пульпы с отделением семян;
- сушка семян до остаточной влажности 10-12 %;
- холодное прессование семян для отжима масла и получение жмыха;
- экстракция масла из жмыха с получением шрота;

- объединение прессованного и экстракционного масла;
- фильтрация и рафинирование полученного масла.

Полученное жирное масло обладает высокими функциональными свойствами и рекомендовано для внедрения перерабатывающие предприятия.

Огурцов В.В. для комплексной переработки томатного сырья разработал двухступенчатый мембранный процесс концентрирования томатопродуктов. Отличительной особенностью предлагаемой технологии является то, что процесс концентрирования протекает без фазовых изменений пищевой среды при низких трудовых и энергетических затратах. Оптимальный технологический рабочий цикл мембранной установки, разработанный автором, составляет 10 часов, из них время фильтрации составляет 9 часов, а время регенерации – 1 час [126].

На кафедре технологии жиров, косметики и экспертизы товаров КубГТУ разработаны оригинальные технологии переработки томатных выжимок для получения БАД [96, 98], рекомендуемых при производстве пищевых продуктов функционального назначения. Способ получения томатно-масляного экстракта подробно описан в работе [139]. На основании исследований установлено, что БАД на основе выжимок томатов обладают рядом важных технологически функциональных свойств: высокая водопоглотительная и водоудерживающая способность, способность создания высокостабильной водно-жировой эмульсии.

Обзор и краткий анализ существующих технологий, способов и технических средств переработки томатного сырья свидетельствует о высоком уровне развития овощеперерабатывающей отрасли в нашей стране. Томаты, как пищевой продукт, востребованы населением и нашли широкое применение в свежем и переработанном виде при производстве и приготовлении продуктов питания функционального и специализированного назначения (рис. 1.7) [26].



Рисунок 1.7 – Использование томатного сырья в пищевой и комбикормовой промышленности

1.3 Тепловая обработка и сушка томатного сырья. Применение сушеного томатного сырья в пищевой промышленности и АПК

Круглогодичное использование и сохранение плодов томатов с исходным качественным и количественным составом позволяет осуществить тепловая обработка и сушка томатного сырья.

Разработке научных основ и технологий переработки томатного сырья, в том числе и сушки, для использования в качестве одного из ингредиентов при производстве пищевых продуктов посвящены работы ученых: Волончук С.К., Гаджиевой А.М., Калманович С.А., Квасенкова О.И., Касьянова Г.И., Левинско-

го В.Н., Огурцова В.В., Пенто В.Б., Потаповой А.А., Чернышева С.В. и др. [13, 34, 39, 41, 43, 44, 113, 126, 127, 139, 143, 144, 148, 149, 157, 160, 162, 189].

В исследованиях по переработке томатов особого внимания заслуживают научные труды Гаджиевой А.М., Касьянова Г.И. и Мурадова М.С. [39-46, 127], которые разработали технологию комплексной переработки томатов, в которой для удаления влаги применяются различные способы сушки измельченных плодов томатов и выжимок томатов, а также CO_2 -экстракция. CO_2 -экстракция применяется для извлечения ценных компонентов из высушенных томатных выжимок. Технологический процесс сушки томатных выжимок выглядит следующим образом. Разработанная авторами установка состоит из двух последовательно соединенных сушильных установок, внутри которых размещены фторопластовые пористые транспортерные ленты. Выжимки, поступающие из бункера на транспортерную ленту, подвергаются облучению потоком электромагнитного поля низкой частоты последовательно в первой и второй установках. Одновременно через транспортерную ленту с порами выжимки обдуваются горячим азотом и обрабатываются в электромагнитном поле сверхвысокой частоты 2450 МГц и длиной волны 12,2 см. После прохождения через транспортерную ленту высушенные выжимки направляются в приемный бункер [39, 41, 127]. Электромагнитное поле низкой частоты используется для интенсификации процесса массопереноса влаги из внутренних слоев выжимок, а воздействие электромагнитного поля сверхвысокой частоты – для тепловой обработки. Подвод инертного газа азота интенсифицирует процесс удаления влаги из томатного сырья и снижает потери биологически активных веществ.

Интересной представляется разработанная авторами технология получения томатного порошка. Для получения томатного порошка после ряда технологических операций по предварительной обработке томатов используется распылительная сушка в среде инертного газа. Полученный данным способом томатный порошок нашел применение при производстве сухих приправ, соусов, соков, сухих супов и чипсов [41, 127].

Во времена СССР отходы томатного производства (кусочки кожицы, плодоножки, семена, остатки мякоти плодов и т.д.), содержащие немало питательных веществ, активно использовали в свежем и сушеном виде [38]. В свежем виде, отжатые на механических шнековых прессах, отходы томатного производства используют на корм скоту и птице или перерабатываются на кормовую муку. При использовании томатных отходов в свежем виде их обязательно необходимо в кратчайшие сроки скормить сельскохозяйственным животным, так как возможна порча массы из-за наличия в ней плесени и гнилостных микроорганизмов.

ВНИИКИ «Консервпромкомплекс» разработана технология производства томатной кормовой муки, получаемой из высушенных и измельченных отходов томатного производства. Сушка отходов реализуется на агрегатах для приготовления травяной муки АВМ-0,65 или СБ-1. Начальная влажность поступающего в агрегат для сушки сырья должна составлять 65 ± 5 %. Если же влажность превышает требуемые значения, то отходы подвергают прессованию на непрерывно действующих прессах ПНД-5. Температура нагрева сырья в процессе сушки не должна превышать 100 °С. Конечная влажность продукта составляет 8-12 %. После сушки высушенный материал поступает в отдельный циклон, а оттуда – в молотковую дробилку. Степень измельчения регулируют сменными решетками. Далее готовую томатную муку фасуют в бумажные, тканевые или полимерные мешки. Данная технология сушки томатных отходов позволяет получить из пяти тонн сырых томатных отходов одну тонну кормовой муки [38].

Комбинация конвективной сушки и СВЧ-сушки томатов использована в работах Квасенкова О.И., Пенто В.Б., Королева А.А., Рейзиг Р. Авторами получен ряд патентов на способ производства пищевых продуктов из томатов [143, 144, 147]. Согласно предлагаемым способам вначале измельченные томаты сушат конвективным методом до достижения промежуточной влажности, а СВЧ-метод используют для досушки томатов до содержания сухих веществ не менее 85 %. В полученный продукт допускается внесение вкусовых добавок, таких как поваренная соль и пряности. Далее происходит фасовка томатов в упаковку из полимерного или комбинированного материала в бескислородной среде. Полученный

продукт представляет собой кусочки неправильной формы, имеющие характерный для томатов цвет, вкус и аромат.

В работе Чернышева С.В. (Институт пищевых технологий, г. Кишинев) применен конвективный способ сушки нарезанных на четвертинки томатов, проводимый в ступенчатом режиме со снижением температуры воздуха в процессе сушки с 90 до 60 °С через определенные промежутки времени на 5 °С, что значительно позволяет улучшить качество конечного продукта. Реализация процесса сушки в таком режиме позволяет поддерживать постоянную температуру внутри продукта 56 ± 2 °С (эндоизотермическая сушка), являющейся критической температурой (58 °С), превышение которой отрицательно сказывается на качестве и органолептических свойствах готовой продукции. Причиной снижения этих показателей являются реакции Майяра, которые обуславливают неферментативные покоричневение томатов в процессе сушки [189, 204].

За рубежом так же, как и в нашей стране, проведено большое количество исследований по эффективному использованию различных способов и технических средств сушки томатов. Солнечная сушка томатов, что вполне объяснимо климатическими условиями, получила широкое распространение в Иране [207, 218], Турции [198], Мексике [205], Эфиопии и Германии [209]. Воздушная сушка томатов теплым воздухом явилась предметом исследования ученых из Иордании [199], Италии [225], Нигерии [197], Турции [208], Шри-Ланки [213].

Во всем мире, в том числе и в России, для получения сушеных томатов широкое применение получил способ инфракрасной (ИК) сушки. Исследованию ИК-энергоподвода при сушке томатов посвящены научные труды Алексаняна И.Ю., Волончук С.К., Попова В.М., Abano E.E., Celma R.A., Correa P.C., Mao H., Orvos M. и др. [5, 13, 34, 86, 113, 116, 145, 148, 149, 160, 195, 202, 206, 210, 222].

Большой вклад в развитие теории, технологии и техники ИК-сушки пищевых продуктов внесли ученые: Лыков А.В., Алексанян И.Ю., Алтухов И.В., Беляева М.А., Буляндра А.Ф., Вороненко Б.А., Гинзбург А.С., Завалий А.А., Зверев С.В., Ильясов С.Г., Кирдяшкин В.В., Красников В.В., Лебедев П.Д., Остриков А.Н., Плаксин Ю.М., Попов В.М., Рогов И.А., Рудобашта С.П., Тюреев Е.П.,

Худонов А.М. и др. [3, 5, 10, 15, 16, 35, 47, 48, 90, 91, 92, 94, 99, 110, 111, 115, 128, 150, 154, 157-160, 166, 167, 170, 171, 187, 217].

Алексанян И.Ю. с коллегами (АГТУ) разработал способ сушки томатов при атмосферном давлении и при двухстороннем ИК-облучении долек томатов толщиной 1-4 мм, размещенных на плоском игольчатом носителе. Плотность теплового потока, падающая с одной стороны дольки, равна 0,92-1,99 кВт/м² при длине волны ИК-лучей $\lambda = 1,41-1,67$ мкм. Томаты предлагаемым способом сушат до влажности 5-6 %. Способ позволяет получить сушеный продукт высокого качества с увеличением выхода сушеного томата [145].

Волончук С.К., Шорникова Л.П. (Сибирский НИИ переработки сельскохозяйственной продукции) и Ломовский И.О., Ломовский О.И. (Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН) теоретически и экспериментально исследовали получение томатного порошка. Получение тонкодисперсного порошка включает в себя ИК-сушку пластин томатов толщиной 7 мм на лабораторной установке до влажности 10-12 % в течение двух часов и измельчение полученных кусочков сушеных томатов в барабанах планетарной центробежной мельницы в течение двух минут, а также роликовой мельнице проточного типа с регулируемой интенсивностью ударного воздействия. Томаты (0,8-0,84 кг), измельченные в виде пластин раскладывают в один слой на сетчатом поддоне и сушат в соотношении продолжительности включения и выключения ИК-ламп – 1:2. Авторами установлены режимы, обеспечивающие получение качественного продукта при энергозатратах 1,7-1,8 кВт·ч, и получен диапазон дисперсности измельченных сушеных томатов – 0,075-0,2 мм. На получение 1 кг томатного порошка максимальные затраты составили 0,5 кВт·ч. Полученный порошок функционального назначения пригоден для длительного хранения и использования в качестве добавки при приготовлении продуктов питания [34, 148].

В дополнение работ по сушке томатов и применения томатного порошка Волончук С.К. с коллегами разработали способ получения смеси пищевых порошков из томатов, моркови и сельдерея [149]. Для сушки сырья и измельчения по отдельности сушеного продукта применяются вышеописанный способ и обо-

рудование для измельчения, после чего происходит смешение отдельных порошков в следующем соотношении: 80 % порошка томата, 11,5 % порошка моркови и 8,5 % порошка сельдерея.

В Южно-Уральском ГАУ по руководством проф. Попова В.М. активно ведутся исследования по ИК-сушке высоковлажного биологического сырья, в том числе томатов [13, 150, 157-160]. По итогам большого объема исследований защищена кандидатская диссертация Левинского В.Н. [113]. В разработанной авторами сушильной установке в качестве источников ИК-нагрева использован гибкий пленочный электронагреватель. При загрузке 10 кг томатов четвертинками установка позволяет получить энергетическую эффективность по показателю затрат электроэнергии 0,85 кВт·ч на 1 кг испаренной влаги. Конечная влажность томатов составляет 12 %, время сушки – 51 час, общие затраты электроэнергии – 7,2 кВт·ч, срок годности готового продукта равен 12 месяцам.

Группа ученых из Ганы и Китая Abano E.E., Ma H.L., Qu W.J., Wang P.L., Wu B.G. и Pan Z.L. исследовали влияние расстояния между излучателем и поверхностью нагрева ломтиков томатов на продолжительность сушки, неферментативное потемнение, цвет, содержание аскорбиновой кислоты и ликопина в сушеных томатах. В исследованиях был использован излучатель длинноволнового спектра излучения. Расстояние варьировалось от 38 до 50 см при толщине ломтиков томатов от 7 до 11 мм. После ряда проведенных опытов рекомендованы, как наилучшие условия для ИК-сушки томатов, следующие параметры: расстояние 40,29 см и толщина ломтиков 9,04 мм, при которых время сушки составило 108 ± 4 мин, содержание аскорбиновой кислоты – $3,76 \pm 0,27$ мг/г сухого вещества, содержание ликопина – $72,34 \pm 19,87$ мг/100 г сухого вещества. Данные результаты позволяют сделать вывод об эффективности метода ИК-сушки томатов с точки зрения сохранения аскорбиновой кислоты и увеличения концентрации содержания ликопина в конечном продукте [195].

В Испании переработке промышленных отходов томатного сырья путем применения ИК-сушки посвящены работы Celma A.R., Cuadros F., Lopez-Rodriguez F. [202, 203]. Авторы предлагают использовать томатные отходы (в ос-

новном кожура и семена) после сушки для производства томатных гранул диаметром 6 мм. Гранулы в дальнейшем идут на корм домашнего скота, а после извлечения ликопина из томатных гранул, гранулы можно применить в качестве топлива для тепловых установок.

Актуальность работ по разработке современных технологий получения сушеных томатопродуктов и томатного порошка для использования в сельском хозяйстве и пищевой промышленности подтверждается достаточным количеством публикаций [22, 36, 89, 97, 100, 107, 123, 140-142, 146, 153, 161, 162, 192, 196, 200, 201, 211, 212, 220, 223].

В научной статье [89] проведен обстоятельный анализ современных исследований по использованию томатов и продуктов их переработки, который показал, что в настоящее время существует необходимость разработки новых технологий с использованием томатов для различных отраслей пищевой промышленности. Обобщенная учеными ВГУИТ и БГАУ информация представлена в виде схемы и четко показывает основные направления по использованию плодов томатов и продуктов их переработки.

В диссертационной работе при изучении и анализе публикаций, посвященных применению томатов и продуктов их переработки в пищевой промышленности, в основном, рассмотрены работы, в которых продукты переработки томатов применяются при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

Разработке технологии пряников с использованием мелкодисперсных томатных порошков посвящены работы Потаповой А.А. [146, 161, 162]. Для получения сухого томатного порошка автором подобраны оптимальные технологические режимы конвективно-вакуум-импульсной сушки при общем времени тепловой обработки 1,5 часа до остаточной влажности томатов 7-9 %. Температура нагрева мелкоплодных томатов в процессе сушки составляет 55-60 °С, при которой происходит существенное снижение потерь каротиноидов и ликопина в сушеном продукте. Введение в состав рецептуры заварных пряников томатного порошка взамен сахара по сухому веществу в объеме 7-9 % привело к обогащению пряников витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами и анти-

оксидантами, а также улучшению ряда других важных органолептических и структурно-механических показателей [162].

В КубГТУ проведены исследования по изучению возможности использования белково-томатно-масляной пасты и томатно-масляного экстракта при приготовлении хлебопекарных и мучных кондитерских изделий [97, 100, 140-142]. Используемый в производстве пищевых продуктов томатно-масляный экстракт изготовлен из сухих измельченных семян томатов и томатных выжимок с экстракцией их растительным маслом. При приготовлении хлебобулочных изделий томатно-масляный экстракт в количестве 2-4 % к массе муки вводят в тесто при температуре от 29-32 °С. Также дополнительно с мукой в тесто добавляют сахар в количестве до 7 % и жирового продукта – до 4 %. В данном примере томатно-масляный экстракт рекомендован как добавка, повышающая пищевую и физиологическую ценность хлебобулочных изделий [140, 141].

Корячкина С.Я. с коллегами (г. Орел) разработали технологию крекера, в которой использованы смеси тонкодисперсных порошков овощей в трех комбинациях: капуста, морковь и тыква; капуста, морковь и томат; лук, грибы и картофель [107]. Для нашего случая рассмотрим применение овощной смеси из капусты, моркови и томата в равных соотношениях и ее влияния на готовый крекер. При получении порошков сушка овощей проведена с использованием дезинтеграционного способа при температуре 40 °С с сохранением полезных свойств исходного сырья. В тесто полученная смесь овощных порошков вносилась на стадии его замеса в количестве от 6, 8, 10 и 12 %. Крекер с добавлением 10 % смеси капустного, морковного и томатного порошков имеет наилучшие показатели и содержит больше витаминов на 33,3-50 % по сравнению с контрольным образцом. По итогам полученных результатов авторами утверждена техническая документация и разработаны рецептуры и технологии крекеров.

Коллектив ученых Мичуринского ГАУ исследовал влияние смеси порошков томата (50 %) и брокколи (50 %) на реологические свойства теста и хлеба из пшеничной муки [153]. Для получения высокого качества хлеба рекомендуется вносить в рецептуру 3 и 5 % смеси порошков. Стоит отметить, что такое тесто не вы-

держивает длительный процесс приготовления из-за быстрой потери консистенции и быстрого разжижения, что необходимо учитывать в процессе его формирования, но несмотря это, полученный хлеб имеет большой объем и более мягкую текстуру в сравнении с хлебом из пшеничной муки.

Ворониной П.К. успешно изучена возможность применения сушеных томатов в технологии приготовления кексов [36]. В ходе проведения органолептической и физико-химической оценок качества кексов с внесением сушеных томатов в дозировке 3, 5 и 10 % к общей массе муки установлено положительное воздействие сушеных томатов на качество кексов. По органолептическим показателям качества кексы с внесением 5 % сушеных томатов получили наивысший балл, что определено автором, как рациональное дозирование сушеных томатов. Кислотность кекса с 5 % сушеных томатов в сравнении с контрольным образцом была выше на 1,4, что объясняется повышенной кислотностью исходного сырья.

В Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого разработана рецептура и технология галетного печенья с добавлением томатного криопорошка, рекомендуемого для обогащения рациона взрослых и детей [192]. Изучение возможности и целесообразности применения томатного криопорошка в производстве галетного печенья проведено в несколько этапов. Вначале по технологическим свойствам пшеничной муки определена подходящая степень помола – средняя степень помола, после чего определено оптимальное соотношение пшеничной муки и томатного криопорошка (13 % к массе муки) при приготовлении галетного печенья с оптимальными свойствами. Результаты исследований 100 г приготовленных галет по содержанию витаминов и минеральных веществ удовлетворяют суточную потребность в следующих значениях: ликопин – 130 %; натрий – 62 %; витамин Е – 37 %; марганец – 32 %; селен – 25 %.

За пределами нашей страны также активно проводятся исследования, посвященные изучению приготовления различных пищевых продуктов с использованием порошка из разных частей томата (кожура, семена, плоды), что достаточно подробно описано в опубликованной статье автора диссертации [22]. Порошки из

высушенной томатной выжимки и сушеных плодов томатов использованы при приготовлении следующих пищевых продуктов:

- гамбургер из говядины (Испания) [211];
- говяжья колбаса (Иран) [212];
- мясные паштеты (Болгария) [123];
- печенье (Индия) [200, 201], (Пакистан) [196];
- экструдированные снеки (Турция) [223].

Помимо пищевой промышленности, сушеная томатная выжимка, полученная после переработки томатов при производстве пасты, кетчупа, соусов, сока, получила широкое применение в качестве кормовой муки для сельскохозяйственных животных и птицы. Свежая томатная выжимка при производстве перечисленных продуктов является побочным продуктом и составляет в объеме до 10 % при производстве томатного сока и до 5-6,5 % при производстве остальных томатных продуктов [87]. За границей сушеные томатные выжимки эффективно используются как:

- источник α -токоферола (витамина E), который используется в качестве антиоксиданта для бройлеров (США, Калифорнийский университет в Дэвисе) [214];
- нетрадиционный корм в рационе бройлеров для поддержания хорошей производительности, иммунного статуса и характеристик тушки (Египет, Каирский университет) [215];
- корм для цыплят кур породы Род-Айленд Красный (Эфиопия, Университет Дебре Маркоса) [224].

Приведенная выше информация о широком спектре применения и использования сушеных томатов и томатного порошка в пищевой промышленности и агропромышленном комплексе подтверждает актуальность и востребованность выбранного научного направления. Обзор работ по сушке томатного сырья показал, что в настоящее время при переработке томатного сырья активно используется ИК-сушка. В Иркутском ГАУ основы практического применения ИК-излучения для сушки пищевого растительного сырья были заложены в 70-х годах прошлого столетия проф. Назимовым В.В. и Худоноговым А.М.

С тех пор и до настоящего времени в Иркутском ГАУ продолжают исследования по решению проблем применения ИК-излучения в процессах тепловой обработки и сушки пищевого сырья, что отражено в работах научной школы проф. Худоногова А.М. [10, 88, 130, 172, 184, 187, 188]. Настоящая диссертационная работа является логическим продолжением обстоятельных теоретических и экспериментальных работ предшественников.

Выводы по первой главе

1. Обзор и анализ работ по переработке плодов томатов показали наличие большого количества традиционных и перспективных технологий, использующих различные способы и технические средства консервирования. Существующие технологии позволяют увеличить срок хранения и потребления плодов томатов с исходными питательными и вкусовыми свойствами, из которых особо стоит выделить энергосберегающие технологии производства сушеных томатов с получением тонкодисперсного томатного порошка путем их измельчения.

2. Изучение и анализ существующих способов и технических средств сушки томатов показал, что наиболее эффективным и перспективным является применение сушильных установок, источником нагрева в которых являются ИК-излучатели. Использование установок такого типа показало, что они обладают высоким коэффициентом полезного действия и низким энергопотреблением на 1 кг удаленной влаги [181]. В пищевом растительном сырье, высушенного с использованием перспективного способа тепловой обработки, сохраняется максимальное количество биологически активных веществ.

3. Изучение работ выявило, что в тех работах, где подробно описана технология сушки томатного сырья, отсутствует информация о конкретном применении сушеных томатов (томатного порошка), даются лишь расплывчатые рекомендации, что полученный продукт может быть использован в пищевой промышленности. Наоборот, в работах, в которых детально расписана технология приготовления пищевых продуктов с использованием сушеного томатного сырья, отсут-

ствуют точные сведения о технологических параметрах процесса сушки томатов. Также стоит отметить, что в зависимости от разработанной авторами рецептуры приготовления пищевых продуктов исследуется влияние различной дозы томатного порошка на органолептические свойства, содержание витаминов и минеральных веществ в готовом продукте.

Глава 2 Организация работ, оборудование, объекты и методы исследования

2.1 Организация работы и схема проведения исследований

В диссертационной работе исследования, выполненные в период с 2019 года по 2024 год, проводились по разработанному плану, содержащему теоретическую и экспериментальную части (рис. 2.1, 2.2) [26].



Рисунок 2.1 – Структурная схема проведения исследований

Состав работ теоретических исследований включил в себя: изучение, анализ и систематизацию научно-технической литературы и патентной информации, в результате чего были сформулированы цель и задачи исследований, проведено обоснование выбора объекта исследования.



Рисунок 2.2 – Перечень организаций, в которых проводились исследования

В ходе экспериментальных исследований изучены и проанализированы потребительские предпочтения в отношении томатопродуктов. Проведен выбор наиболее подходящего сорта (гибрида) томата, культивируемого в климатических условиях Восточной Сибири и пригодного для ИК-сушки. Определено электрическое сопротивление, постоянная времени нагрева и скорость нагрева томатов. Исследовано использование толстоплёночных резистивных нагревателей для ИК-сушки томатов. Проведен анализ органолептических показателей, витаминного, аминокислотного и минерального состава сушеных томатов и томатного порошка. Томатный порошок, свежие и сушеные томаты исследованы по показателям безопасности. Разработана рецептура печенья с томатным порошком. Проведена органолептическая и дегустационная оценка продукции, а также изучена ее микроструктура. Разработана технологическая линия и техническая документация по производству сушеных томатов и томатного порошка, рассчитаны технико-экономические показатели. Проведено внедрение результатов работы в учебный процесс и опытно-промышленная апробация в условиях производства.

2.2 Выбор сорта (гибрида) томата и объекты исследований

Объектами исследования: свежие гибриды томата «Митридат»; толстоплёночные резистивные нагреватели; сушеные томаты и томатный порошок; технологические параметры ИК-сушки.

Обоснование выбора сорта томата. Для выбора сорта (гибрида) томата, выращиваемого в промышленных масштабах на территории Восточной Сибири и пригодного для сушки, были проведены консультации и опрос главных агрономов ведущих тепличных хозяйств области и ученых-овощеводов агрономического факультета университета. От тепличных хозяйств были получены статистические данные по сортам и гибридам томатов, выращиваемых в хозяйствах, с целью реализации на розничном рынке для населения Иркутской области.

После изучения полученных данных отобраны по пять сортов и гибридов, имеющих наибольшие посевные площади и урожайность в тепличных хозяйствах:

1. АО «Тепличное» (г. Ангарск) – томаты «Митридат», «Фаберже», «Фанто», «Ребус», «Манар».

2. ООО «АгроВосток» (г. Ангарск) – томаты «Митридат», «Тути-Фрути», «Манар», «Верлиока», «Пинк-Парадай».

3. АО «Агрофирма Ангара» (г. Усть-Илимск) – томаты «Торера», «Эдамсо», «Боунтис», «Мерлис».

4. СХ ПАО «Белореченское» (Усольский район, р.п. Белореченский) – томаты «Митридат», «Болгария розовая», «Якиманка», «Благовест», «Верлиока».

По итогам изучения сортового районирования и выращивания томатов в ведущих тепличных хозяйствах региона выявлено, что наибольшую популярность и востребованность по показателям товарной урожайности и средней массе плода получил гибрид «Митридат», созданный фирмой «Гавриш» в 2006 году [124].

Гибрид «Митридат» пригоден для выращивания в суровых климатических условиях Прибайкалья во всех видах современных конструкций теплиц. Плоды гибрида созревают дружно и бывают практически одного размера, сохраняют свои товарные качества в течение 18-25 дней и хорошо переносят транспортировку на дальние расстояния [37, 124].

Характеризуя гибрид «Митридат», можно указать, что благодаря высокой устойчивости к болезням и минимальным затратам труда на формирование растений наряду с высоким качеством плодов обеспечило гибриду широкое распространение не только в Иркутской области, но в других регионах страны [37].

Сотрудниками СИФИБР СО РАН проведены исследования по устойчивости томатов к местным расам бурой пятнистости листьев (кладоспориоз), являющейся одним из вредоносных заболеваний томатов в теплицах Восточной Сибири. По результатам проведенных исследований учеными выделен ряд перспективных гибридов томата для выращивания в овощных теплицах региона, среди которых отмечен и гибрид «Митридат». Гибрид «Митридат» характеризуется повышенной

устойчивостью к кладоспориозу, высоким ранним и общим урожаем, хорошими вкусовыми качествами и лежкостью плодов [169].

В зависимости от зоны и сроков выращивания данные по урожайности гибрида в различных источниках несколько разнятся. По экспертным оценкам для Иркутской области средняя урожайность гибрида «Митридат» составляет 18,2 кг/м² при вкусовой оценке 5 из 5 баллов [17, 165].

В диссертационной работе на основании консультаций и опроса ведущих агрономов хозяйств и ученых-овощеводов, информации об объемах промышленного производства различных сортов и гибридов томатов на территории Иркутской области, а также сведениях о товарно-технологических характеристиках томатов в качестве объекта исследования *выбран гибрид «Митридат»*. Качество томатов, поступивших для экспериментальных исследований, соответствовали всем требуемым характеристикам и нормам [80].

2.3 Методы исследования

В диссертационной работе были использованы стандартные методы исследований: влажность определяли по ГОСТ 9404-88 [53]; крупность помола – ГОСТ 27560-87 [66]; массовая доля аминокислот – метод капиллярного электрофореза [121]; массовая доля влаги – ГОСТ 28561-90 [67]; органолептические показатели – ГОСТ 27558-87 [65].

Определение витаминного состава: витамин А – ГОСТ Р 54635-2011 [84]; витамин В₁ (тиамин), витамин В₂ (рибофлавин) – ГОСТ 25999-83 [62]; витамин В₃ – ГОСТ Р 50479-93 [81]; витамин В₆ (пиридоксин) – ГОСТ EN 14164-2014 [59]; витамин В₁₂ – ГОСТ ISO 20634-2018 [60]; витамин С – ГОСТ Р EN 14130-2010 [58]; витамин Е – ГОСТ Р 54634-2011 [83].

Санитарно-гигиенические исследования: кадмий, свинец – ГОСТ 33824-2016 [79]; кадмий, свинец – ГОСТ 30178-96 [68]; мышьяк, ртуть – методика М 04-64-2017 [122]; мышьяк – ГОСТ 26930-86 [64]; ртуть – ГОСТ Р 53183-2008 [82];

ДДТ и его метаболиты, гексахлорциклогексан (альфа-, бета-, гамма-изомеры) – ГОСТ 32194-2013 [74], ГОСТ 32689.2-2014 [77].

Микробиологические исследования: патогенные микроорганизмы – ГОСТ 31659-2012 [69]; *B. aureus* – ГОСТ 10444.8-2013 [54]; *S. aureus*, БГКП (колиформы) – ГОСТ 31746-2012 [70], ГОСТ 31747-2012 [71]; дрожжи, плесень – ГОСТ 10444.12-2013 [55]; КМАФАнМ – ГОСТ 10444.15-94 [56]. Полученные результаты по показателям безопасности сравнивались с нормами, приведенными в ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [183].

Определение минеральных веществ: железо, медь, цинк – ГОСТ 30178-96 [68]; кальций, магний, марганец, натрий, калий – ГОСТ 32343-2013 [76].

Степень удовлетворения физиологических потребностей в пищевых веществах для различных групп населения определялось расчетным способом согласно методическим рекомендациям МР 2.3.1.0253-21 [125].

Промежуточная влажность в процессе сушки томатов фиксировалась путем взвешивания на лабораторных весах. Зная начальную массу влажности и массу сухого вещества, влажность w томата определяли по формуле [49]:

$$w = \frac{m_{\text{в}}}{m} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

где $m = m_{\text{в}} + m_{\text{с.в.}}$ – общая масса томата, кг; $m_{\text{в}}$ – масса влаги, кг; $m_{\text{с.в.}}$ – масса сухого вещества, кг.

Для определения наилучшей формы нарезки плодов томатов для их эффективной сушки проведены предварительные исследования. Полученные результаты показали, что наиболее предпочтительной формой нарезки плодов томатов является их разрезание на равные дольки (рис. 2.3), что удобно и практично с точки зрения сохранения целостности измельченных томатов при сушке и упаковке [20]. В отличие от других форм измельчения нарезка целого плода томата на равные дольки не вызывает их прилипания к пищевому лотку. Кроме этого сушеные томаты такой формы более устойчивы к механическим воздействиям при их снятии с пищевого лотка, в процессах упаковки и транспортирования. При сушке нарезанных плодов томатов в форме кружочков и кубиков выявлено, что после окон-

чания процесса сушки, прилипшие частицы томатов практически не снимаемы с пищевого лотка, в связи с чем, происходит значительное уменьшение получения готовой продукции по массе и объему. Также при размещении томатов, нарезанных кружочками и кубиками, на излучатели, размещенные ниже пищевого лотка, происходит стекание жидкости из томатов.

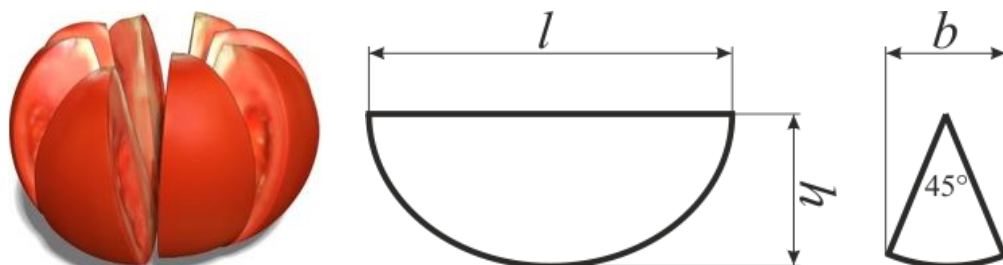


Рисунок 2.3 – Схематическое изображение нарезки плода томата на дольки

Диаметр наибольшего поперечного сечения свежего гибрида «Митридат» варьируется в среднем в пределах от 60 до 70 мм, что соответствует 7-8 калибру [80], а диаметр меньшего поперечного сечения гибрида в среднем находится в диапазоне 50-60 мм. При подготовке томатов к ИК-сушке обнаружено, что совершенно двух одинаковых плодов томатов по габаритам и массе практически нет. Для проведения измерений по геометрическим параметрам долек были отобраны плоды томатов массой 160-180 г, разница между которыми по размеру большого диаметра не превышала 10 мм. По каждому размеру нарезки плодов томатов были проведены измерения 100 долек по геометрическим параметрам и массе, средний диапазон значений которых составляет для нарезки на восемь равных частей: длина $l = 55-60$ мм; ширина $b = 25-27$ мм; высота $h = 30-33$ мм; масса $m = 20-22$ г.

Органолептическая оценка сушеных томатов и томатного порошка проведена согласно ГОСТ 8756.1-2017 [52], органолептическая оценка приготовленного печенья – в соответствии с требованиями ГОСТ 31986-2012 [72]. Для органолептической оценки была создана комиссия в количестве 11 человек, состоящая из сотрудников энергетического факультета Иркутского ГАУ. Сушеные томаты оценивались по цвету, форме и консистенции, вкуса и запаха, а печенье по форме, поверхности, цвету, вкусу и запаху, виду в изломе. Каждый показатель оценивал-

ся в диапазоне от 1 до 5 баллов, где 5 – полное соответствие требованиям, 4 – незначительные несоответствия, 3 – заметные несоответствия, 2 – явные несоответствия, 1 – выраженные несоответствия.

С целью исключения влияния систематических ошибок опыты были рандомизированы во времени с использованием таблицы случайных чисел [1].

2.4 Оборудование, применяемое при проведении экспериментальных исследований

Сушка нарезанных плодов томатов проводилась в экспериментальной ИК-сушильной установке (рис. 2.4 и 2.5) [181]. В качестве нагревательных элементов в исследованиях использовались толстоплёлочные резистивные нагреватели (ТРН), генерирующие тепловое излучение в диапазоне длин волн $\lambda_{\max} = 4,6-7,7$ мкм. Согласно классификации по диапазону спектра и температуре тела накала ТРН относятся к темным низкотемпературным длинноволновым излучателям ($T < 700$ К; $\lambda_{\max} > 4$ мкм) [18]. Мощность нагревательных элементов и вентилятора составляет 1280 Вт ($P_{\text{нэ}} = 1200$ Вт, $P_{\text{вент}} = 80$ Вт).

Серийно выпускаемые ТРН являются оригинальным изобретением предприятия ООО «Термостат» (г. Иркутск) (директор – к.т.н., доцент Шелехов И.Ю.) [137, 151, 190, 191]. Разработанные и изготовленные под непосредственным руководством доцента Шелехова И.Ю. нагревательные элементы эффективно используются для обогрева помещений различного назначения и обогрева человека (электронагревательные устройства, теплые полы, греющие коврики, греющие картины, греющие жалюзи, обогревающие стельки и т.п.). Подробная технология изготовления нагревательных элементов отражена в работах [137, 151].

В диссертации автором универсальные и недорогие в изготовлении ТРН, имеющие низкий уровень энергопотребления по сравнению с существующими на отечественном рынке ИК-излучателями, решено применить для сушки томатов. В установке ТРН размером 620×580 мм расположены в 6 ярусов по 2 нагревателя. Мощность одного нагревателя составляет 100 Вт, ресурс работы – не менее 20

тысяч часов. Структурный состав, устройство и внешний вид ТРН представлены на рисунках 2.6 и 2.7.

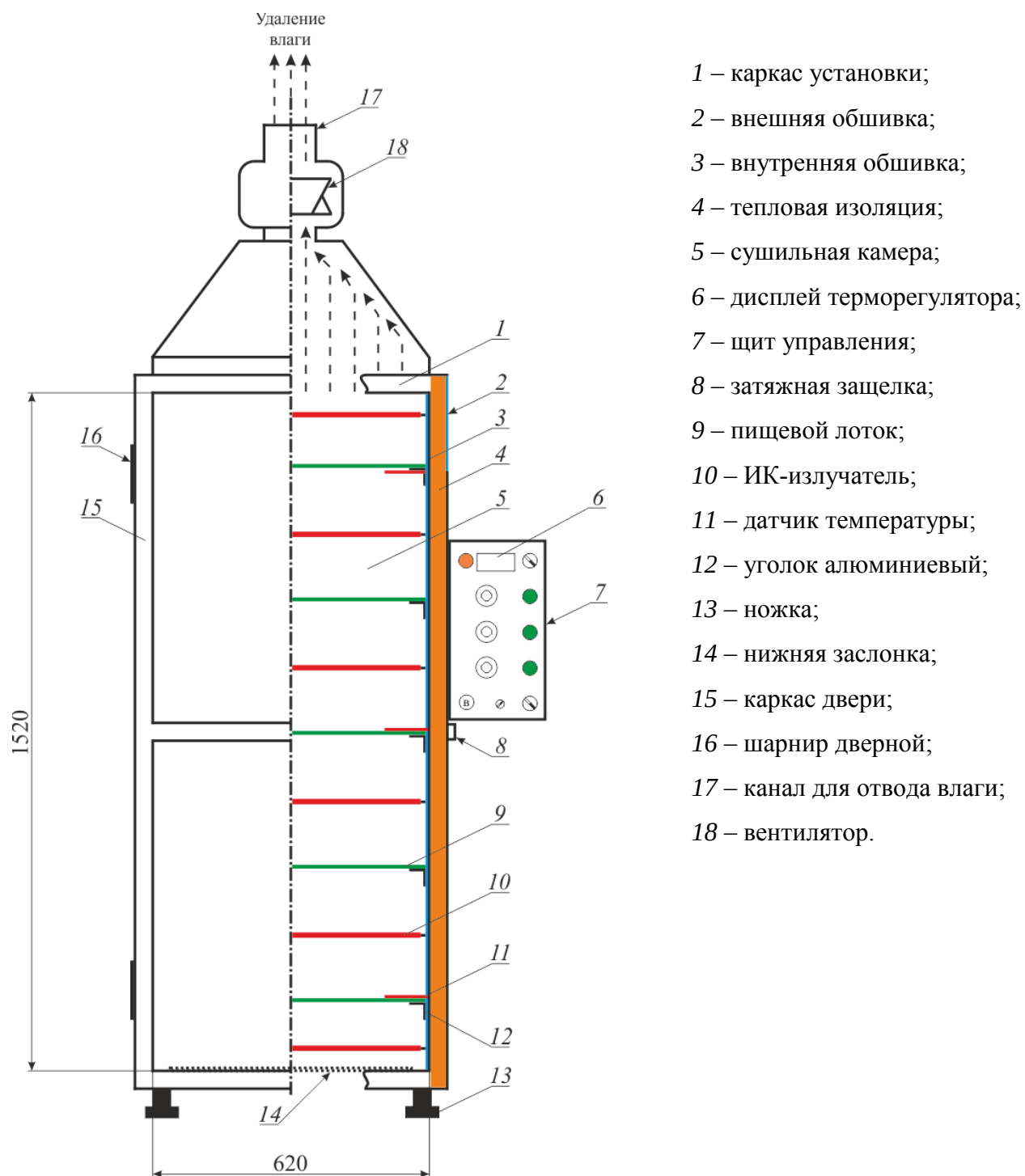


Рисунок 2.4 – ИК-сушильная установка (вид спереди)

Отличительной особенностью ТРН является то, что данный тип нагревательных элементов может быть изготовлен для любой температуры нагрева в диапазоне от 40 до 250 °С в зависимости от назначения низкотемпературного технологического процесса. Номинал нагревающего слоя при неизменной тепло-

отдающей поверхности нагревателя регулируется подбором сеток для создания топологического рисунка и удельным электрическим сопротивлением резистивной пасты, что определяется толщиной слоя пасты.

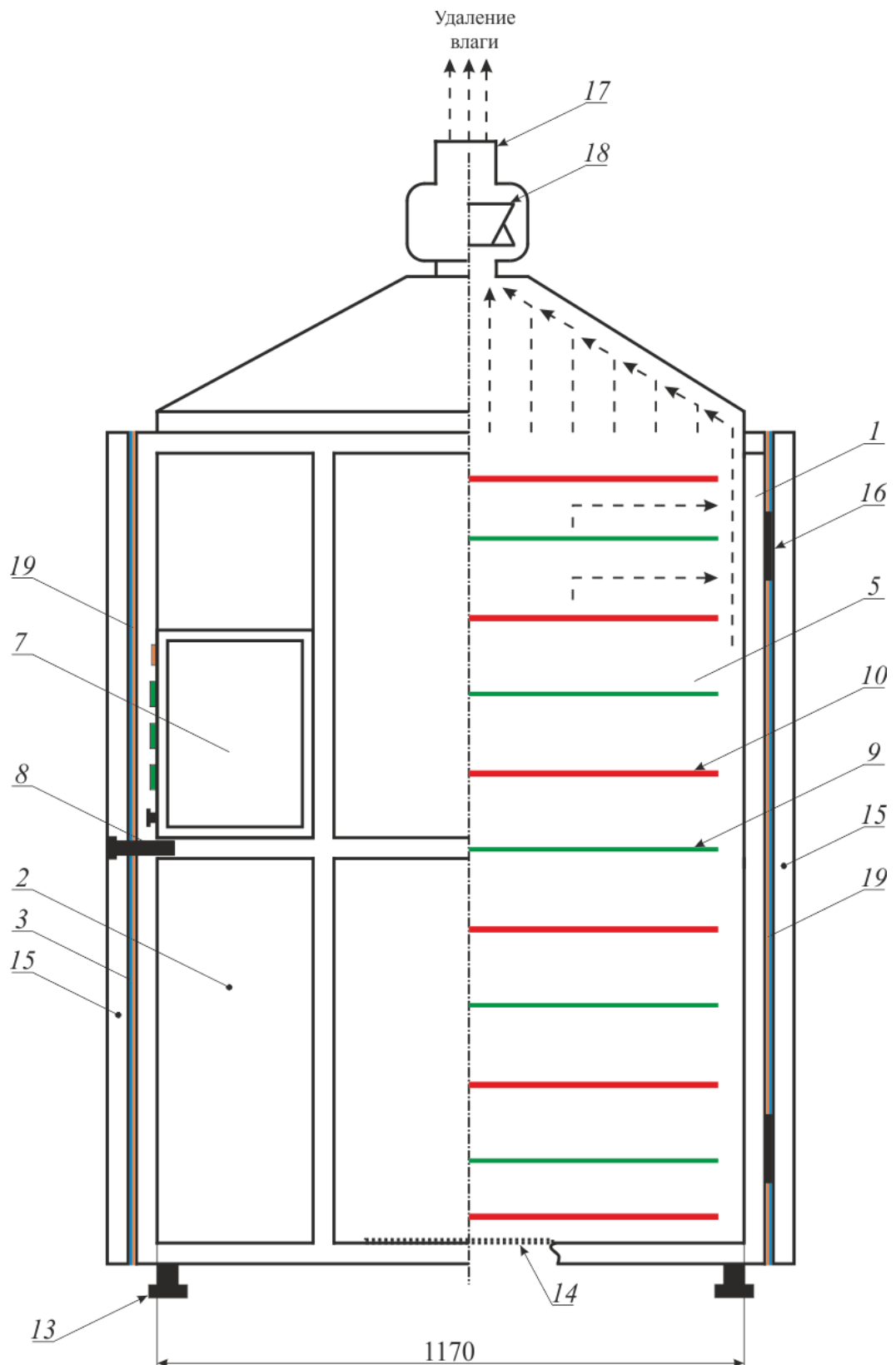


Рисунок 2.5 – ИК-сушильная установка (вид справа):

1-18 – тоже, как на рисунке 2.4; 19 – уплотнитель резиновый.

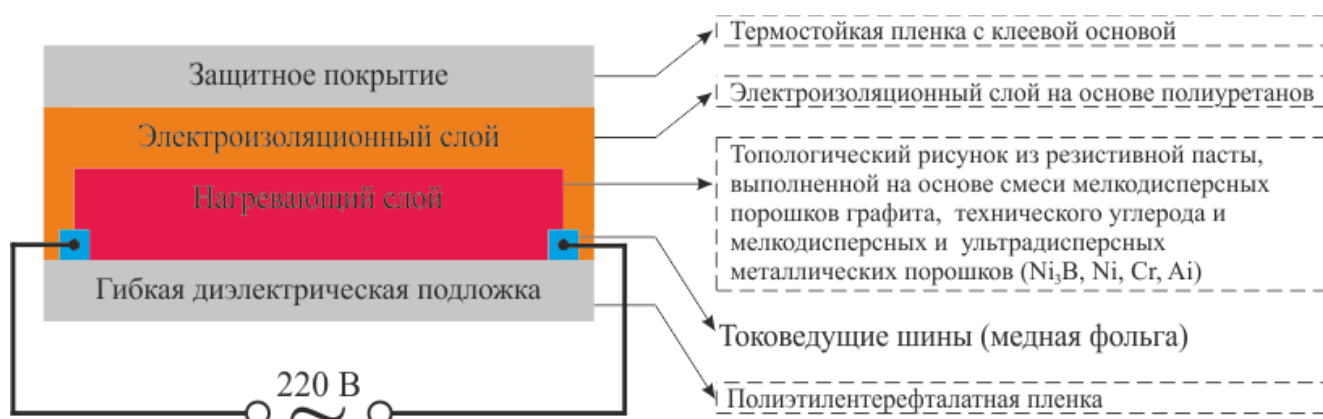


Рисунок 2.6 – Структурный состав толстоплёночного резистивного нагревателя

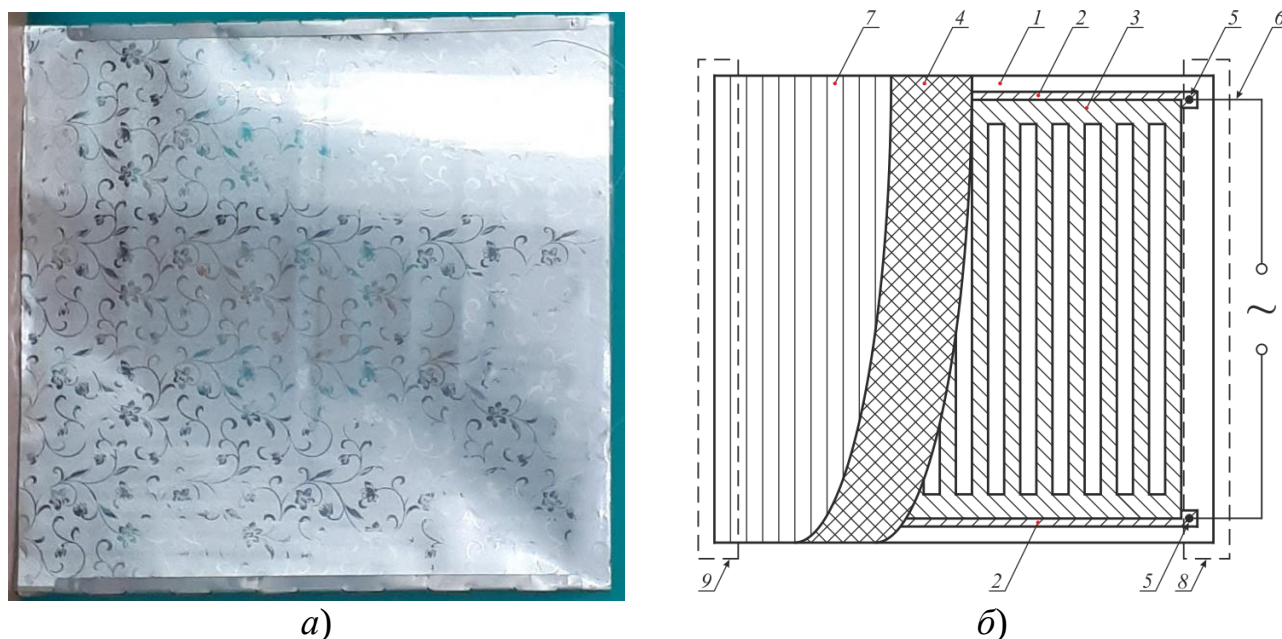


Рисунок 2.7 – Внешний (а) и общий вид (б) нагревателя [129, 151]:

1 – гибкая диэлектрическая подложка; 2 – тоководущие шины;
3 – нагревающий слой; 4 – электроизоляционный слой; 5 – гильзы; 6 – питающий провод; 7 – защитное покрытие; 8 – диэлектрический материал; 9 – планка

Для снижения тепловых потерь в окружающую среду боковые стенки и двери установки снабжены теплоизоляционным материалом. Вентилятор для принудительного удаления испаренной влаги размещен в верхней части установки. Внутренняя обшивка установки изготовлена из полированного алюминия, обладающего высоким коэффициентом отражения, что позволяет создать более равномерный тепловой поток и повысить эффективность работы сушильной установки.

В период 2022-2024 гг. в исследованиях по сушке томатов на сушильной установке использована стандартная электрическая схема управления (ЭСУ) (вариант 1, рис. 2.8). Разработанная ЭСУ позволяет проводить ИК-сушку томатов в режиме «нагрев – охлаждение» с установкой времени работы и перерывов в работе нагревателей.

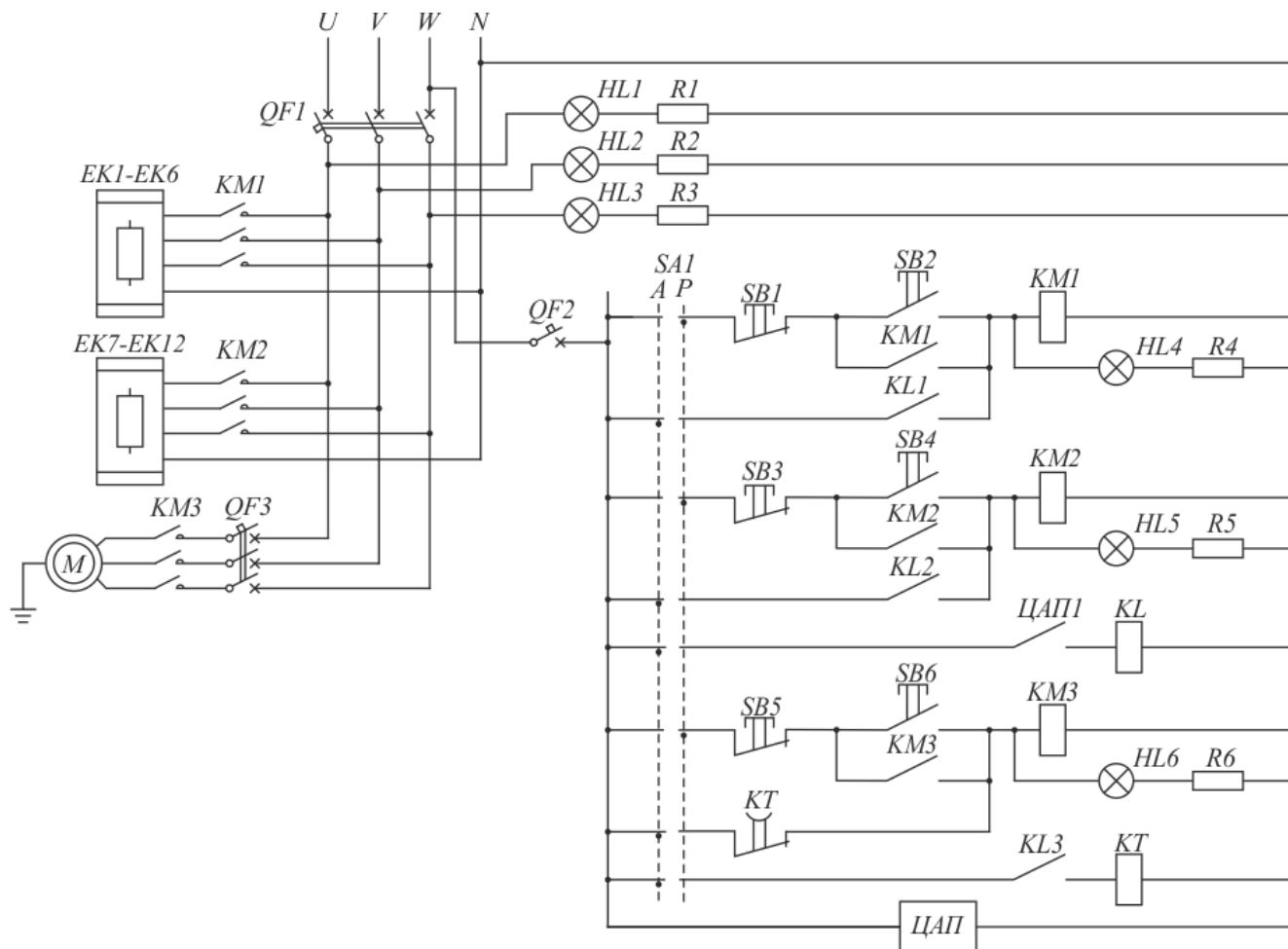


Рисунок 2.8 – Принципиальная ЭСУ сушильной установкой (вариант 1):

QF1-QF3 – автоматический выключатель; *HL1-HL6* – сигнальная лампа;
R1-R6 – резистор; *SA1* – переключатель; *SB1-SB6* – кнопочный выключатель;
KM1-KM3 – магнитный пускатель; *KL* – промежуточное реле;
EK1-EK12 – ИК-излучатель; *KT* – реле времени; *ЦАП* – цифро-аналоговый преобразователь; *M* – электродвигатель вентилятора.

В 2024 году с целью энергосбережения и снижения себестоимости сушеных томатов и томатного порошка в сушильную установку внедрена электрическая ЭСУ на основе терморегулятора с твердотельным реле (вариант 2, рис. 2.9). При

разработке энергосберегающей ЭСУ за основу принята ЭСУ, разработанная соискателем в 2023-2024 гг. в составе коллектива авторов при реализации Гранта по программе «Старт-1» Фонда содействия инновациям» [129, 138].

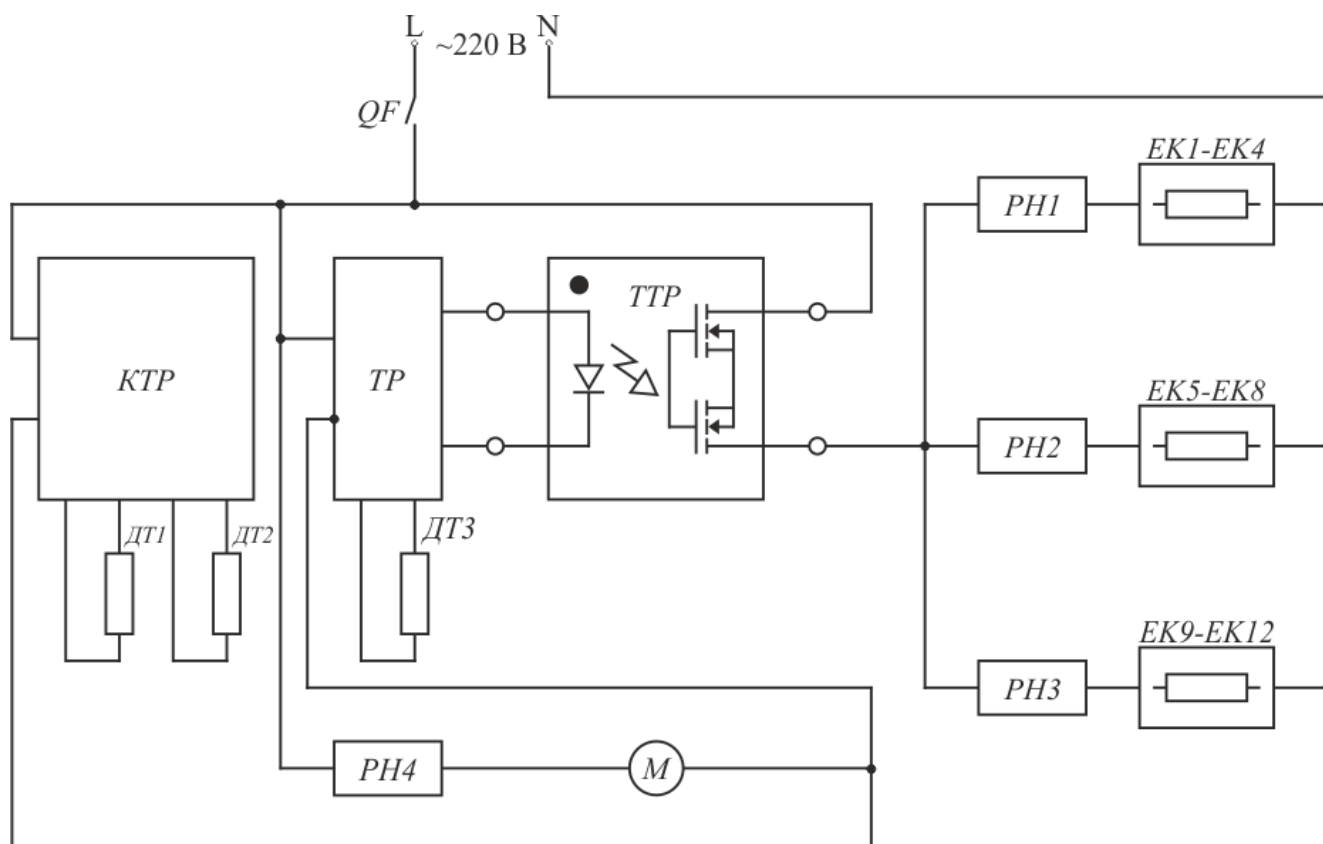


Рисунок 2.9 – Принципиальная ЭСУ сушильной установкой (вариант 2):

QF – автоматический выключатель; $КТР$ – контрольный терморегулятор;
 $ТР$ – терморегулятор; $ДТ1$ - $ДТ3$ – датчики температуры; $ТТР$ – твердотельное реле;
 $РН1$ - $РН4$ – регуляторы напряжения; $ЕК1$ - $ЕК12$ – нагревательные элементы;
 $М$ – электродвигатель вентилятора.

В сушильной установке с энергосберегающей ЭСУ (рис. 2.9) величину потребляемой мощности нагревателей можно регулировать путем изменения входного напряжения через регуляторы напряжения на основе тиристоров, которые позволяют при уменьшении мощности нагревателя регулировать температуру нагрева. Для плавного (низ, середина, вверх) регулирования температуры нагрева в рабочей камере сушильной установки нагреватели условно разделены на три блока, каждый из которых состоит из четырех нагревателей.

Измельчение сушеных томатов до порошкообразного состояния осуществляется с помощью лабораторной центробежной мельницы. Размер частиц томатного порошка исследовали с помощью лазерного анализатора размера частиц Fritsch Analysette 22 Microtec. Герметичная упаковка продукции с предварительным удалением воздуха из пакета проводилась вакуумным упаковщиком Clatronic FS 3261 [10].

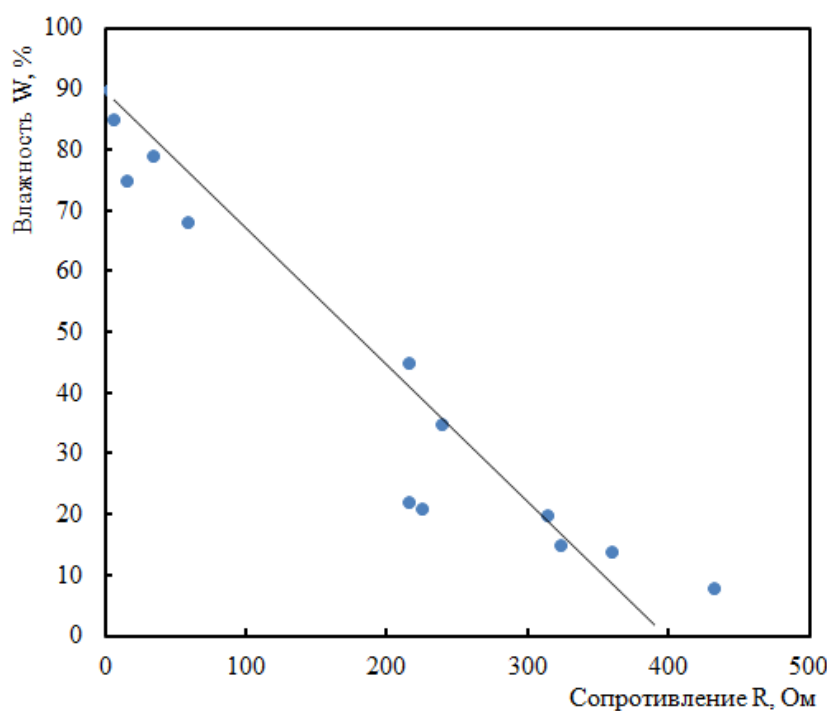
Измерение электрического сопротивления томатов проводилось с помощью цифрового мегаомметра ТМ-2501 компании «Sonel» [221]. Определение влажности сухих томатов осуществлялось цифровым измерителем влажности марки SMART SENSOR AR991. Для измерения температуры на поверхности томатов и ИК-излучателей в процессе сушки использовались портативный тепловизор testo 875i и компактный ИК-термометр testo 835 [95, 182].

Глава 3 Результаты исследований и их анализ

3.1 Исследования по определению электросопротивления, расчет постоянной времени и скорости нагрева томатов

Измерения электрического сопротивления долек томатов проводились в процессе ИК-сушки томатов в зависимости от содержания влаги в них. Определение электросопротивления долек томатов проводилось путем подвода измерительных щупов цифрового мегаомметра ТМ-2501 к противоположным концам долек томата. При соприкосновении щупов с долькой томата на дисплее мегаомметра высвечивались показания сопротивления [27].

Измерения проводились в пятикратной повторности, а полученные показания были усреднены. Измерения сопротивления проводились вначале перед процессом сушки – свежие томаты и через каждые 60 минут до достижения влажности томатов 10-14 %. Результаты анализа полученных данных представлены на рисунке 3.1.



Регрессионная статистика

Множественный R	0,972
R-квадрат	0,945
Нормированный	
R-квадрат	0,943
Стандартная ошибка	6,724
Наблюдения	41

Рисунок 3.1 – График зависимости

электросопротивления от содержания влаги в томатах

Получено уравнение, показывающее зависимость влажности томата от величины электрического сопротивления для диапазона влажности $w = 10-85 \%$:

$$w = -a \cdot R + b, \quad (3.1)$$

где w – влажность томатов, %; a – параметр процесса, равный 0,1938; R – величина электросопротивления, Ом; b – случайное отклонение экспериментальных данных влажности от вычисленных значений, равное 89,27.

Полученные результаты показывают, что электросопротивление томатов напрямую зависит от содержания влаги в дольках томатов. Определение промежуточной влажности по значениям электросопротивления вполне оправдано, так как множественный коэффициент детерминации R , характеризующий качество модели, имеет высокое значение.

Расчет постоянной времени нагрева томатов. Методика получения формулы для расчета постоянной времени нагрева (ПВН) томатов, подробно описанная в работе [216] и основывается на решении уравнений теплового баланса при ИК-сушке томатов. Определение составляющих теплового баланса представлено в обстоятельных работах Гинзбурга А.С., Кудрявцева И.Ф., Карасенко В.А., Лебедева П.Д. [48, 108, 110].

ПВН томатов определяется по выражению:

$$T_n = \frac{Mc}{\alpha F}, \quad (3.2)$$

где M – масса дольки томата, кг; F – площадь полной поверхности дольки томата, m^2 ; c – удельная теплоемкость томата, Дж/(кг·°С); α – суммарный коэффициент лучисто-конвективной теплоотдачи, Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$).

Выражение для определения времени нагрева тела до любой температуры t в промежутке от $t_{нач}$ до t_y выглядит следующим образом:

$$\tau = T_n \ln \frac{t_y - t_{нач}}{t_y - t}. \quad (3.3)$$

где t_y – установившаяся температура томата (при $dt/d\tau = 0$), °С; $t_{нач}$ – температура материала в начальный момент времени при $\tau = 0$, °С; t – температура на поверхности дольки томата, °С.

Скорость нагрева в процессе подвода теплоты к долькам томата определяется по выражению:

$$\frac{d\tau}{dt} = \frac{t_y - t_n}{T_n} e^{-\tau/T_n}. \quad (3.4)$$

Если принять $M = V\rho$ (V – объем дольки томата, м^3 , ρ – его плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$), то выражение (3.2) можно записать [31, 216]

$$T_n = \frac{Mc}{\alpha F} = \frac{c\rho}{\alpha} \frac{V}{F}. \quad (3.5)$$

Как видно из выражений (3.2-3.5) процесс ИК-сушки томатов определяется температурным напором, условиями нагрева и охлаждения на границе поверхности дольки томата и окружающей среды, теплофизическими характеристиками томатов, формой нарезанных томатов и их размерами.

Для практических условий проф. Лебедев П.Д. значение суммарного коэффициента теплоотдачи α рекомендует принимать в пределах от 18,6 до 23,2 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ [110]. В работе при расчетах принято значение коэффициента теплоотдачи $\alpha = 23,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Теплоемкость томатов зависит от теплоемкости сухого вещества томатов и теплоемкости воды. Удельная теплоемкость c сухих веществ большинства плодов и овощей составляет $733 \div 1550 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С})$. В связи с тем, что удельная теплоемкость воды намного выше удельной теплоемкости сухих веществ, удельная теплоемкость томатов при ИК-сушке уменьшается.

Ориентировочные сведения и формулы для расчета теплофизических характеристик томатов в зависимости от температуры нагрева и массовой доли сухого вещества заимствованы из работы проф. Гинзбурга А.С. и Громова М.А., посвященной теплофизическим характеристикам пищевых продуктов [49].

Плотность томатов и удельную теплоемкость рекомендуется определять по формулам [49]:

$$\rho = 1136 + 412n - 0,464T + 0,245Tn, \quad (3.6)$$

$$c = 4187 + 3T - 3726n, \quad (3.7)$$

где n – массовая доля сухого вещества; T – температура, К .

Формула (3.6) рекомендуется для определения плотности томатов при $293 < T < 433$ К и $0,048 < n < 0,8$. Формула (3.7) применима для определения удельной теплоемкости при $293 < T < 433$ К и $0 < n < 1$.

Данные расчетов для томатов, начиная от влажности 90 %, по удельной теплоемкости и плотности сведены в таблицу 3.1. Значения теплофизических характеристик усреднены для диапазона температур нагрева от 50 до 75 °С.

Таблица 3.1 – Средние значения теплофизических характеристик томата

w, %	c, Дж/(кг·К)	ρ, кг/м ³	w, %	c, Дж/(кг·К)	ρ, кг/м ³	w, %	c, Дж/(кг·К)	ρ, кг/м ³
90	4828,4	1028,6	60	3710,6	1177,1	30	2592,8	1325,5
80	4455,8	1078,1	50	3338,0	1226,6	20	2220,2	1375,0
70	4083,2	1127,6	40	2965,4	1276,1	10	1847,6	1424,5

Исследования зависимости между значениями электросопротивления и влажности томатов при сушке позволили установить зависимость плотности и удельной теплоемкости томатов от электросопротивления (рис. 3.2):

$$\rho = 1179,235 + 0,924R - 0,4383T + 0,00055TR, \quad (3.8)$$

$$c = 3796 + 3T - 8,359R. \quad (3.9)$$

После измерения электросопротивления томатов с помощью мегаомметра можно по составленному графику зависимости (рис. 3.2) определить значения w, ρ и c. Пример определения ρ и c томатов по величине электросопротивления показан при значении $R = 310$ Ом (пунктирная линия). При данном значении влажность томатов равна 20 %, при которой $\rho = 1375$ кг/м³ и $c = 2214$ Дж/(кг·К).

При построении графика зависимости (рис. 3.2) значения теплофизических характеристик томатов, как и при расчете ПВН, усреднены для диапазона температур нагрева от 50 до 75 °С. Усреднение теплофизических характеристик проведено по причине того, что температура нагрева в отличие от влажности оказывает несущественное влияние на изменение плотности и удельной теплоемкости.

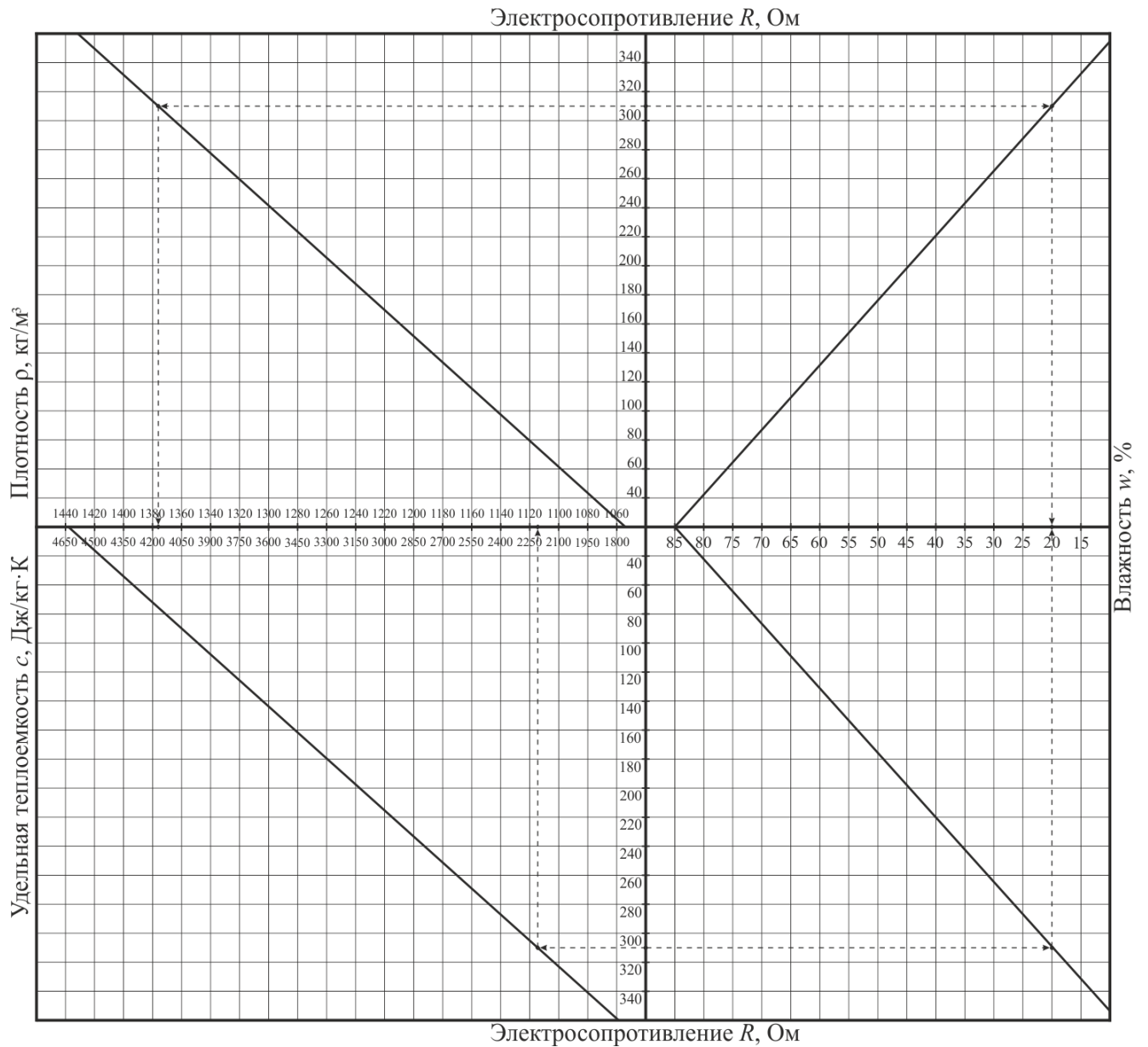


Рисунок 3.2 – Зависимость влажности, плотности и удельной теплоемкости томатов от электросопротивления

В процессе ИК-сушки дольки томатов дают значительную усадку. Усадка пищевых растительных материалов по объему и площади имеет линейную зависимость от влагосодержания [115, 185]:

$$V = V_0(1 + \beta_v u), \quad (3.10)$$

$$F = F_{c.b.}(1 + \beta_F u), \quad (3.11)$$

где V_0 – объем абсолютно сухого тела для материалов, имеющих усадку на протяжении всего процесса сушки, м³; β_v – коэффициент объемной усадки (относительное изменение объема тела при изменении влагосодержания); u – влагосо-

держание материала, кг влаги на кг с.в.); $F_{с.в.}$ – площадь абсолютно сухого материала, м²; β_F – коэффициент усадки по площади.

Коллектив авторов [185] при расчетах продолжительности сушки пищевых растительных материалов влиянием усадки рекомендует пренебречь, аргументируя это следующим. При сушке в неподвижном слое в испарении участвуют только частицы, поверхность которых смочена. Усадка, сокращая поверхность частиц, одновременно способствует увеличению пористости слоя, т.е. повышению поверхности смачивания. Эта взаимная компенсация явлений, происходящих при усадке, исключает ее влияние на процесс сушки.

В работе при определении ПВН отношение объема к площади принято постоянным на всем протяжении процесса сушки. Предполагается, что при усадке объем, и площадь полной поверхности материала уменьшаются равномерно одинаково. При расчетах ПВН объем и площадь нарезки плодов томатов на восемь равных частей определены по соответствующим математическим формулам [120].

Согласно ГОСТ 34298-2017 [80] плоды томатов по диаметру разделяются на 10 калибров. В работе расчет ПВН долек томатов проведен для калибров от 5 до 10 (табл. 3.2, рис. 3.3) [31].

Таблица 3.2 – Калибр и геометрические характеристики долек томатов

Калибр	Диаметр, мм	$\frac{V}{F}$, м	Калибр	Диаметр, мм	$\frac{V}{F}$, м
5	40,1÷47,0	0,00222	8	68,0÷82,0	0,00377
6	48,0÷57,0	0,00267	9	83,0÷102,0	0,00461
7	58,0÷67,0	0,00322	10	> 102,0	0,00572

Графики скорости нагрева в процессе подвода теплоты к долькам томатов калибра 7, что соответствует размерам гибрида «Митридат», в промежутке от $t_{нач} = 20$ °С до $t_y = 50-75$ °С представлены на рисунках 3.4-3.9.

Анализируя полученные данные, можно сказать о существенном влиянии на время и скорость нагрева значений содержания влаги в томатах. С уменьшением влаги с 90 % до 10 % время нагрева до установившейся температуры уменьшается, а скорость нагрева увеличивается.

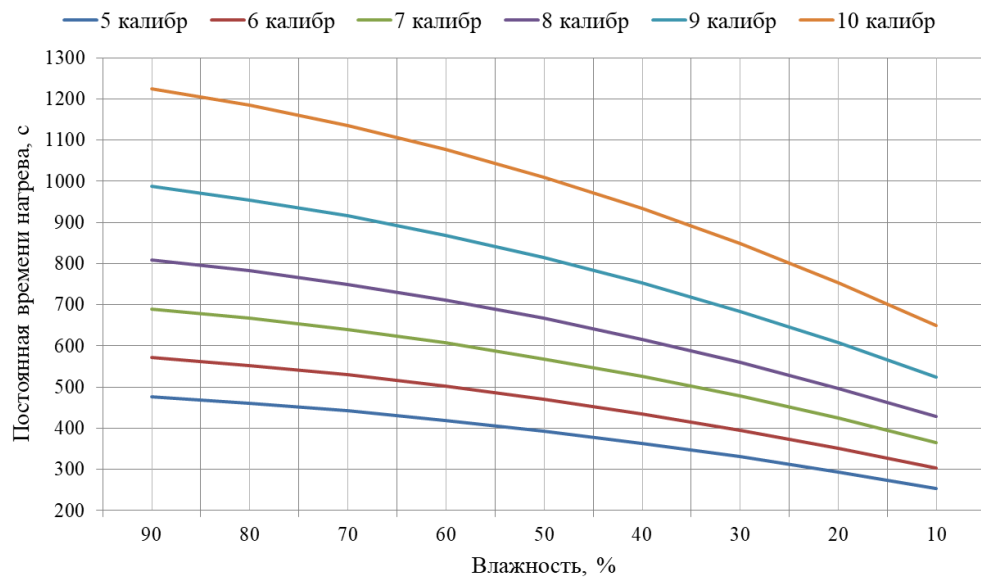
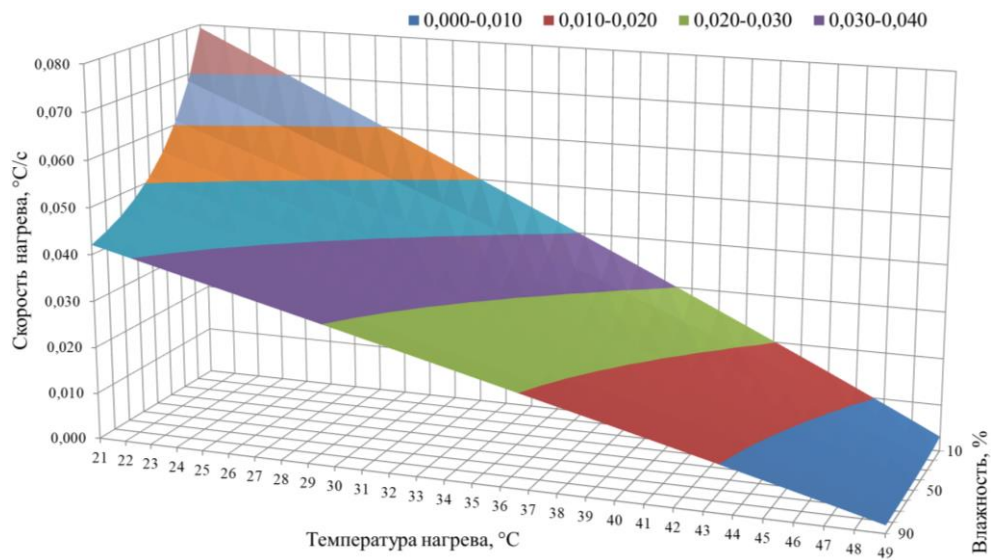
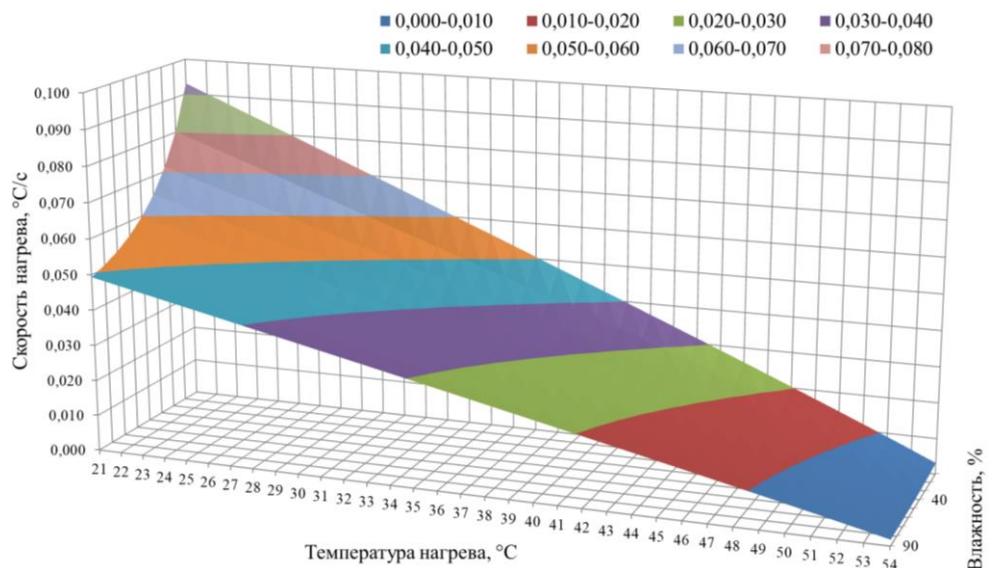


Рисунок 3.3 – Постоянная времени нагрева долек томатов

Рисунок 3.4 – Скорость нагрева долек томатов при $t_{уст} = 50\text{ °C}$ Рисунок 3.5 – Скорость нагрева долек томатов при $t_{уст} = 55\text{ °C}$

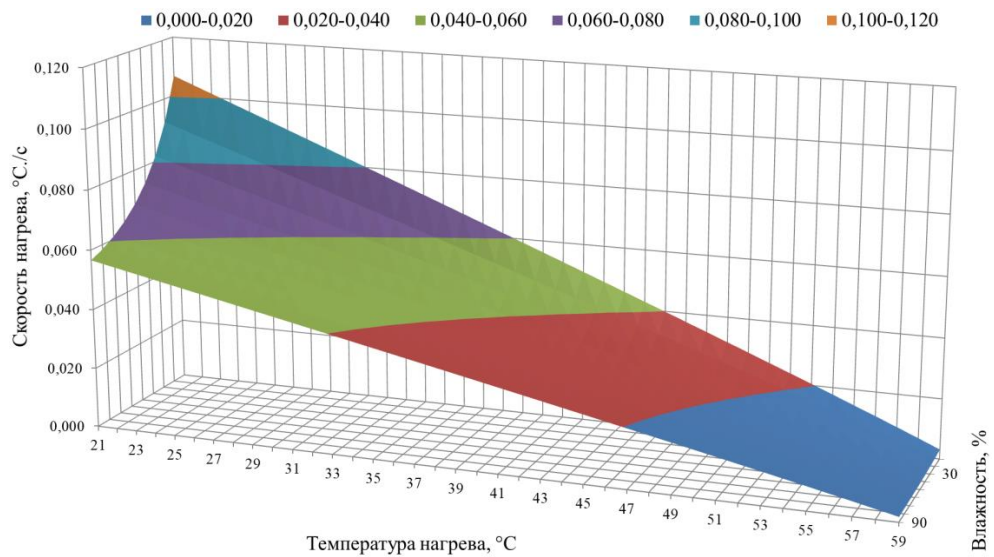


Рисунок 3.6 – Скорость нагрева долек томатов при $t_{уст} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$

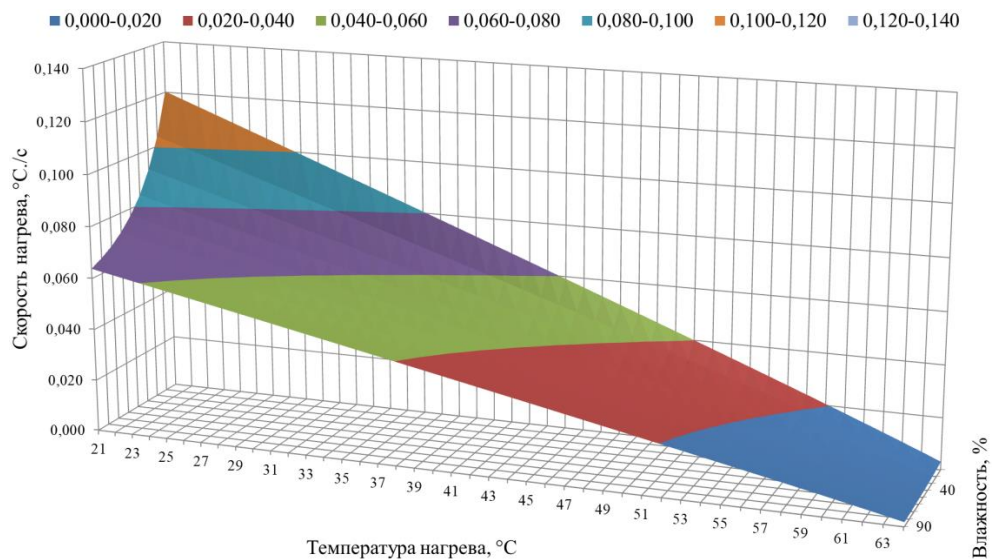


Рисунок 3.7 – Скорость нагрева долек томатов при $t_{уст} = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$

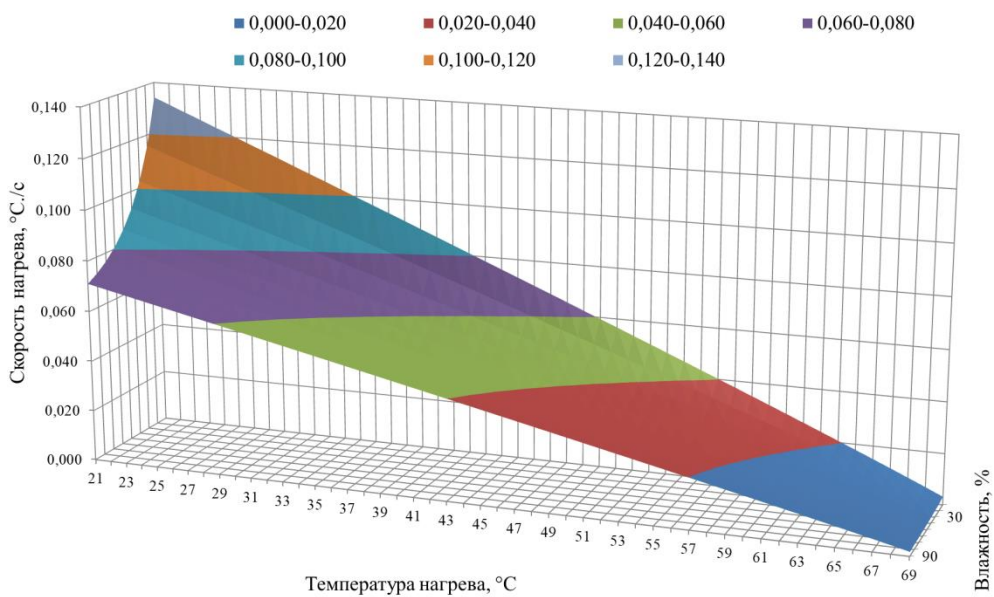


Рисунок 3.8 – Скорость нагрева долек томатов при $t_{уст} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$

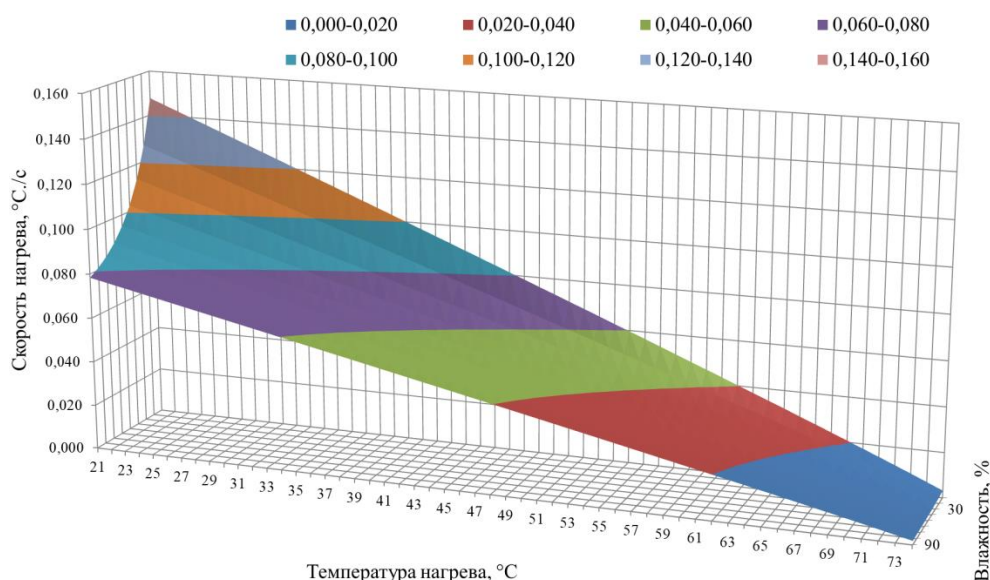


Рисунок 3.9 – Скорость нагрева долек томатов при $t_{\text{уст}} = 75^\circ\text{C}$

После проведенных расчетов стоит отметить, как бы не были достаточно убедительны теоретические расчеты для современного состояния теории, техники и технологии ИК-нагрева, все же встречаются некоторые трудности, состоящие в недостаточно точных данных о параметрах, входящих в расчетные формулы. Поэтому возникает актуальная необходимость в экспериментальных исследованиях процесса нагрева и сушки томатов, результаты которых отражены в последующих подглавах.

3.2 Исследования по сушке томатов и получению томатного порошка

3.2.1 Исследование влияния температурных режимов инфракрасной сушки на качество томатов

Качество и себестоимость сушеных томатов и томатного порошка зависят от способа уборки, хранения, подготовки к сушке, температурного режима сушки, расфасовки, упаковки и условий хранения готовой продукции [185]. Схема получения сушеных томатов представлена на рисунке 3.10.

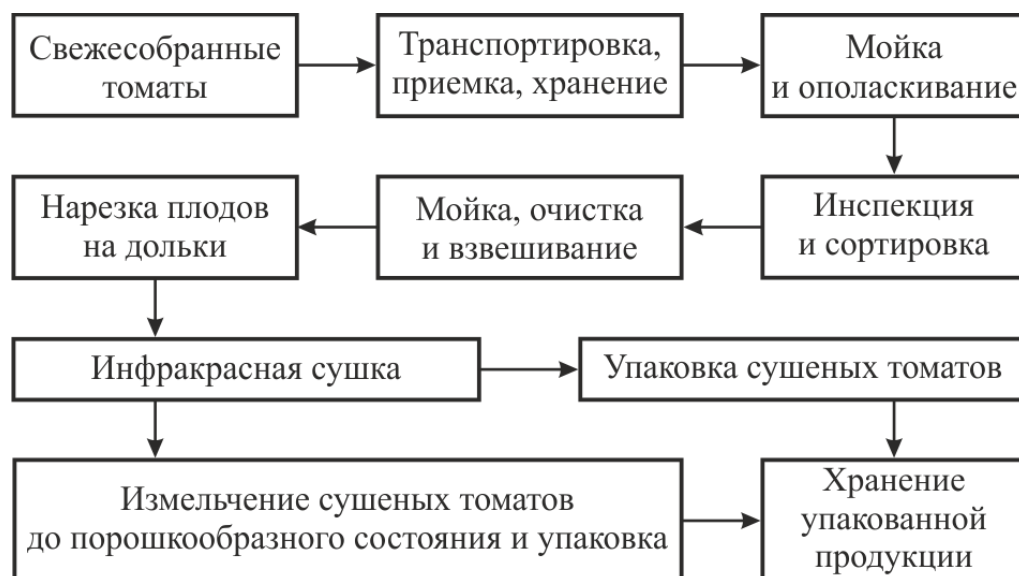


Рисунок 3.10 – Структурная схема получения сушеных томатов

Показатели качества и безопасности свежесобранных томатов представлены в таблицах 3.3 и 3.4. Обеспечение контроля над безопасностью томатов связано с тем, что при их выращивании для ускорения роста имеет место быть использование химических веществ, аккумулирующихся плодами, что впоследствии может оказать негативное воздействие на организм человека. Любое превышение предельно допустимой концентрации токсичных элементов категорически исключает их использование для питания [156, 193].

Таблица 3.3 – Результаты оценки качества исследуемых томатов

Наименование показателя	Характеристика и норма по ГОСТ 34298-2017 [80]	Гибрид «Митридат»
1	2	3
Внешний вид	Плоды свежие, целые, здоровые, чистые, плотные, типичной для ботанического сорта формы, с плодоножкой или без плодоножки, неповрежденные сельскохозяйственными вредителями, без излишней внешней влажности	Соответствует требованиям
	без зеленых пятен (зеленых спинок у плодоножки), без трещин	Соответствует требованиям
	Стебли кистей томатов должны быть свежими, здоровыми, чистыми, без листьев	Соответствует требованиям
	Допускаются незначительные поверхностные дефекты при условии, что они не влияют на общий внешний вид, качество, сохраняемость и товарный вид продукта в упаковочной единице	

1	2	3
Состояние плодов	Плотные. Способные выдерживать транспортирование, погрузку, разгрузку и доставку к месту назначения.	Соответствует требованиям
Запах и вкус	Свойственные данному ботаническому сорту, без постороннего запаха и (или) привкуса	Соответствует требованиям
Наличие сельскохозяйственных вредителей, %	Не допускается	Отсутствует
Наличие плодов зеленых, переспевших, загнивших, заплесневевших, увядших, подмороженных, с солнечными ожогами, с прилипшей землей	Не допускается	Отсутствует
Наличие посторонних примесей	Не допускается	Отсутствует

Таблица 3.4 – Показатели безопасности свежего томата

Наименование показателя	Допустимый уровень	Результат испытания
Токсичные элементы, мг/кг		
Кадмий	не более 0,03	0,02
Мышьяк	не более 0,2	менее 0,05
Ртуть	не более 0,02	0,007
Свинец	0,5	менее 0,01
Пестициды, мг/кг		
ГХЦГ (α -, β -, γ -изомеры)	0,5	менее 0,005
ДДТ и его метаболиты	0,1	менее 0,005
Микробиологические показатели		
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, г	не допускается в 25 г	не обнаружено

Проведенная оценка качества гибрида томатов «Митридат» (табл. 3.3) показала, что томаты соответствуют требованиям нормативных документов. Результаты исследований томата, представленные в таблице 3.4, свидетельствуют о том, что продукт является безопасным по содержанию токсичных элементов, пестицидов и микробиологическим показателям и, соответственно, и может быть рекомендованы к использованию для ИК-сушки. После контроля безопасности свежих томатов проведено исследование их витаминного, минерального и аминокислотного составов (табл. 3.5).

Выбранный для исследования гибрид томата содержит в себе определенное количество витаминов, минеральных веществ и аминокислот, содержание которых в томате ранжируется в следующем порядке: витамины: $C \rightarrow E \rightarrow A \rightarrow B_2, B_6$

→ В₁ → В₁₂; макроэлементы: калий → магний → натрий → кальций; микроэлементы: железо → цинк → марганец → медь; аминокислоты: аргинин → валин → лизин, лейцин и изолейцин, аланин, глицин.

Таблица 3.5 – Содержание витаминов, минеральных веществ и аминокислот в свежих томатах

Витамины, мг/100 г		Минеральные вещества, мг/кг		Массовая доля аминокислот, %	
Витамин А	0,24±0,04	Кальций (Ca)	40	Аргинин	3,05±0,87
Витамин В ₁	0,12±0,02	Магний (Mg)	80	Лизин	<0,25
Витамин В ₁₂	< 0,001	Калий (K)	220	Лейцин и изолейцин	<0,25
Витамин В ₂	0,13±0,02	Натрий (Na)	77	Валин	<0,5
Витамин В ₆	0,13±0,02	Железо (Fe)	5	Аланин	<0,25
Витамин Е	0,62±0,10	Цинк (Zn)	2,3±1,4	Глицин	<0,25
Витамин С	14,30±1,06	Медь (Cu)	1,1		
		Марганец (Mn)	1,1±0,6		

Проведенный входной анализ и контроль свежей продукции позволяет сделать заключение, что гибриды томата «Митридат», собранные в Ангарском районе Иркутской области без всяких ограничений и запретов можно использовать для употребления в пищу человеком, а также и для переработки, в том числе тепловой обработки и сушки.

В ходе исследований по ИК-сушке томатов проведено изучение и анализ потребительских предпочтений в отношении томатов различными группами населения, проживающих на территории Иркутской области [23, 25]. Анкета, состоящая из набора вопросов по исследуемой теме, и ответы на вопросы представлены в приложении А. В данном случае исследования носили информативный характер с целью интереса об использовании населением тепловой обработки и сушки при переработке собранного урожая томатов.

Согласно опросу, томат входит в рацион питания 86,5 % респондентов, 10,3 % вовсе не употребляют этот продукт, 3,2 % затруднились дать ответ на вопрос «Входят ли томаты в рацион Вашего питания?» (рис. 3.11). Популярность томатов у населения вызвана благодаря их ценным питательным и диетическим качествам, доступности покупки в торговых точках, простоте выращивания.



а) ответы на вопрос «Как часто Вы употребляете свежие томаты?»



б) ответы на вопрос «Где Вы чаще всего приобретаете томаты?»

Рисунок 3.11 – Предпочтения респондентов относительно томатопродуктов

Сушкой томатов в домашних условиях занимаются 11,1 % участвовавших в опросе (рис. 3.12). В основном сушка проводится в домашней духовке или электросушилках малой производительности с загрузкой 5-10 кг. Проводя сушку томатов, опрашиваемые не задаются вопросами выбора рационального температурного режима и сохранения полезных веществ в готовом продукте. После сушки томатов также никто из респондентов не получает томатный порошок.

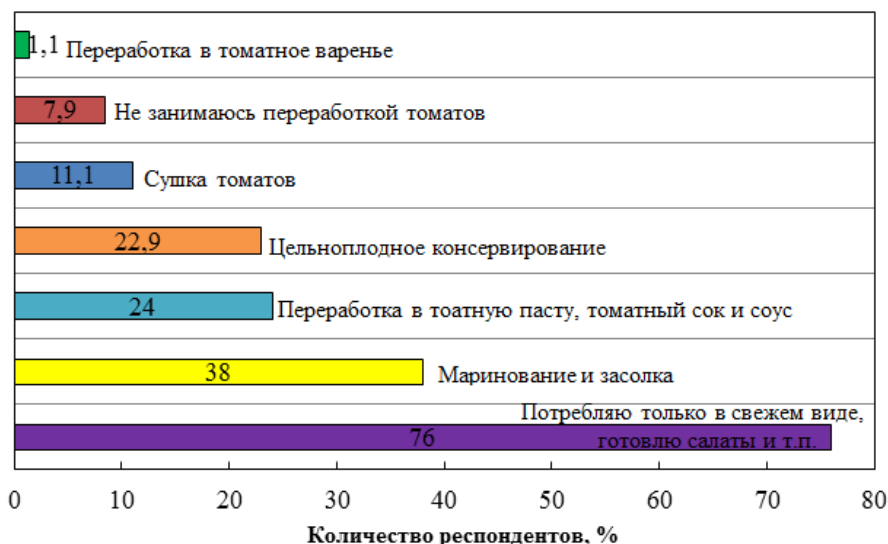


Рисунок 3.12 – Способы переработки томатов для их круглогодичного потребления (возможно несколько вариантов ответов от респондента)

Согласно требованиям ГОСТ 32065-2013 [73] массовая доля влаги в сушеных овощах должна составлять не более 14 %. Предварительные опыты по из-

мельчению сушеных томатов со значением остаточной влажности 13,5-14,0 % до порошкообразного состояния показали, что такие томаты частично остаются гибкими и разрушение их структуры путем измельчения на лабораторной мельнице становится весьма затруднительным. Для повышения эффективности процесса измельчения сушеных томатов для получения томатного порошка необходимо провести их досушку до состояния хрупкой текстуры при влажности 10 %.

Из представленного перечня технологических операций по получению сушеных томатов ($w = 14\%$) и томатного порошка ($w = 10\%$) (рис. 3.10) одним из важнейших и самых энергозатратных является процесс сушки томатов, который реализуется в ИК-сушильном шкафу (рис. 2.4, 2.5). Графики выхода сушильного шкафа на рабочий температурный режим в зависимости от заданной температуры и используемой ЭСУ представлены на рисунках 3.13 и 3.14.

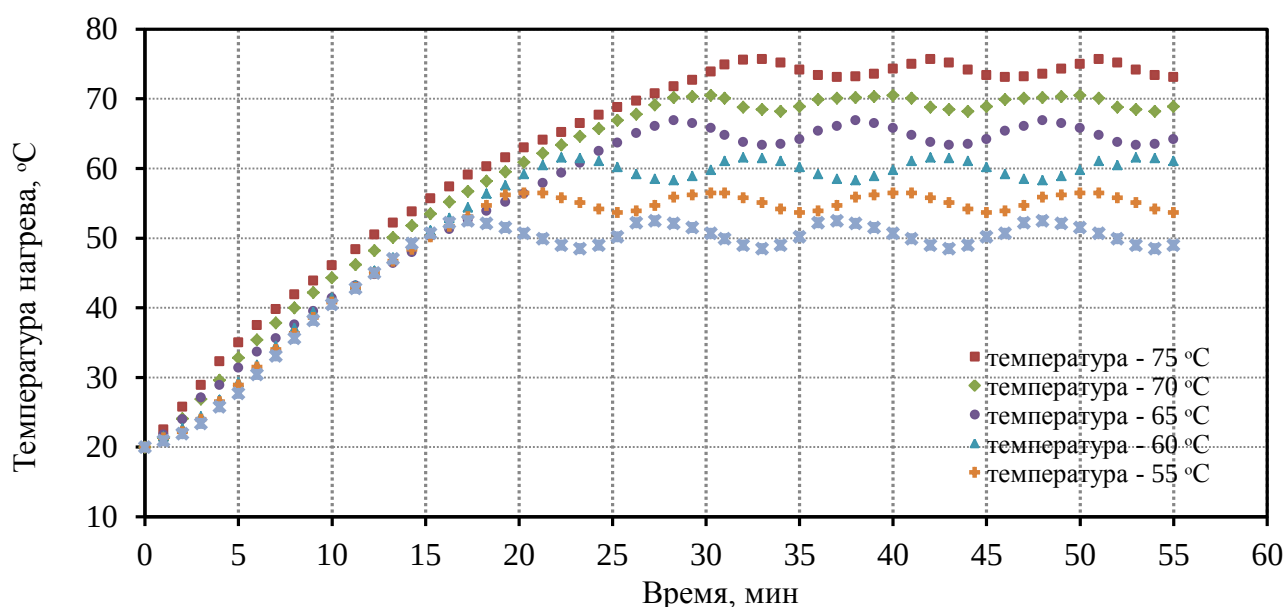


Рисунок 3.13 – График выхода сушильного шкафа

на рабочий режим в зависимости от заданной температуры (ЭСУ вариант 1)

Сушка томатов с использованием стандартной ЭСУ (рис. 2.8) осуществляется в режиме «нагрев – охлаждение» (рис. 3.13). При такой ЭСУ работа ТРН состоит из чередующихся циклов включения (нагрев) и отключения (пауза) нагревателей, что дает значительное снижение удельных расходов электрической энергии в отличие от режима при постоянном нагреве. Режим «нагрев – охлаждение» осуществляется следующим образом. При достижении заданной температуры

нагрева томатов система управления отключает ТРН, при этом температура нагрева инерционно продолжает расти по экспоненциальной кривой. Превышение температуры нагрева от заданного значения ($\Delta t = \pm 1-2\text{ }^{\circ}\text{C}$) называется зоной нечувствительности терморегулятора, при достижении которого начинается снижение температуры нагрева за счет работающего вентилятора для удаления влаги. При снижении температуры нагрева и достижении значения заданной температуры происходит повторное включение ТРН, но при этом так же, как при отключении продолжался незначительный рост, тут кривая нагрева продолжает снижаться на Δt и потом снова расти до заданного значения, при которой происходит повторное отключение ТРН. Причиной колебаний температуры нагрева на Δt от заданного значения является динамическое запаздывание по причине инерции термопары. В итоге в процессе сушки томатов кривая нагрева имеет вид пилообразной кривой около заданного значения температуры нагрева.

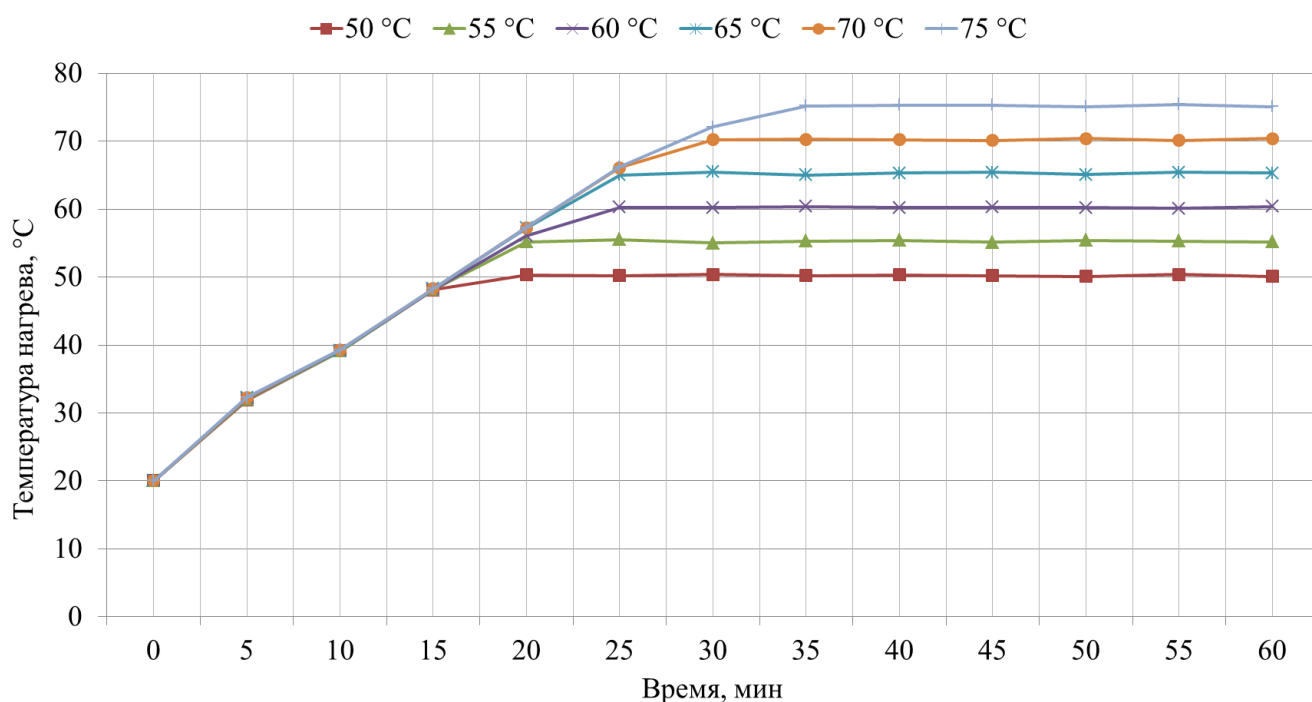


Рисунок 3.14 – График выхода сушильного шкафа

на рабочий режим в зависимости от заданной температуры (ЭСУ вариант 2)

В структуре энергосберегающей ЭСУ (рис. 3.14) конфигурация выхода терморегулятора для управления твердотельным реле представляет собой импульс напряжения для регулирования рабочей мощности ТРН. Кривая нагрева при такой

системе автоматического управления процессом сушки имеет сглаженный характер без существенных отклонений температуры нагрева от заданного значения. Перепады температур нагрева в процессе сушки томатов находятся в пределах от 59,8 °С до 60,5 °С.

Перед сушкой плоды томатов нарезают на восемь равных частей со средним размером 57×26×32 мм и массой $m = 20\text{--}22$ г. Опыты проводили при атмосферном давлении. Сушку долек томата осуществляли при температурах нагрева 50, 55, 60, 65, 70 и 75 °С.

В диссертации выбор рационального температурного режима ИК-сушки томатов проводился по органолептическим показателям (табл. 3.6), содержанию витамина С (рис. 3.15) и продолжительности процесса сушки (табл. 3.7, рис. 3.16–3.17). Выбор степени сохранности витамина С как определяющего показателя качества процесса сушки томатов обоснован тем, что данный витамин является одним из самых термолабильных при нагреве [12, 106, 109, 113].

Таблица 3.6 – Результаты органолептической оценки сушеных томатов

Показатель	Температура нагрева, °С					
	50	55	60	65	70	75
Цвет	5	5	5	4	4	3
Форма и консистенция	5	5	5	5	4	4
Вкус и запах	5	5	5	4	4	3
Всего	15	15	15	13	12	10

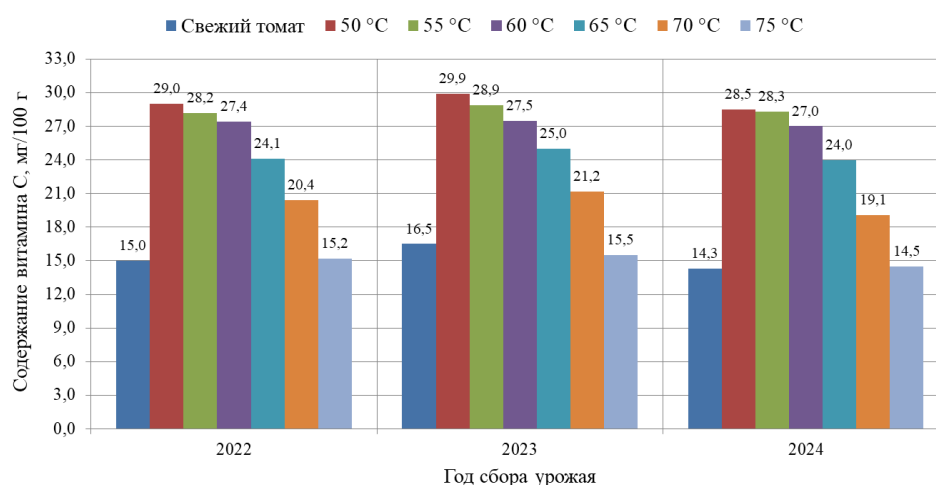


Рисунок 3.15 – Содержание витамина С в сушеных томатах в зависимости от температуры нагрева в процессе сушки

Таблица 3.7 – Продолжительность сушки томатов, мин

Год сбора томатов*	Влажность свежего томата, %	Вид готовой продукции и температура нагрева							
		сушеный томат		томатный порошок		сушеный томат		томатный порошок	
		τ, мин	w, %	τ, мин	w, %	τ, мин	w, %	τ, мин	w, %
		t = 50 °C				t = 55 °C			
2022 (1)	95	365	13,9	495	10,2	345	13,8	470	10,5
2023 (1)	92	340	13,9	465	10,3	335	13,9	445	10,6
2024 (1)	93	355	13,8	480	10,3	335	14,0	450	10,5
2024 (2)	93	340	14,0	470	10,4	325	14,0	435	10,4
		t = 60 °C				t = 65 °C			
2022 (1)	95	320	14,0	435	10,4	285	13,7	400	10,2
2023 (1)	92	305	13,9	405	10,4	270	13,9	360	10,3
2024 (1)	93	310	14,0	420	10,5	275	13,9	380	10,4
2024 (2)	93	300	13,9	400	10,5	265	13,9	360	10,4
		t = 70 °C				t = 75 °C			
2022 (1)	95	255	13,9	350	10,5	200	14,0	290	10,6
2023 (1)	92	240	14,0	320	10,1	295	13,9	270	10,5
2024 (1)	93	245	13,8	335	10,3	195	13,9	280	10,5
2024 (2)	93	235	13,8	315	10,4	185	13,9	260	10,4

*1 – стандартная ЭСУ; 2 – энергосберегающая ЭСУ.

При всех температурных режимах сушки получены сушеные томаты, массовая доля которых соответствует требованиям ГОСТ 32065-2013 [73]. Полученные результаты показывают, что увеличение температуры нагрева в процессе сушки томатов приводит к значительным потерям витамина С, особенно, большие потери наблюдаются при температуре нагрева свыше $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Среднее значение содержания витамина С в сушеных томатах по исследованиям сушки томатов сбора урожая 2022-2024 гг. для различных температур нагрева составило, мг/100 г: $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 29,1; $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 28,5; $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 27,3; $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 24,4; $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 20,2; $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 15,1.

Наибольшей органолептической оценкой (15 баллов из 15) обладают сушеные томаты, полученные при температурах нагрева в диапазоне от 50 до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Более высокая температура нагрева, как и в случае с содержанием витамина С, отрицательно влияет на цвет, вкус и запах готового продукта.

Как видно из полученных данных (табл. 3.6, 3.7, рис. 3.17) повышение температуры нагрева при сушке томатов приводит к ускорению процесса удаления влаги, но при этом наблюдается значительное снижение качества готовой продукции. И, наоборот, ИК-сушка томатов при более низких температурах дает кардинально противоположные результаты: процесс сушки по времени замедляется, но при этом на выходе получен сушеный продукт практически с исходными показателями.

телями качества. При таких обстоятельствах возникает выбор чему отдать предпочтение – энергосбережению или сохранению качества сушеного продукта. Оптимальным решением будет являться выбор температуры нагрева, при которой процесс сушки будет не слишком затянут по времени с одновременным сохранением качества сушеных томатов.

В ходе проведения экспериментальных исследований по сушке томатов каждые 30 минут производился замер влажности томатов, по средним значениям которых были построены кривые и скорости сушки, наглядно показывающие, что кривые и скорости сушки делятся на несколько участков: стадия прогрева; период постоянной скорости; период падающей скорости (рис. 3.16-3.17).

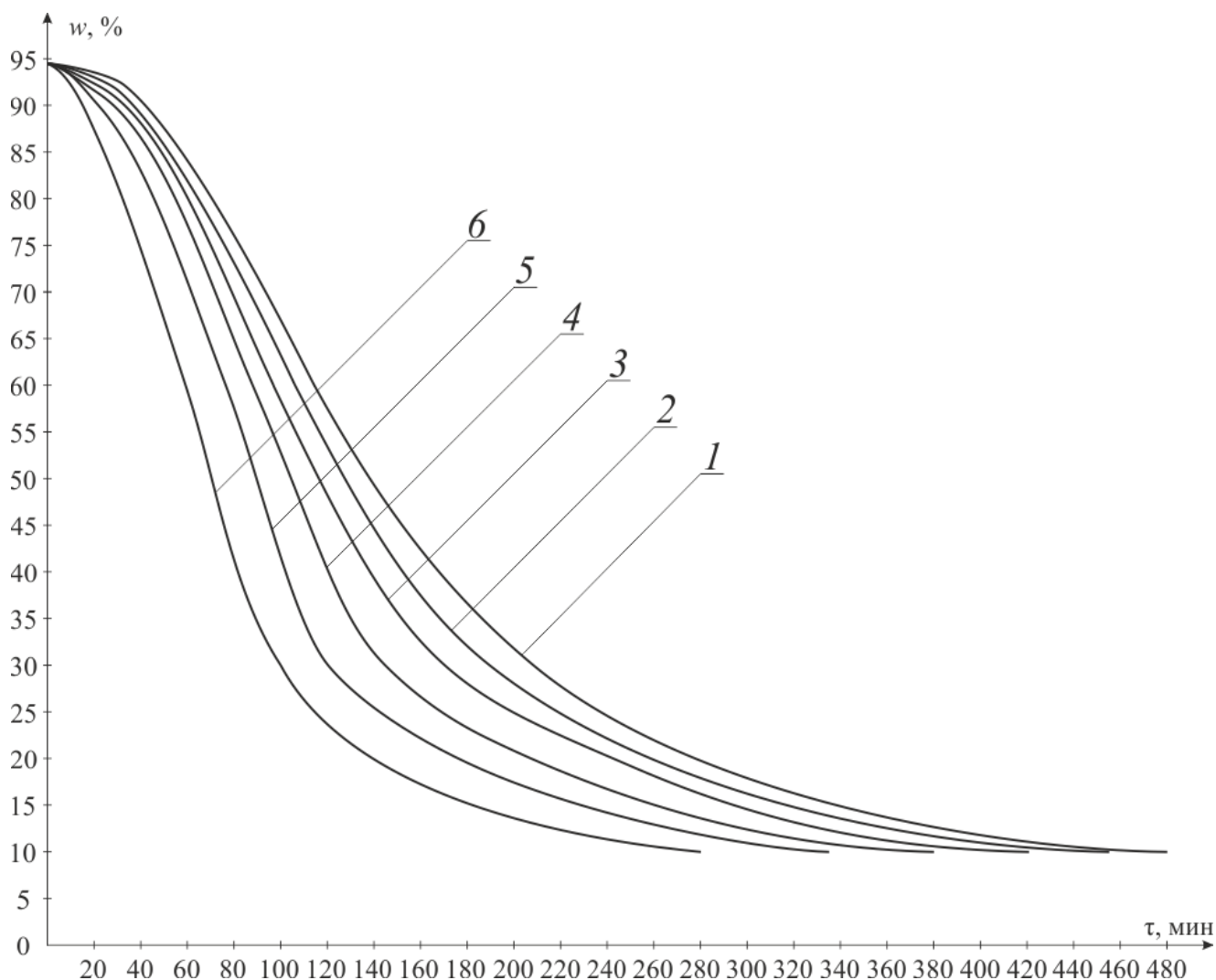


Рисунок 3.16 – Кривые сушки томата при различных температурах нагрева:

1 – 50 °C; 2 – 55 °C; 3 – 60 °C; 4 – 65 °C; 5 – 70 °C; 6 – 75 °C

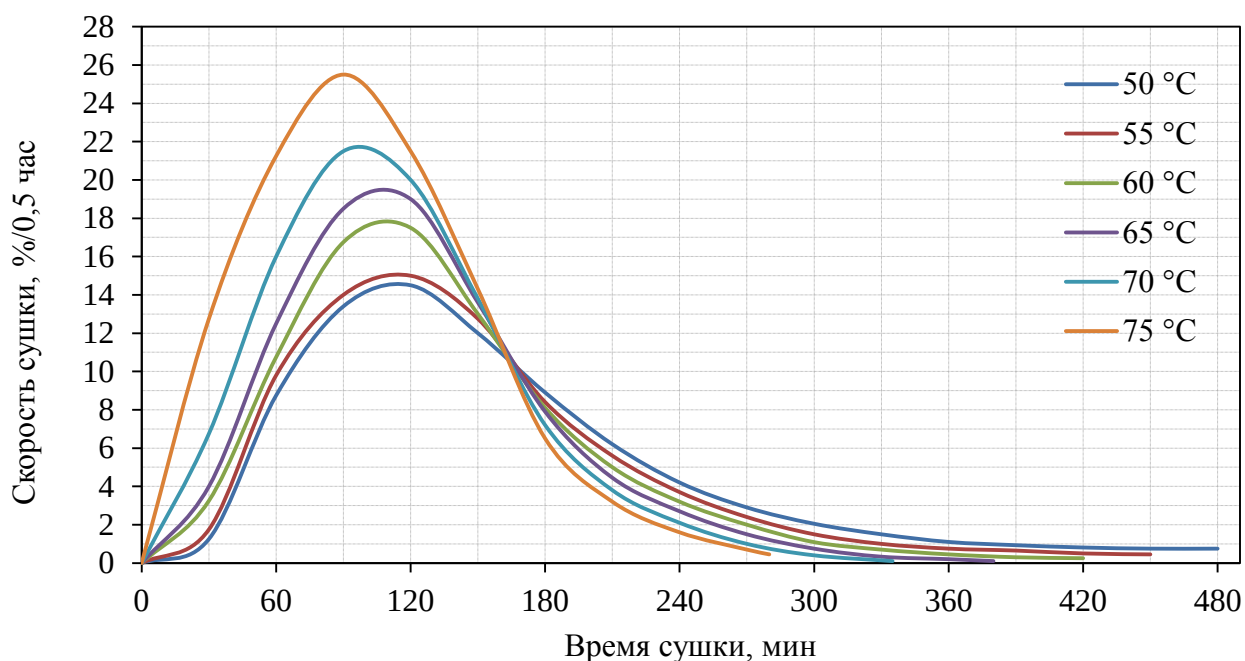


Рисунок 3.17 – Кривые скорости сушки томата

Томат, как объект ИК-сушки, имеет высокое содержание влаги. Среднее значение начальной влажности томата составляет 93 %, что соответствует 13,3 кг воды на 1 кг сухого вещества. По окончании процесса ИК-сушки томаты имеют влажность 10-14 %, что составляет в готовом продукте 0,11-0,16 кг воды (0,82-1,2 % всей влаги) на 1 кг сухого вещества.

Вначале процесса сушки, когда пищевые лотки с томатами только загружены в сушильный шкаф, содержание влаги уменьшается незначительно, т.к. происходит подогрев пищевого лотка и томатов (рис. 3.17). После прогрева убыль влаги в процессе сушки происходит с постоянной скоростью, в котором интенсивность влагоудаления напрямую зависит от температуры нагрева томатов. Для температуры нагрева 75 °C наибольшая скорость удаления влаги начинается практически с самого начала нагрева томатов и составляет 12 % за первые 30 минут сушки. Постоянная скорость сушки наблюдается при удалении гигроскопической влаги в диапазоне влажности томатов от 85 до 25-30 % в зависимости от температуры нагрева и составляет по продолжительности следующее время, мин: 50 °C – 165; 55 °C – 153; 60 °C – 138; 65 °C – 138; 70 °C – 121; 75 °C – 99. Процесс сушки продолжается до достижения в томатах равновесного влагосодержания. К концу процесса сушки (период падающей скорости сушки) влагоудаление замедляется в ви-

ду того, что в томатах остается только термодинамически связанная влага и убыль влаги в томатах становится практически одинаковой для всех температур нагрева. При удалении связанной влаги подводимая теплота расходуется не только на испарение влаги с поверхности томатов, но и тратиться на теплоту набухания для нарушения связи влаги с томатами.

По построенным кривым сушки томатов были получены уравнения регрессии, позволяющие определить содержание влаги в зависимости от времени в процессе ИК-сушки (табл. 3.8).

Таблица 3.8 – Уравнения по содержанию влаги для различных температур нагрева томатов в процессе сушки с использованием ТРН

№	Температура нагрева, °C	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации R^2
1	50	$w = -0,2094\tau + 85,912$	0,920
2	55	$w = -0,2222\tau + 85,247$	0,915
3	60	$w = -0,2365\tau + 84,519$	0,909
4	65	$w = -0,2628\tau + 83,926$	0,896
5	70	$w = -0,2951\tau + 82,721$	0,886
6	75	$w = -0,352\tau + 81,132$	0,884

На основании представленных выше результатов исследований по содержанию витамина С, органолептической оценке сушеных томатов и продолжительности процесса сушки рекомендована для дальнейшего исследования температура нагрева томатов в процессе ИК-сушки, *равная 60 °C*.

В процессе ИК-сушки вследствие удаления влаги происходит значительная усадка долек томата по линейным размерам, особенно это заметно по длине дольки, уменьшающейся с понижением влагосодержания на протяжении всего процесса сушки (рис. 3.18, 3.19) [33].

Изменение длины, ширины и высоты долек томатов с уменьшением влажности томатов происходит практически с линейной зависимостью, что имеет место при небольших перепадах содержания влаги внутри материала. В среднем уменьшение длины долек томата при сушке происходит в 1,8-2 раза, ширины – в 1,6-1,8 раза и высоты – в 2,1-2,3 раза.

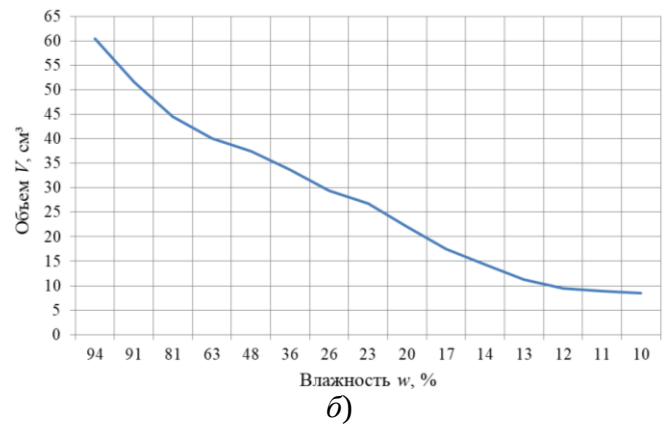
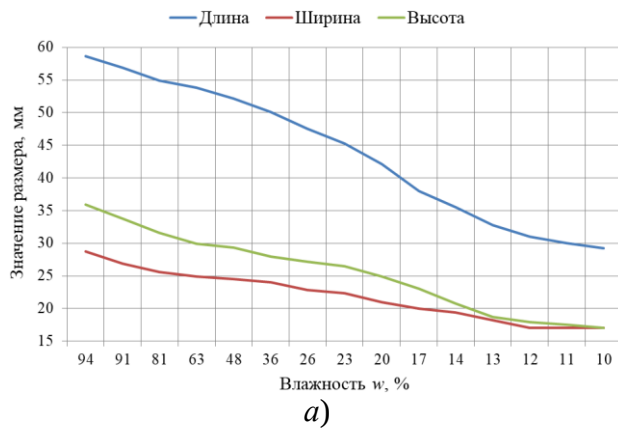


Рисунок 3.18 – Кривая усадки долек томатов при температуре сушки 60 °С

а) по длине, ширине и высоте долек; б) объемная усадка



а) 0 минут



б) 120 минут



в) 240 минут



г) 360 минут

Рисунок 3.19 – Фотографии долек томата в процессе сушки при $t = 60$ °С

Во избежание коробления (возникают при неравномерной сушке), разрывов и трещин (возникает при больших перепадах влаги в материале), сушка томата проведена в медленном режиме сушки с использованием ТРН, которые позволяют обеспечить равномерную сушку и небольшие перепады влаги внутри продукта.

3.2.2 Исследование энергетической эффективности

толстоплёночных резистивных нагревателей при сушке томатов

Для выбранной температуры сушки томатов $t = 60$ °С проведены исследования по энергетическим затратам в процессе работы сушильной установки при полной загрузке. Суммарное значение энергопотребления нагревателей и вентилятора в зависимости от ЭСХ представлено на рисунке 3.20.

Полученные значения по энергопотреблению сушильной установки свидетельствуют о том, что использование в качестве источников нагрева ТРН (12 шт.),

имеющих малую суммарную номинальную рабочую мощность (1200 Вт), дают значительно низкий уровень энергопотребления в независимости от применяемой ЭСУ по сравнению с существующими на отечественном рынке нагревательными элементами (рис. 3.20).

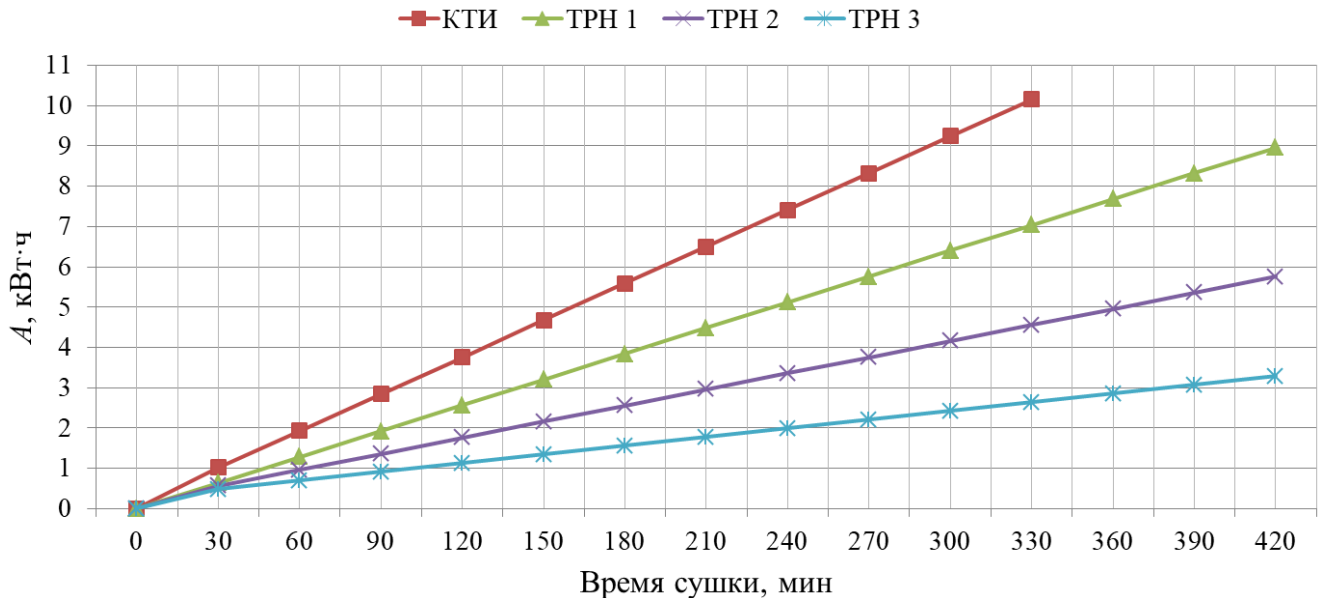


Рисунок 3.20 – Расход электрической энергии при сушке томатов в зависимости от типа нагревательного элемента и системы управления их работой:

КТИ – кварцевый трубчатый излучатель со стандартной ЭСУ;

ТРН 1 – толстоплёночный резистивный нагреватель в постоянном режиме работы; ТРН 2 – толстоплёночный резистивный нагреватель со стандартной ЭСУ;

ТРН 3 – толстоплёночный резистивный нагреватель с энергосберегающей ЭСУ

По сравнению с самыми распространенными ИК-излучателями, используемыми в большинстве сушильных установок, – кварцевыми трубчатыми излучателями (КТИ) по показателю энергопотребления в процессе влагоудаления ТРН значительно эффективнее. На российском рынке КТИ выпускают с минимальной номинальной мощностью 250 Вт, что изначально в 2,5 раза выше по энергопотреблению по сравнению с ТРН. В начале исследований (2021 г.) нами проводились пробные эксперименты по сушке томатов с использованием КТИ при различных температурах нагрева. Продолжительность сушки томатов до влажности 10,0-10,5 % с использованием КТИ со стандартной ЭСУ при $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ составил 330 минут при расходе электрической энергии 10,15 кВт·ч, несмотря на то, что

процесс сушки длился на 90 минут меньше. Данное обстоятельство в 2021 году в целях снижения себестоимости готовой продукции подтолкнуло нас на поиски энергетически эффективного нагревательного элемента по сравнению с традиционно используемыми ИК-излучателями. В итоге выбор был сделан в пользу нагревательных элементов с низким уровнем энергопотребления типа «толстоплёночный резистивный нагреватель» и продолжением исследований по сушке томатов с применением выбранных нагревателей.

Разовая загрузка по свежему помидору в экспериментальную сушильную установку равна 45 кг (1 лоток вмещает 4,5 кг помидоров), что составляет 41,85 кг воды и 3,15 кг сухого вещества. По окончании процесса сушки масса сушеных помидоров составляет 3,5-3,67 кг ($w = 10-14 \%$), соответственно, из помидоров удаляется 41,5-41,3 кг воды. При получении сушеных помидоров влажностью 10 % при использовании стандартной ЭСУ расход электрической энергии составил 5,76 кВт·ч, а при использовании энергосберегающей ЭСУ – 3,29 кВт·ч.

Для сравнения с полученными значениями энергопотребления при использовании ТРН нами дополнительно проведены эксперименты по сушке долек помидоров в постоянном режиме нагрева без применения разработанных ЭСУ (нагреватели включены в работу от начала и до конца процесса сушки). При таком режиме ИК-сушки расход электроэнергии составил 8,96 кВт.

Низкое значение энергопотребления ТРН с использованием стандартной ЭСУ (рис. 3.20) по сравнению с постоянным режимом сушки связано с тем, работа нагревателей происходит в осциллирующем режиме (рис. 3.21, 3.22). При таком режиме работы средняя потребляемая мощность сушильной установки зависит от соотношения интервалов времени работы τ_p и паузы τ_n [194]. В период паузы энергопотребление идет только при работе вентилятором для удаления испарившейся влаги.

Применение энергосберегающей ЭСУ (рис. 2.9), в которой терморегулятор подключен к ТРН через твердотельное реле, позволяет экономить потребляемую электрическую энергию еще эффективнее (рис. 3.20). Терморегулятор с твердотельным реле сочетает в себе функции по регулированию мощности коммутации,

автоматического диагностирования, автоматической установки и интеллектуального управления. Перечисленные функции позволяют поддерживать температуру нагрева при достижении заданного уровня с управлением работы ТРН по значению мощности в зависимости от температуры нагрева, что показано на рисунке 3.22 по значениям рабочего тока. При достижении заданной температуры нагрева $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (22 мин) терморегулятор поддерживает заданную температуру на протяжении всего процесса сушки томатов с регулированием мощности ТРН, которая в несколько раз ниже номинального значения.

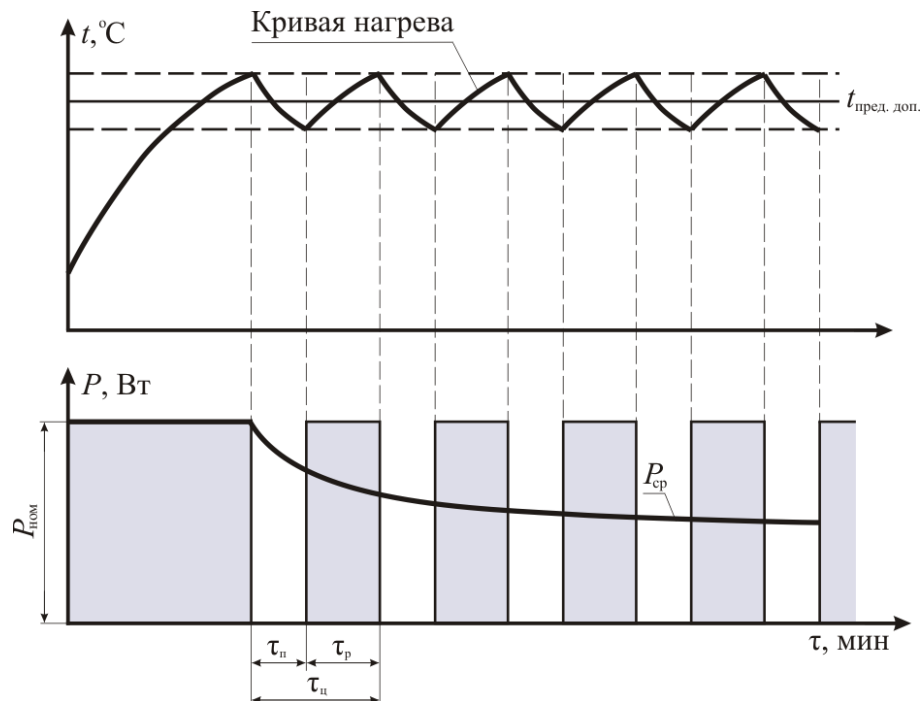
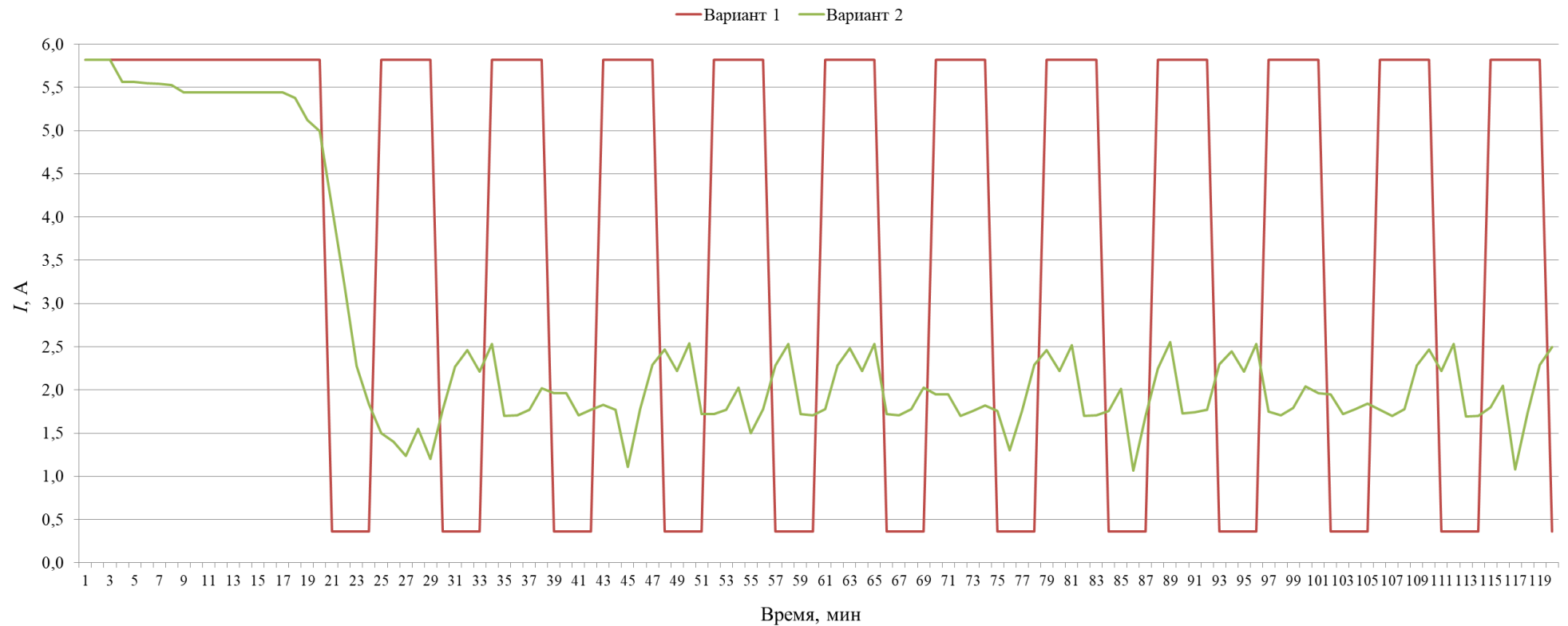


Рисунок 3.21 – Осциллирующий способ ИК-энергоподвода

Максимальный расход электрической энергии для ТРН при использовании энергосберегающей ЭСУ наблюдается в период разогрева сушильной установки до заданной температуры, и составляют $1,28\text{ кВт}\cdot\text{ч}$ (рис. 3.20, 3.22). Начиная с температуры нагрева, равной $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, начинается постепенное снижение значения потребляемого тока. После достижения температуры нагрева $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ энергопотребление нагревателей и вентилятора становится $0,405\text{ кВт}\cdot\text{ч}$, т.е. значение рабочего тока уменьшается в 3,16 раза. В таком режиме энергопотребления, обеспечиваемым терморегулятором с твердотельным реле, сушка томатов продолжается до ее окончания, что дает значительный эффект энергосбережения.



Дополнительным преимуществом, кроме высокой энергетической эффективности, нагревательного элемента типа ТРН, который относится по форме к плоским излучателям, является высокая равномерность нагрева по всей поверхности облучения (рис. 3.23), которая была изучена в работе путем изменения расстояния от ТРН до пищевого лотка с томатами (рис. 3.24).

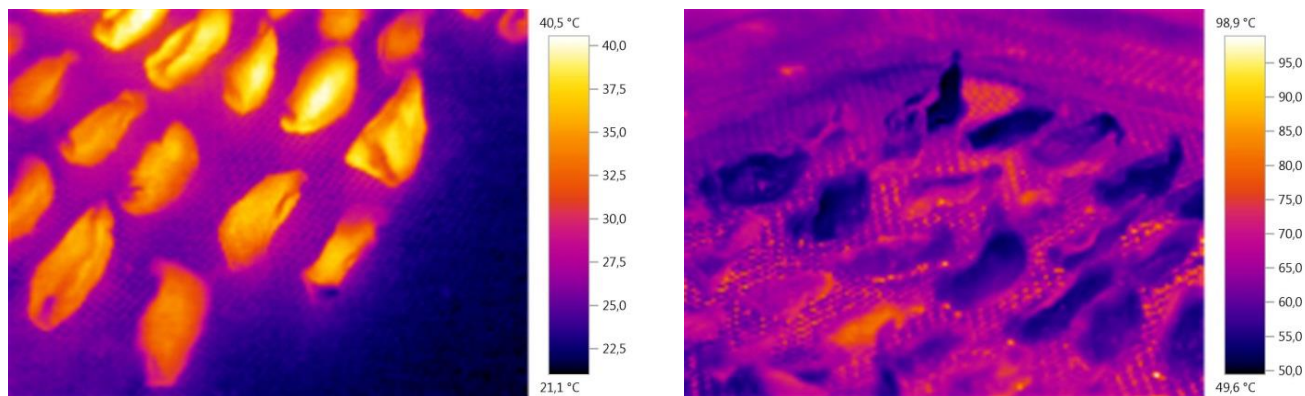


Рисунок 3.23 – Тепловое изображение долек томатов в процессе сушки

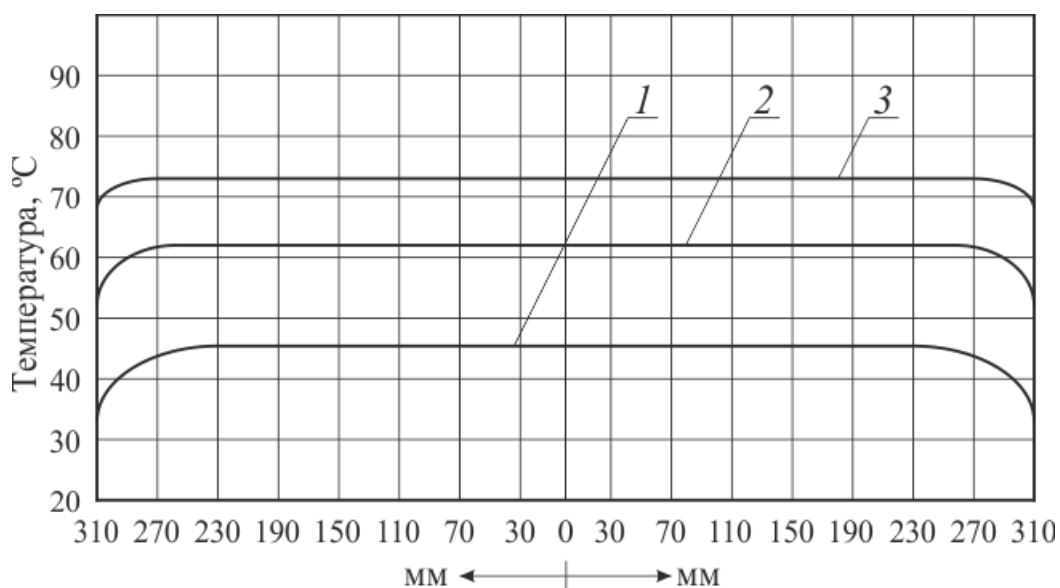


Рисунок 3.24 – Продольное сечение поля излучения
толсто пленочного резистивного нагревателя мощностью
для расстояний: 1 – 200 мм; 2 – 150 мм; 3 – 100 мм

На основе изучения полей температур нагрева (рис. 3.24) эффективным расстоянием размещения от ТРН до пищевых лотков с томатами в экспериментальной ИК-сушильной установке выбрано расстояние, равное 150 мм, которое обеспечивает незначительное превышение выбранной температуры нагрева 60 °C (на 1-2 °C). Как видно из рисунка 3.24 на расстоянии 200 мм от ТРН до пищевого

лотка с томатами температура нагрева составляет 44-46 °С, что не обеспечивает в полной мере необходимую интенсивность процесса сушки. На расстоянии 100 мм температура нагрева равна 72-75 °С, но, как показали исследования данная температура нагрева, несмотря на непродолжительность сушки, отрицательно влияет на качество готового продукта.

Исследования по расходу электрической энергии при применении ТРН в процессе сушки томатов показали их высокую энергетическую эффективность. Для внедрения в производство рекомендуется в сушильных установках применять в качестве нагревательных элементов толсто пленочные резистивные нагреватели с использованием разработанной энергосберегающей электрической системы управления процессом ИК-сушки томатов.

3.2.3 Исследование параметров измельчения сушеных томатов при получении томатного порошка

Томатный порошок получают путем измельчения сушеных томатов (рис. 3.25) до порошкообразного состояния с помощью лабораторной центробежной мельницы. Последовательность операций по получению томатного порошка из сушеных томатов показана на рисунке 3.26 [8].



Рисунок 3.25 – Внешний вид сушеного томата перед помолом в мельнице (а) и его микроструктура (увеличение x100) (б)



Рисунок 3.26 – Последовательность операций по получению томатного порошка и условия его хранения

При измельчении сушеных томатов ставилась задача определения времени измельчения и размера частиц порошка. Опыты по времени измельчения проводили в диапазоне от 1 до 5 минут. Результаты по распределению частиц при измельчении сушеных томатов, температуре нагрева, остаточной массе томатного порошка в зависимости от времени помола, а также его внешний вид и микроструктура представлены на рисунках 3.27-3.29.

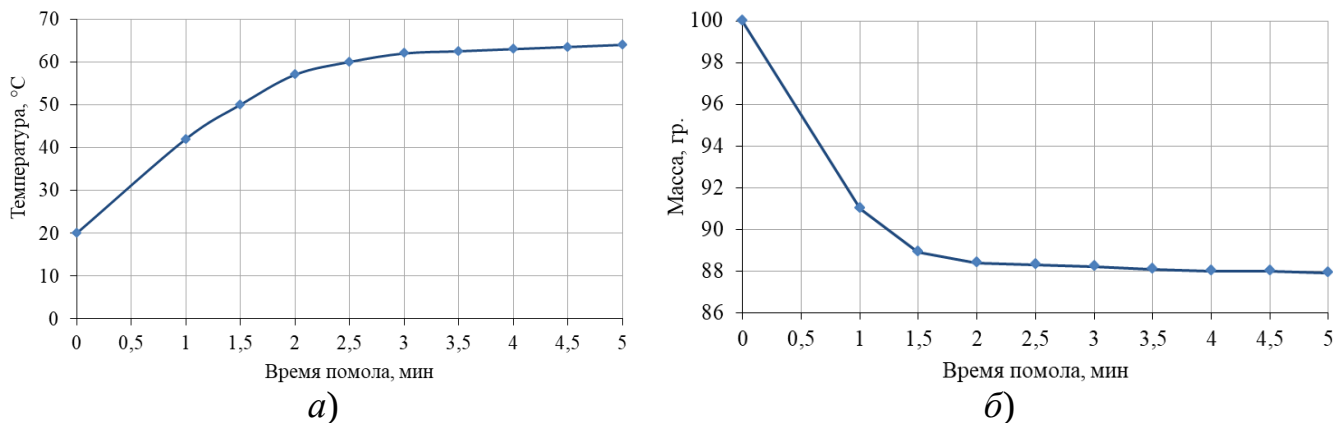


Рисунок 3.27 – Зависимость температуры нагрева порошка (а) и массы порошка в камере мельницы от времени измельчения (б)

При анализе полученных результатов измельчения сушеных томатов до порошкообразного состояния выявлено, что в исследуемом образце имеется наличие трех мод. Можно предположить, что это является отражением трех разных частей сушеного томата: мякоть, косточки и кожура.

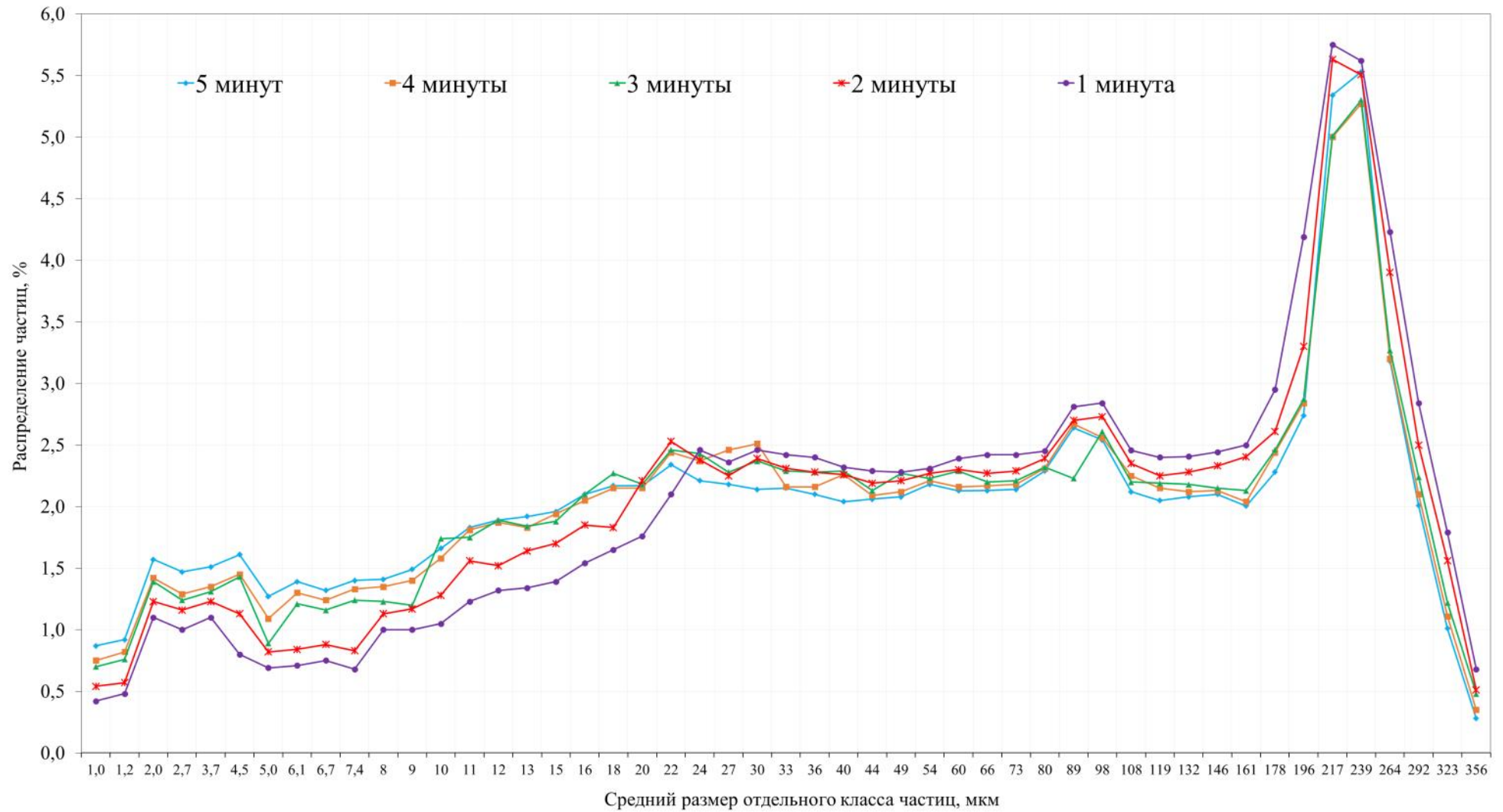


Рисунок 3.28 – Размер частиц томатного порошка в зависимости от времени измельчения

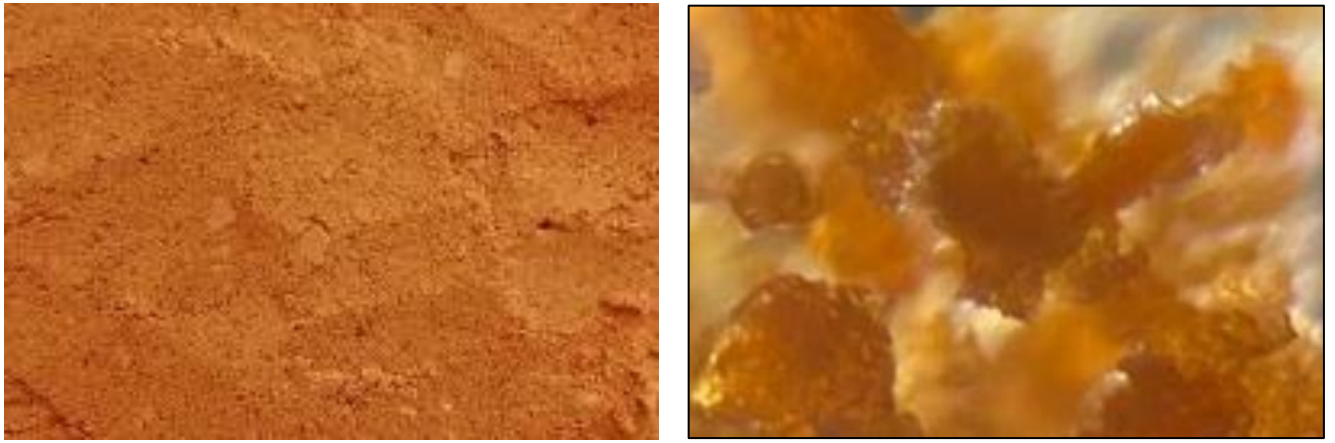


Рисунок 3.29 – Внешний вид томатного порошка
и его микроструктура (увеличение $\times 100$) (e)

По причине тримодального распределения среднеквадратичное отклонение приблизительно равно среднему арифметическому. При измельчении сушеных томатов в течение 1 мин средний размер частиц находится в диапазоне 280-300 мкм, 2 мин – 240-260 мкм, 3 мин – 200-220 мкм, 4 мин – 185-190 мкм, 5 мин – 170-180 мкм. По полученным данным можно констатировать, что после 4 мин измельчения сушеных томатов средний размер частиц изменяется незначительно. Данное время измельчения можно принять, как оптимальное. Полученный средний размер частиц томатного порошка близок среднему размеру пшеничной муки, что позволяет заменять их в необходимом количестве при приготовлении различных пищевых продуктов.

Данные графика рисунка 3.27 (a) констатируют, что с увеличением времени измельчения сушеных томатов в течение 4 мин их температура нагрева увеличивается от начальной температуры 20 °С до температуры 62 °С, что допустимо с точки зрения сохранения витаминов. После 3 мин измельчения и далее по времени температура нагрева и масса полученного томатного порошка практически не изменяются. Масса томатного порошка после измельчения 100 г сушеных томатов составляет в среднем 88-89 г.

3.2.4 Исследование характеристик сушеных томатов и томатного порошка инфракрасной сушки

Сушеные томаты и томатный порошок, полученные с использованием ИК-сушки и с соблюдением санитарных норм и правил, были исследованы на органолептические показатели и показатели безопасности (табл. 3.9-3.10).

Таблица 3.9 – Органолептические показатели готовой продукции

Показатель	Сушеный томат	Томатный порошок
Внешний вид и консистенция	Кусочки различной формы, целые, сохраняющие свою форму при укладке в тару и транспортировании, эластичные, имеется легкая хрупкость	Порошкообразная и однородная сыпучая масса
Цвет	От темно-красного до красного, однородный, насыщенный, местами имеются белые пятна от сердцевины	Бледный коричнево-оранжевый
Вкус и запах	Свойственный томатам без посторонних привкусов и запахов	Свойственный сушеным томатам без посторонних привкусов и запахов

Таблица 3.10 – Показатели безопасности готовой продукции

Наименование показателя	Норматив	Результат испытания	
		Сушеный томат	Томатный порошок
Токсичные элементы, мг/кг			
Кадмий	не более 0,03	< 0,01	< 0,01
Мышьяк	не более 0,2	менее 0,025	менее 0,025
Ртуть	не более 0,02	< 0,0025	< 0,0025
Свинец	не более 0,5	< 0,01	< 0,01
Пестициды, мг/кг			
ГХЦГ α	не более 0,5	менее 0,001	менее 0,001
ГХЦГ β	не более 0,5	менее 0,001	менее 0,001
ГХЦГ γ	не более 0,5	менее 0,001	менее 0,001
ДДТ и его метаболиты	не более 0,1	менее 0,001	менее 0,001
Микробиологические показатели			
B. cereus	-	не обнаружено	не обнаружено
S. aureus	-	не обнаружено	не обнаружено
БГКП	в 0,01 г не допускаются	не обнаружено	не обнаружено
КМАФАнМ, КОЕ/г	не более 5,0×10 ⁵	0,5×10 ²	0,8×10 ²
Плесени, КОЕ/г	не более 100	не обнаружено	не обнаружено

Результаты исследований сушеного томата и томатного порошка на содержание токсичных элементов и пестицидов, а также исследование микробиологи-

ческих показателей, представленные в таблице 3.10, показывают, что данные показатели не превышает требований, установленных ТР ТС 021/2011 [183].

Для обоснования целесообразности использования сушеных томатов и томатного порошка при приготовлении различных пищевых продуктов проведено определение в них количества витаминов, минеральных веществ и аминокислот. Результаты анализов представлены в таблицах 3.11-3.13.

Таблица 3.11 – Витаминный состав сушеных томатов и томатного порошка

Витамин	Результат испытания, мг/100 г	
	Сушеный томат	Томатный порошок
Витамин А	0,3±0,04	0,31±0,06
Витамин В ₁ (тиамин)	0,24±0,04	0,25±0,04
Витамин В ₂ (рибофлавин)	0,19±0,02	0,2±0,04
Витамин В ₆ (пиридоксин)	0,26±0,04	0,27±0,04
Витамин В ₁₂ (цианокобаламин)	< 0,001	< 0,001
Витамин Е	1,19±0,2	1,22±0,2
Витамин С (аскорбиновая кислота)	28,5±3,12	29,0±3,12

Таблица 3.12 – Содержание минеральных веществ в сушеных томатах и томатном порошке

Наименование показателя	Содержание в 100 г	
	Сушеный томат	Томатный порошок
Макроэлементы, мг		
Кальций (Ca)	728	752
Магний (Mg)	1520	1560
Калий (K)	3850	3720
Натрий (Na)	350	370
Микроэлементы, мг		
Железо (Fe)	53	55
Цинк (Zn)	15,0±9,0	15,0±9,0
Медь (Cu)	2,1	2,4
Марганец (Mn)	18,0±11,0	19,0±11,0

Данные, представленные в таблице 3.11, показывают, что томатный порошок содержит в достаточном количестве витамины разных групп. Количественный состав витаминов в томатном порошке значительно отличается от состава свежих томатов (табл. 3.5), что объясняется повышением концентрации сухих веществ после удаления влаги из томата. Обоснованно выбранная температура нагрева томатов позволила обеспечить высокий уровень сохранности витаминов.

Концентрация витаминов в томатном порошке по сравнению со свежими томатами в среднем повышается: в 1,3 раза – витамин А; в 1,5 раза – витамин В₂; в 2,0 раза – витамины Е и С; в 2,1 раза – витамины В₁ и В₆. Сушеные томаты на 28,5-29,0 % удовлетворяют суточную потребность различных групп населения в витамине С.

Таблица 3.13 – Содержание аминокислот в сушеных томатах и томатном порошке

Наименование показателя	Массовая доля, %	
	Сушеный томат	Томатный порошок
Глутамин	1,19±0,48	1,53±0,61
Аспаргин	0,89±0,36	0,52±0,21
Треонин	< 0,5 (0,28)	1,13±0,25
Лизин	< 0,25 (0,12)	< 0,25 (0,12)
Лейцин и изолейцин	0,26±0,07	1,63±0,42
Глицин	0,27±0,09	0,30±0,10
Валин	< 0,5	< 0,5
Тирозин	< 0,25 (0,08)	< 0,25 (0,08)

Полученные данные по минеральным веществам в сушеном томате и порошке показывают содержание в них в значительном количестве макро- и микроэлементов (табл. 3.12). Из макроэлементов в количественном содержании явно выделяются магний и калий, а из микроэлементов – железо. Суточная степень удовлетворения мужчин и женщин старше 18 лет в минеральных веществах при потреблении 100 г сушеных томатов составит, %: Са – 72,8; Mg – 361,9; К – 110; Na – 26,9; Fe – 530; Zn – 200; Cu – 210; Mn – 1450.

Сведения по содержанию аминокислот в томатах (табл. 3.13) указывает на содержание в них комплекса незаменимых аминокислот, что дополняет сведения о биологической ценности полученной продукции [25].

Для установления срока годности сухих томатов при хранении было проведено исследование томатов на содержание витамина С (рис. 3.30). Сухие томаты, герметично упакованные в полимерные пакеты, были заложены на хранение в закрытый шкаф сухого, чистого и проветриваемого помещения кафедры энергообеспечения и теплотехники при влажности воздуха 40-60 % и температуре воздуха 20±2 °С.

Содержание витамина С в сухих томатах после одного года хранения снизилось в исследуемых образцах на 19-25 % (рис. 3.30), при этом органолептические показатели качества сухих томатов не изменились. Снижение содержания витамина С могло быть связано с окислительными процессами, проходящими в сухих томатах. Незначительное снижение витамина С позволяет судить о том, что полученный продукт можно хранить в течение года при соблюдении необходимых условий.

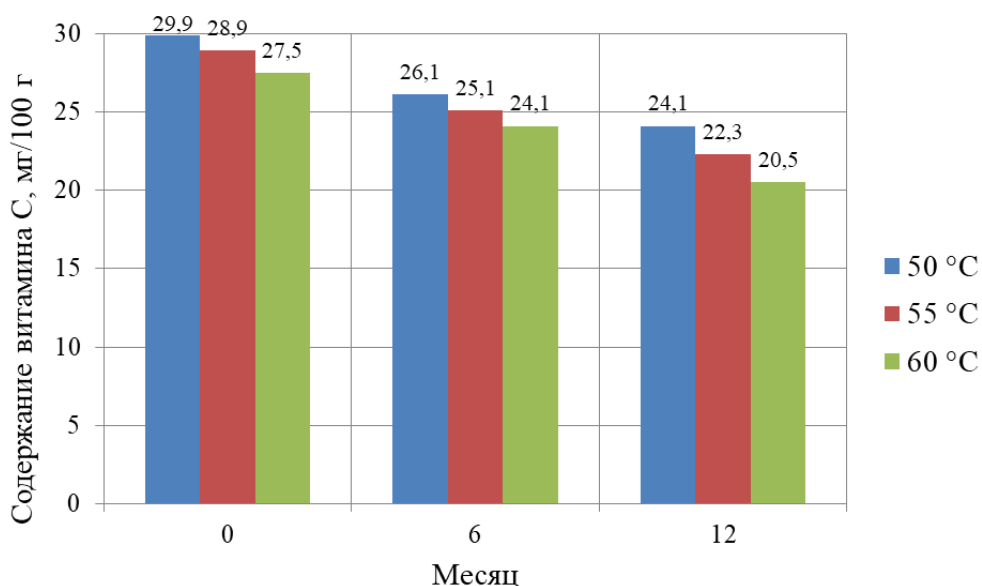


Рисунок 3.30 – Содержание витамина С в сушеных томатах в зависимости от сроков хранения

Таким образом, все вышеприведенные показатели по витаминному, минеральному и аминокислотному составу в сушеных томатах и томатном порошке создают предпосылки для использования переработанных томатов с использованием ИК-сушки при приготовлении различных пищевых продуктов. На рисунке 3.31 представлены направления использования сушеных томатных долек и томатного порошка.

Использование томатного порошка представлено ниже на примере приготовления печенья [24, 177]. Выбор данного продукта в качестве примера сделан на основе проведенного опроса (прил. А), который показал о большом проявленном интересе респондентов к печенью. Для приготовления печенья с томатным порошком использовались мука пшеничная по ГОСТ 26574-2017 [63], сахарная

пудра – ГОСТ 33222-2015 [78], ванильный сахар – СТО 23613946-011-2017, масло сливочное – ГОСТ 32261-2013 [75], томатный порошок – ТУ 10.61.23-004-00492919-2022 (прил. Г).

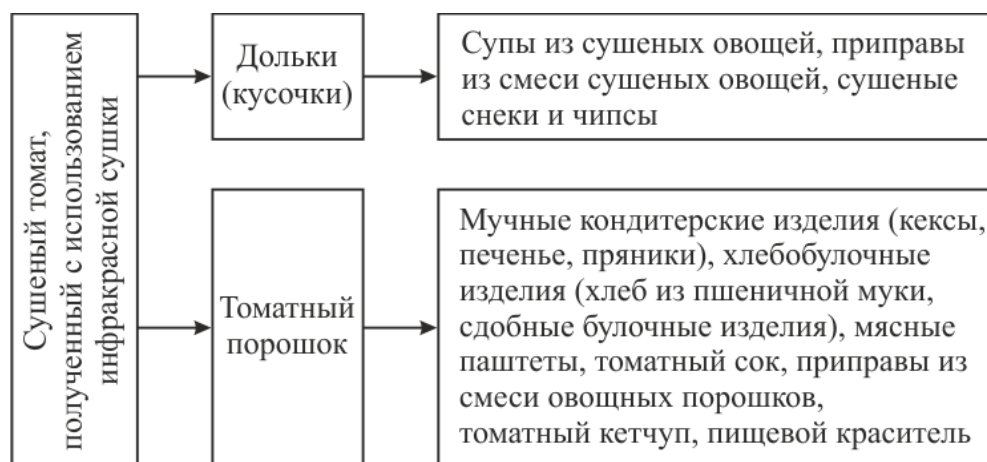


Рисунок 3.31 – Направления использования томатов ИК-сушки

Для использования и обоснования компонентного состава мучной смеси при приготовлении печенья в работе было изучено влияние различных дозировок томатного порошка взамен части пшеничной муки на органолептические показатели и пищевую ценность печенья. При приготовлении печенья проводилась замена части пшеничной муки на томатный порошок в количестве от 5 до 15 % к общей массе мучной смеси (табл. 3.14).

Таблица 3.14 – Соотношение рецептурных компонентов смеси

Сырье	Расход сырья, кг			
	Контроль	Замена пшеничной муки на томатный порошок		
		5 %	10 %	15 %
Мука пшеничная	50	47,5	45	42,5
Сахарная пудра	16,6	16,6	16,6	16,6
Ванильный сахар	1,6	1,6	1,6	1,6
Масло сливочное	33,3	33,3	33,3	33,3
Томатный порошок	-	2,5	5	7,5

Технологический процесс приготовления печенья включает в себя следующие стадии (рис. 3.32) [19]:

- смешивание рецептурных компонентов;
- формирование тестовой заготовки в виде гладкой шарообразной формы;

- охлаждение тестовой заготовки в холодильнике в течение 20-30 минут;
- формирование из тестовых заготовок печенья, выпечка при температуре 180 °С в течение 15-20 минут;
- выдержка на противне до комнатной температуры, упаковка.

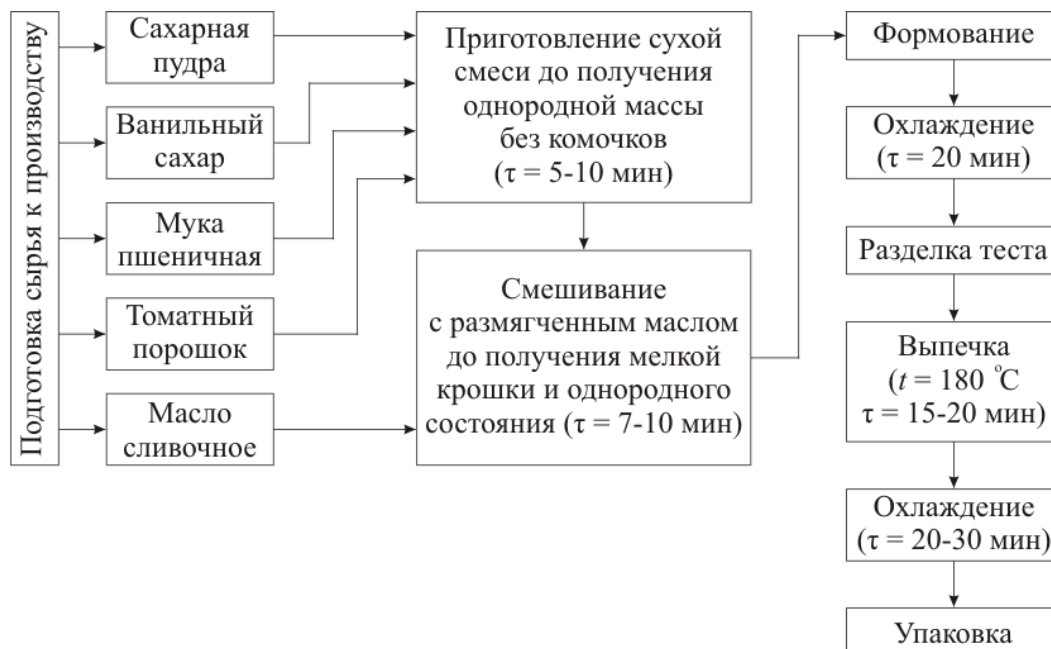


Рисунок 3.32 – Принципиальная схема
получения печенья с использованием томатного порошка

После смешивания всех ингредиентов до получения однородной консистенции, из полученного теста формируется шар. Далее шар обваливается в муке и отправляется для охлаждения в холодильник на 20-30 минут. По истечению данного времени тесто готово к использованию (рис. 3.33). Тесто получается мягким, но очень рыхлым, поэтому без резких движений его аккуратно раскатывают и формируют печенье, печенье размещают на противень и помещают в духовку. Печенье выпекается при температуре 180 °С в течение 15-20 минут. Печенье очень рассыпчатое, поэтому для сохранности формы печенья, необходимо оставить его на противне до полного остывания [7, 29].

Тесто, полученное с добавлением томатного порошка, отличается по цвету от контрольного образца и приобретает коричневый окрас (рис. 3.33, б). По консистенции и структуре тесто с томатным порошком по сравнению с контрольным образцом более плотное и с запахом томатной пасты.



а) б)
Рисунок 3.33 – Внешний вид теста:

а) контрольный образец; б) с добавлением томатного порошка

Органолептические показатели готовых образцов печенья представлены в таблице 3.15. Установлено, что все опытные образцы печенья по всем показателям соответствуют требованиям ГОСТ 24901-2014 [61]. Печенье, полученное с добавлением томатного порошка, имеет приятный томатный запах, окрас печенья от светло-коричневых до темно-коричневых оттенков. Форма печенья более правильная. Данное печенье более мягкое после выпечки. Контрольный образец печенья по структуре более хрупкий и плотный [7].

Таблица 3.15 – Органолептические показатели печенья

Наименование показателя	Характеристика печенья			
	Контрольный образец	Замена муки пшеничной на томатный порошок		
		5 %	10 %	15 %
1	2	3	4	5
Вкус и запах	Свойственные вкусу и запаху компонентов, входящих в рецептуру печенья, без посторонних привкуса и запаха	Свойственные вкусу и запаху компонентов, входящих в рецептуру печенья, с привкусом и запахом томатного порошка	Свойственные вкусу и запаху компонентов, входящих в рецептуру печенья, с привкусом и запахом томатного порошка	Свойственные вкусу и запаху компонентов, входящих в рецептуру печенья, с привкусом и запахом томатного порошка
Форма	Плоская, без вмятин, вздутий и повреждений края	Плоская, без вмятин, вздутий и повреждений края	Плоская, без вмятин, вздутий и повреждений края	Плоская, без вмятин, вздутий и повреждений края
Поверхность	Гладкая, с четким не расплывшимся оттиском рисунка на верхней поверхности	Гладкая, с четким не расплывшимся оттиском рисунка на верхней поверхности	Гладкая, с четким не расплывшимся оттиском рисунка на верхней поверхности	Гладкая, с четким не расплывшимся оттиском рисунка на верхней поверхности

1	2	3	4	5
Цвет	Светло-желтый с более темной окраской краев печенья	Светло желтовато-коричневый	Умеренно желто-коричневый	Темно-коричневый
Вид в изломе	Пропеченное печенье с различной пористой структурой, без пустот и следов непромеса	Пропеченное печенье с различной пористой структурой, без пустот и следов непромеса	Пропеченное печенье с различной пористой структурой, без пустот и следов непромеса	Пропеченное печенье с различной пористой структурой, без пустот и следов непромеса

Для оценки печенья с различной дозировкой томатного порошка проведена его дегустация [50]. Полученные результаты по органолептическим свойствам печенья представлены на рисунке 3.34, из которого можно увидеть, что печенье с 10 % добавлением порошка имеет наибольшие средние баллы по пяти показателям. При участии соискателя в различных выставках г. Иркутска дополнительно к основным исследованиям проведены дегустации печенья с добавлением томатного порошка среди посетителей выставок, результаты которых носят информативный характер и представлены в приложении Б [21].

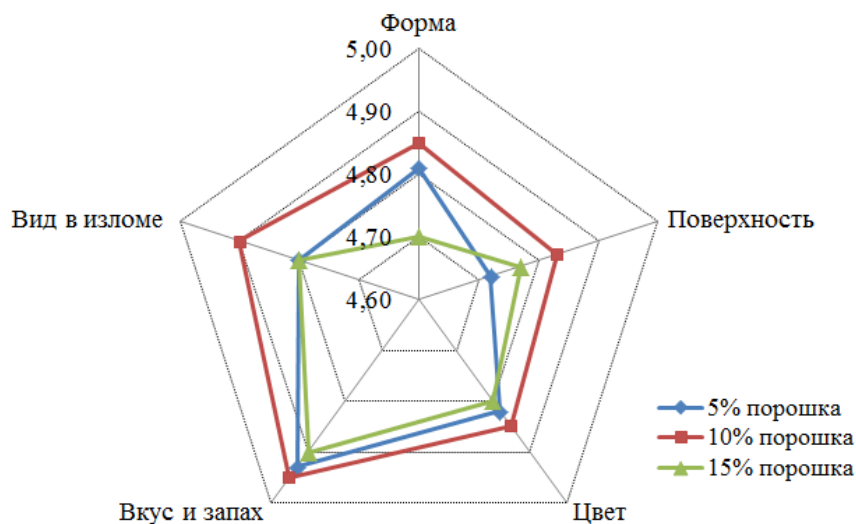


Рисунок 3.34 – Профилограмма органолептических свойств печенья

Результаты исследования показали, что применение томатного порошка в рецептуре печенья весьма перспективно. Печенье с добавлением томатного порошка отличается более высокой пищевой ценностью. Рациональной дозировкой томатного порошка взамен пшеничной муки с учетом органолептических свойств

и дегустационной оценки принято значение 10 %. Внешний вид печенья, приготовленного при соотношении пшеничной муки и томатного порошка 90:10 представлен на рисунке 3.35 [8].



а)



б)

Рисунок 3.35 – Внешний вид печенья: а) контрольный образец;

б) с добавлением томатного порошка в количестве 10 %

Изучение микроструктуры контрольного и опытного образцов печенья при 100-кратном увеличении наглядно показали изменение цвета печенья при внесении томатного порошка взамен пшеничной муки (рис. 3.36) [28].



а) контрольный образец печенья



б) печенье с добавлением порошка

Рисунок 3.36 – Микроструктура сушеных томатов и печенья (увеличение x100)

Состав и количество витаминов в контрольном образце и в печенье с томатным порошком представлено в таблице 3.16. Сравнительная оценка представленных образцов показывает, что в печенье с томатным порошком содержание витамина С возрастает в 6 раз [7].

Таблица 3.16 – Витаминный состав контрольного и опытного печенья

№ п/п	Показатель	Результаты исследования, мг/100 г	
		Контрольный образец	Печенье с добавлением томатного порошка
1	Витамин А	0,17±0,02	0,20±0,02
2	Витамин В ₁	0,06±0,01	0,07±0,01
3	Витамин В ₂	0,02±0,004	0,02±0,004
4	Витамин В ₆	0,06±0,01	0,06±0,008
5	Витамин Е	0,73±0,10	0,83±0,10
6	Витамин С	0,80±0,10	5,12±0,74

Приготовленное печенье с добавлением томатного порошка проверено на контроль безопасности (табл. 3.17, 3.18) [25]. Сведения из таблиц 3.17 и 3.18 свидетельствуют, что содержание токсичных элементов, пестицидов и допустимый уровень микробиологических показателей в печенье не превышает норм, установленных ТР ТС 021/2011 [183].

Таблица 3.17 – Содержание токсичных элементов и пестицидов печенья с томатным порошком

№ п/п	Наименование показателя	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Результат испытания, мг/кг
1	Свинец	0,5	менее 0,02
2	Мышьяк	0,3	менее 0,05
3	Кадмий	0,1	менее 0,003
4	Ртуть	0,02	менее 0,0025
5	ДДТ и его метаболиты	0,02	менее 0,005
6	Гексахлорциклогексан (альфа-, бета-, гамма-изомеры)	0,2	менее 0,005

Таблица 3.18 – Микробиологические показатели печенья с томатным порошком

№ п/п	Наименование показателя	Допустимый уровень	Результат испытания
1	<i>S. aureus</i> , г	не допускается в 0,1 г	не обнаружено в 0,1 г
2	БГКП (колиформы), г	не допускается в 0,1 г	не обнаружено в 0,1 г
3	КМАФАнМ, КОЕ/г	не более 1×10^4	менее $1,0 \times 10^{-1}$
4	Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, г	не допускается в 25 г	бактерии р. <i>Salmonella</i> не обнаружены
5	Плесени, КОЕ/г	не более 50	не обнаружено

Данные таблиц 3.17-3.18 позволяют рекомендовать печенье с добавлением томатного порошка к использованию в рационе питания человека.

В рамках дополнительной информации к проведенным исследованиям нами был изучен вопрос насколько население региона знакомо с понятием «томатный порошок» и могло ли бы их заинтересовать мучные кондитерские изделия (МКИ) с добавлением томатного порошка (рис. 3.37).

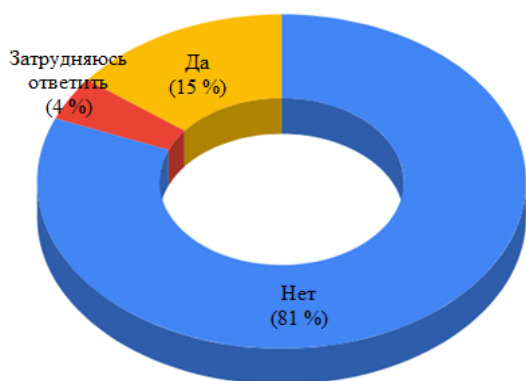


Рисунок 3.37 – Ответы на вопрос
«Знаком ли Вам термин
«томатный порошок (мука)»?»

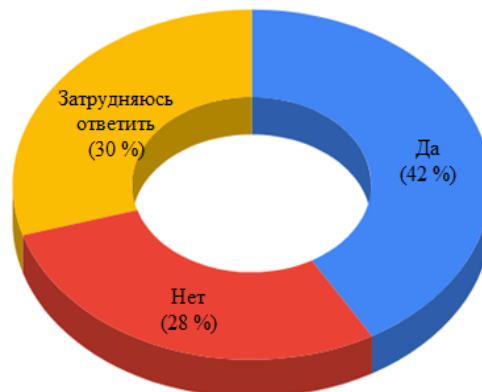


Рисунок 3.38 – Ответы на вопрос
«Заинтересовало бы Вас печенье с
добавлением томатного порошка»

Выявлено, что о существовании томатного порошка не знают до 81 % населения. Интерес к МКИ с добавлением томатного порошка, в том числе и к печенье, проявила большая часть потребителей – 42 % (рис. 3.38). Ответы «нет» и «затрудняюсь ответить» разделились практически поровну и равны, соответственно, 28 и 30 %, что объясняется тем, что многие слабо информированы о пользе применения плодоовощных порошков при приготовлении МКИ (прил. А)

3.5 Разработка технологии получения сушеных томатов и томатного порошка

Результаты теоретических и экспериментальных исследований послужили основой для разработки аппаратурно-технологической схемы производства сушеных томатов и томатного порошка с использованием ИК-излучения (рис. 3.39) [6, 9, 11, 30, 32, 152, 176].

Описание технологии получения сушеных томатов и томатного порошка.
Транспортировка свежих томатов до места переработки проводится в чистых, су-

хих, без постороннего запаха, не зараженных сельскохозяйственными вредителями транспортных средствах. Поступившие для переработки свежие томаты хранят в чистых, сухих, не зараженных сельскохозяйственными вредителями, без постороннего запаха, хорошо вентилируемых, охлаждаемых помещениях.

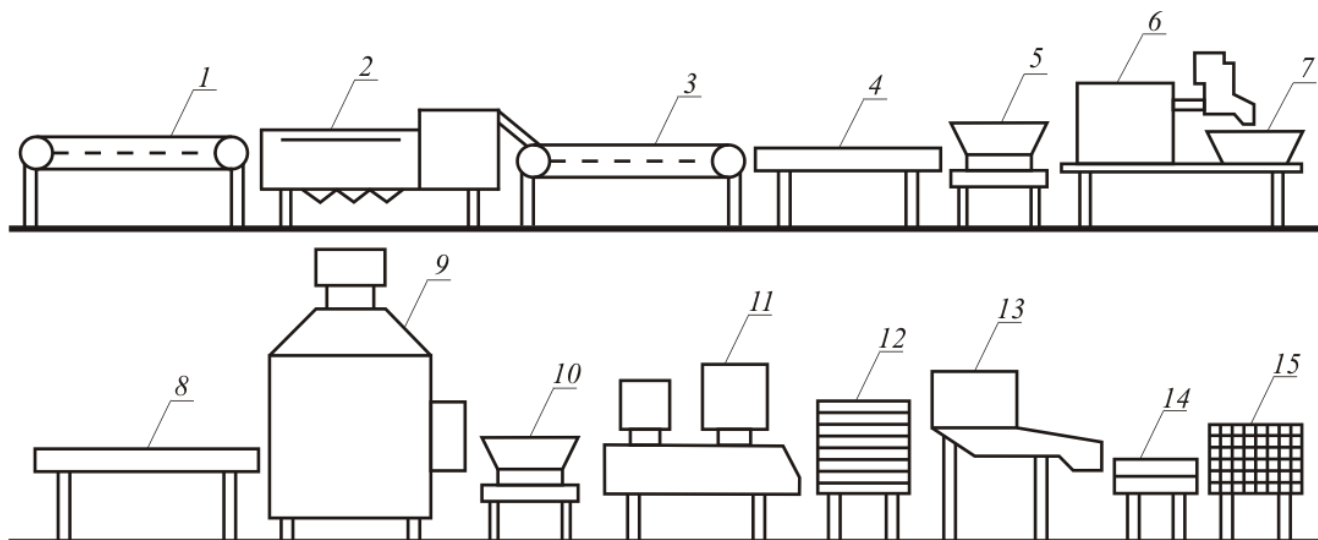


Рисунок 3.39 – Аппаратурно-технологическая схема производства сушеных томатов и томатного порошка: 1 – ленточный транспортер; 2 – машина для мойки и очистки томатов; 3 – инспекционный транспортер; 4 – стол для доочистки томатов; 5 – стол с весами; 6 – плодоовощерезка; 7 – емкость для измельченных томатов; 8 – стол для раскладки долек томатов в пищевые лотки; 9 – ИК-сушильный шкаф; 10 – стол с весами; 11 – мельница; 12 – мукопросеиватель (ситовой анализатор); 13 – бункер готового продукта; 14 – вакуумный упаковщик; 15 – контейнеры с готовой продукцией

Перед отправлением на ИК-сушку томаты по ленточному транспортеру 1 поступают на мойку. Удаление с поверхности томатов различных загрязнений достигается при мойке проточной водой, поступающей из водопровода и соответствующей требованиям СанПиН [174, 175]. Мойка томатов происходит в специальных ваннах 2 или под струей воды из душевых насадок.

Инспекция проводится на транспортере 3 и на столе для доочистки томатов 4 и включает в себя просмотр и отбраковку непригодных томатов, а также вырезку поврежденных участков плодов, полученных при сборе и хранении. Сортиру-

ют томаты по качеству, зрелости, окраске, и калибруют по форме и размеру. Для качественного инспектирования томаты рассматривают со всех сторон.

Для увеличения активной поверхности испарения влаги из томатов и интенсификации процесса сушки их режут на дольки. Перед нарезкой на дольки необходимо вырезать след от плодоножки томатов и произвести их взвешивание на электронных весах для статического взвешивания 5. Разрезание на дольки различных размеров проводится с помощью плодоовощерезок 6 или обычным кухонным ножом. После на столе 8 нарезки плодов томатов на восемь равных частей размещают по всей площади пищевых лотков (поддоны).

ИК-сушка долек томатов происходит в сушильном шкафу 9 при щадящем температурном режиме 60 °С, позволяющем сохранить максимум питательных веществ и витаминов (прил. В).

После окончания процесса сушки пищевые лотки с томатами вынимают из рабочей камеры сушильного шкафа и производят взвешивание готовой продукции на столе с весами 10. В зависимости от назначения часть сушеных томатов герметично упаковывают вакуумным упаковщиком 14 в полиэтиленовые пакеты с предварительным удалением воздуха из пакета. Данный продукт можно использовать для приготовления суповых наборов.

Для измельчения сушеных томатов в порошок применяют мельницы 11 для размола сухих растительных проб. После порошок просеивается через сито 12, и временно размещают в бункер готового продукта 13. После аналогично сушеным томатам герметично упаковывают в пакеты вакуумным упаковщиком 14.

Хранят упакованные пакеты с готовой продукцией в пластиковых контейнерах закрытых крышкой в сухом, чистом и проветриваемом помещении при относительной влажности воздуха 65-70 % и температуре 20 ± 2 °С.

На производство 100 кг сушеного томата влажностью 10-14 % расходуется 1285-1226 кг плодов томатов диаметром с общими отходами и потерями 5 %, в том числе: очистка 1 %, нарезка 1 %, сушка и расфасовка 3 %.

3.6 Себестоимость полученных продуктов

Одним из основных показателей экономической эффективности является себестоимость произведенной продукции. Настоящее исследование направлено на получение сухих томатов и томатного порошка с использованием ИК-сушки. Сушка томатов осуществлялась на экспериментальной ИК-сушильной установке с ТРН. Оптовая цена 12 ТРН составляет $C_{\text{н}} = 12000$ руб. Сушильная установка за одну загрузку позволяет высушить 45 кг томатов. Для минимизации затрат на свежие томаты целесообразно переработку томатов для получения томатного порошка производить с июня по сентябрь календарного года.

Амортизационные отчисления, затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание определяются по установленным нормам отчислений от капитальных вложений. Амортизационные отчисления оборудования принимаются равными 0,1 % от стоимости оборудования. В нашем случае в расчет амортизационных отчислений входит только закупка ТРН.

Амортизационные отчисления на производство томатного порошка:

$$I_{\text{а}} = I_{\text{об}} \cdot C_{\text{н}}, \quad (3.12)$$

где $I_{\text{об}}$ – амортизационные отчисления на оборудование; $C_{\text{н}}$ – стоимость нагревателей, руб.

$$I_{\text{а}} = 0,001 \cdot 12000 = 12 \text{ руб.}$$

Определение производственных затрат включают в себя стоимость сырья, расходные материалы (упаковка), оплату труда и налоговые сборы.

Стоимость 1 кг свежего томата в среднем составляет 60-70 рублей.

Затраты на исходное сырье для производства 1 кг сушеных томатов:

$$I_{\text{ис}} = m \cdot C_{\text{т}}, \quad (3.13)$$

где m – масса томатов, кг; $C_{\text{т}}$ – стоимость 1 кг свежих томатов, руб.

$$I_{\text{ис}} = 12,86 \cdot 65 = 835,90 \text{ руб.}$$

Затраты на воду для мойки томатов:

$$I_{\text{м}} = V_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}}, \quad (3.14)$$

где V_B – объем воды, необходимый для мойки томатов, м^3 ; $C_B = 22,51$ руб. – стоимость 1 м^3 воды, руб.

$$I_M = 0,013 \cdot 22,51 = 0,29 \text{ руб.}$$

Затраты на электрическую энергию при получении 1 кг сушеных томатов:

$$I_{\text{э}1} = \text{ЭЭ} \cdot C_{\text{э}}, \quad (3.15)$$

где ЭЭ – расход электрической энергии, кВт·ч; $C_{\text{э}} = 4,924$ руб. – стоимость 1 кВт·ч электрической энергии.

$$I_{\text{э}1} = 0,94 \cdot 4,924 = 4,63 \text{ руб.}$$

Затраты на электрическую энергию при измельчении сухих томатов до порошкообразного состояния

$$I_{\text{э}2} = N_{\text{и}} \cdot C_{\text{э}} \cdot \tau_{\text{и}}, \quad (3.16)$$

где $N_{\text{и}}$ – мощность измельчителя, кВт; $C_{\text{э}}$ – стоимость 1 кВт·ч электрической энергии, руб.; $\tau_{\text{и}}$ – время работы измельчителя, ч.

$$I_{\text{э}2} = 1,4 \cdot 4,924 \cdot 0,05 = 0,34 \text{ руб.}$$

Затраты на упаковку 1 кг сухих томатов:

$$I_{\text{уп}} = C_{\text{у.п.}} \cdot n \quad (3.17)$$

где $C_{\text{у.п.}}$ – стоимость упаковочного пакета, руб.; n – количество пакетов, шт.

$$I_{\text{уп}} = 14,64 \cdot 4 = 58,56 \text{ руб.}$$

Общие материальные затраты составляют:

$$I_{\text{общ}} = I_{\text{ис}} + I_M + I_{\text{э}1} + I_{\text{э}2} + I_{\text{уп}}. \quad (3.18)$$

$$I_{\text{общ}} = 835,9 + 0,29 + 4,63 + 0,34 + 58,56 = 899,72 \text{ руб}$$

Заработная плата персонала включает в себя заработную плату научного сотрудника лаборатории (0,25 ставки) при МРОТ 22440 руб./мес. составит 8415 руб./мес. или 420,75 руб./день (при 20 рабочих днях в месяц)

Себестоимость 1 кг сушеных томатов S определяется исходя из общих затрат на производство:

$$S = \frac{I_{\text{ам}} + I_{\text{общ}} + I_{\text{от}}}{m}, \text{ руб./кг.} \quad (3.19)$$

где $I_{\text{а}}$ – затраты на амортизацию, руб.; $I_{\text{общ}}$ – общие материальные затраты, руб.; $I_{\text{от}}$ – затраты на оплату труда, руб.

$$S = \frac{12 + 899,72 + 420,75}{1} = 1332,47 \text{ руб./кг.}$$

По результатам исследований разработаны технические условия и технико-технологическая карта (прил. Г). Результаты исследований внедрены в учебный процесс кафедры энергообеспечения и теплотехники и кафедры технологии переработки сельскохозяйственной продукции и ветсанэкспертизы ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (прил. Д). Проведены производственные испытания на СХ ПАО «Белореченское» (2022 г.) и «Радуга» ИП Беляков Д.В. (2022 г.), которые подтвердили целесообразность проведенных экспериментальных исследований (прил. Д). По теме исследования автор неоднократно принимала участие в различных конкурсах, грантах и выставках (прил. Е).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ литературы позволил установить, что томат является одной из ведущих овощных культур в нашей стране и мире, что объясняется высокой урожайностью культуры и большим содержанием в нем питательных и биологически активных веществ, определяющих его вкусовые и лечебные свойства в свежем и переработанном виде. Изучение и исследование существующих способов и технических средств тепловой обработки и сушки томатного сырья показало, что наиболее эффективным является применение инфракрасных сушильных установок, имеющих высокий коэффициент полезного действия, надежность и простоту в эксплуатации, и использование экологически чистого способа сушки.

2. В ходе экспериментальных исследований определена зависимость электрического сопротивления томатов от влажности, что дополнительно позволило установить зависимость плотности и удельной теплоемкости томатов от электросопротивления. Рассчитаны значения постоянной времени нагрева томатов в зависимости от температуры нагрева и влажности, по значениям которой построены графики скорости нагрева томатов в процессе инфракрасной сушки для диапазона температур нагрева 50-75 °С. На основании результатов исследований по содержанию витамина С, органолептической оценке сушеных томатов и продолжительности процесса сушки, для получения сушеных томатов и томатного порошка с высоким содержанием витаминов и минеральных веществ рекомендуется температура сушки томатов 60 °С. В процессе сушки выявлена значительная усадка долек томата по длине (в 1,8-2 раза), ширине (в 1,6-1,8 раза) и высоте (в 2,1-2,3 раза), имеющая линейную зависимость от влажности томатов.

3. В качестве нагревательных элементов для процесса сушки томатов впервые использованы толсто пленочные резистивные нагреватели, обладающие низким уровнем энергопотребления по сравнению с существующими на отечественном рынке инфракрасными излучателями. На основе изучения полей температур нагрева толсто пленочных резистивных нагревателей оптимальным выбрано расстояние их размещения до пищевых лотков, равное 150 мм, которое обеспечивает

температуру нагрева на поверхности томатов 60 ± 1 °С. Разработана энергосберегающая система управления нагревателями на основе терморегулятора с твердотельным реле, с использованием которой при сушке 45 кг томатов, разово загружаемых в сушильную установку, до остаточной влажности 10 % расход электрической энергии составляет 3,29 кВт·ч.

4. Разработана технология получения сушеных томатов и томатного порошка с использованием инфракрасной сушки. На основании консультаций и опроса ведущих агрономов хозяйств и ученых-овощеводов, информации об объемах промышленного производства различных сортов и гибридов томатов на территории Иркутской области, а также сведений о товарно-технологических характеристиках томатов в качестве объекта исследования выбран гибрид томата «Митридат». На производство 100 кг сушеного томата влажностью 10-14 % расходуется 1285-1226 кг плодов томатов с общими отходами и потерями 5 %, в том числе: очистка 1 %, нарезка 1 %, сушка и расфасовка 3 %. Сушеный томат и томатный порошок, полученные по предложенной технологии, содержат в достаточном количестве витамины, минеральные вещества и аминокислоты. Концентрация витаминов в томатном порошке по сравнению со свежими томатами повышается в раз: А – 1,3; В₂ – 1,5; Е и С – 2,0; В₁ и В₆ – 2,1. Из макроэлементов в сушеных томатах в количественном содержании явно выделяются магний (1520 мг/100 г) и калий (3850 мг/100 г), а из микроэлементов – железо (53 мг/100 г). Содержание витамина С в сухих томатах после года хранения снизилось на 25 % без существенных изменений органолептических показателей. Определены параметры получения томатного порошка инфракрасной сушки: температура сушки – 60 °С; продолжительность сушки – 420 мин, расход электроэнергии на получение 1 кг сушеного томата – 0,94 кВт·ч, продолжительность измельчения сушеного томата – 4 мин до размера частиц 185-190 мкм.

5. Разработаны и утверждены технические условия на производство следующих видов продукции: томат сушеный; порошок из сушеных томатов; печенье с добавлением томатного порошка; установка сушильная инфракрасная с толстоленочными резистивными нагревателями. Успешно проведены производственные

испытания и получены акты внедрения на предприятиях СХ ПАО «Белореченское» и «Радуга» ИП Беляков Д.В., которые подтвердили целесообразность проведенных исследований. Произведен расчет экономической эффективности получения сушеных томатов и томатного порошка, которые свидетельствуют о рентабельности производства.

Рекомендации производству

Производству рекомендуется для получения плодоовощных и ягодных порошков применять инфракрасный способ сушки, позволяющий сохранить максимальное содержание питательных и биологически активных веществ. В целях энергосбережения рекомендуется в качестве нагревательных элементов в сушильных установках использовать толстопленочные резистивные нагреватели с применением энергосберегающей системы управления на основе терморегулятора с твердотельным реле. При приготовлении печенья рекомендуется использовать томатный порошок с долей в 10 %, полученный путем инфракрасной сушки при температуре нагрева 60 °С.

Перспективы дальнейшего исследования

Проведение исследований по сушке плодов, ягод и овощей с использованием толстопленочных резистивных нагревателей. Перспективным является дальнейшее исследование по изучению использования томатного порошка в смеси с другими мелкодисперсными плодоовощными и ягодными порошками при приготовлении различных пищевых продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – Изд. второе, перераб. и доп. – М.: Изд-во «Наука», 1976. – 280 с.
2. Агробιολογические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства: учебное пособие для вузов / В.И. Филатов [и др.]; под ред. В.И. Филатова. – М.: КолосС, 2003. – 724 с.
3. Алексанян, И.Ю. Конвективно-радиационная распылительная сушилка для жидких и пастообразных пищевых материалов / И.Ю. Алексанян, Ю.А. Максименко, Ю.С. Феклунова, Н.Э. Пшеничная // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2015. – № 3 (7). – С. 57-61.
4. Алпатьев, А.В. Помидоры: научное издание / А.В. Алпатьев. – М.: Колос, 1981. – 304 с.
5. Алтухов, И.В. Влияние ИК-излучения на качественные показатели томатного порошка / И.В. Алтухов, С.М. Быкова, А.М. Свинаярева // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 11 (176). – С. 205-211.
6. Алтухов, И.В. Влияние режимов импульсной инфракрасной обработки и сушки томатов на биотехнические условия нагрева / И.В. Алтухов, С.М. Быкова // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 10 (151). – С. 132-138.
7. Алтухов, И.В. Перспективы применения томатного порошка в рецептуре песочного печенья / И.В. Алтухов, С.М. Быкова, В.Д. Очиров // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 12 (177). – С. 254-259.
8. Алтухов, И.В. Применение томатного порошка при приготовлении печенья / И.В. Алтухов, С.М. Быкова, В.Д. Очиров, В.А. Федотов // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2021. – № 41. – С. 5-13.
9. Алтухов, И.В. Способ получения порошков из сельскохозяйственных культур / И.В. Алтухов, С.М. Быкова, Н.Н. Бураева, А.М. Свинаярева // Научно-практические аспекты развития АПК: мат. нац. науч. конф. (Красноярск, 12 ноября 2020 года). – Красноярск: Изд-во ФГБОУ ВО КрасГАУ, 2020. – С. 7-10.

10. Алтухов, И.В. Технология получения концентрированных сахаросодержащих продуктов с использованием импульсной инфракрасной обработки и сушки корнеклубнеплодов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01 / Алтухов Игорь Вячеславович. – Иркутск, 2016. – 440 с.
11. Алтухов, И.В. Технология получения сушёных томатов / И.В. Алтухов, С.М. Быкова, В.А. Федотов, В.Д. Очиров // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: мат. IX нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Молодежный, 23-24 сентября 2021 года). – пос. Молодёжный: Изд-во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2021. – С. 105-111.
12. Афонькина, В.А. Инфракрасная сушка термолабильного растительного сырья на примере зеленых культур: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Афонькина Валентина Александровна. – Челябинск, 2014. – 158 с.
13. Афонькина, В.А. Результаты исследований качественных показателей процесса ИК-сушки томатов с установкой сроков хранения / В.А. Афонькина, В.М. Попов, В.Н. Левинский // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 4. – С. 174-180.
14. Бексеев, Ш.Г. Овощные культуры мира: энциклопедия огородничества / Ш.Г. Бексеев. – СПб.: Диля, 1998. – 509 с.
15. Беляева, М.А. Многокритериальная оптимизация процессов тепловой обработки мясных полуфабрикатов при ИК-энергоподводе: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.12, 05.13.01 / Беляева Марина Александровна. – М., 2009. – 50 с.
16. Буляндра, А.Ф. Научно-технические основы выбора рациональных режимов сушки и расчета сушильных установок пищевой промышленности: автореф. ... дис. д-ра техн. наук: 05.18.12 / Буляндра Алексей Федорович. – Киев, 1978. – 48 с.
17. Бураева, Н.Н. Сорта томатов возделываемые в Иркутской области / Н.Н. Бураева // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона: тез. заоч. науч.-практ. конф. (Иркутский ГАУ, 29 октября 2021 г.). – пос. Молодежный: Изд-во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2021. – С. 172-173.

18. Бураковский, Т. Инфракрасные излучатели / Т. Бураковский, Е. Гизинский, А. Сая; пер. с польск. – Л.: Энергия, 1978. – 408 с.
19. Бутейкис, Н.Г. Технология приготовления мучных кондитерских изделий: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Н.Г. Бутейкис. – 13-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 336 с.
20. Быкова, С.М. Влияние формы нарезки томатов на продолжительность сушки / С.М. Быкова // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: мат. науч.-практ. конф. мол. ученых (Иркутский ГАУ, 16-17 марта 2023 г.). – пос. Молодежный: Изд-во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2023. – С. 284-288.
21. Быкова, С.М. Дегустационная оценка печенья с добавлением томатного порошка / С.М. Быкова, В.Д. Очиров // Безопасность и качество товаров: мат. XVII Междунар. науч.-практ. конф. (Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 15 июля 2023 г.); под ред. С.А. Богатырева. – Саратов: Амирит, 2023. – С. 37-44.
22. Быкова, С.М. Зарубежный опыт использования сушеных томатов в пищевой промышленности и в агропромышленном комплексе / С.М. Быкова, В.Д. Очиров, А.Б. Гармаева // Аграрная наука в условиях глобальных вызовов мирового продовольственного кризиса: проблемы, тенденции, пути решений: мат. международ. науч. заоч. конф., посвящ. 55-летию СибНИИП (Омск, 08 декабря 2022 г.). – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2022. – С. 367-371.
23. Быкова, С.М. Изучение и анализ потребительских предпочтений в отношении мучных кондитерских изделий и томатов / С.М. Быкова, В.Д. Очиров // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: сб. мат. IX Междунар. науч.-практ. конф. (СФНЦА РАН, 20 апреля 2023 г.). – Новосибирск: Изд-во «АГРОНАУКА», 2023. – Т. II. – С. 209-214.
24. Быкова, С.М. Использование томатного порошка в производстве печенья / С.М. Быкова, В.Д. Очиров, В.А. Федотов // Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия – 2022: мат. Всеросс. науч.-практ. конф. (РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 01 декабря 2022 г.). – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2022. – С. 107-110.

25. Быкова, С.М. Использование томатного порошка в технологии приготовления печенья / С.М. Быкова, В.Д. Очиров, И.В. Алтухов, В.А. Федотов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2022. – № 5 (76). – С. 79-85.

26. Быкова, С.М. Методика проведения исследований технологии производства мучных кондитерских изделий с использованием томатного порошка / С.М. Быкова, И.В. Алтухов, В.Д. Очиров, В.А. Федотов // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: мат. X международ. науч.-практ. конф. (Молодежный, 28-29 апреля 2022 г.). – пос. Молодежный: Изд-во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2022. – С. 244-250.

27. Быкова, С.М. Методы и способы определения влажности сельскохозяйственной продукции / С.М. Быкова, С.Р. Салмонов // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: мат. междунар. науч.-практ. конф. мол. уч. (Молодежный, 17-18 марта 2022 г.). – пос. Молодежный: Изд-во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2022. – С. 254-260.

28. Быкова, С.М. Микроструктура сушеных томатов, томатного порошка и печенья с добавлением томатного порошка / С.М. Быкова, В.Д. Очиров // Проблемы современной аграрной науки: мат. международ. науч. конф. (КрасГАУ, 15 октября 2022 г.). – Красноярск, 2022. – С. 225-228.

29. Быкова, С.М. Получение песочного печенья с добавлением томатного порошка / С.М. Быкова, Н.Н. Бураева, И.В. Алтухов // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: мат. X международ. науч.-практ. конф. (Иркутский ГАУ, 27-28 мая 2021 года). – пос. Молодежный: Изд-во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2021. – С. 73-74.

30. Быкова, С.М. Получение томатного порошка с использованием инфракрасной обработки и сушки / С.М. Быкова, В.Д. Очиров, И.В. Алтухов // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 1. – С. 169-175.

31. Быкова, С.М. Постоянная времени нагрева томатов / С.М. Быкова, В.Д. Очиров, В.А. Федотов // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК:

мат. II международ. науч.-практ. конф. (Курская ГСХА, 26 мая 2022 г.). – Ч. 1. – Курск: Изд-во ФГБОУ ВО Курская ГСХА, 2022. – С. 3-8.

32. Быкова, С.М. Технологическая обработка и сушка сельскохозяйственной продукции / С.М. Быкова, И.В. Алтухов, В.Д. Очиров // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: мат. XII Междунар. науч.-практ. конф. (Иркутский ГАУ, 27-28 апреля 2023 г.). – пос. Молодежный: Изд-во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2023. – Т. II. – С. 79-84.

33. Быкова, С.М. Усадка долек томата в процессе инфракрасной обработки и сушки / С.М. Быкова // Аграрная наука в инновационном развитии агропромышленного комплекса Иркутской области: сб. науч. тез. очно-заоч. науч.-практ. конф., посвящ. Дню Российской науки (Иркутский ГАУ, 9 февраля 2023 г.). – пос. Молодежный: Изд-во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2023. – Т. 1. – С. 15.

34. Волончук, С.К. Получение порошка функционального назначения из томатов / С.К. Волончук, Л.П. Шорникова, О.И. Ломовский // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 4. – С. 72-74.

35. Вороненко, Б.А. Моделирование процесса радиационно-конвективной сушки пищевых материалов / Б.А. Вороненко, С.Ф. Демидов, В.П. Иваненко, А.Г. Крысин, В.В. Пеленко, И.И. Усманов // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2010. – № 1. – С. 73-80.

36. Воронина, П.К. Применение сушеных томатов в технологии приготовления кексов / П.К. Воронина // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 2. – С. 9-14.

37. Гавриш, С.Ф. Митридат – новый гибрид томата для зимне-весеннего и летне-осеннего оборотов / С.Ф. Гавриш, В.Г. Король // Гавриш. – 2008. – № 1. – С. 4-5.

38. Гавриш, С.Ф. Томат: возделывание и переработка / С.Ф. Гавриш, С.Н. Галкина. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 190 с.

39. Гаджиева, А.М. Разработка и научное обоснование инновационных технологий комплексной переработки томатного сырья / А.М. Гаджиева,

М.С. Мурадов, Г.И. Касьянов // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2014. – № 5. – С. 1-20.

40. Гаджиева, А.М. Совершенствование технологии получения томатного масла / А.М. Гаджиева // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2019. – № 1. – С. 399-409.

41. Гаджиева, А.М. Технологии комплексной переработки томатов с использованием различных способов сушки / А.М. Гаджиева // Известия вузов. Пищевая технология. – 2015. – № 1. – С. 42-45.

42. Гаджиева, А.М. Технология получения жирного масла из семян томата и изучение его биохимических характеристик / А.М. Гаджиева, Ю.М. Султанов, Г.А. Рабаданов, М.М. Магомедова, Н.М. Алимова // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2018. – Т. 12. – № 3. – С. 30-37.

43. Гаджиева, А.М. Технология получения сухих и вяленых томатов, сухих томатных порошков / А.М. Гаджиева, М.С. Мурадов, Г.И. Касьянов, Е.Г. Кубенко, О.И. Квасенков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – № 8. – С. 21-24.

44. Гаджиева, А.М. Эффективная технология комплексной переработки томатов / А.М. Гаджиева, Г.И. Касьянов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2013. – № 1 (331). – С. 76-79.

45. Гаджиева, А.М. Эффективный способ производства концентрированных томатопродуктов / А.М. Гаджиева, М.С. Мурадов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2010. – № 2 (17). – С. 141-146.

46. Гаджиева, А.М. Эффективный способ производства томатного сока / А.М. Гаджиева // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2010. – № 1 (16). – С. 144-151.

47. Гинзбург, А.С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 408 с.

48. Гинзбург, А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 527 с.
49. Гинзбург, А.С. Теплофизические характеристики картофеля, овощей и плодов / А.С. Гинзбург, М.А. Громов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 272 с.
50. Голуб, О.В. Дегустационный анализ: курс лекций / О.В. Голуб. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2003. – 119 с.
51. Голубкина, Н.А. Количественная тонкослойная хроматография в оценке каротиноидного состава томата *Solanum Lycopersicum* / Н.А. Голубкина, А.В. Молчанова, М.М. Тареева, О.Г. Бабак, Н.А. Некрашевич, И.Ю. Кондратьева // Овощи России. – 2017. – № 5 (38). – С. 96-99.
52. ГОСТ 8756.1-2017. Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема. – М.: Стандартиформ, 2019. – 11 с.
53. ГОСТ 9404-88. Мука и отруби. Метод определения влажности. – М.: Стандартиформ, 2007. – 5 с.
54. ГОСТ 10444.8-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальный метод подсчета презумптивных бактерий *Bacillus cereus*. Метод подсчета колоний при температуре 30 °С. – М.: Стандартиформ, 2014. – 19 с.
55. ГОСТ 10444.12-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. – М.: Стандартиформ, 2014. – 12 с.
56. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – М.: Стандартиформ, 2010. – 7 с.
57. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. – М.: Стандартиформ, 2009. – 8 с.

58. ГОСТ Р ЕН 14130-2010. Продукты пищевые. Определение витамина С с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. – М.: Стандартинформ, 2012. – 15 с.
59. ГОСТ ЕН 14164-2014. Продукты пищевые. Определение витамина В₆ с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. – М.: Стандартинформ, 2016. – 18 с.
60. ГОСТ ISO 20634-2018. Смеси адаптированные для искусственного вскармливания детей раннего возраста и смеси для энтерального питания взрослых. Определение витамина В₁₂ методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии. – М.: Стандартинформ, 2018. – 19 с.
61. ГОСТ 24901-2014. Печенье. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015. – 11 с.
62. ГОСТ 25999-83. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витаминов В₁ и В₂. – М.: Стандартинформ, 2010. – 9 с.
63. ГОСТ 26574-2017. Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2017. – 16 с.
64. ГОСТ 26930-86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка. – М.: Стандартинформ, 2010. – 8 с.
65. ГОСТ 27558-87. Мука и отруби. Метод определения цвета, запаха, вкуса и хруста. – М.: Стандартинформ, 2007. – 4 с.
66. ГОСТ 27560-87. Мука и отруби. Метод определения крупности. – М.: Стандартинформ, 2007. – 4 с.
67. ГОСТ 28561-90. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения сухих веществ и влаги. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.
68. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. – М.: Стандартинформ, 2010. – 10 с.
69. ГОСТ 31659-2012. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. – М.: Стандартинформ, 2014. – 25 с.

70. ГОСТ 31746-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*. – М.: Стандартинформ, 2013. – 28 с.
71. ГОСТ 31747-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). – М.: Стандартинформ, 2013. – 20 с.
72. ГОСТ 31986-2012. Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. – М. Стандартинформ, 2013. – 11 с.
73. ГОСТ 32065-2013. Овощи сушеные. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 11 с.
74. ГОСТ 32194-2013. Корма, комбикорма. Определение остатков хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии. – М.: Стандартинформ, 2014. – 28 с.
75. ГОСТ 32261-2013. Масло сливочное. – М.: Стандартинформ, 2014. – 21 с.
76. ГОСТ 32343-2013. Корма, комбикорма. Определение содержания кальция, меди, железа, магния, марганца, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектроскопии. – М.: Стандартинформ, 2014. – 20 с.
77. ГОСТ 32689.2-2014. Продукция пищевая растительного происхождения. Мультиметоды для газохроматографического определения остатков пестицидов Часть 2. Методы экстракции и очистки. – М.: Стандартинформ, 2015. – 32 с.
78. ГОСТ 33222-2015. Сахар белый. – М.: Стандартинформ, 2016. – 19 с.
79. ГОСТ 33824-2016. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка). – М.: Стандартинформ, 2016. – 28 с.
80. ГОСТ 34298-2017. Томаты свежие. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2018. – 19 с.

81. ГОСТ Р 50479-93. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения содержания витамина РР. – М.: Стандартинформ, 2010. – 8 с.
82. ГОСТ Р 53183-2008 (ЕН 13806-2002). Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением. – М.: Стандартинформ, 2010. – 12 с.
83. ГОСТ Р 54634-2011. Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина Е. – М.: Стандартинформ, 2013. – 15 с.
84. ГОСТ Р 54635-2011. Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина А. – М.: Стандартинформ, 2013. – 15 с.
85. Дьяченко, В.С. Хранение картофеля, овощей и плодов: научное издание / В.С. Дьяченко. – М.: Агропромиздат, 1987. – 191 с.
86. Дьяченко, Э.П. Исследование влияния конвективного энергоподвода на интенсивность инфракрасной сушки плодов томата / Э.П. Дьяченко, И.А. Алексанян, О.А. Разин, М.И. Иванова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2019. – № 4. – С. 40-47.
87. Егоров, Б.В. Физические свойства и санитарное качество томатных выжимок / Б.В. Егоров, Е.Е. Воецкая, И.С. Малаки // Зерновые продукты и комбикорма. – 2014. – Т. 53. – № 1. – С. 42-44.
88. Елифанов, А.Д. Энергосберегающие методы и средства в технологии сушки отходов кедровых шишек инфракрасным излучением: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Елифанов Дмитрий Александрович. – Иркутск, 2002. – 190 с.
89. Ефремов, Д.П. Томаты: основные направления использования в пищевой промышленности (обзор) / Д.П. Ефремов, И.М. Жаркова, И.В. Плотникова, Д.С. Иванчиков, Н.В. Гизатова // Вестник ВГУИТ. – 2022. – Т. 84. – № 1. – С. 181-195.
90. Желтоухова, Е.Ю. Научное обеспечение процесса комбинированной радиационно-конвективной сушки фруктовых и овощных чипсов при импульсном энергоподводе: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Желтоухова Екатерина Юрьевна. – Воронеж, 2013. – 20 с.

91. Завалий, А.А. Разработка и тепловое моделирование устройств инфракрасной сушки термолабильных материалов: монография / А.А. Завалий, Ю.Ф. Снежкин. – Симферополь, 2016. – 264 с.
92. Зверев, С.В. Техника и технология инфракрасного нагрева в пищевой промышленности. Состояние вопроса / С.В. Зверев, Е. П. Тюрёв // Научно-информационный материал: сборник трудов Московского государственного университета пищевых производств. – М.: Издательство МГУПП, 2010. – С. 74-79.
93. Иванишин, А.И. Овощеводство в Иркутской области / А.И. Иванишин, Ю.П. Турутин. – Иркутск: Иркут. кн. изд-во, 1963. – 192 с.
94. Ильясов, С.Г. Физические основы инфракрасного облучения пищевых продуктов / С.Г. Ильясов, В.В. Красников. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 359 с.
95. Инфракрасный термометр testo 835: руководство пользователя. – 73 с.
96. Калманович, С.А. Исследование качества и пищевой ценности БАД «Томатная» / С.А. Калманович, Д.Ю. Кашкара, Т.В. Першакова, С.А. Ильинова, Е.П. Корнен // Новые технологии. – 2010. – № 4. – С. 11-14.
97. Калманович, С.А. Новый вид жировых продуктов для хлебопекарного производства / С.А. Калманович, О.Л. Вершинина, З.И. Асмаева, Н.Н. Корнен // Известия вузов. Пищевая технология. – 1999. – № 1. – С. 41-43.
98. Калманович, С.А. Технологические свойства растительной БАД на основе выжимок томатов / С.А. Калманович, Т.В. Першакова, Е.А. Вербицкая, Д.Ю. Кашкара // Новые технологии. – 2011. – № 1. – С. 14-17.
99. Кирдяшкин, В.В. Получение высокодисперсной гречневой муки для детского питания с применением инфракрасной обработки / В.В. Кирдяшкин, Р.Х. Кандроков, А.А. Андреева, В.И. Щебелев // Хранение и переработка сельхоз-сырья. – 2020. – № 4. – С. 43-54.
100. Ковалевский, А.А. Применение растительных БАД в производстве сахарного печенья / А.А. Ковалевский, М.А. Доброва, С.А. Калманович, А.А. Щипанова, М.П. Шелудько // Известия вузов. Пищевая технология. – 2006. – № 2-3. – С. 48-50.

101. Кондратьева, И.Ю. Ликопин и β -каротин томата / И.Ю. Кондратьева, Н.А. Голубкина // Овощи России. – 2016. – № 4 (33). – С. 80-83.
102. Кондратьева, И.Ю. Оранжевоплодные сорта томата с высокими вкусовыми и лечебно-профилактическими свойствами / И.Ю. Кондратьева, М.Р. Енгальчев // Известия ФНЦО. – 2019. – № 2. – С. 71-78.
103. Кондратьева, И.Ю. Особенности наследования скороспелости и содержания ликопина у гибридов F1 томата / И.Ю. Кондратьева, М.С. Гинс, М.С. Гинс, М.С. Ильенко // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 5. – С. 46-48.
104. Кондратьева, И.Ю. Соотношение каротиноидов в плодах разной окраски / И.Ю. Кондратьева, Н.А. Голубкина, Е.Л. Павлов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2018. – № 13. – С. 192-195.
105. Кондратьева, И.Ю. Сорт томата Благодатный для промышленного производства и переработки / И.Ю. Кондратьева, М.Р. Енгальчев, Б.А. Ахмедова // Овощи России. – 2018. – № 2 (40). – С. 48-49.
106. Копылова, А.В. Применение порошков из растительного сырья инфракрасной сушки для повышения пищевой ценности мучных и хлебобулочных изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Копылова Анастасия Валерьевна. – Кемерово, 2022. – 204 с.
107. Корячкина, С.Я. Использование тонкодисперсных порошков овощей в технологии крекера / С.Я. Корячкина, Т.Н. Лазарева, Т.В. Бронникова, О.А. Годунов // Хлебопродукты. – 2015. – № 9. – С. 57-59.
108. Кудрявцев, И.Ф. Электрический нагрев и электротехнология / И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко. – М.: Колос, 1975. – 384 с.
109. Лаго, Л.А. Обоснование параметров и режимов инфракрасной сушки сельскохозяйственного сырья в многоярусном устройстве: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Лаго Людмила Анатольевна. – Симферополь, 2021. – 24 с.
110. Лебедев, П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок / П.Д. Лебедев. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 320 с.

111. Лебедев, П.Д. Сушка инфракрасными лучами / П.Д. Лебедев. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1955. – 232 с.
112. Лебедева, А.Т. Ваш огород: монография / А.Т. Лебедева, И.И. Ершов, М.С. Бунин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1999. – 463 с.
113. Левинский, В.Н. Обоснование технологии и параметров установки инфракрасной сушки высоковлажного биологического сырья на примере томата: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Левинский Василий Николаевич. – Троицк, 2021. – 169 с.
114. Литвинов, С.С. Научные основы современного овощеводства / С.С. Литвинов. – М., 2008. – 771 с.
115. Лыков, А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
116. Макаров, С.М. Инфракрасная обработка и сушка томатов / С.М. Макаров, С.М. Быкова, В.Д. Очиров // Перспективные научные исследования высшей школы: мат. Всеросс. студ. науч. конф. (РГАТУ, 25 мая 2023 г.). – Рязань: Изд-во ФГБОУ ВО РГАТУ, 2023. – Ч. 2. – С. 40-41.
117. Мамедов, М.И. Основоположнику научных основ селекции пасленовых культур в России Алпатьеву А.В. – 110 лет / М.И. Мамедов, О.Н. Пышная, И.Ю. Кондратьева // Овощи России. – 2010. – № 2 (8). – С. 56-66.
118. Мачулкина, В.А. Сорт и его влияние на вкусовые качества варенья из томатов / В.А. Мачулкина, Т.А. Санникова, А.В. Гулин, Н.И. Антипенко // Орошаемое земледелие. – 2019. – № 4. – С. 63-66.
119. Мачулкина, В.А. Сорт и качество переработанной продукции из томатов / В.А. Мачулкина, Т.А. Санникова, Ю.И. Авдеев // Селекция, семеноводство и технологии выращивания овощных, бахчевых, технических и кормовых культур. – 2014. – № 1 (1). – С. 150-156.
120. Машиностроение: энциклопедический справочник: Т. 1-15 / гл. ред. акад. Е. А. Чудаков. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во машиностроит. лит., 1946-1951. – 16 т. – Т. 1. Раздел 1: Инженерные расчеты в машиностроении. Кн. 1 / Отв. ред. проф. д-р техн. наук М. А. Саверин. – 1947. – 548 с.

121. Методика М 04-38-2009. Корма, комбикорма и сырье для их производства. Методика измерений массовой доли аминокислот методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель».

122. Методика М 04-64-2017. Определение массовой доли кадмия, мышьяка, олова, ртути, свинца, хрома в пробах пищевых продуктов, продовольственного сырья, кормов, комбикормов и сырья для их производства.

123. Момчилова, М.М. Физико-химические и текстурные исследования мясных паштетов, изготовленных с добавлением пребиотиков и муки из сушеных томатов / М.М. Момчилова, Г.И. Живанович // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2020. – № 2 (18). – С. 55-61.

124. Морев, В.В. F1 Бельканто, F1 Добрунь, F1 Митридат – перспективные гибриды томата для защищенного грунта / В.В. Морев // Гавриш. – 2006. – № 4. – С. 2-5.

125. МР 2.3.1.0253-21 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации / М., 2021. – 72 с.

126. Огурцов, В.В. Разработка двухступенчатого мембранного процесса получения концентрированных томатопродуктов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.13 / Огурцов Виталий Викторович. – М., 1991. – 19 с.

127. Остриков, А.Н. Комплексная технология переработки томатного сырья / А.Н. Остриков, А.М. Гаджиева, Г.И. Касьянов // Вестник ВГУИТ. – 2015. – № 1. – С. 12-17.

128. Остриков, А.Н. Радиационно-конвективная сушка грушевых чипсов при импульсном энергоподводе / А.Н. Остриков, Е.Ю. Желтоухова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2012. – № 1 (325). – С. 83-86.

129. Разработка эскизной конструкторской документации на опытный образец энергосберегающей установки для сушки овощей. Изготовление опытного образца энергосберегающей установки для сушки овощей. Исследование режимов работы нагревательных элементов и системы управления опытного образца энер-

госберегающей установки для сушки овощей: отчет о НИР (промежуточный) / Алтухов И.В., Очиров В.Д., Быкова С.М. – пос. Дзержинск, 2024. – 55 с.

130. Очиров, В.Д. Обоснование режимов ИК-энергоподвода в технологии сушки корнеплодов моркови импульсными керамическими пре-образователями излучения: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Очиров Вадим Дансарунович. – Красноярск, 2011. – 189 с.

131. Павлов, Л.В. Купажированный томатный сок (технические условия) / Л.В. Павлов, И.Ю. Кондратьева, О.Т. Параскова, Т.А. Санникова, В.А. Мачулкина, Н.И. Антипенко // Овощи России. – 2011. – № 4 (13). – С. 36-37.

132. Павлов, Л.В. Томаты консервированные чесночные (технические условия) / Л.В. Павлов, И.Ю. Кондратьева, Т.А. Санникова, В.А. Мачулкина // Овощи России. – 2014. – № 2 (23). – С. 74-75.

133. Палкин, Ю.Ф. Агробιοлогические аспекты культуры огурцов и томатов в пленочных тоннелях и теплицах в регионах с дефицитом тепла: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.06 / Палкин Юрий Федорович. – Новосибирск, 1993. – 67 с.

134. Палкин, Ю.Ф. Перспективные гибриды томата для обогреваемых пленочных теплиц в Восточной Сибири / Ю.Ф. Палкин, И.М. Мокшόнова // Вестник ИрГСХА. – 2012. – № 53. – С. 21-27.

135. Палкин, Ю.Ф. Сорта и гибриды томата фирмы «Гавриш» как инновационный элемент в технологии культуры при выращивании в открытом грунте и парниках в Иркутской области / Ю.Ф. Палкин, И.М. Мокшόнова, И.В. Липилина // Новые сорта и инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур – основа повышения эффективности сельскохозяйственного производства: мат. международ. науч.-практ. конф. (Иркутский ГАУ, 18-19 июня 2019 г). – Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ, 2019. – С. 36-44.

136. Палкин, Ю.Ф. Томат в открытом грунте и теплицах на садовом участке Иркутской области: библиотека овощевода / Ю.Ф. Палкин. – Иркутск: Изд-во «Облмашинформ», 2004. – 48 с.

137. Пат. № 109628 Российская Федерация, U1 МПК H05B 3/14. Нагревательный элемент / Шелехов И.Ю., Шелехова И.В., Иванов Н.А., Головных И.М., Ким Б.Ч.; патентообладатель ООО «Термостат» (RU), Институт кооперации науки и промышленности Пусанского национального университета (KR). – № 2011110667/07; заявл. 21.03.2011; опубл. 20.10.2011, Бюл. № 29. – 9 с.

138. Пат. 228774 Российская Федерация, U1 МПК F26B 3/30, F26B 9/06, F26B 25/22. Сушильная установка / Алтухов И.В., Очиров В.Д., Быкова С.М.; патентообладатель ООО «Инфракрасные инновационные технологии» (RU). – 2024106663; заявл. 11.03.2024; опубл. 11.09.2024, Бюл. № 26. – 7 с.

139. Пат. 2130049 Российская Федерация, C1 МПК C11B. Способ переработки семян томатов и томатных выжимок / Калманович С.А., Мартовщук В.И., Вершинина О.Л., Шаззо Р.И., Мартовщук Е.В., Корнен Н.Н.; патентообладатель Калманович С.А. 97108301/13; заявл. 20.05.1997, опубл. 10.05.1999. – 5 с.

140. Пат. 2153804 Российская Федерация, C1 МПК A21D. Способ приготовления хлебобулочного изделия / Калманович С.А., Вершинина О.Л., Асмаева З.И., Мартовщук Е.В., Корнен Н.Н., Кирьянова Ю.А.; патентообладатель Кубанский ГТУ. 99104704/13, заявл. 10.03.1999, опубл. 10.08.2000. – 7 с.

141. Пат. 2153805 Российская Федерация, C1 МПК A21D. Способ приготовления хлебобулочного изделия / Калманович С.А., Вершинина О.Л., Асмаева З.И., Мартовщук Е.В., Корнен Н.Н., Кирьянова Ю.А.; патентообладатель Кубанский ГТУ. 99104987/13, заявл. 10.03.1999, опубл. 10.08.2000. – 7 с.

142. Пат. 2222949 Российская Федерация, C1 МПК A21D. Способ приготовления мучного кондитерского изделия / Черных И.А., Калманович С.А., Корнен Н.Н., Мартовщук Е.В., Ковалевский А.А., Щипанова А.А.; патентообладатель Институт современных технологий и экономики. 20022132567/13, заявл. 04.12.2002, опубл. 10.02.2004. – 8 с.

143. Пат. 2286067 Российская Федерация, C1 МПК A23L. Способ производства пищевого продукта из томатов / Гуревич А.В., Пенто В.Б., Королев А.А.; патентообладатель Гуревич А.В. 2005135706/13, заявл. 17.11.2005, опубл. 27.10.2006, Бюл. 30. – 4 с.

144. Пат. 2399309 Российская Федерация, С1 МПК А23L. Способ производства пищевого продукта из томатов / Пенто В.Б., Квасенков О.И., Рейзиг Р.; патентообладатель Квасенков О.И. 2009138533/13, заявл. 21.10.2009, опубл. 20.09.2010, Бюл. № 26. – 4 с.

145. Пат. 2423863 Российская Федерация, С1 МПК А23В. Способ сушки томатов / Алексанян И.Ю., Васильева Т.Г., Дяченко Э.П., Максименко Ю.А., Ермолаев В.В.; патентообладатели: Алексанян И.Ю., Дяченко Э.П., Максименко Ю.А., Ермолаев В.В. 2010108565/13, заявл. 09.03.2010, опубл. 20.07.2011, Бюл. № 20. – 6 с.

146. Пат. 2494624 Российская Федерация, С1 МПК А21D. Способ приготовления заварных пряников с томатным порошком из мелкоплодных яблок / Потапова А.А., Акишин Д.В., Перфилова О.В., Елисеева Л.Г.; патентообладатель ФГБОУ ВПО Мичуринский ГАУ. 2012103424/13, заявл. 01.02.2012, опубл. 10.10.2013, Бюл. № 28. – 8 с.

147. Пат. 2500193 Российская Федерация, С1 МПК А23L. Способ производства пищевого продукта из томатов / Квасенков О.И.; патентообладатель Квасенков О.И. 2012136338/13, заявл. 27.08.2012, опубл. 10.12.2013, Бюл. 13. – 3 с.

148. Пат. 2524069 Российская Федерация, С1 МПК А23В. Способ получения пищевых порошков из томатов и свеклы / Волончук С.К., Шорникова Л.П., Ломовский О.И., Сапожников А.И.; патентообладатель ГНУ СибНИИП. 2012153456/13; заявл. 11.12.2012, опубл. 27.07.2014, Бюл. № 21. 4 с.

149. Пат. 2569829 Российская Федерация, С1 МПК А23В. Способ получения смеси пищевых порошков из томатов, моркови и сельдерея / Волончук С.К., Ломовский О.И., Ломовский И.О.; патентообладатель ГНУ СибНИИП Россельхозакадемии. 2014123939/13; заявл. 10.06.2014, опубл. 27.11.2015, Бюл. № 33. 4 с.

150. Пат. 2596918 Российская Федерация, МПК F26В 9/06; F26В 3/353 Установка для сушки высоковлажных материалов / Попов В.М., Афонькина В.А., Шукшина Е.И., Левинский В.Н.; заявитель и патентообладатель ООО НТЦ «АгроЭСБ». 2015119853/06; заявл. 26.05.2015, опубл. 10.09.2016, Бюл. № 25. – 8 с.

151. Пат. 2713729 С1 Российская Федерация, С1 МПК H05B 3/36. Нагревательный элемент широкого спектра применения / Шелехов И.Ю.; патентообладатель Шелехов Игорь Юрьевич (RU). – 2018116517; заявл. 03.05.2018, опубл. 07.02.2020, Бюл. № 4. – 12 с.

152. Пат. 2780828 Российская Федерация, С1 МПК A23B 7/01. Способ получения томатного порошка на основе инфракрасного облучения и сушки свежего томата / Быкова С.М., Алтухов И.В., Очиров В.Д., Федотов В.А.; патентообладатель ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (RU). – 2021132022; заявл. 01.11.2021, опубл. 04.10.2022, Бюл. № 28. – 4 с.

153. Перфилова, О.В. Влияние овощных порошков на реологические свойства теста и хлеба из пшеничной муки / О.В. Перфилова, В.А. Бабушкин, К.В. Парусова, И.П. Евдокимова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. – № 1. – С. 71-78.

154. Плаксин, Ю.М. Разработка и моделирование устройств инфракрасного нагрева жидких пищевых сред / Ю.М. Плаксин, Ю.В. Синявский, О.В. Иванова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 11. – С. 79-81.

155. Плодоводство и овощеводство: учебное пособие / Ю.В. Трунов [и др.]; под ред. Ю.В. Трунова. – М.: КолосС, 2008. – 463 с.

156. Позняковский, В.М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза пищевых продуктов: учебник для вузов / В.М. Позняковский. – 3-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Сиб. университетское изд-во, 2002. – 554 с.

157. Попов, В.М. К вопросу об инфракрасной сушке томатов / В.М. Попов, В.А. Афонькина, В.Н. Левинский // Достижения науки – агропромышленному производству: мат. LV Междунар. науч.-техн. конф. – Челябинск, 2016. – С. 267-274.

158. Попов, В.М. Определение энергоэффективности машины цилиндрического типа для инфракрасной сушки высоковлажного биологического сырья в сравнении с аналогом / В.М. Попов, В.А. Афонькина, В.Н. Левинский, В.И. Майоров // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2018. – № 2 (46). – С. 131-139.

159. Попов, В.М. Проблемы проектирования инфракрасных установок для высоковлажного сырья / В.М. Попов, В.А. Афонькина, В.Н. Левинский // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3 (47). – С. 84-88.

160. Попов, В.М. Результаты исследований качественных показателей процесса ИК-сушки томатов по содержанию аскорбиновой кислоты / В.М. Попов, В.А. Афонькина, В.Н. Левинский // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 9-3 (63). – С. 58-62.

161. Потапова, А.А. Мучные кондитерские изделия, обогащенные эссенциями микронутриентами овощного сырья / А.А. Потапова, О.В. Перфилова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2014. – № 4. – С. 50-54.

162. Потапова, А.А. Товароведная характеристика и повышение конкурентоспособности мелкоплодных томатов и продуктов их переработки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Потапова Алла Андреевна. – М., 2012. – 26 с.

163. Рани Аль Анати Томаты и здоровье обзор иностранной литературы / Рани Аль Анати // Гавриш. – 2007. – № 3. – С. 40-41.

164. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: методические рекомендации. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 46 с.

165. Реестр сельскохозяйственных культур по Иркутской области на 2021 год: Сортовое районирование на 2021 год: томаты / АгроФакт: информационный бюллетень. – 2021. – № 1 (260). – С. 10-11.

166. Рогов, И.А. Физические методы обработки пищевых продуктов / И.А. Рогов, А.В. Горбатов. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 583 с.

167. Рогов, И.А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов / И.А. Рогов – М.: Агропромиздат, 1988. – 272 с.

168. Росстат: сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy. – Дата обращения: 30.10.2021 г.

169. Рудиковский, А.В. Изучение устойчивости томата к возбудителю бурой пятнистости листьев в условиях Восточной Сибири / А.В. Рудиковский, И.М. Мокшанова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 6 (247). – С. 11-18.

170. Рудобашта, С.П. Влияние термодиффузии на кинетику осциллирующей инфракрасной сушки / С.П. Рудобашта, Г.А. Зуева, Н.А. Зуев // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2016. – Т. 59. – № 4. – С. 83-87.

171. Рудобашта, С.П. Организация осциллирующего режима ИК-сушки зерна с помощью информационно-измерительной и управляющей системы / С.П. Рудобашта, С.А. Проничев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 8. – С. 72-75.

172. Рычкова, Л.П. Регулируемый инфракрасный нагрев в процессах сушки кедровых орехов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Рычкова Людмила Петровна. – Ленинград, 1990. – 22 с.

173. Санникова, Т.А. Качество консервированных томатов в зависимости от сорта и пищевых добавок / Т.А. Санникова, В.А. Мачулкина, Н.И. Антипенко // Орошаемое земледелие. – 2017. – № 3. – С. 19-20.

174. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Минздрав России, 2002. – 62 с.

175. СанПиН 2.1.4.1116-02. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. – М.: Минздрав России, 2002. – 17 с.

176. Свинаярева, А.М. Технологическая подготовка томатов перед инфракрасной обработкой / А.М. Свинаярева, С.М. Быкова // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: мат. всеросс. науч.-практ. конф. (Иркутский ГАУ, 5-6 марта 2020 года). – пос. Молодежный: Изд-во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2020. – С. 107-113.

177. Свинарева, А.М. Технология получения томатного порошка и область его применения / А.М. Свинарева, С.М. Быкова // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: мат. всеросс. студ. науч.-практ. конф. (Иркутский ГАУ, 17-18 февраля 2022 г.). – пос. Молодежный: Изд-во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2022. – Том IV. – С. 301-305.

178. Соколов, Г.Я. Овощеводство открытого грунта: учебное пособие для вузов / Г.Я. Соколов; Иркут. гос. с.-х. акад. – Иркутск: ИрГСХА, 2004. – Ч. 2. – 170 с.

179. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. N 1364-р). – М., 2016. – 10 с.

180. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 апреля 2012 г. № 559-р). – М., 2012. – 63 с.

181. Сушильное дело: Оборудование / Инфракрасные и конвективные сушильные шкафы / Универсал СД-4 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://sushilnoedelo.ru/catalog/shkafnoe/universal-sd-4.html>. – Дата обращения: 27.03.2022 г.

182. Тепловизор testo 875i: руководство пользователя / М.: ООО «Тэсто Рус». – 55 с.

183. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. N 880).

184. Федотов, В.А. Технология предпосевной обработки семян пшеницы электротепловым излучением: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Федотов Виктор Анатольевич. – Иркутск, 2013. – 140 с.

185. Филоненко, Г.К. Сушка пищевых растительных материалов / Г.К. Филоненко, М.А. Гришин, Я.М. Гольденберг, В.К. Коссек. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 440 с.

186. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

187. Худоногов, А.М. Технология обработки дикорастущего и сельскохозяйственного сырья высококонцентрированным инфракрасным нагревом: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01, 05.20.02 / Худоногов Анатолий Михайлович. – Иркутск, 1988. – 428 с.

188. Худоногов, И.А. Ресурсосберегающие методы управления ИК-энергоподводом в процессах производства оздоровительного чая: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.02 / Худоногов Игорь Анатольевич. – Красноярск, 2009. – 414 с.

189. Чернышев, С.В. Исследование эндоизотермической сушки томатов / С.В. Чернышев // Вестник ТГТУ. – 2018. – Т. 14. – № 3. – С. 636-637.

190. Шелехов, И. Ю. Резистивные плоские нагреватели и электроотопительные приборы на их основе / И.Ю. Шелехов, Т.И. Шишелова, В.Г. Житов // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 4-2. – С. 285-289.

191. Шелехов, И.Ю. Эффективная конструкция нагревательного элемента для инфракрасного обогрева / И.Ю. Шелехов, Т.И. Шишелова, В.П. Иноземцев, В.В. Пожидаев // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2016. – № 3(18). – С. 118-124.

192. Шершнева, П.С. Разработка рецептур и технологии галетного печенья с добавлением томатного криопорошка / П.С. Шершнева, И.А. Тимошенкова, Е.В. Москвичева // Балтийский морской форум: мат. IX Междунар. Балтийского форума: в 6 т. (КГТУ, 04-09 октября 2021 г.). – Калининград, 2021. – Т. 5. – С. 115-121.

193. Экспертиза продуктов переработки плодов и овощей: учебное пособие для вузов / И.Э. Цапалова [и др.]; под ред. В.М. Позняковского. – Новосибирск: Сиб. университетское изд-во, 2003. – 270 с.

194. Электротехнологические промышленные установки: учебник для вузов / И.П. Евтюкова, Л.С. Кацевич, Н.М. Некрасова, А.Д. Свенчанский; под ред. А.Д. Свенчанского. – М.: Энергоиздат, 1982. – 400 с.

195. Abano, E.E. Catalytic Infrared Drying Effect on Tomato Slices Properties / E.E. Abano, H.L. Ma, W.J. Qu, P.L. Wang, B.G. Wu et al. // Journal Food Process Technol. – 2014. – Vol. 5. – p. 312.
196. Ahmad, U. Characterization, oxidative perspectives and consumer acceptability of tomato waste powder supplemented cookies / U. Ahmad, Z. Mushtaq, R.S. Ahmad, N. Asghar // The Journal of Animal & Plant Sciences. – 2017. – Vol. 27 (6). – pp. 2045-2055.
197. Akanbi, C.T. Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices / C.T. Akanbi, R.S. Adeyemi, A. Ojo // Journal of Food Engineering. – 2006. – Vol. 73. – pp. 157-163.
198. Aktas, M. Drying of tomato in a photovoltaic and thermal solar-powered continuous dryer / M. Aktas, S. Sevik, H. Dogan, M. Ozturk // Tarim Bilimleri Dergisi – Journal of Agricultural Sciences. – 2012. – Vol. 18. – pp. 287-298.
199. Al-Muhtaseb, A.H. Drying characteristics and quality change of unutilized-protein rich-tomato pomace with and without osmotic pre-treatment / A.H. Al-Muhtaseb, M. Al-Harabsheh, M. Hararah, T.R.A. Magee // Industrial Crops and Products. – 2010. – Vol. 31. – pp. 171-177.
200. Bhat, M.A. Physico-chemical characteristics of cookies pre-pared with tomato pomace powder / M.A. Bhat, H. Ahsan // Journal Food Process Technol. – 2015. – Vol. 7. – pp. 543.
201. Bhat, N.A. Tomato powder and crude lycopene as a source of natural antioxidants in whole wheat flour cookies / N.A. Bhat, I.A. Wani, A.M. Handani // Heliyon. – 2020. – Vol. 6. – p. e03042.
202. Celma, A.R. Characterisation of industrial tomato by-products from infrared drying process / A.R. Celma, F. Cuadros, F. Lopes-Rodriguez // Food and Bioprocess Processing. – 2009. – Vol. 89. – pp. 282-291.
203. Celma, A.R. Characterization of pellets from industrial tomato residues / A.R. Celma, F. Cuadros, F. Lopez-Rodriguez // Food and bioproducts processing. – 2012. – Vol. 90. – pp. 700-706.

204. Cernisev, S. Effects of conventional and multistage drying processing on non-enzymatic browning in tomato / S. Cernisev // *Journal of Food Engineering*. – 2010. – Vol. 96. – pp. 114-118.
205. Cesar, L-V.E. Thermal performance of a passive, mixed-type solar dryer for tomato slices (*Solanum lycopersicum*) / L-V.E Cesar, C-M.A. Lilia, G-V. Octavio // *Renewable Energy*. – 2020. – Vol. 147. – pp. 845-855.
206. Correa, P.C. Tomato infrared drying: modeling and some coefficients of the dehydration process / P.C. Correa, G.H.H. Oliveira, F.M. Baptestini, M.D.M.S. Diniz, A.A. Paixao // *Chilean journal of agricultural research*. – 2012. – Vol. 72 (2). – pp. 262-267.
207. Dorouzi, M. Tomato slices drying in a liquid desiccant-assisted solar dryer coupled with a photovoltaic-thermal regeneration system / M. Dorouzi, H. Morteza pour, H-R. Akhavan, A.G. Moghaddam // *Solar Energy*. – 2018. – Vol. 162. – pp. 364-371.
208. Doymaz, I. Air-drying characteristics of tomatoes / I. Doymaz // *Journal of Food Engineering*. – 2007. – Vol. 78. – pp. 1291-1297.
209. Dufera, L.T. Physicochemical quality of twin layer solar tunnel dried tomato slices / L.T. Dufera, W. Hofacker, A. Esper, O. Hensel // *Heliyon*. – 2021. – Vol. 7. – p. e07127.
210. EL-Mesery, H.S. Influence of drying methods on specific energy consumption and physical quality of tomato slices (*Lycopersicon esculentum*) / H.S. EL-Mesery, H. Mao // *Sci. Int. (Lahore)*. – 2017. – Vol. 29 (2). – pp. 143-147.
211. Garcia, M.L. Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient / M.L. Garcia, M.M. Calvo, M.D. Selgas // *Meat Science*. – 2009. – Vol. 83. – pp. 45-49.
212. Ghafouri-Oskuei, H. Quality properties of sausage incorporated with flaxseed and tomato powders / H. Ghafouri-Oskuei, A. Javadi, R.S.A. Mohammad, A.-D. Sodeif, A. Mohammad // *Meat Science*. – 2020. – Vol. 161. – p. 107957.
213. Jayathunge, K.G.L.R. Development of a methodology for production of dehydrated tomato powder and study the acceptability of the product / K.G.L.R. Jayathunge, R.A.N.S. Kapilarathne, B.M.K.S. Thilakarathne, M.D. Fernando,

K.B. Palipane, P.H.P. Prasanna // Journal of Agricultural Technology. – 2012. – Vol. 8 (2). – pp. 765-773.

214. King, A.J. Tomato Pomace May be a Good Source of Vitamin E in Broiler Diets / A.J. King, G. Zeidler // California Agriculture. – 2004. – Vol. 58. – № 1. – pp. 59-62.

215. Maha, M.H. Evaluation of dried tomato pomace as unconventional feed in broilers diet: nutritional, zootechnical and immune parameters / M.H. Maha, M.Z. Mohamed, R.A. Shaimaa // Journal of International Scientific Publications. – 2018. – Vol. 6. – pp. 52-63.

216. Ochirov, V.D. Interaction analysis of the electrotechnological system «emitter – material» in the process of heating and drying of food plant raw materials / V.D. Ochirov, I.V. Altukhov, S.M. Bykova, M.A. Blokhin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 548. – p. 062006.

217. Ochirov, V.D. Use of electrical heating in heat treatment technology and drying of wild-growing raw / V.D. Ochirov, I.V. Altukhov, V.A. Fedotov // 2019 International multi-conference on industrial engineering and modern technologies. FarEastCon 2019this link is disabled. – 2019. – p. 8934799.

218. Samimi-Akhijahani, H. Accelerating drying process of tomato slices in a PV-assisted solar dryer using a sun tracking system / H. Samimi-Akhijahani, A. Arabhosseini // Renewable Energy. – 2018. – № 123. – pp. 428-438.

219. Sohini, R. Different quality characteristics of tomato (*Solanum lycopersicum*) as a fortifying ingredient in food products: a review / R. Sohini, S. Rumki, R. Utpal, C. Runu // Technical Sciences. – 2016. – №19 (3). – pp. 199-213.

220. Soma, S. Development and evaluation of antioxidant activity of tomato based confectionary / S. Soma // International Food Research Journal. – 2013. – № 20 (6). – pp. 3167-3170.

221. Sonel: каталог продукции: измеритель параметров электроизоляции TM-2501. – М., 2022. – 82 с.

222. Varkonyi, Zs. Examination of infrared tomato drying / Zs. Varkonyi, V. Sebesi, M. Orvos // International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS). – 2019. – Vol. 4. – No. 1. – pp. 303-309.

223. Yagei, S. Impact of tomato pomace powder added to extruded snacks on the in vitro gastrointestinal behaviour and stability of bioactive compounds / S.Yagei, R. Caliskan , Z.S. Gunes, E. Capanoglu, M. Tomas // Food Chemistry. – 2022. – № 368. – p. 130847.

224. Yitbarek, M.B. The effect of feeding different levels of dried tomato pomace on the performance of Rhode Island Red (RIR) grower chicks / M.B. Yitbarek // Global Journal of Poultry Farming and Vaccination. – 2013. – Vol. 1 (1). – pp. 052-058.

225. Zanoni, B. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying / B. Zanoni, C. Peri, R. Nanib, V. Lavellia // Food Research International. – 1999. – Vol. 31. – No. 5. – pp. 395-401.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Анкета-опросник для изучения потребительских предпочтений

Анкета анонимная. Полученные результаты будут использованы исключительно в научно-исследовательских целях в обобщенном виде. Заранее благодарим Вас за пройденный опрос!

Вопрос	Ответ
1. <i>Ваш пол?</i>	Количество респондентов – 300 человек
1. Мужской	Женщины – 53 %
2. Женский	Мужчины – 47 %
2. <i>Ваш возраст?</i>	
1. От 16 до 20 лет	31-40 лет – 43 %
2. От 21 до 30 лет	21-30 лет – 23 %
3. От 31 до 40 лет	41-50 лет – 15 %
4. От 41 до 50 лет	16-20 лет – 10 %
5. От 51 до 60 лет	51-60 лет – 6 %
6. Старше 60 лет	старше 60 лет – 3 %
3. <i>Место Вашего жительства?</i>	
1. Деревня, село	Город свыше 100 тысяч человек – 45 %
2. Поселок городского типа	Деревня, село – 29 %
3. Город до 100 тысяч человек	Поселок городского типа – 14 %
4. Город свыше 100 тысяч человек	Город до 100 тысяч человек – 12 %
4. <i>Ваше образование?</i>	
1. Основное общее образование (9 классов)	Высшее образование – 63 %
2. Среднее общее образование (11 классов)	Среднее проф. образование – 15 %
3. Среднее профессиональное образование	Неполное высшее образование – 11 %
4. Неполное высшее образование	Среднее общее образование – 7 %
5. Высшее образование	Основное общее образование – 4 %
5. <i>Ваша сфера деятельности?</i>	
1. Школьник	Работник бюджетной сферы – 37,3 %
2. Студент	Работник коммерческого сектора – 29,5 %
3. Работник бюджетной сферы	Студент – 18,5 %
4. Работник коммерческого сектора	Безработный – 6,2 %
5. Индивидуальный предприниматель	Индивидуальный предприниматель – 5,9 %
6. Безработный	Пенсионер – 2,3 %
7. Пенсионер	Школьник – 0,3 %
6. <i>Ваш средний уровень дохода на одного члена семьи?</i>	
1. До 5 тысяч рублей	До 5 тысяч рублей – 4,3 %
2. От 5 до 10 тысяч рублей	От 5 до 10 тысяч рублей – 6,3 %
3. От 11 до 15 тысяч рублей	От 11 до 15 тысяч рублей – 17,7 %
4. От 16 до 20 тысяч рублей	От 16 до 20 тысяч рублей – 13,2 %
5. От 21 до 25 тысяч рублей	От 21 до 25 тысяч рублей – 12,5 %
6. От 25 тысяч рублей и выше	От 25 тысяч рублей и выше – 46 %

7. Какие мучные кондитерские изделия Вам наиболее предпочтительны?

(возможно несколько вариантов ответов)

1. Печенье
2. Вафли
3. Пряники
4. Кексы
5. Рулеты

Торты и пирожные – 55 %

Печенье – 50 %

Вафли – 29 %

Кексы – 26 %

Пряники – 23 %

Рулеты – 22 %

6. Торты и пирожные
7. Мучные кондитерские изделия в пищу не употребляю (переход к вопросу 16)

Мучные кондитерские изделия в пищу не употребляю (переход к вопросу 16) – 11 %

8. Как часто Вы употребляете мучные кондитерские изделия?

1. Ежедневно
2. Несколько раз в неделю
3. Несколько раз в месяц
4. Очень редко

Несколько раз в неделю – 41,95 %

Ежедневно – 26,97 %

Несколько раз в месяц – 19,1 %

Очень редко – 11,98 %.

9. Как часто Вы покупаете мучные кондитерские изделия?

1. Один раз день
2. Один раз в три дня
3. Один раз в неделю
4. Редко
5. Не покупаю (переход к вопросу 16)
6. Приготовление в домашних условиях (переход к вопросу 16)

Один раз в неделю – 37,1 %

Редко – 27 %.

Один раз в три дня – 24 %

Один раз в день совершают покупки – 7,1 %

Приготовление в домашних условиях – 4,1 %

Не покупаю – 0,7 %

10. В каких торговых точках Вы предпочитаете покупать мучные кондитерские изделия?

(возможно несколько вариантов ответов)

1. В супермаркете
2. В магазине
3. В пекарне
4. На продовольственном рынке

В магазине – 50 %

В супермаркете – 47,2 %

В пекарне – 42,1 %

На продовольственном рынке – 7,1 %

11. Что для Вас является определяющим при выборе мучных кондитерских изделий?

(возможно несколько вариантов ответов)

1. Стоимость
2. Торговая марка (бренд)
3. Привлекательность (внешний вид, запах и др.)
4. Вкусовые предпочтения
5. Наличие полезных веществ
6. Калорийность
7. Близость торговой точки (магазин, супермаркет и др.)
8. Советы и рекомендации друзей и коллег

Вкусовые предпочтения – 79 %

Стоимость – 40,9 %

Привлекательность – 40,2 %

Близость торговой точки (магазин, супермаркет и др.) – 20,9 %

Торговая марка (бренд) – 16,9 %

Наличие полезных веществ – 16,1 %

Советы и рекомендации друзей и коллег – 11 %

Калорийность – 5,9 %

12. *Интересуетесь ли Вы качественным и количественным составом мучных кондитерских изделий при покупке?*

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| 1. Интересуюсь | Интересуюсь – 51,2 % |
| 2. Не интересуюсь | Не интересуюсь – 40,9 % |
| 3. Не имеет значения | Не имеет значения – 7,9 % |

13. *Что на Ваш взгляд могло бы поспособствовать увеличению объемов продаж мучных кондитерских изделий?*

(возможно несколько вариантов ответов)

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Снижение стоимости | Повышение качества – 50,8 % |
| 2. Повышение качества | Снижение стоимости – 48,8 % |
| 3. Повышение полезных свойств | Расширение ассортимента – 42,1 % |
| 4. Расширение ассортимента | Повышение полезных свойств – 31,9 % |
| 5. Свой ответ _____ | Свой ответ – 2,8 % |

14. *Мучные кондитерские изделия каких производителей Вы предпочитаете?*

- | | |
|---|--|
| 1. Производители Иркутской области | Покупаю и те, и другие – 52 % |
| 2. Производители других регионов России | Производители Иркутской области – 38,2 % |
| 3. Покупаю и те, и другие | Производители других регионов России – 5,9 % |
| 4. Затрудняюсь ответить | Затрудняюсь ответить – 3,9 % |

15. *Какую сумму в среднем в месяц Вы тратите на приобретение мучных кондитерских изделий?*

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| 1. До 1 тысяч рублей | До 1 тысяч рублей – 53,2 % |
| 2. До 3 тысяч рублей | До 3 тысяч рублей – 39,1 % |
| 3. До 5 тысяч рублей | До 5 тысяч рублей – 6,6 % |
| 4. Свыше 5 тысяч рублей | Свыше 5 тысяч рублей – 1,1 % |

16. *Входят ли томаты в рацион Вашего питания?*

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1. Да | Да – 86,5 % |
| 2. Нет (переход к вопросу 21) | Нет – 10,3 % |
| 3. Затрудняюсь ответить | Затрудняюсь ответить – 3,2 % |

17. *Как часто Вы употребляете свежие томаты?*

- | | |
|---|---|
| 1. Употребляю только в период массового созревания и уборки | Употребляю круглогодично – 53,8 % |
| 2. Употребляю круглогодично | Употребляю только в период массового созревания и уборки – 36,9 % |
| 3. Не употребляю | Не употребляю – 2,5 % |
| 4. Затрудняюсь ответить | Затрудняюсь ответить – 6,8 % |

18. Где Вы чаще всего приобретаете томаты?

- | | |
|---|--|
| 1. В супермаркете | На овощном рынке – 29 % |
| 2. В магазине | В магазине – 24 % |
| 3. На овощном рынке | В супермаркете – 20,45 % |
| 4. Не покупаю, так как выращиваю самостоятельно | Не покупаю, так как выращиваю самостоятельно – 20,45 % |
| 5. Беру у родственников, друзей, коллег, знакомых | Беру у родственников, друзей, коллег, знакомых – 6,1 % |

19. Какие способы переработки томатов Вы используете для их круглогодичного потребления? (возможно несколько вариантов ответов)

- | | |
|---|---|
| 1. Потребляю только в свежем виде, готовлю салаты, винегреты и т.п. | Потребляю только в свежем виде, готовлю салаты, винегреты и т.п. – 76 % |
| 2. Переработка в томатную пасту, томатный сок, томатный соус | Переработка в томатную пасту, томатный сок, томатный соус – 24 % |
| 3. Цельноплодное консервирование | Цельноплодное консервирование – 22,9 % |
| 4. Маринование и засолка | Маринование и засолка – 38 % |
| 5. Сушка томатов | Сушка томатов – 11,1 % |
| 6. Переработка в томатное варенье | Переработка в томатное варенье – 1,1 % |
| 7. Не занимаюсь переработкой томатов | Не занимаюсь переработкой томатов – 7,9 % |

20. Как часто Вы употребляете томатопродукты (томатная паста, томатный сок, томатный соус, консервированные томаты и др.)?

- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1. Два-три раза в неделю | Два-три раза в неделю – 29 % |
| 2. Один раз в неделю | Один раз в месяц – 24 % |
| 3. Реже одного раза в неделю | Один раз в неделю – 20,1 % |
| 4. Один раз в месяц | Реже одного раза в неделю – 20,1 % |
| 5. Не употребляю | Не употребляю – 6,8 % |

21. Знаком ли Вам термин «томатный порошок (мука)»?

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| 1. Да | Нет – 81 % |
| 2. Нет | Да – 15 % |
| 3. Затрудняюсь ответить | Затрудняюсь ответить – 4 % |

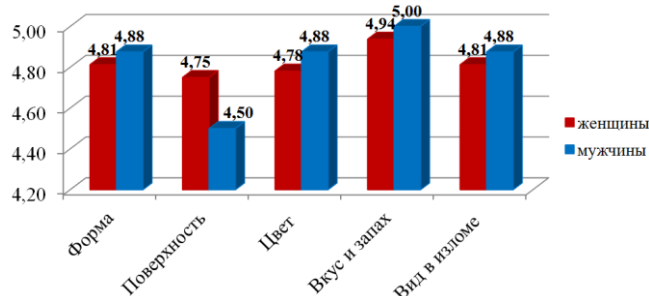
22. Заинтересовало бы Вас печенье с добавлением томатного порошка, обладающего повышенной пищевой и физиологической ценностью?

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Да | Да – 42 % |
| 2. Нет | Затрудняюсь ответить – 30 % |
| 3. Затрудняюсь ответить | Нет – 28 % |

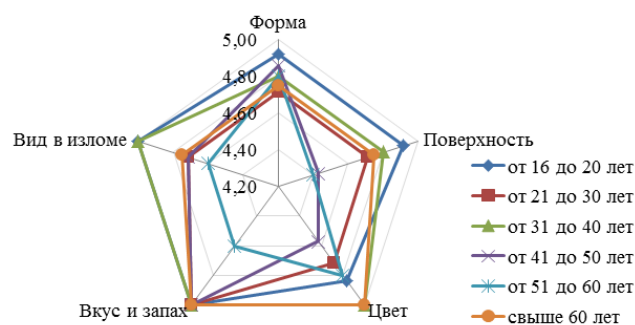
Результаты дегустационного анализа печенья с томатным порошком



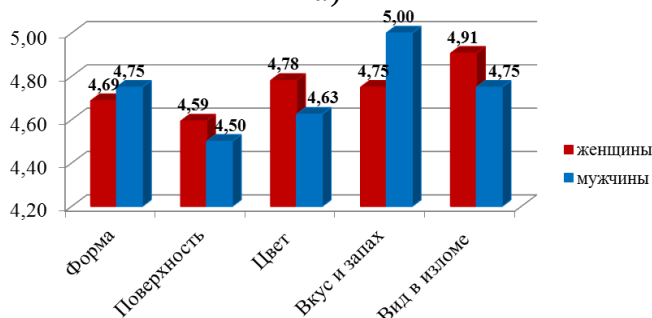
Распределение дегустаторов по сферам деятельности (исследования проведены на различных выставках с участием автора, общее количество дегустаторов составило 100 человек, из них 30 мужчин и 70 женщин)



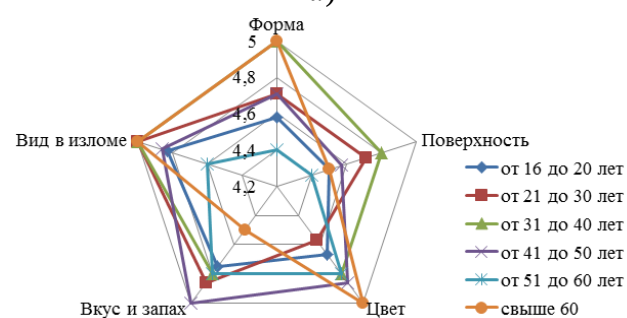
а)



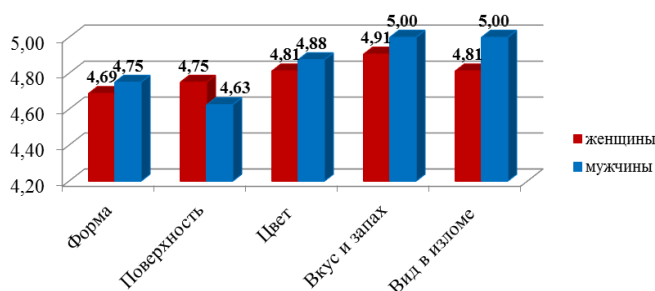
а)



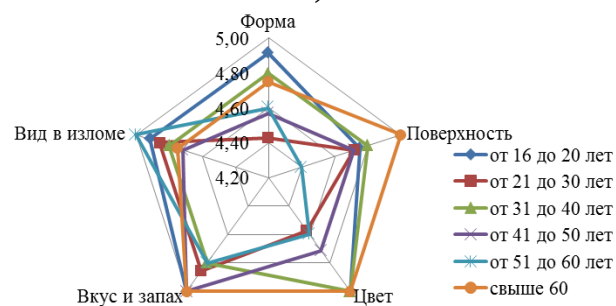
б)



б)



в)



в)

Вкусовые предпочтения дегустаторов в зависимости от половой принадлежности:
а) 5 % томатного порошка; б) 10 % томатного порошка; в) 15 % томатного порошка

Распределение вкусовых предпочтений дегустаторов в зависимости от возраста:
а) 5 % томатного порошка; б) 10 % томатного порошка; в) 15 % томатного порошка

Патент на изобретение Российской Федерации

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2780828**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ТОМАТНОГО ПОРОШКА НА
ОСНОВЕ ИНФРАКРАСНОГО ОБЛУЧЕНИЯ И
СУШКИ СВЕЖЕГО ТОМАТА**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Иркутский государственный аграрный университет имени
А.А. Ежевского" (RU)*

Авторы: *Быкова Светлана Михайловна (RU), Алтухов Игорь
Вячеславович (RU), Очиров Вадим Дансарунович (RU),
Федотов Виктор Анатольевич (RU)*

Заявка № 2021132022

Приоритет изобретения **01 ноября 2021 г.**Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **04 октября 2022 г.**Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **01 ноября 2041 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов



Техническая документация
ЕВРАЗИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СОЮЗ
ДЕКЛАРАЦИЯ О СООТВЕТСТВИИ

Макет № 210301

Заявитель ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.А.ЕЖЕВСКОГО"

Место нахождения (адрес юридического лица): 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, поселок Молодежный

Адрес места осуществления деятельности: 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, поселок Молодежный, Аграрный университет

Основной государственный регистрационный номер 1023801535658.

Телефон: 7(3952) 23-73-30 Адрес электронной почты: rector@igsha.ru

в лице врио ректора Дмитриева Николая Николаевича заявляет, что Изделия кондитерские мучные: Печенье сдобное: печенье «Томатное», печенье «Морковное», печенье «Свекольное», печенье «Облепиховое», печенье «Черемуховое»; Овсяное печенье с добавлением томатного, морковного, свекольного, облепихового, яблочного, грушевого, бананового порошков.

Изготовитель ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.А.ЕЖЕВСКОГО"

Место нахождения (адрес юридического лица): 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, поселок Молодежный

Адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, поселок Молодежный, Аграрный университет Продукция изготовлена в соответствии с ТУ 10.72.12-001-00492919-2021 «Печенье сдобное и овсяное с добавками из овощей, фруктов и ягод. Технические условия».

Код (коды) ТН ВЭД ЕАЭС: 1905

Серийный выпуск

соответствует требованиям

Технического регламента Таможенного союза "О безопасности пищевой продукции" (ТР ТС 021/2011)

Технического регламента Таможенного союза "Пищевая продукция в части ее маркировки" (ТР ТС 022/2011)

Технического регламента Таможенного союза "Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств" (ТР ТС 029/2012)

Декларация о соответствии принята на основании

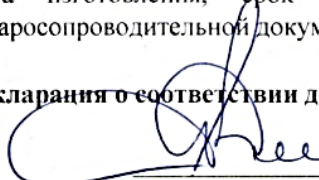
Протокола испытаний № 42.9456 от 07.12.2021 года, выданного Испытательным лабораторным центром Филиала Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» в Зеленоградском АО, СЕРТИФИКАТ № RA RU.21NN96

Схема декларирования соответствия: 3д

Дополнительная информация

Дата изготовления, срок годности, условия хранения указаны в прилагаемой к продукции товаросопроводительной документации и/или на упаковке и/или каждой единице продукции.

Декларация о соответствии действительна с даты регистрации по 16.11.2026 включительно

подпись  Дмитриев Николай Николаевич
(Ф.И.О. заявителя)

Регистрационный номер декларации о соответствии: ЕАЭС N RU Д-RU.PA01.B.

Дата регистрации декларации о соответствии: 17.11.2021



Продолжение приложения Г

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО
(ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ)

ОКПД 2 10.39.13.000

ОКС 67.080.20 (Группа Н51)



УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

Н.Н. Дмитриев

личная подпись

« 28 »

02

» 2022 г.

ТОМАТ СУШЕНЫЙ
Технические условия
ТУ 10.39.13-003-00492919-2022
(Утверждены впервые)

Дата введения в действие – 01.03.2022 г.

РАЗРАБОТАНО
ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ
Старший преподаватель кафедры
энергообеспечения и теплотехники

С.М. Быкова

личная подпись

Доктор технических наук, доцент

И.В. Алтухов

личная подпись

Заведующий кафедрой
энергообеспечения и теплотехники, к.т.н.

В.Д. Очиров

личная подпись

Доцент кафедры энергообеспечения
и теплотехники, к.т.н.

В.А. Федотов

личная подпись

п. Молодежный
Иркутского р-на
Иркутской области
2022

Продолжение приложения Г
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО
(ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ)

ОКПД 2 10.61.23.000

ОКС 67.080.20 (Группа Н31)



УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

Н.Н. Дмитриев

личная подпись

« 28 » « 02 » 2022 г.

ПОРОШОК ИЗ СУШЕНЫХ ТОМАТОВ

Технические условия

ТУ 10.61.23-004-00492919-2022

(Утверждены впервые)

Дата введения в действие – 01.03.2022 г.

РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

Старший преподаватель кафедры
энергообеспечения и теплотехники

С.М. Быкова

личная подпись

Доктор технических наук, доцент

И.В. Алтухов

личная подпись

Заведующий кафедрой

энергообеспечения и теплотехники, к.т.н.

В.Д. Очиров

личная подпись

Доцент кафедры энергообеспечения
и теплотехники, к.т.н.

В.А. Федотов

личная подпись

п. Молодежный
Иркутского р-на
Иркутской области
2022

Продолжение приложения Г

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО
(ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ)

ОКПД 2 10.72.12.120

ОКС 67.060 (Группа Н42)



УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

Н.Н. Дмитриев

личная подпись

« 28 » « 02 » 2022 г.

**ПЕЧЕНЬЕ СДОБНОЕ И ОВСЯНОЕ С ДОБАВКАМИ
ИЗ ОВОЩЕЙ, ФРУКТОВ И ЯГОД**

Технические условия

ТУ 10.72.12-005-00492919-2022

(Утверждены впервые)

Дата введения в действие – 01.03.2022 г.

РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

Старший преподаватель кафедры
энергообеспечения и теплотехники

С.М. Быкова

личная подпись

Доктор технических наук, доцент

И.В. Алтухов

личная подпись

Заведующий кафедрой

энергообеспечения и теплотехники, к.т.н.

В.Д. Очиров

личная подпись

Доцент кафедры энергообеспечения
и теплотехники, к.т.н.

В.А. Федотов

личная подпись

п. Молодежный
Иркутского р-на
Иркутской области
2022



УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

И.Н. Дмитриев

личная подпись

» 2024 г.

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА № 1

ТОМАТ СУШЕНЫЙ

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая технико-технологическая карта распространяется на сушеный томат гибрида «Митридат», изготовленный с применением инфракрасной сушильной установки, в которой в качестве нагревательных элементов используются тонкопленочные нагревательные элементы.

2 ТРЕБОВАНИЯ К СЫРЬЮ

Томат сушеный изготавливают в соответствии с требованиями ГОСТ 32065 по технологическим инструкциям для сушеного томата и с соблюдением требований технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Для изготовления сушеного томата применяют свежий томат по ГОСТ 34298, имеющий сопроводительные документы, подтверждающие его безопасность и качество (сертификат соответствия, санитарно-эпидемиологическое заключение, удостоверение безопасности и качества и пр.).

3 РЕЖИМЫ СУШКИ ТОМАТА

Параметры продукта и сушки	Показатель
Общая масса загружаемого продукта, кг, не более	45
Масса загрузки продукта на 1 пищевой лоток, кг, не более	4,5
Средняя температура нагрева продукта, °С	60
Массовая доля влаги в свежем продукте, %	93-95
Массовая доля сушеного продукта, %, не более	14
Калибр плода томата	7-8
Форма нарезанного плода	дольки
Продолжительность сушки, мин, не более	310-350
Расход электроэнергии на 1 кг удаленной влаги, кВт·ч, не более	1,0
Энергопотребление установки в период разогрева (10-15 минут) нагревательных элементов до заданной температуры нагрева, кВт·ч, не более	2,0
Энергопотребление установки после разогрева в режиме включения и отключения нагревательных элементов, кВт·ч, не более	1,0

4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

4.1 Технологическая схема производства сушеного томата включает следующие операции: мойка, инспекция, сортировка и калибровка, очистка, доочистка, резка, сушка, сортировка, упаковка.

4.2 Перед сушкой томаты моют проточной водой. Мойка томатов происходит в специальных ваннах или под струей воды из душевых насадок. После мойки сырье подвергается инспекции, сортировке и калибровке. Инспекция включает в себя просмотр и отбраковку непригодных томатов, а также вырезку поврежденных участков плодов, полученных при сборе и хранении. Сортируют томаты по качеству, зрелости, окраске, и калибруют по форме и размеру. Для качественного инспектирования томаты рассматривают со всех сторон.

4.3 Для увеличения активной поверхности испарения влаги из томатов и интенсификации процесса сушки их режут на дольки. Перед нарезкой на дольки необходимо вырезать след от плодоножки томатов. Разрезание на дольки различных размеров проводится с помощью плодоовощерезок или кухонным ножом. Равномерно нарезанные дольки томатов раскладывают одним слоем на пищевой лоток. До загрузки сырья сушильная установка должна быть предварительно включена в работу для прогрева и достижения заданной температуры нагрева в течение 20-25 минут. При достижении заданной температуры нагрева пищевые лотки с сырьем загружаются в рабочую камеру установки, включается вентилятор для отвода испаряемой влаги из установки. В процессе сушки через каждый час обслуживающему персоналу необходимо проводить проверку состояния сушеной продукции. Испаряемая влага в процессе сушки томатов из установки удаляется вентилятором. По окончании процесса сушки сушеный томат вынимают из рабочей камеры установки.

4.5 Общие отходы и потери составляют при, в %: очистка 1 %, нарезка 1 %, сушке и расфасовке 3 %..

4.6 Позонное регулирование температуры нагрева в рабочей камере установки осуществляется с помощью регуляторов напряжения для управления нагревательными элементами и плавного регулирования скорости удаления влаги вентилятором. Температура нагрева внутри рабочей камеры в процессе исследования отображается на дисплее терморегулятора.

5 ТРЕБОВАНИЯ К УПАКОВКЕ И ХРАНЕНИЮ

5.1 После сушки томат герметично упаковывают в полиэтиленовые пакеты с предварительным удалением воздуха из пакетов с помощью вакуумного упаковщика, что обеспечивает сохранность продукции в течение срока годности при соблюдении условий транспортирования и хранения. Упакованный томат укладывают в фанерные ящики или ящики из гофрированного картона, выложенные внутри пергаментом.

5.3 Сушеный томат хранят в сухих, вентилируемых помещениях при температуре не выше 25 °С и относительной влажности не более 75 % со дня изготовления не более 12 мес.

6 ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

6.1 Органолептические показатели качества:

Внешний вид – дольки правильной формы с ровной поверхностью и равномерные по толщине, целые, без обломанных граней, сохраняющие свою форму при завертке, укладке в тару и транспортировании, легко разминающиеся.

Консистенция – однородная, целые рассыпающиеся частицы одинаковой формы и размера, сохраняющие свою форму при завертке, укладке в тару и транспортировании, имеется легкая хрупкость.

Вкус и запах – свойственный томатам без посторонних привкусов и запахов.

Цвет – однородный, от темно-красного до красного, местами имеются небольшие белые пятна от сердцевины.

6.2 Микробиологические показатели сушеного томата должны соответствовать требованиям технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

7 ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ 100 г

Углеводы, г	Витамины, мг				Калорийность, ккал
	β-каротин	B ₁	B ₂	C	
56	0,2	0,2	0,15	25,0	260

Ответственные
за оформление карты




/Быкова С.М./

/Очиров В.Д./

Окончание приложения Г

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО (ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ)

ОКПД 2 28.93.16.190

ОКС 97.100.10



УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

Н.Н. Дмитриев

личная подпись

« 02 » « 06 » 2024 г.

**УСТАНОВКА СУШИЛЬНАЯ ИНФРАКРАСНАЯ
С ТОЛСТОПЛОЧНЫМИ РЕЗИСТИВНЫМИ НАГРЕВАТЕЛЯМИ**

Технические условия
ТУ 28.93.16-006-00492919-2024
(Введены впервые)

Дата введения в действие – 2024-06-01.

РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

Старший преподаватель кафедры
энергообеспечения и теплотехники

С.М. Быкова

личная подпись

Заведующий кафедрой

энергообеспечения и теплотехники

В.Д. Очиров

личная подпись

пос. Молодежный Иркутского р-на Иркутской области
2024

Акты внедрения результатов работы

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе

ФГБОУ ВО Иркутский

государственный аграрный

университет имени А.А. Ежовского



/Иванько Я.М./

2021 г.

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы
в учебный процесс

Результаты научно-исследовательской работы, а также их научные положения и практические решения по разработке технологии инфракрасной обработки и сушки томатов, выполненные в Иркутском ГАУ при непосредственном участии аспиранта Быковой Светланы Михайловны, внедрены в учебный процесс кафедры энергообеспечения и теплотехники.

Полученные результаты используются при организации научно-исследовательской работы и практической работы по дисциплинам «Теплотехника», «Тепломассообменное оборудование предприятий» и «Электротехнология» для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 35.03(04).06 Агроинженерия (уровень бакалавриата и магистратуры) и 13.03(04).01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата и магистратуры).

Заведующий кафедрой
энергообеспечения и теплотехники,
канд. техн. наук, доцент

Очиров В.Д.

Аспирант

Быкова С.М.

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе

ФГБОУ ВО Иркутский

государственный аграрный

университет имени А.А. Ежовского



/Иваньо Я.М./

2021 г.

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы
в учебный процесс

Результаты научно-исследовательской работы и практические решения по переработке томатного сырья и разработке рецептуры печенья с использованием томатного порошка, выполненные в Иркутском ГАУ, при непосредственном участии аспиранта Быковой Светланы Михайловны, внедрены в учебный процесс кафедры технологии переработки сельскохозяйственной продукции и ветсанэкспертизы.

Полученные результаты используются при организации научно-исследовательской и практической работы студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции (уровень бакалавриата).

Заведующая кафедрой технологии
переработки сельскохозяйственной
продукции и ветсанэкспертизы,
канд. с.-х. наук, доцент

Алексеева Ю.А.

Аспирант

Быкова С.М.

ИП Бемяков Д.В. 1138501180097
« 25 » 04 2022 г.
Бемяков
Владимирович
ИНН 3801204160088
ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬ

АКТ

внедрения результатов диссертационной работы

Разработанные кафедрой энергообеспечения и теплотехники ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ технология инфракрасной сушки томатов, рецептура печенья с добавлением порошка из сушеных томатов, нормативно-техническая документация: ТУ 10.39.13-003-00492919-2022 «Томат сушеный», ТУ 10.61.23-004-00492919-2022 «Порошок из сушеных томатов», ТУ 10.72.12-005-00492919-2022 «Печенье сдобное и овсяное с добавками из овощей, фруктов и ягод» и технологическая инструкция по изготовлению печенья приняты для внедрения в кондитерском цехе «Радуга» ИП Бемяков Д.В.

В ходе выработки опытной партии печенья с добавлением томатного порошка установлено, что органолептические и физико-химические показатели печенья соответствуют требованиям ГОСТ 24901-2014 «Печенье. Общие технические условия».

Главный технолог
ИП Бемяков Д.В.

Ажбалова Ажбалова Т.А.

Аспирант кафедры
энергообеспечения
и теплотехники
ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

Быкова Быкова С.М.

Генеральный директор
СХАО «Белореченское»

Франтенко Г.С.

2022 г.



АКТ

на проведение производственных испытаний разработанного
печенья с использованием томатного порошка

Проведены проработки технологии и рецептуры печенья с томатным порошком в производственных условиях в цехе по производству хлебобулочной и кондитерской продукции СХАО «Белореченское» с 23 мая по 25 мая 2022 г.

Проведенные исследования показали, что томатный порошок может быть использован в качестве обогатителя микронутриентами при производстве мучных кондитерских изделий. Технология производства печенья с добавлением томатного порошка может быть рекомендована к внедрению в производство.

Главный технолог
СХАО «Белореченское»

Пилюгина И.М.

Аспирант кафедры
энергообеспечения
и теплотехники
ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

Быкова С.М.

Доцент кафедры
электрооборудования
и физики
ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

Логинов А.Ю.

Заведующий кафедрой
энергообеспечения
и теплотехники
ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

Очиров В.Д.

Участие в грантах, конкурсах и выставках



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО»
(ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ)

СтС-307651
0087762

ПРИКАЗ

10 сентября 2023 г.

№ 01/009

пос. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область

О результатах конкурса научно-исследовательских и опытно-конструктивных разработок молодых ученых на соискание гранта Иркутского ГАУ «Инновационные разработки в АПК» (Конкурс)

1. Утвердить победителей конкурса с выплатой 50000 руб. по следующим номинациям:

1.1. Номинация техническое обеспечение энергосберегающих технологий получения сельскохозяйственной продукции, в составе:

Быкова Светлана Михайловна – старший преподаватель кафедры энергообеспечения и теплотехники;

Федотов Виктор Анатольевич – доцент кафедры энергообеспечения и теплотехники;

Салмонов Саьдуллохон Рахматуллоевич – студент 3 курса направления подготовки 13.03.01 – теплоэнергетика и теплотехника;

Свинарева Анастасия Максимовна – студентка 2 курса направления подготовки 13.03.01 – теплоэнергетика и теплотехника.

1.2. Номинация разработка зооветеринарных мероприятий по повышению продуктивности сельскохозяйственных животных, их сохранности, научно-обоснованных рационов и содержания животных, в составе:

Табакова Мария Александровна – старший преподаватель кафедры анатомии, физиологии и микробиологии.

1.3. Номинация цифровая трансформация сельского хозяйства и образовательной деятельности аграрного университета, в составе:

Асаланханов Петр Георгиевич - доцент кафедры информатики и математического моделирования.

Петрова Софья Андреевна – доцент кафедры информатики и математического моделирования;

1.4. Номинация рациональные приемы природопользования и охраны окружающей среды, в составе:

Небесных Иван Александрович – доцент кафедры общей биологии и экологии

Врио ректора

Н.Н. Дмитриев

Согласовано:

Проректор по НР

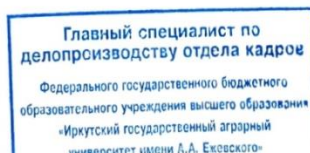
Я.М. Иванько

Главный бухгалтер

Т.Г. Прохорова

Начальник ПДО

А.А. Дианова



ДОГОВОР (СОГЛАШЕНИЕ) №1829ГССС15-Л/87762

о предоставлении гранта

на выполнение работ по разработке новых товаров, изделий, технологий или услуг с использованием результатов научно-технических и технологических исследований, имеющих потенциал коммерциализации и находящихся на самой ранней стадии развития

г. Москва

18 сентября 2023 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям), далее именуемое «Фонд», в лице заместителя генерального директора Антропова Алексея Петровича, действующего на основании доверенности от 01.03.2023 г., с одной стороны, и гражданин Российской Федерации Быкова Светлана Михайловна, далее именуемый «Грантополучатель», с другой стороны, совместно именуемые в дальнейшем «Стороны», заключили настоящий Договор (Соглашение), именуемый в дальнейшем «Договор», о нижеследующем:

1. Предмет Договора

1.1 Фонд выделяет Грантополучателю денежные средства (далее – Грант) на условиях, указанных в настоящем Договоре, на выполнение работ по разработке новых товаров, изделий, технологий или услуг с использованием результатов научно-технических и технологических исследований, имеющих потенциал коммерциализации и находящихся на самой ранней стадии развития (далее – Работы), по теме «Технология переработки плодов и овощей с использованием инфракрасной обработки и сушки для получения плодовоовощных порошков и их применения в приготовлении мучных кондитерских изделий (на примере томатов)» по итогам конкурса в рамках программы «Студенческий стартап» (далее – Конкурс).

1.2 Грантополучатель принимает Грант от Фонда на реализацию Договора и выполняет Работы.

1.3 Основанием для заключения Договора является: Протокол заседания дирекции Фонда содействия инновациям № 6 от 13 июля 2023 г.

1.4 Исполнение Договора осуществляется за счет бюджетных ассигнований в виде субсидий, предоставляемых Фонду из средств федерального бюджета на основании Федерального закона Российской Федерации о федеральном бюджете на соответствующий финансовый год.

1.5 Предусмотренные Договором Работы выполняются Грантополучателем в соответствии с техническим заданием (Приложение № 1) и календарным планом (Приложение № 2), являющимися неотъемлемой частью Договора.

2. Сроки исполнения Работ

2.1 Общий срок выполнения работ по Договору – 12 месяцев. Данный срок может быть уменьшен, но не менее чем до 6 месяцев, в случае выполнения Грантополучателем всех предусмотренных Договором Работ, достижения заявленных результатов и соблюдения требований Договора

2.2 Содержание и сроки выполнения основных этапов Работ определяются календарным планом (Приложение № 2), являющимся неотъемлемой частью Договора.





СЕРТИФИКАТ

Быкова Светлана Михайловна

ФИНАЛИСТ КОНКУРСА НИР

НАУКА БУДУЩЕГО – НАУКА МОЛОДЫХ

V МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

VIII ВСЕРОССИЙСКИЙ
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ



ДМИТРИЙ ИВАНОВ
СОПРЕДСЕДАТЕЛЬ
ПРОГРАММНОГО КОМИТЕТА

АНДРЕЙ АБРАМОВ
СОПРЕДСЕДАТЕЛЬ
ПРОГРАММНОГО КОМИТЕТА



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЗОЛОТАЯ ОСЕНЬ 2022

XXIV ВСЕРОССИЙСКАЯ АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТСЯ
БРОНЗОВОЙ МЕДАЛЬЮ

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ,
Иркутская область, пос. Молодежный

*За разработку технологии переработки томатов с использованием инфракрасной обработки и сушки
для получения томатного порошка и его использования при приготовлении мучных кондитерских изделий*

МИНИСТР СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Д.Н. ПАТРУШЕВ

22-25 ОКТЯБРЯ | РОССИЯ, ИРКУТСК

ВЫСТАВКА 2019

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ НЕДЕЛЯ



ДИПЛОМ

Алтухову И.В., Очирову В.Д., Федотову В.А.,
Быковой С.М., Блохнину М.А.

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А. Ежевского»

Кафедра энергообеспечения и теплотехники

За разработку технологии приготовления плодовоовощных
чипсов с использованием инфракрасной обработки и сушки.

Генеральный директор
ОАО «СИБЭКСПОЦЕНТР»

А. Г. Шаповалов



Сибэкспоцентр



Иркутская региональная общественная организация
Всероссийского общества изобретателей и рационализаторов (ИРОО ВОИР)
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, дом 81/18, кв. 3.
тел. 89501208482 irk_voir@mail.ru ОГРН 1213800009169 ИНН 3812535750

www.ros-voir.ru

90 лет в авангарде борьбы за научно-технический прогресс!

02 апреля 2021 года

СПРАВКА

подтверждения участия в Ярмарке идей
«Изобретатели – агропромышленному комплексу»

Настоящая справка составлена о том, что аспирант Быкова С.М. действительно приняла очное участие в Ярмарке идей «Изобретатели – агропромышленному комплексу» 30 марта 2021 г., проведенной на базе ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (Иркутский район, пос. Молодежный, главный корпус).

Организаторы Ярмарки идей: Иркутское отделение Всероссийского общества изобретателей и рационализаторов; ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ; АНО «Центр развития и поддержки предпринимательства» (г. Иркутск).

В рамках выставки «Изобретения для АПК» Быкова С.М. представила для дегустации участниками и гостями Ярмарки идей кулинарные изделия с мукой из томатов. Изделия готовились по рецептуре, предложенной автором. В процессе дегустации отмечены высокие органолептические показатели выпеченных изделий.

С уважением,
председатель Совета ИРОО ВОИР

Деранжулин П.Н.



Продолжение приложения Е



ДИПЛОМ

II степени

СЕКЦИЯ «СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО И
ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ»

награждается

Авторский коллектив:

Алтухов Игорь Вячеславович, Очиров Вадим
Дансарунович, Федотов Виктор Анатольевич,
Быкова Светлана Михайловна

за изобретения

«Способ сушки моркови при приготовлении чипсов»,
«Сушилка»

Председатель Совета
ИРОО ВОИР



Деранжулин П.Н.

ПРИТЯЖЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТА



ДИПЛОМ

К СЕРЕБРЯНОЙ НАГРАДЕ ВЫСТАВКИ

ПРИСУЖДАЕТСЯ

**ФГБОУ ВО ИРКУТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ.А.А.ЕЖЕВСКОГО**

За активное продвижение на региональный рынок научных разработок и инноваций в сфере агропромышленного комплекса

И.о. генерального директора
АО «Сибэкспоцентр»
Каретников В.А.



ДИПЛОМ

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

Кафедра энергообеспечения и теплотехники

Научно-исследовательская лаборатория

«Энергосбережение в электротехнологиях»

Алтухову И.В., Очирову В.Д., Быковой С.М.,

Цыдыповой О.Н., Федотову В.А.

За разработку технологии инфракрасной обработки и сушки брусники, голубики, жимолости, клубники, клюквы, малины, облепихи, смородины, черники, томатов и яблок для получения пищевого порошка

Генеральный директор
АО «СИБЭКСПОЦЕНТР»
Романов Р.В.





ДИПЛОМ

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»
Кафедра энергообеспечения и теплотехники
Научно-исследовательская лаборатория
«Энергосбережение в электротехнологиях»
Алтухову И.В., Быковой С.М., Цыдыповой О.Н.,
Федотову В.А., Очирову В.Д.

За разработку технологии производства сушеной моркови, картофеля, свеклы, томатов и яблок с использованием инфракрасной обработки и сушки

Генеральный директор
АО «СИБЭКСПОЦЕНТР»
Романов Р.В.



Иркутск, 2023

