

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
САДОВОДСТВА, ВИНОГРАДАРСТВА, ВИНОДЕЛИЯ»

На правах рукописи

ПАНАСЕНКО

Екатерина Юрьевна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ КОРНЕПЛОДОВ
ОВОЩЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ И
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ КРАЙНЕ НИЗКИХ ЧАСТОТ**

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

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент
Першакова Т.В.

Краснодар, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АНАЛИЗ И ОБОБЩЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ПАТЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СФЕРЕ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ КОРНЕПЛОДОВ.....	11
1.1 Корнеплоды как объекты хранения.....	11
1.2 Современные технологии подготовки к хранению и хранения корнеплодов.....	21
1.3 Перспективные способы подготовки растительного сырья к хранению с применением биотехнологических методов.....	27
1.4 Перспективные способы подготовки растительного сырья к хранению с применением физических методов.....	36
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	44
2.1 Объекты исследований.....	44
2.2 Методы микробиологических исследований.....	46
2.3 Методы исследования показателей качества и безопасности.....	50
2.4 Методы исследования биохимических показателей.....	51
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	52
3.1 Исследование влияния биопрепаратов на фитопатогенные микроорганизмы, вызывающие микробиологическую порчу корнеплодов, в опытах <i>in vitro</i> и <i>in vivo</i>	52
3.1.1 Изучение антагонистической активности биопрепаратов по отношению к фитопатогенным микроорганизмам корнеплодов в опытах <i>in vitro</i>	53
3.1.2 Исследование влияния обработки биопрепаратами на диаметр поражения корнеплодов фитопатогенными микроорганизмами.....	55
3.1.3 Исследование влияния концентрации биопрепаратов на общие потери массы корнеплодов.....	59

3.2 Исследование влияния обработки ЭМП КНЧ на фитопатогенные микроорганизмы <i>in vitro</i> и <i>in vivo</i>	63
3.2.1 Исследование влияния ЭМП КНЧ с различными параметрами на фитопатогенные микроорганизмы	63
3.2.2 Исследование влияния обработки ЭМП КНЧ на развитие микробиологической порчи корнеплодов в зависимости от температуры хранения.....	65
3.3 Исследование биологической эффективности обработки корнеплодов биопрепаратами и ЭМП КНЧ отдельно и в комплексе.....	71
3.4 Изучение влияния обработки ЭМП КНЧ и биопрепаратами на товарное качество, органолептические, микробиологические и биохимические показатели корнеплодов.....	76
3.4.1 Исследование показателей качества, безопасности и биохимического состава корнеплодов.....	76
3.4.2 Исследование влияния способа обработки перед хранением на товарное качество корнеплодов.....	79
3.4.3 Исследование влияния способа обработки перед хранением на органолептические показатели качества корнеплодов.....	83
3.4.4 Исследование влияния способа обработки перед хранением на микробиологические показатели корнеплодов.....	86
3.4.5 Исследование влияния способа обработки перед хранением на биохимические показатели качества корнеплодов.....	91
3.5 Исследование влияния параметров хранения на общие потери корнеплодов в зависимости от способа предварительной обработки.....	101
3.6 Математическое моделирование процессов естественной потери массы корнеплодов при хранении.....	107
4 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ КОРНЕПЛОДОВ К КРАТКОСРОЧНОМУ ХРАНЕНИЮ И ИХ ХРАНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ	109

5	ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ АПРОБАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	115
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	117
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ.....	119
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	120
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	133

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Корнеплоды составляют значительную часть рациона населения Российской Федерации, а также в больших количествах используются в перерабатывающей промышленности. Потери выращенных корнеплодов на стадиях сортировки, транспортировки и хранения велики и существенно снижают рентабельность предприятий переработки, торговли и общественного питания. При этом применение традиционных технологий хранения при соблюдении стандартных условий в хранилище (относительная влажность воздуха и температура) обеспечивает достаточно низкую величину потерь. В то же время, в процессе транспортировки, реализации в торговой сети или переработки на предприятиях общественного питания, после снятия с длительного хранения, потери довольно значительны. Это связано с тем, что корнеплоды попадают в условия, отличающиеся от оптимальных (колебания температуры, влажности), кроме того, физиологические процессы, протекающие в процессе длительного хранения, приводят к тому, что корнеплоды, снятые с длительного хранения значительно в большей степени подвержены микробиальной порче. Особенно актуальна эта проблема для Краснодарского края, так как значительная часть перерабатываемых и реализуемых в торговле корнеплодов моркови и свеклы поступает из других регионов после длительного хранения. Таким образом, совершенствование технологии краткосрочного хранения, обеспечивающее снижение потерь корнеплодов в условиях отличных от оптимальных - одна из приоритетных задач в сфере исследований для агропромышленного комплекса, решение которой может предотвратить значительный финансовый ущерб.

В настоящее время с целью сокращения потерь при хранении растительного сырья используются различные технологии – регулируемая газовая среда, обработка химическими реагентами, биологическими препаратами и некоторые виды физического воздействия.

Объединение разных методов может повысить эффективность обработки, обеспечить сохранность товарного качества, увеличить спектр контролируемых фитопатогенных микроорганизмов и уменьшить вероятность развития резистентности. В то же время используемые методы должны быть совместимыми - первая терапия не должна оказывать пагубного воздействия на последующую.

В связи с этим, является актуальным совершенствование технологии хранения корнеплодов с применением физического воздействия электромагнитных полей крайне низких частот (ЭМП КНЧ) и биологических препаратов.

Степень разработанности темы исследования. Существенный вклад в изучение проблемы хранения растительного сырья внесли российские ученые - Чеботарь В.К., Гудковский В.А., Причко Т.Г., Касьянов Г.И. и др. Среди зарубежных ученых известны работы Oliveira M., Wisniewski M. E., Wilson C. L., Zong Y. В большей степени исследования этих ученых посвящены биохимическим процессам, происходящим в сырье при хранении, а также применению биотехнологических, физических или химических методов продления сроков хранения растительного сырья, в основном, плодов и злаков. Однако в трудах этих ученых не рассматривается возможность совместного применения разных методов воздействия на растительные объекты для большей эффективности. Также известно мало исследований, посвященных таким объектам хранения, как корнеплоды.

Цель диссертационной работы - сокращение потерь корнеплодов овощей за счет выявления закономерностей влияния их предварительной обработки перед закладкой на хранение электромагнитными полями и биопрепаратами и совершенствования на основе выявленных закономерностей ресурсосберегающей технологии хранения.

Задачи исследований:

- на основании обзора научно-технической литературы и патентного поиска изучить современные и перспективные подходы к подготовке к хранению корнеплодов, проанализировать мировой опыт подготовки растительного сырья к хранению с применением биотехнологических и физических методов;

- в опытах *in vitro* и *in vivo* изучить влияние современных биологических препаратов и электромагнитных полей крайне низких частот на фитопатогенные микроорганизмы, вызывающие болезни корнеплодов при хранении;

- исследовать биологическую эффективность обработки биопрепаратами на основе *Bacillus subtilis* и электромагнитными полями крайне низких частот отдельно и в комплексе;

- изучить влияние обработки ЭМП КНЧ и биопрепаратами на товарное качество, органолептические, микробиологические и биохимические показатели корнеплодов столовой моркови и столовой свеклы в процессе хранения;

- исследовать влияние параметров хранения на общие потери корнеплодов столовой моркови и столовой свеклы в зависимости от способа предварительной обработки;

- разработать математическую модель процессов естественной потери массы корнеплодов при хранении;

- усовершенствовать технологии подготовки корнеплодов к хранению и хранения для обеспечения снижения потерь, стабилизации качества и максимального сохранения биологически активных веществ в процессе хранения;

- провести опытно-промышленную апробацию технологии подготовки корнеплодов к хранению и хранения, оценить экономический эффект от внедрения.

Научная новизна исследований. Научная новизна заключается в применении нового научного подхода к подготовке растительного сырья к хранению, а именно, комплексной обработке электромагнитными полями крайне низких частот и биологическими препаратами.

Впервые получены новые данные о влиянии биологических препаратов на основе *Bacillus subtilis* и ЭМП КНЧ на фитопатогенные микроорганизмы, вызывающие заболевания корнеплодов при хранении (*Erwinia carotovora*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria radicina*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*).

Впервые получены новые данные о влиянии биологических препаратов на основе *Bacillus subtilis* и ЭМП КНЧ на биохимический состав, товарное качество и количественные потери корнеплодов в процессе хранения.

Впервые на основании комплексного исследования микробиологических, биохимических и товароведных показателей корнеплодов определены оптимальные способы обработки биопрепаратами и ЭМП КНЧ перед закладкой на хранение, научно и экспериментально обоснованы параметры хранения.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Полученные результаты теоретически обосновывают и доказывают возможность применения комплексной обработки ЭМП КНЧ и биопрепаратами для регулирования процессов, способствующих стабилизации качества растительного сырья при хранении, снижению потерь, оптимизации параметров краткосрочного и долгосрочного хранения корнеплодов.

Определены параметры обработки ЭМП КНЧ и концентрации биопрепаратов, обеспечивающих сохранение товарного качества корнеплодов в процессе хранения.

Результаты исследований подтверждены опытно-промышленной апробацией на предприятиях оптово-розничной торговли системы Краснодарского краевого союза потребительских обществ.

Получен патент РФ на полезную модель № 182572 «Установка для обработки фруктов или овощей перед закладкой на хранение» от 23.08.2018 (приложение А).

Методология исследований. При решении поставленных задач и проведении испытаний использовался комплекс стандартных и специальных методов исследований: органолептические, биохимические, товароведные, микробиологические, а также статистические и методы математического моделирования.

Положения, выносимые на защиту:

1) результаты исследования влияния биопрепаратов на основе *Bacillus subtilis* и ЭМП КНЧ на фитопатогенные микроорганизмы, вызывающие микробиологическую порчу корнеплодов, в опытах *in vivo* и *in vitro*;

2) результаты исследования биологической эффективности обработки биопрепаратами на основе *Bacillus subtilis* и электромагнитными полями крайне низких частот раздельно и в комплексе;

3) оценка эффективности комплексной обработки ЭМП КНЧ и биопрепаратами на товарное качество, органолептические, микробиологические и биохимические показатели корнеплодов столовой моркови и столовой свеклы в процессе хранения;

4) результаты исследования влияния параметров хранения на общие потери корнеплодов в зависимости от способа предварительной обработки;

5) технологии подготовки корнеплодов к краткосрочному хранению и их хранения в условиях искусственного охлаждения.

Степень достоверности и апробация результатов исследований.

Результаты исследований и выводы, сформулированные в диссертационной работе, обоснованы значительным объемом экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных и производственных условиях, и подтверждены полученным патентом, публикациями основных результатов работы в рецензируемых печатных изданиях.

Результаты диссертационной работы были представлены и обсуждены на всероссийской научно-практической конференции аспирантов, докторантов и молодых ученых «Современные проблемы науки и общества» (Майкоп, 2018) и на международной научно-практической конференции с элементами школы молодых ученых «Приоритетные направления научного обеспечения агропромышленного комплекса России и стран СНГ» (Краснодар, 2018).

Личное участие автора. Диссертационная работа является результатом исследований, проведенных в 2014 - 2018 гг. при личном участии автора. Соискателем проведены лабораторные исследования, математическая обработка, а также обобщение полученных данных и их публикация в научных изданиях.

Публикации результатов исследования. По материалам диссертационной работы опубликовано 25 научных работ, в том числе 9 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 1 статья в зарубежном журнале, включенном в международную базу цитирования Scopus, получен 1 патент РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, приложений. Работа изложена на 138 страницах

машинописного текста, содержит 17 таблиц, 47 рисунков. Список литературы включает 115 источников, из которых 71 на иностранном языке.

1 АНАЛИЗ И ОБОБЩЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ПАТЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СФЕРЕ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ КОРНЕПЛОДОВ

1.1 Корнеплоды как объекты хранения

Овощи являются важной частью рациона питания. Валовые сборы овощей в хозяйствах всех категорий в Российской Федерации человека в 2018 году составили 13685 тыс. тонн [1].

Южный Федеральный Округ занимает лидирующую позицию в РФ по валовому сбору овощей: в 2018 году валовые сборы овощей составили 4237,7 тыс. тонн или 26,1 % от общих сборов по РФ (рисунок 1).

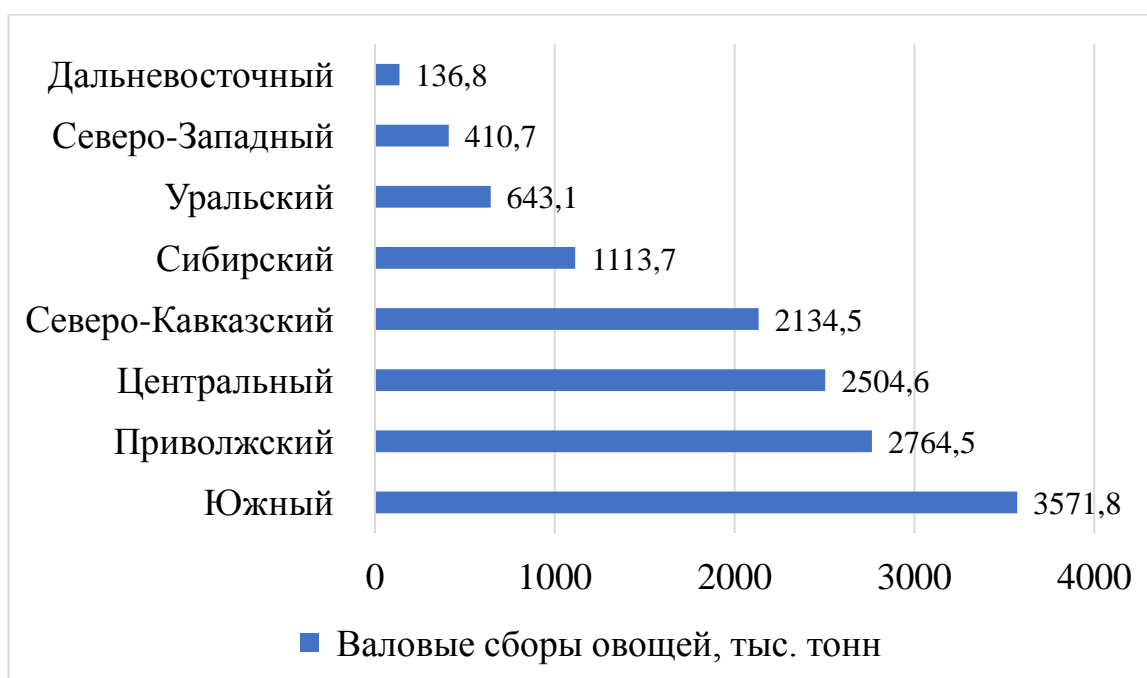


Рисунок 1 – Валовые сборы овощей в хозяйствах всех категорий в 2018 году

Одними из основных овощных культур в РФ являются столовая свекла и столовая морковь.

В 2018 году валовые сборы моркови столовой в хозяйствах всех категорий в РФ составили 1408 тыс. тонн, то есть 11,8 % от валовых сборов овощей открытого грунта (11853 тыс. тонн). Площадь посева при этом составила 49 тыс. га, то есть 9,3 % посевных площадей овощей открытого грунта (526 тыс. га).

Валовые сборы и посевные площади моркови столовой в хозяйствах всех категорий и в коммерческом секторе (сельскохозяйственные организации, крестьянские и фермерские хозяйства) в РФ за последние 15 лет (2004-2018) представлены на рисунке 2.

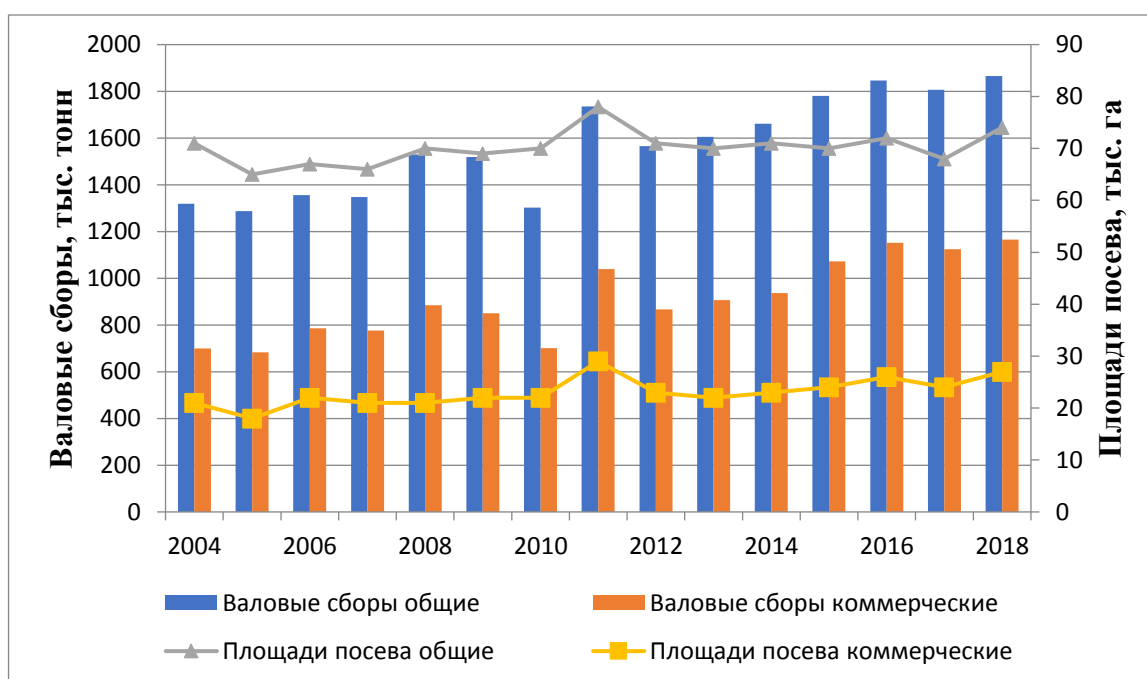


Рисунок 2 – Валовые сборы и посевные площади моркови столовой в хозяйствах всех категорий и в коммерческом секторе в РФ

Из представленных на рисунке 2 данных следует, что валовые сборы моркови столовой увеличились в РФ за последние 15 лет на 41,6 % в хозяйствах всех категорий, в том числе на 66,7 % в коммерческом секторе. Особенно сильный рост валовых сборов наблюдается в последние три года, что, очевидно, является результатом активного развития сельского хозяйства в РФ с целью сокращения импорта.

Также можно отметить, что за рассматриваемый период времени увеличилась доля коммерческого сектора в общих сборах моркови столовой: 62,4 % в 2018 году и 53 % в 2004 году.

В Российской Федерации морковь столовую возделывают во всех земледельческих зонах.

В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, на 2018 год представлено 305 сортов и гибридов моркови столовой, из которых 74 допущены к возделыванию в Северо-Кавказском регионе (республика Адыгея, республика Дагестан, республика Ингушетия, Кабардино-Балкарская республика, Карачаево-Черкесская республика, Краснодарский край, Ростовская область, республика Северная Осетия-Алания, Ставропольский край, Чеченская республика, республика Крым) [2].

К допущенным к возделыванию в Северо-Кавказском регионе на 2018 год сортам и гибридам моркови столовой относятся, например: Абако F₁, Шантино, Бирючекутская 415, Борец F₁, Канберра F₁, Карсон F₁, Каскад F₁, Лосиноостровская 13, Нантская 4, Несравненная, Шантенэ 2461.

В таблице 1 представлены показатели продуктивности и качества вышеперечисленных сортов и гибридов моркови столовой (зависят от условий выращивания).

Таблица 1 – Продуктивность и качество сортов и гибридов моркови столовой

Название сорта	Страна-оригинатор	Продуктивность		Показатели качества		
		Урожайность, кг/м ²	Выход товарной продукции, %	Сухое вещество, %	Общий сахар, %	Каротин, мг%
1	2	3	4	5	6	7
Абако F ₁	Голландия	4,5-11,5	85-93	9,9-12,5	5,7-8,3	12,6-18,9
Шантино	Россия	3,7-5,8	77-95	8,8-14,7	6,0-7,3	11,9-19,5
Бирючекутская 415	Россия	3,8-7,0	82-90	10,4-12,7	6,4-8,0	9,3-11,8

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Борец F ₁	Франция	3,0-7,5	82-94	11,1-13,8	6,1-7,9	13,6-19,4
Канберра F ₁	Голландия	4,3-11,4	85-92	10,5-13,6	7,6-8,7	17,3-23,9
Карсон F ₁	Голландия	3,5-8,0	83-93	10,0-14,1	6,6-8,3	10,8-13,6
Каскад F ₁	Голландия	2,5-4,5	84-94	11,2-14,4	7,5-8,9	12,4-16,5
Лосиноостровская 13	Россия	4,9-7,5	82-91	12,5-13,9	5,9-7,6	14,9-25,3
Нантская 4	Россия	4,0-6,5	78-90	10,8-13,2	6,2-7,8	9,5-18,4
Несравненная	Россия	3,1-7,1	82-91	11,9-13,4	6,6-7,3	7,6-12,8
Шантенэ 2461	Россия	3,5-7,5	79-90	9,5-12,9	5,6-9,3	7,9-16,5

Другой немаловажной овощной культурой в Российской Федерации является свекла столовая. В 2018 году валовые сборы свеклы столовой в хозяйствах всех категорий в РФ составили 838 тыс. тонн, то есть 7,1 % от валовых сборов овощей открытого грунта (11853 тыс. тонн). Площадь посева при этом составила 35 тыс. га, то есть 6,6 % посевных площадей овощей открытого грунта (526 тыс. га).

Валовые сборы и посевные площади свеклы столовой в хозяйствах всех категорий и в коммерческом секторе (сельскохозяйственные организации, крестьянские и фермерские хозяйства) в РФ за последние 15 лет (2004-2018) представлены на рисунке 3.

Из представленных данных на рисунке 3 следует, что валовые сборы свеклы столовой в РФ увеличились за последние 15 лет на 17,3 % в хозяйствах всех категорий, в том числе на 53,6 % в коммерческом секторе. При этом особенно сильный рост валовых сборов наблюдается в последние несколько лет, что, очевидно, является результатом активного развития сельского хозяйства в РФ с целью сокращения импорта.

Доля коммерческого сектора в общих валовых сборах свеклы столовой возросла за рассматриваемый период времени с 27,5 % в 2004 году до 36 % в 2018 году.

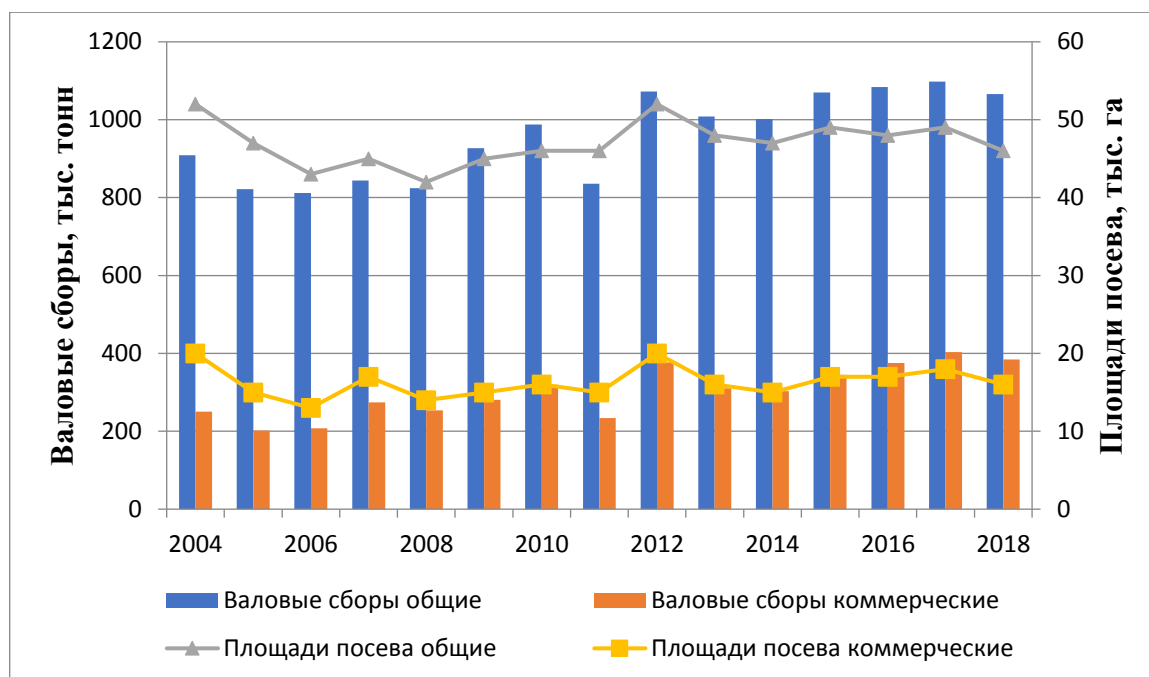


Рисунок 3 – Валовые сборы и посевные площади свеклы столовой в хозяйствах всех категорий и в коммерческом секторе в РФ

В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, на 2018 год представлено 144 сорта и гибрида свеклы столовой, из которых 38 допущены к возделыванию в Северо-Кавказском регионе (республика Адыгея, республика Дагестан, республика Ингушетия, Кабардино-Балкарская республика, Карачаево-Черкесская республика, Краснодарский край, Ростовская область, республика Северная Осетия-Алания, Ставропольский край, Чеченская республика, республика Крым) [2].

К допущенным к возделыванию в Северо-Кавказском регионе на 2018 год сортам и гибридам свеклы столовой относятся, например: Бордо 237, Бордовая ВНИИО, Бетолло F₁, Водан F₁, Капитан, Командор, Крымская Борщевая 1, Кубанская Борщевая 43, Ронда F₁, Русская односемянная, Хуторянка.

В таблице 2 представлены показатели продуктивности и качества вышеописанных сортов и гибридов свеклы столовой (зависят от условий выращивания).

Таблица 2 – Продуктивность и качество сортов и гибридов свеклы столовой

Название	Страна - оригинатор	Продуктивность		Качество	
		Урожайность, кг/м ²	Выход товарной продукции, %	Сухое вещество, %	Общий сахар, %
Бордо 237	Россия	3,5-8,2	85-93	14,2-17,9	8,6-14,8
Бордовая ВНИИО	Россия	3,6-9,7	85-94	16,2-19,7	8,4-15,4
Бетолло F1	Голландия	4,7-6,2	85-98	10,6-17,3	8,9-13,6
Водан F ₁	Голландия	2,8-7,5	86-96	10,5-14,6	8,3-11,5
Капитан	Россия	2,6-7,5	85-95	13,7-17,3	8,8-15,1
Командор	Россия	2,9-8,1	85-94	14,0-18,2	9,1-14,5
Крымская Борщевая 1	Россия	3,5-9,5	87-97	16,3-19,5	10,8-15,5
Кубанская Борщевая 43	Россия	3,2-7,9	87-96	13,5-16,1	8,2-13,6
Ронда F ₁	Голландия	2,5-6,5	87-95	13,2-17,5	10,0-14,7
Русская односемянная	Россия	2,7-4,5	87-97	11,5-17,6	7,1-12,5
Хуторянка	Россия	3,2-7,1	85-97	11,0-14,4	6,7-11,7

Корнеплоды относятся к группе растительного сочного сырья, особенностью которого является содержание большого количества воды. Высокая влажность усиливает интенсивность обмена веществ в клетках и тканях, что затрудняет организацию хранения растительного сочного сырья.

Подавляющая часть воды в корнеплодах находится в свободной форме, что обуславливает усиленный обмен веществ и высокую чувствительность к условиям окружающей среды. Для снижения интенсивности обмена веществ, корнеплоды хранят при температурах близких к 0 °С.

Для корнеплодов характерно наличие тонких покровных тканей, а следовательно, они плохо удерживают внутреннюю воду, поэтому корнеплоды

относятся к легкоувядающим овощам. Из-за этих особенностей корнеплоды необходимо хранить в условиях повышенной относительной влажности воздуха (85 – 98 %), чтобы предупредить испарение, приводящее к снижению тургора, увяданию и убыли массы. В то же время в увядших корнеплодах значительно снижается естественный иммунитет, и они легче подвергаются микробиологической.

При хранении корнеплодов следует учитывать, что сырье, поступающее на хранение, является неоднородным по составу и всегда содержит то или иное количество примесей таких, например, как листья, стебли или частицы почвы.

Кроме этого, в несортированном сырье содержатся корнеплоды, поврежденные как механически, так и различными болезнями. На поверхности сырья содержится большое количество микроорганизмов, многие из которых могут вызывать болезни во время хранения.

Таким образом, каждая партия корнеплодов представляет собой определенное биологическое сообщество, в котором протекают сложные физиологические, биохимические и микробиологические процессы, которые оказывают существенное влияние на процесс хранения [3 – 6].

В корнеплодах жизненные процессы продолжают в течение всего времени хранения. Содержащиеся в них вещества подвергаются тем или иным химическим изменениям или превращениям. При этом если во время роста в продуктивных органах растений происходит, главным образом, накопление сложных веществ за счет усвояемых растением простых веществ, то при хранении в этих органах преобладают процессы превращения накопленных сложных веществ в простые. Это связано с тем, что для осуществления жизненных процессов в течение всего периода хранения овощам необходима энергия, которую они получают при дыхании.

Дыхание является обязательным процессом жизнедеятельности растительного сырья при хранении. В процессе дыхания корнеплоды поглощают кислород, который используется для окисления части содержащихся в них

органических веществ. В результате окисления органические вещества, в первую очередь глюкоза, распадаются с выделением воды, углекислого газа и энергии.

Таким образом, дыхание приводит к снижению в хранящихся корнеплодах количества пищевых веществ. Степень снижения определяется интенсивностью дыхания, которая зависит от многих факторов: влажности, температуры, степени аэрации, сорта и степени зрелости сырья, наличия механических и других повреждений. Известно, что наиболее интенсивное дыхание отмечается в первые дни после уборки корнеплодов, затем интенсивность снижается, а позже вновь возрастает. С повышением температуры сырья отмечается увеличение интенсивности дыхания. Однако при этом не наблюдается прямо пропорциональной зависимости [4, 7].

Снижение относительной влажности воздуха приводит к увяданию корнеплодов, потере клетками тургора и увеличению интенсивности дыхания.

Снижение содержания кислорода и увеличение количества углекислого газа подавляет дыхание в клетках тканей корнеплодов, замедляет старение и увеличивает срок хранения.

Интенсивность дыхания различных видов растительного сырья значительно отличается. Например, 1 кг моркови за 1 час поглощает 16,1 мг кислорода и выделяет 17,3 мг углекислого газа, а расход органических веществ на дыхание составляет 2,1 % при хранении моркови в течение 6 месяцев [8].

Качественные и количественные изменения корнеплодов при дыхании происходят в основном в углеводном комплексе с превращением крахмала в сахарозу, а сахарозы в моносахариды (глюкозу и фруктозу). Также в процессе хранения снижается содержание витамина С, увеличивается содержание этилена, изменяется количество красящих веществ и органических кислот.

При хранении корнеплодов моркови и ряда других культур наблюдается заживление механических повреждений – раневые реакции. Это явление характеризуется образованием раневой перидермы на месте механического повреждения. Одновременно в составе корнеплодов возрастает количество веществ (полифенолов, фитонцидов, эфирных масел), препятствующих развитию

патогенных микроорганизмов. Наиболее интенсивно раневая перидерма образуется при температуре 18 – 20 °С и относительной влажности воздуха 95 %.

Важным процессом, протекающим при хранении корнеплодов, является испарение воды, которое начинается с момента прекращения корневого питания растений и продолжается в течение всего времени хранения. В сочетании с низкой влажностью воздуха испарение воды может приводить к увяданию и порче корнеплодов.

Влага, выделяемая при испарении, а также выделяемые при дыхании продукты окончательного распада в виде углекислого газа, водяного пара и тепла попадают в окружающую среду. Это приводит к повышению температуры и влажности в массе хранящегося сырья, что, в свою очередь, может привести к таким нежелательным явлениям, как отпотевание (конденсация влаги на поверхности объектов хранения) и самосогревание (самопроизвольное повышение температуры, приводящее к порче) [6, 7].

В процессе хранения корнеплоды могут подвергаться порче в результате поражения фитопатогенными микроорганизмами и вредителями, что также зависит от условий выращивания, транспортировки и хранения.

Микробиологические болезни возникают в результате воздействия на сырье различных фитопатогенных микроорганизмов – грибов, актиномицетов, бактерий, микоплазм и вирусов.

Физиологические болезни возникают в результате воздействия на сырье неблагоприятных внешних условий.

Значительный вред корнеплодам при хранении могут наносить вредители. Поврежденные корнеплоды теряют естественный иммунитет и в местах повреждения легко поражаются микроорганизмами. Кроме того, вредители загрязняют сырье. К вредителям, повреждающим корнеплоды, относятся насекомые, нематоды, слизни, клещи, грызуны [4, 5].

Ослабление устойчивости корнеплодов к болезням также происходит вследствие неблагоприятных условий выращивания (отсутствие севооборота, недостаток влаги, несоответствие удобрений, закисленность почвы,

подмораживание) и уборки, а также вследствие задержки убранной продукции на поле, плохой защиты от неблагоприятных условий, длительных перевозок, механических повреждений, загрязненности примесями и повышенной температуры.

Температура является важнейшим фактором, определяющим возможность и интенсивность развития микроорганизмов, насекомых и клещей. Нижний температурный предел их активного развития и существования находится на уровне 6 - 10 °С, верхний – 32 - 36 °С. За этими пределами как в сторону низких, так и в сторону высоких температур замедляется развитие микроорганизмов, насекомые и клещи становятся почти неподвижными [3].

Для предотвращения поражения корнеплодов болезнями при хранении необходимо: сортировать корнеплоды перед закладкой на хранение, строго соблюдать режим хранения, защищать корнеплоды от увядания, подмораживания и механических повреждений, а также от контактной и воздушной инфекции (переслойка, глинование, полимерная пленка, бумажные мешки), покрывать корнеплоды мелом или обрабатывать различными антисептиками, выполнять санитарные мероприятия в хранилищах [3-6].

Длительность хранения корнеплодов зависит от сорта, системы защиты от вредителей и болезней, сроков и способов уборки, товарной обработки и способов подготовки к хранению. Высокое содержание влаги – определяющий фактор в эффективной организации хранения. Основные причины потерь при хранении овощей связаны с процессами дыхания, испарения и микробиологической порчи [9].

Микробиологическая порча – основная причина потерь продукции растениеводства в процессе хранения, создающая потенциальную опасность для здоровья потребителей и приводящая к значительным экономическим потерям. Количественный и качественный состав эпифитной микрофлоры различается в зависимости от вида растительной продукции, используемых агрономических приемов, особенностей почвы, места и метеорологических условий выращивания. Микробиологическую порчу при хранении вызывают более 20 видов

микроорганизмов. Наиболее распространены из них *Fusarium*, *Alternaria*, *Byssochlamys*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopusstolonifer*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii* и *Erwinia carotovora* [10].

Количество и тип микроорганизмов на свежих овощах значительно различаются. Количество мезофильных бактерий на сырых овощах после сбора урожая, в зависимости от продукта и условий выращивания, составляет около $10^3 - 10^9$ КОЕ/г [11].

В микрофлоре большинства овощей доминируют грамотрицательные бактерии. Микрофлора в основном представлена *Pseudomonas spp.*, *Erwinia herbicola*, *Flavobacterium*, *Xanthomonas* и *Enterobacter agglomerans*, а также различными формами *Alternaria*, *Penicillium*, *Fusarium* и *Aspergillus*. Также 50 - 90% микробной популяции на овощах представлено молочнокислыми бактериями, такими как *Leuconostoc mesenteroides* и *Lactobacillus spp.* [12].

1.2 Современные технологии подготовки к хранению и хранения корнеплодов

После сбора корнеплодов, предназначенных для закладки на хранение, их очищают от земли сухим способом, обрезают листья, оставляя черешки не более 2,0 см длиной или срезая черешки полностью на уровне головки корнеплода (без повреждения плечиков корнеплода), и просушивают в тени в течение нескольких часов с целью удаления свободной влаги с поверхности.

Затем корнеплоды сортируют на товарные (без признаков заболеваний и механических повреждений, соответствующие требованиям ГОСТ) и нетоварные (поврежденные и не соответствующие требованиям ГОСТ).

Сортировку корнеплодов моркови столовой проводят в соответствии с требованиями следующих ГОСТ:

- ГОСТ 1721-85 «Морковь столовая свежая, заготавливаемая и поставляемая. Технические условия» распространяется на свежую столовую морковь,

заготавливаемую и поставляемую для потребления в свежем виде и для промышленной переработки [13].

- ГОСТ 28275-94 «Морковь столовая свежая. Руководство по хранению» распространяется на морковь, подвергаемую хранению в условиях искусственного охлаждения или без него в течение зимы [14].

Если корнеплоды не закладываются на длительное хранение, а направляются на переработку, то руководствуются ГОСТ 33540-2015 «Морковь столовая свежая для промышленной переработки. Технические условия» [15]; если направляются предприятиям розничной торговой сети, то руководствуются ГОСТ 32284-2013 «Морковь столовая свежая, реализуемая в розничной торговой сети. Технические условия» [16].

Сортировку корнеплодов свеклы столовой проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 1722-85 «Свекла столовая свежая, заготавливаемая и поставляемая. Технические условия» (распространяется на свежую свеклу столовую, заготавливаемую, поставляемую для потребления в свежем виде и для промышленной переработки) [17].

Содержание токсичных элементов, пестицидов, нитратов, радионуклидов и патогенных микроорганизмов в корнеплодах не должно превышать уровни, установленные техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) [18].

Просушенные, очищенные и отсортированные корнеплоды готовы к закладке на длительное хранение.

Перед закладкой на хранение корнеплоды моркови могут быть дополнительно обработаны препаратами различной природы (химические или биологические пестициды, регуляторы роста, индукторы резистентности) или подвергнуты некоторым видам физического воздействия (ультрафиолетовое облучение, кратковременное нагревание, пониженное давление, электромагнитные поля крайне низких частот, ионизирующее излучение) с целью повышения их устойчивости при хранении [19-20].

Успешное хранение корнеплодов зависит от их температуры, температуры и влажности воздуха окружающей среды, состава воздуха в массе продукции и в окружающей среде, а также от мер, направленных на защиту сырья от болезней и вредителей.

Традиционные способы продления срока хранения овощей – охлаждение, использование модифицированной атмосферы, химическая обработка [3-6].

Все корнеплоды для ускорения раневых реакций первые 10 - 12 суток рекомендуется хранить при температуре от +10 до +12 °С и относительной влажности воздуха 90 - 95 %. Затем корнеплоды охлаждают до основных температур хранения с интервалом 0,5 - 1 °С в сутки.

Основным способом хранения корнеплодов на юге России является хранение в стационарных хранилищах.

Согласно ГОСТ 28275-94 «Морковь столовая свежая. Руководство по хранению», температура воздуха при хранении моркови должна находиться в диапазоне от 0 до +5 °С, но оптимальной температурой является диапазон от 0 до +1 °С. В случае, если морковь хранится в холодильных камерах с температурой воздуха от 0 до +1 °С, относительная влажность воздуха должна составлять 95 - 98 %. В камерах с принудительной системой вентиляции (без искусственного охлаждения), в которых температура изменяется от +1 до +5 °С, относительная влажность воздуха должна поддерживаться в диапазоне 90 - 95 %. Главное требование к циркуляции воздуха – обеспечивать возможность поддержания температуры и относительной влажности воздуха постоянными и равномерными в пределах, указанных выше.

Хранят морковь столовую чаще всего в хранилищах с активным вентилированием и искусственным охлаждением. В таблице 3 приведены традиционные способы хранения корнеплодов моркови столовой [21].

При хранении моркови в контейнерах корнеплоды можно пересыпать влажным песком (слой 2 - 3 см), что позволяет предотвратить конденсацию влаги на поверхности корнеплодов или их пересыхание. Этот способ хранения отличается высокой эффективностью, но очень трудоёмок.

Таблица 3 – Способы хранения корнеплодов моркови столовой в хранилищах с активным вентилированием и искусственным охлаждением

Способ хранения	Особенности
Навалом в хранилищах с активным вентилированием	<ul style="list-style-type: none"> - сплошным слоем высотой до 2,8 м; - закрома шириной 2 м, длиной 6 м
Тарный в камерах с искусственным охлаждением	<ul style="list-style-type: none"> - ящичные поддоны (контейнеры) по ГОСТ 21133 с открытыми вкладышами из полиэтиленовой пленки по ГОСТ 10354, высота складирования 5,5 м; - то же без вкладышей; - открытые полиэтиленовые мешки МРТУ 6-11-8-68 из полиэтиленовой пленки по ГОСТ 10354, установленные в контейнеры

По составу газовой среды хранилища подразделяются на обычные (обычный газовый состав воздуха) и с регулируемой атмосферой – РА (другой термин – с регулируемой газовой средой – РГС). Принципы и технологические приемы хранения фруктов и овощей в регулируемой атмосфере приведены в ГОСТ Р 50421-92 [22].

Цель регуляции атмосферы при хранении заключается в том, что при снижении в воздухе концентрации кислорода подавляется жизнедеятельность микроорганизмов и вредителей, резко снижается интенсивность дыхания сырья. Хранение в РА является одним из наиболее эффективных способов обеспечения сохранности растительного сырья на сегодняшний день (особенно широко применяется при хранении яблок, груш и бананов). Однако при организации хранения растительного сырья в РА необходимо иметь в виду, что снижать концентрацию O_2 и повышать концентрацию CO_2 можно лишь до определенных уровней (зависит от вида сырья). При выходе за границы данных уровней в сырье начинают возникать физиологические расстройства в результате нарушения

обмена веществ, из-за чего ухудшаются органолептические показатели, повышается уязвимость к низким температурам и фитопатогенным микроорганизмам.

Морковь чувствительна к избытку CO_2 , в связи с этим, концентрация CO_2 в хранилище не должна превышать 5 %. Рекомендуемыми режимами при хранении моркови в РА являются: O_2 1 - 3 % и CO_2 4 % (при температуре от 0 до +1 °С и влажности 95 %) [21, 23].

Схожий способ хранения – модифицированная атмосфера – МА (другой термин – модифицированная газовая среда – МГС). При использовании МА накопление CO_2 и снижение O_2 в среде происходит естественным путем вследствие дыхания сырья. Газовая среда при этом не поддается точному регулированию; ее можно частично менять подбором различных типов полимерных упаковок, изменением их вместимости, а также изменением температуры хранения. Существуют различные способы хранения растительного сырья в полимерных селективно-проницаемых упаковках: в мелких упаковках (полиэтиленовых мешках, пакетах); в ящиках с полиэтиленовыми вкладышами; в контейнерах с полиэтиленовыми вкладышами; в контейнерах-мешках с диффузионными вставками и др. Недостатком хранения в МА является возможность накопления повышенных концентраций CO_2 , особенно в нижней части упаковки, а также необходимость герметизации каждой упаковочной единицы.

Впрочем, хранение корнеплодов моркови в РА и МА, как правило, не позволяет существенно повысить их лёжкость, так что практикуется нечасто.

Соблюдение вышеописанных рекомендаций позволяет успешно хранить корнеплоды моркови столовой до 6 - 9 месяцев [21, 23, 24].

Согласно ГОСТ 1722-85 «Свекла столовая свежая, заготавливаемая и поставляемая. Технические условия», свежая свекла столовая, заготавливаемая, поставляемая для потребления в свежем виде и для промышленной переработки, подлежит хранению в помещении с искусственным охлаждением при температуре воздуха от 0 до +1 °С и относительной влажности 90 - 95 %.

Хранят свеклу столовую чаще всего в хранилищах с активным вентилированием и искусственным охлаждением. В таблице 4 приведены традиционные способы хранения корнеплодов свёклы столовой [21].

Таблица 4 – Способы хранения корнеплодов свеклы столовой в хранилищах с активным вентилированием и искусственным охлаждением

Способ хранения	Особенности
Навалом в хранилищах с активным вентилированием	- сплошным слоем высотой до 2,5-3м; - бурты массой до 40-50 т, высотой насыпи 1,5-1,7 м с ограждением отсеков пустыми контейнерами в 2-3 яруса, лицевая сторона бурта из контейнеров со свеклой столовой
Тарный в камерах с искусственным охлаждением	- контейнеры с полиэтиленовой вкладышами или без них, высота складирования 5,5 м; - открытые полиэтиленовые мешки, установленные в контейнеры

При хранении свеклы столовой в контейнерах корнеплоды можно пересыпать влажным песком (слой 2-3 см), что позволяет предотвратить конденсацию свободной влаги на поверхности корнеплодов или их пересыхание. Этот способ хранения отличается высокой эффективностью, но очень трудоемок.

При использовании хранилищ с регулируемой атмосферой необходимо учитывать, что свекла столовая чувствительна к избытку CO_2 , так что концентрация CO_2 в хранилище не должна превышать 5 %. Рекомендуемыми режимами при хранении свеклы столовой в РА являются: $\text{O}_2 > 5\%$ и $\text{CO}_2 < 5\%$ (при температуре от 0 до +1 °С и относительной влажности 95 %).

Впрочем, хранение корнеплодов столовой свеклы в РА и МА практически не позволяет повысить их лёжкость (а повышение концентрации CO_2 в хранилище более 5 % приводит к усилению микробиологической порчи), так что практикуется нечасто.

Соблюдение вышеописанных рекомендаций позволяет успешно хранить корнеплоды столовой свеклы до 5 - 7 месяцев [21, 23, 24].

1.3 Перспективные способы подготовки растительного сырья к хранению с применением биотехнологических методов

В последнее время средства биологической защиты растений получают все большую распространенность в сельском хозяйстве.

К преимуществам биологических препаратов относят экологичность (продуцируемые бактериями-антагонистами вещества не загрязняют почву и урожай) и специфичность действия (высокая эффективность против определенных видов фитопатогенных микроорганизмов).

К другим преимуществам биопрепаратов относится то, что при их применении решается проблема устойчивости фитопатогенных микроорганизмов к химическим препаратам, повышается качество урожая и снижается расход удобрений. Исследователи, работающие в области биологической защиты растений, отмечают, что биопрепараты улучшают полевую всхожесть семян, морфобиологические характеристики проростков при прорастании, формирование листового аппарата и интенсивность фотосинтеза при развитии и созревании семян [25, 26].

Известны бактериальные и грибковые антагонисты, которые эффективно ингибируют развитие микробиологической порчи овощей и фруктов и хранения. Механизм их действия различен и может основываться как на выделении антибиотиков, так и на конкуренции за питательные вещества и пространство [27].

Основные микроорганизмы, способные к биологической защите, - отдельные виды *Trichoderma* и *Pseudomonas*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Arbuscular mycorrhizas*, эндофиты, дрожжи и авирулентные или гиповирулентные штаммы некоторых патогенов, лактобактерии. Некоторые из них массово производятся и широко применяются [28]. К распространенным в РФ

биологическим препаратам относятся Гамаир, Фитоспорин, Алирин, Витаплан, Псевдобактерин, Глиокладин, Лепидоцид, Боверин, Бактофит и др.

Биопрепараты дезактивируют раневую инфекцию, возникающую во время процесса уборки, на этапах хранения, транспортировки и реализации. Биологический потенциал микробных антагонистов был продемонстрирован на киви, картофеле, клубнике, авокадо, кормовом зерне и томатах. Установлена антагонистическая активность *Bacillus subtilis* против *Fusarium solani* и *Trichoderma pseudotrichia* на авокадо, *Aureobasidium pullulans* по отношению к *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* и *Aspergillus niger* на столовом винограде и *B. cinerea* и *R. stolonifer* на томатах черри [29].

Pseudomonas syringae L-59-66 (коммерческое наименование BioSave) используется для контроля послеуборочной порчи кукурузных початков, снижает рост *Escherichia coli* O157: H7 на раневой ткани яблока [30].

Штаммы *Gluconobacter asaii* (T1-D1), *Candida spp.* (T4-E4), *Dicosphaerina fagi* (ST1-C9) и *Metschnikowia pulcherrima* (T1-E2) ингибируют рост и снижают популяции *Listeria monocytogenes* и *Salmonella enterica*, инокулированных на яблоках Голден Делишес, хранящихся при температурах 10 °С и 25 °С [31].

Установлена эффективность биологического контроля *Botrytis cinerea* на томатах штаммами эпифитных дрожжей *Candida guilliermondii* 101 и US 7 и *Candida oleophila* I-182 [32].

Установлена биоконтрольная активность штамма *Cryptococcus albidus* WY-1 при болезнях редиса, вызванных *Alternaria spp.* и *Fusarium spp.* Рост массы мицелия *Alternaria spp.* и *Fusarium spp.* снижался на 45,3 % и 59,6 % соответственно, заболеваемость инфекциями и развитие поражений редиса подавлялись после обработки *C. albidus* WY-1 при 10⁸ КОЕ/мл. После 6 дней инкубации при 20 °С или после 24 дней при 4 °С заболеваемость экспериментальных образцов составила 2,8 % и 1,4 %, а контрольных 98,6 % и 87,5 % соответственно [33].

Установлена эффективность *Bacillus amyloliquefaciens* против возбудителей серой плесени на свежих томатах, обработанных антагонистами и искусственно инокулированных *Botrytis cinerea*, при хранении в течение 7 дней при 20 °С [34].

Отмечено сокращение сухой гнили картофеля при обработке *Pseudomonas fluorescens* – на 35 % и *Enterobacter cloacae* – на 26,5 %. Существенное снижение степени развития сухой гнили картофеля отмечено при всех способах обработки по сравнению с необработанным контрольным образцом, инокулированным *Fusarium sambucini* [35].

Установлена эффективность штаммов *Aureobasidium pullulans* L1 и L8 против поражения томатов *Phytophthora infestans*. Эксперименты *in vitro* показали, что оба штамма усиливают реакцию защиты растений путем увеличения активности β -1,3-глюканазы и продуцируют биологически активные летучие и нелетучие метаболиты, способные ингибировать рост колоний патогенов и вызывать морфологические изменения гиф [36].

Эффективна обработка дрожжами-антагонистами *Candida guilliermondii* и *Pichia membranaefaciens* и горячей водой для ингибирования *Botrytis cinerea* в томатах, хранящихся при 20 °С [37].

В исследовании D. Eshel et al. (2009) доказана эффективность препарата дрожжей (Shemer™) для снижения развития заболеваний при хранении корнеплодов моркови. Комбинированное применение обработки паром с последующей обработкой препаратом Shemer™ снижает микробиологическую порчу моркови, вызываемую грибом *Thielaviopsis basicola*, на 86 % по сравнению с контролем [38].

Установлено ингибирующее действие штамма *Pseudomonas spp.* M309 на *Salmonella enterica* и *Listeria monocytogenes* на листьях салата. Для повышения эффективности целесообразно сочетать обработку с другими технологиями [39].

Применение штамма *Pseudomonas graminis* CPA-7 предотвращает рост патогенных микроорганизмов. Установлено эффективное снижение количества *E. Coli* O157: H7, *Salmonella*, *L. monocytogenes* и *Listeria innocua* на минимально обработанных яблоках и персиках в лабораторных и производственных условиях. Цвет не менялся, наблюдалось увеличение твердости. Исследователями было предложено комбинированное использование *Pseudomonas graminis* CPA-7 с

другими методами такими, как хранение при пониженных температурах и использование регулируемых газовых сред [40].

Обработка дыни *Pseudomonas graminis* CPA-7 привела к сокращению *Salmonella* и *L. monocytogenes* на нарезанной дыне после 5 дней хранения. В обработанных и необработанных образцах не было обнаружено существенных различий в содержании растворимых сухих веществ, титруемой кислотности, рН и твердости нарезанной дыни. Кроме того, сохранялись антиоксидантные свойства и содержание витамина С [41].

Исследование способности дрожжей *Pichia guilliermondii* контролировать заболевания томатов *Rhizopus nigricans* во время хранения показало, что при обработке раневых поверхностей *P.guilliermondii* и последующей инокуляции *Pichia Nigricans* в течение первых 3 дней при 20 °С наблюдалась быстрая колонизация дрожжей на раневых участках, а затем стабилизация колонии в течение следующих 4 дней. Установлено, что при комнатной температуре *P. guilliermondii* может акклиматизироваться на поверхности томатов и быстро занять жизненное пространство. Результаты исследований показывают, что *P. guilliermondii* не продуцирует противогрибковое вещество, однако конкуренция за питательные вещества и пространство позволяет контролировать развитие патогенов [42].

Установлена возможность использования штамма *Trichoderma harzianum* для контроля роста *Alternaria alternata* на рисе [43].

Установлены антагонистические свойства штаммов *Enterobacter cowanii* В- 6-1 по отношению к фитопатогенам томатов. Обработка *Enterobacter cowanii* В- 6-1 концентрацией 1×10^5 КОЕ/мл позволила снизить поражаемость *Fusarium verticillioides*, *Alternaria tenuissima* и *Botrytis cinerea*. В опытах *in vivo* установлено, что *Enterobacter cowanii* может эффективно ингибировать появление *B. cinerae* после сбора томатов, эффект от обработки культуральной жидкостью концентрацией 1×10^9 КОЕ/мл достигает 95,24 %, а *E. cowanii* обладает антагонистическим потенциалом против *B. cinerea* на собранных фруктах и овощах [44].

Бактериофаги - новый, экологически чистый и эффективный метод биологической защиты. Они могут специфически и эффективно инфицировать и размножаться в соответствующих бактериальных клетках-хозяевах, являясь безвредными для людей, животных и растений [40].

Значительное снижение *Salmonella enterica* наблюдалось в опытах на свежей дыне. Хотя бактериофаги не смогли полностью устранить патогены пищевого происхождения, возможно их использование в качестве новой экологически безопасной альтернативы химическим дезинфицирующим средствам, для обработки некоторых свежих фруктов и овощей. Сообщалось об эффективном использовании бактериофагов для трех основных патогенов пищевого происхождения: *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes* и *Escherichia coli* O157:H7 [46].

Бактериоцины также признаны безопасными и обычно используются в комбинации с другими средствами в качестве защитных агентов растительного сырья [47].

Бактериоцины - антимикробные пептиды или белки, способные ингибировать некоторые болезнетворные микроорганизмы. Они производятся большим количеством бактерий и используются для биореконструкции, продления срока хранения, клинического противомикробного действия и контроля ферментационной микрофлоры. Бактериоцины, вырабатываемые молочнокислыми бактериями, вызывают повышенный интерес, так как они производятся бактериями, которые считаются полезными для здоровья человека и производства продуктов питания [48].

В настоящее время в коммерческих целях в качестве пищевых консервантов используются только два бактериоцина - низин, продуцируемый *Lactococcus lactis*, и карноциклин А, продуцируемый *Carnobacterium maltaromaticum* UAL307.

Leverentz et al. (2003) установлено значительное снижение *Listeria monocytogenes* на нарезанных дыне и яблоке, обработанных бактериоцинами, через 7 дней хранения при температуре 10 °С до 3,2 и 2,0 раз соответственно. Более того, при использовании низина в сочетании с

бактериофагом было достигнуто более высокое снижение (до 5,7 раз на дыне и до 2,3 раз на яблоке) [49].

Randazzo et al. (2009) установили на листьях салата, обработанных бактериоцином, после 7 дней хранения при температуре 4 °С увеличение количества *Listeria monocytogenes* в 2,7 раз, по сравнению с увеличением в 8 раз у необработанного образца. Хотя патоген не был полностью устранен, результаты предполагают потенциальное использование бактериоцинов в качестве экологичного антимикробного средства для обеспечения безопасности свежих фруктов и овощей при хранении [50].

Barbosa et al. (2013) разработали антимикробную целлюлозную пленку, содержащую 25 %, низина, чтобы продлить срок хранения плодов манго. Они обнаружили сохранение физико-химических характеристик (рН, общей титруемой кислотности, содержания витамина С, индекса потемнения и растворимых сухих веществ) у нарезанных манго, упакованных антимикробными пленками в течение 12 хранения при температуре 5 °С. Кроме того, наблюдалось 1000-кратное снижение количества жизнеспособных клеток *Listeria monocytogenes* после двух дней хранения по сравнению с контрольным образцом [51].

Narsaiah et al. (2015) сообщили о применении альгинатного покрытия, содержащего бактериоцин, для сохранения нарезанной папайи, что увеличивает срок ее хранения до 21 дня по сравнению с 15 днями контрольных образцов. Значительное ингибирование роста патогенной микрофлоры, а также поддержание или незначительные изменения физико-химических свойств наблюдались в образцах, обработанных альгинатным покрытием с бактериоцином [52].

Молочнокислые бактерии также характеризуются антагонистическим действием по отношению к фитопатогенным микроорганизмам. Эта бактериальная группа естественно присутствует в пищевых продуктах. И исследования показывают, что молочнокислые бактерии являются сильными конкурентами за физическое пространство и питательные вещества и могут продуцировать широкий спектр противомикробных метаболитов, таких как органические кислоты, перекись

водорода, диацетил и бактериоцины, которые отрицательно влияют на патогены [47].

Добавление 3 % культурального пермеата штамма *Lactobacillus casei* IMPC LC34 в салаты уменьшало общее количество мезофильных бактерий от 6 до 1 log КОЕ/г и подавляло колиформные бактерии, энтерококки и *Aeromonas hydrophila* после 6 дней хранения при 8 °С. *Lactobacillus plantarum* IMPC LP4 способен продлить срок годности измельченной моркови, благодаря способности контролировать рост *Leuconostoc spp.* [53].

Штаммы В2 *Lactobacillus plantarum* и РВСС11.5 *Lactobacillus fermentum* ингибировали рост *Listeria monocytogenes* на нарезанной канталупе. Основные физико-химические и пищевые свойства нарезанной канталупы не менялись. Более интенсивная метаболическая активность *Lactobacillus plantarum*, связанная с повышенным потреблением кислорода и сахарозы, повлияла на содержание аскорбиновой кислоты и сахарозы, изменился запах и аромат [54].

Луо et al. (2015) выделили штамм *Lactobacillus plantarum* с антагонистическими свойствами из традиционной китайской редиски и исследовали его эффективность для ингибирования *Salmonella enterica* на свежих яблоках. Наблюдалась значительная ингибирующая эффективность против роста *Salmonella enterica* на кусочках нарезанных яблок без изменений органолептических показателей после 7 дней хранения при температуре 10 °С. В контрольных образцах количество *Salmonella enterica* увеличилось до 5,0 log КОЕ/г - через 4 суток, тогда как в образцах, обработанных *Lactobacillus plantarum*, от 3,5 до 4,8 log КОЕ/г после 7 суток хранения [55].

Siroli et al. (2015) применяли штаммы С1Т3 и V7В3 *Lactobacillus plantarum* в сочетании с природными противомикробными препаратами (2-(Е)-гексанал/гексанал, 2-(Е)-гексанал/цитрат для яблок и тимьян для салата соответственно) для нарезанных яблок и салата, продлевая срок хранения на 8 - 10 дней по сравнению с контролем [56].

Большое количество исследований посвящено изучению антагонистической активности штаммов *Bacillus subtilis* по отношению к фитопатогенам растительного сырья.

Биопрепараты на основе бактерий рода *Bacillus* обладают преимуществами по сравнению с другими биопрепаратами для защиты от фитопатогенных микроорганизмов, так как способны к образованию эндоспор и продуцировать широкий спектр антибиотиков, таких как атерримин, бацилипин, бацилизин, бацилломиксин, бациллин, глобицин, датемицин, дебариоцидин, истеидин, итурин, ксантелин, микосубтилин, микобаииллин, неоцидин, обутин, петрин, полихлоросубтилин, субтилин, субтенолин, ризобацидин, субтенолизин, субтилизин, субспорин, токсимицин, трипанотоксин, фунгистатин, фунгоцин, флювомицин, эндосубтилизин, эумицин, бацилломицин и т.д.

Установлена способность *Bacillus subtilis* ингибировать рост *Fusarium verticillioides* и накопление фумонизина В1 *in vitro*. Анализ способности десяти штаммов *Bacillus subtilis* ингибировать рост грибов и накопления фумонизина В1 *in vitro* установил лучшим антагонистом *B. subtilis* СЕ1 по отношению к *F. verticillioides*. Штамм *B. subtilis* СЕ1 может быть потенциальным биологическим контрольным агентом против *F. verticillioides* [57].

Установлена эффективность *Bacillus subtilis* V26, для подавления *Botrytis cinerea* – основной причины заболевания томатов плодовой гнилью. Противогрибковая активность штамма *Bacillus subtilis* V26 сохранялась при воздействии температуры, при УФ-обработке штамм был устойчив к протеазам. Обработка томатов *Bacillus subtilis* V26 на 79 % сокращает послеуборочные заболевания, вызванные *B. cinerea* [58].

Известен способ обработки овощных культур, предусматривающий использование в качестве препарата биоконтроля штамм *Bacillus subtilis* Ч-13, повышающий эффективность защиты овощей от фитопатогенных грибов [59].

Штамм *Bacillus subtilis* Ч-13 так же составляет основу препарата с коммерческим наименованием Экстрасол с доказанной эффективностью против

заболеваний овощей, вызываемыми фитопатогенными микроорганизмами *Puccinia recondita*, *Erysiphe graminis*, и *Fusarium culmorum* [60].

Установлено, что *Bacillus subtilis* и *Brevibacterium linens* ингибировали зараженность томатов *Alternaria solani* и *Botrytis cinerea*. Комбинированное применение бактерий выявило синергические эффекты. *Bacillus subtilis* продуцировали противогрибковые средства из семейства липопептидов сурфактина, наиболее эффективные штаммы *Brevibacterium* (IC 10) и *Bacillus subtilis* показали, что совместное применение бактериальных антагонистов (5×10^5 или 5×10^6 клеток) с патогенами на томатах вызывает ингибирование развития *B. cinerea* до 61 % [61].

Также доказано ингибирующее влияние обработки томатов штаммом *Bacillus subtilis* QST 713 на развитие заболеваний, вызываемых *Penicillium sp.* и *Rhizopus stolonifer* [62].

S. Rao и др., 2017 оценивали штамм *Bacillus subtilis* ПНР BS-2 как потенциальный агент биоконтроля. В работе отмечено ингибирование роста *P. carotovorum* (60,6 %). Жидкую композицию *B. subtilis* ПНР BS-2 (КОЕ- 1×10^8 на мл) тестировали в полевых условиях для обработки семян (10 мл кг^{-1} семян), сравнивая с применением химических веществ (карбофуран и стрептоциклин) и необработанным контролем. Среди всех обработок, обработка семян вместе с почвенным внесением обогащенной биомассы *B. subtilis* (5 л га^{-1}) обеспечила максимальное увеличение урожайности моркови (28,8 %) и снижение заболеваемости (70,2 %) [63].

Установлена противогрибковая активность штамма *Bacillus subtilis* 9407 против *B. dothidea* в борьбе с клеточным заболеванием яблок [64], а также эффективность штамма *Bacillus subtilis* V26 как агента биоконтроля заболеваний картофеля, вызываемых *Rhizoctonia solani*. Штамм V26 вызвал значительные морфологические деформации грибных гиф. По сравнению с контролем, заболеваемость снижалась на 81 % [65].

Изучена антагонистическая активность штамма *Bacillus subtilis* UK-9 против *Alternaria alternata*, вызывающего заболевания листьев горчицы. Под действием штамма UK-9 ингибировалось прорастание спор и снижалась заболеваемость [66].

Установлена ингибирующая активность штамма *Bacillus subtilis* GBO3, MBI600 по отношению к фитопатогенным микроорганизмам бобов, таких как *Fusarium solani* [67].

Несмотря на значительное количество исследований по применению *Bacillus subtilis* для снижения микробиологической порчи растительной продукции, представляет интерес изучить антагонистическую активность штаммов *Bacillus subtilis* по отношению к фитопатогенным микроорганизмам, вызывающим болезни корнеплодов в процессе хранения.

1.4 Перспективные способы подготовки растительного сырья к хранению с применением физических методов

Использование физических методов в технологиях подготовки к хранению и хранения растительного сырья - перспективное направление за счет высокой технологичности, возможности сохранения пищевой ценности продуктов без потери их качества, снижения энергозатрат, повышение КПД использования энергии и др. Тем не менее, несмотря на все положительные стороны, широкое внедрение физических методов ограничено из-за необходимости подбора оптимальных параметров и режимов обработки для каждого продукта, дифференцированным воздействием на различные виды микроорганизмов, сложностью аппаратурных решений.

Согласно исследованию Gogo E.O. et al. (2017) облучение ультрафиолетом С привело к увеличению количества гемицеллюлозы и целлюлозы в листьях амаранта и лигнина в африканском паслене. Содержание хлорофилла и каротиноидов снижалось в начале хранения, но затем увеличивалось по сравнению с контролем. Обработка ультрафиолетовыми лучами значительно снижала

количество аэробных мезофильных микроорганизмов и дрожжей, но не оказывала влияния на количество плесеней [68].

Облучение зеленых томатов черри ультрафиолетом С вызывало ингибирование выработки этилена, что, в свою очередь, снижает регулируемую экспрессию генов, разрушающих клеточные стенки, и может быть одним из возможных механизмов замедления размягчения томатов [69].

Было исследовано комплексное действие облучения ультрафиолетом С, использования упаковки в модифицированной газовой среде и температуры хранения на качество инокулированных *Salmonella typhimurium* и неинокулированных томатов черри. При хранении при температуре 4°C комбинация облучения ультрафиолетом С и упаковки в модифицированной газовой среде задерживала изменение цвета в помидорах черри и ингибировала рост популяции *Salmonella typhimurium* по сравнению с другими способами обработки [70].

Frimpong G.K et al. (2015) изучено влияние гамма-излучения на микрофлору моркови и салата. Установлено, что 2 кГр наиболее эффективная доза для обработки нарезанной моркови и салата [71].

В исследовании Guerreiro D. et al. (2016) томатов черри, инокулированных фитопатогенными микроорганизмами (*Salmonella enterica*, *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*), было установлено двукратное сокращение микробной контаминации при облучении дозой 3,2 кГр через 14 дней хранения при температуре 4 °С. Таким образом, гамма-облучение повысило микробиологическую безопасность томатов черри и увеличило срок хранения без ухудшения качества [72].

Изучено влияние гамма-излучения на качество листьев зизифуса мавританского. Листья растения облучались при дозах 2,5, 5,0, 7,5, 10,0 и 12,5 кГр. Результаты показали, что дозы гамма- излучения до 12,5 кГр увеличивают уровни определенных фитонцидов и усиливают их биологическую активность [73].

В качестве технологии нетеплового воздействия для улучшения микробиологической безопасности томатов черри в отношении сальмонеллы Ji

Hyeon Kim и Sea C. Min (2017) была исследована обработка холодной плазмой с помощью микроволн. Томаты черри подвергали обработке холодной плазмой с использованием гелия или газовой смеси гелия и кислорода в течение 2-10 мин при 400-900 Вт мощности генерации плазмы. Обработка холодной плазмой с использованием гелия и газовой смеси гелия и кислорода при 827 Вт в течение 9 мин приводила к наибольшему снижению числа сальмонелл. Эти результаты демонстрируют потенциал обработки холодной плазмой в качестве технологии для улучшения микробиологической безопасности томатов черри [74].

Обработку холодной плазмой оценивали Lee H. et al. (2015) как средство повышения микробиологической безопасности капусты, салата и сушеного инжира. Обработку проводили при 900 Вт, в течение 10 мин с использованием азота в качестве плазмообразующего газа. Для инактивации *L. Monocytogenes* на листьях салата установлены оптимальные условия обработки – мощность 400 Вт и продолжительность 10 мин. Поскольку активность воды в высушенном инжире повышалась с 0,70 до 0,93, снижение количества *Escherichia coli* и *L. Monocytogenes* на инжире увеличивалось, микробная инактивация холодной плазмой усиливалась при снижении pH инжира с 6 до 4 [75].

Sea C. Min et al. (2016) установлено ингибирование *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* и *Tulane virus* при обработке салата-латука диэлектрическим барьерным разрядом атмосферной холодной плазмы. Количество микроорганизмов продолжало снижаться в холодильном хранилище после обработки в течение 24 часов [76].

Исследованиями Fagundes C. et al. (2015) установлено, что упаковка в модифицированной газовой среде (5 % O₂ + 5 % CO₂) может продлить срок годности томатов черри до 25 дней, а концентрация газа может повлиять на их качество. Использование упаковки в модифицированной газовой среде снизило скорость дыхания и скорость выработки этилена при уменьшении потери веса, биосинтезе ликопина и образовании красного цвета. Благодаря использованию модифицированной газовой среды удалось сохранить твердость томатов и снизить расход сахаров и органических кислот [77].

Исследование Larsena Н. и Wold А. (2016) влияния упаковки в модифицированной газовой среде на органолептические свойства, химический состав и срок хранения моркови, хранящейся в охлаждении и при комнатной температуре, позволило сделать вывод о том, что низкие уровни O_2 и CO_2 в составе газовой среды приводили к высокой выработке этанола и CO_2 . Упаковка с низким содержанием O_2 и высоким содержанием CO_2 приводила к увеличению заболеваний моркови. Оптимальный состав газового пространства для корнеплодов моркови был близок к воздушной атмосфере [78].

Обработка ультразвуком способна удалить загрязнения с поверхностей и инактивировать микроорганизмы в результате кавитации, которая представляет собой образование, рост и разрушение пузырьков, генерирующих локализованную механическую и химическую энергию. Имеются данные о том, что эта технология может использоваться в пищевой промышленности, отдельно или совместно с химическими дезинфицирующими средствами [79].

Sagong Н. et al. (2013) исследована эффективность ультразвуковой обработки по отдельности и в комбинации с поверхностно-активными веществами (Tween 20, 40, 60, 80 и Span 20, 80, 85) в качестве альтернативы обычным дезинфицирующим хлорсодержащим средствам для уменьшения числа спор *Bacillus cereus* на листьях салата и корнеплодах моркови. Установлено оптимальное время обработки ультразвуком (40 кГц, 30 Вт/л) - пять минут. Наиболее эффективное снижение количества спор *B. cereus* без ухудшения качества продукта было получено при сочетании обработки ультразвуком и 0,1 % Tween 20. Снижение было больше, чем при обработке хлором в концентрации 200 мг/кг в течение 5 минут [80].

Таким образом, способы обработки с помощью физического воздействия, такого как ультрафиолет, гамма-излучение, холодная плазма, ультразвук обладают некоторой эффективностью, но недостаточной для того, чтобы обеспечить стабильное качество сырья в процессе хранения. Также в исследованиях в основном изучалось воздействие на фитопатогенные микроорганизмы, а влияние на качество и биохимические показатели объектов обработки малоизвестно.

Обработка электромагнитными полями минимально воздействует на потребительские свойства пищевых продуктов. Электромагнитные поля крайне низких частот, в отличие от высокочастотных, не вызывают нагревания обрабатываемых объектов, их применение более экологично, так как исключается влияние химических препаратов, и более экономично, так как не требуется установка дорогостоящего оборудования [81].

По данным Международной комиссии по защите от неионизирующего излучения (МКЗНИ), механизмы воздействия переменных электромагнитных полей на биообъекты различны в зависимости от частоты поля. МКЗНИ выделяет два частотных диапазона переменных ЭМП: низкочастотные поля (до 100 кГц) и высокочастотные поля (от 100 кГц до 300 ГГц). В низкочастотном диапазоне отдельно рассматриваются биологические и медицинские эффекты при воздействии переменных электрических и магнитных полей в диапазоне частот ниже 300 Гц (*extremely low frequency, ELF*). Согласно международной классификации, этот диапазон охватывает крайне низкие частоты КНЧ (3 - 30 Гц) и сверхнизкие частоты СНЧ (30 - 300 Гц).

Действие внешнего переменного электрического поля на биообъекты вызывает перенос электрических зарядов (электрического тока), поляризацию связанного заряда (возникновение электрических диполей) и переориентацию диполей, присутствовавших в ткани. Действие внешнего переменного магнитного поля на биообъекты индуцирует электрическое поле и циркулирующий электрический ток внутри организма [82].

Воздействие на биологические объекты электрических полей сопровождается различными эффектами в зависимости от его силы. Исследователями, изучавшими воздействие низкочастотных ЭМП на биологические объекты, установлено, что индукционный электрический ток может непосредственно приводить в возбуждение нервную и мышечную системы при плотности тока, превышающей некоторое пороговое значение [83].

При плотностях тока, при которых не происходит стимуляции возбудимых тканей, тем не менее, возможна возбудимость нейронов, а также прямое

воздействие на электрические процессы, протекающие в организме. В результате этого могут изменяться свойства клеточных мембран (ионный транспорт, включая транспорт ионов Ca^{2+} через клеточные мембраны, внутриклеточную концентрацию этого иона и взаимодействие митогенов с рецепторами, расположенными на поверхности клеток) и клеточные функции (например, повышенная пролиферация и изменения в метаболизме, экспрессии генов, биосинтезе белков и активности ферментов) [83 – 85].

Механизм воздействия, чаще всего связывают с изменениями морфологии и структуры клеток, такой как эндогенная ключевая ферментативная деактивация клеточного метаболизма, повреждение клеточного ДНК и изменение экспрессии генов [86, 87].

Несмотря на то, что исследования влияния низкочастотных ЭМП на биологические объекты ведутся уже многие годы, они далеки от завершения.

В работах, посвященных влиянию низкочастотных ЭМП на микроорганизмы, установлено, что оно зависит от вида микроорганизмов, интенсивности излучения и времени обработки.

В работе Strasak et al. (1998) установлено, что обработка бактерий *Escherichia coli* ЭМП с частотой 50 Гц приводит к снижению их жизнеспособности и скорости роста [88].

В работе Fojt et al (2004) также было зафиксировано снижение жизнеспособности бактерий *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и *Leclercia adecarboxylata* при обработке полем с частотой 50 Гц и индукцией 10 мТл. При этом было установлено, что эффект проявляется в большей степени для снижения обсемененности *E. coli* и в меньшей степени - *S. Aureus* [89].

В работе El-Sayed et al. (2006) показано, что чувствительность *Escherichia coli* к ЭМП КНЧ изменяется во времени: максимальна в первые часы, но затем снижается, что, по-видимому, связано с адаптацией бактерий к стрессу [90].

Walkling-Ribeiro et al. (2008) обнаружили снижение концентрации *Staphylococcus aureus* в яблочном соке, обработанном электромагнитным полем напряженностью 40 кВ в течение 100 мкс [91].

Эффективность инактивации микроорганизмов зависит от многих факторов. Altuntas et al. (2010) показали зависимость степени инактивации *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и *Listeria monocytogenes* от напряженности электрического поля и времени обработки [92].

Kuldiloke и Eshtiaghi (2008) установили, что степень инактивации патогенных микроорганизмов под действием электромагнитного поля зависит от времени обработки [93].

Amiali, Ngadi (2012), Morris et al. (2007) установили влияние таких факторов как электропроводность, pH; типы, стадия роста, концентрация, размер и форма микроорганизмов [94, 95].

В связи с тем, что влияние ЭМП на биологические объекты, в частности на фитопатогенные микроорганизмы на поверхности корнеплодов, изучены не в полной мере, актуальны исследования влияния электромагнитного поля крайне низких частот на патогенные микроорганизмы, вызывающие микробиологическую порчу.

Величина магнитной индукции – важный параметр ЭМП КНЧ. Значения магнитной индукции меняются в зависимости от силы тока, длины соленоида (источника облучения) и сопротивления соленоида (количества витков обмотки на соленоиде) при одинаковой частоте ЭМП КНЧ. Это позволяет расширить диапазон параметров обработки ЭМП. При воздействии электромагнитного поля с различными параметрами магнитной индукции при одинаковой частоте происходит резонансное поглощение энергии поля атомами щелочных и щелочноземельных элементов и изменение спиновой ориентации валентных электронов этих атомов. В результате происходит изменение скоростей химических реакций, протекающих на мембранах клеток микроорганизмов.

В проведенных ранее исследованиях были определены параметры электромагнитного поля, позволяющие максимально ингибировать развитие фитопатогенных микроорганизмов. Для столовой моркови были установлены следующие параметры обработки: частота электромагнитного поля 28 Гц, время обработки 30 минут [96].

Для столовой свеклы была определена наиболее эффективной последовательная обработка в три этапа: первый этап - частота 15 Гц, время обработки 10 минут, второй этап - частота 25 Гц, время обработки 10 минут, третий этап - частота 30 Гц, время обработки 10 минут [97].

Представляли интерес исследования влияния изменения величины магнитной индукции на развитие фитопатогенных микроорганизмов корнеплодов.

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Все экспериментальные исследования проводились в четырехкратной повторности (отклонение между параллельными определениями допускалось не более 5 %). Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом описательной статистики и дисперсионного анализа, используя пакеты программ Microsoft Excel и Statistica.

Исследования проводились согласно схеме, приведенной на рисунке 4.

2.1 Объекты исследований

В процессе исследования влияния различных способов обработки корнеплодов на фитопатогенные микроорганизмы в опытах *in vitro* и *in vivo* в качестве объектов исследования использовали:

- фитопатогенные микроорганизмы, выделенные из пораженных корнеплодов столовой моркови и столовой свеклы: *Erwinia carotovora*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria radicina*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia scolani*;

- биопрепараты на основе *Bacillus subtilis*: Алирин-Б (штамм В-10 ВИЗР), Бактофит (штамм ИПМ 215), Витаплан (штамм ВКМ В-2604D и штамм ВКМ В-2605 D), Гамаир (штамм М-22 ВИЗР);

- корнеплоды моркови столовой сортов Канберра, Шантино, Карсон;

- корнеплоды свеклы столовой сортов Водан, Ронда и Бетолло.

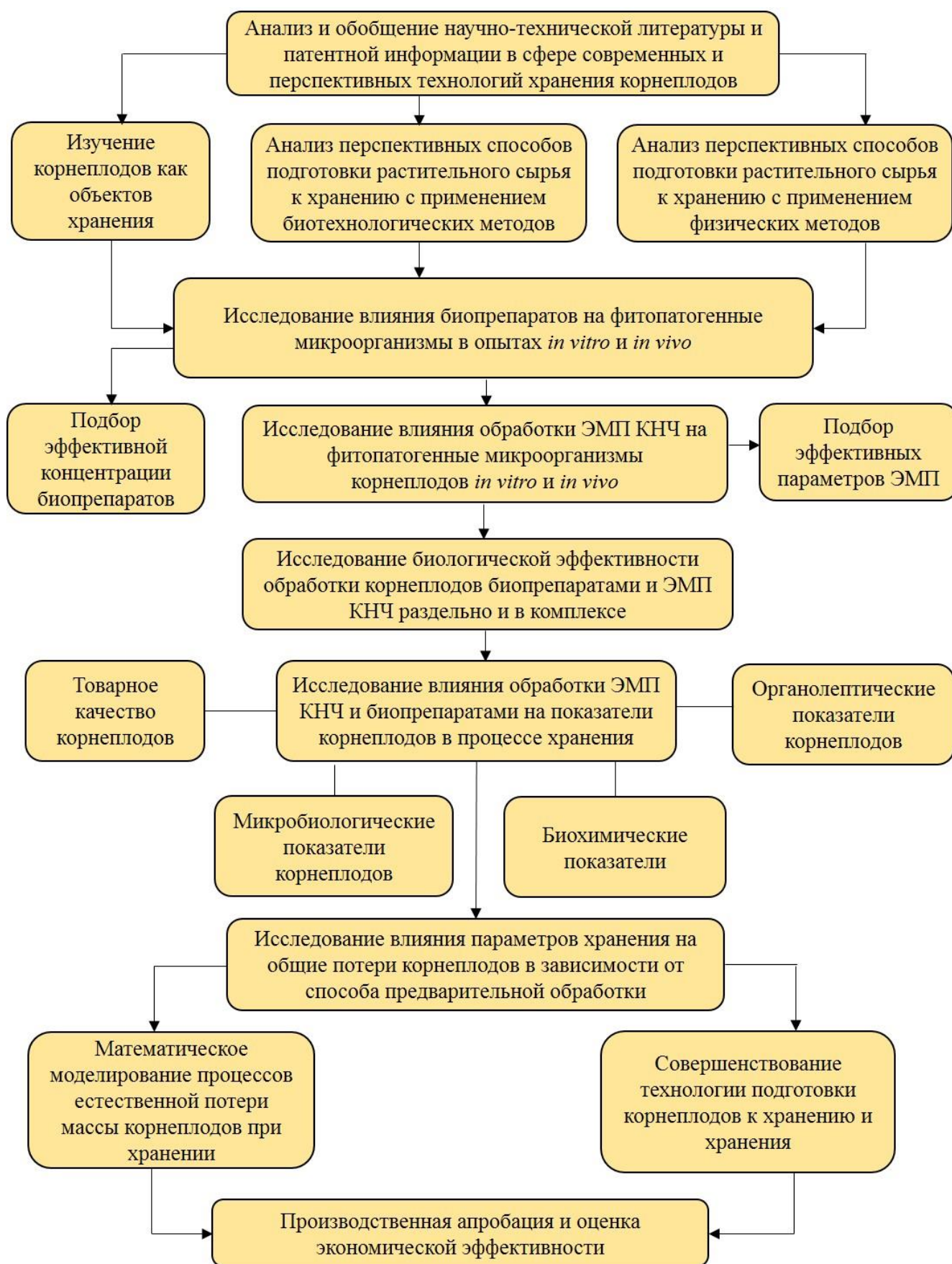


Рисунок 4 – Структурная схема исследований

2.2 Методы микробиологических исследований

На различных этапах работы использовали следующие группы методов:

а) Микробиологические исследования проводили в соответствии с ГОСТ 31904-2012, 10444.12-2013, 10444.15-94, 26669-85 [98 – 101].

Фитопатологические исследования проводили, используя методы визуальной диагностики (осмотр симптомов, фенотипических признаков фитопатогенных микроорганизмов), биометрии, микроскопии (изучение фенотипа спор и мицелия грибов, бактерий, вирусов, пораженных тканей), выделение чистой культуры фитопатогенного микроорганизма, инокуляция корнеплодов.

Грибковые фитопатогенные микроорганизмы были выделены из пораженных корнеплодов и культивированы на среде Сабуро при температуре $+27\pm 1$ °С в течение 14 суток. Споры фитопатогенных грибов были получены путем промывания выращенных культур плесневых грибов стерильной дистиллированной водой, содержащей 0,05 % Твин-80. Суспензии фильтровали через три слоя стерилизованной марли и доводили до концентрации 1×10^5 – 1×10^7 спор/мл. Учет количества спор производили с помощью камеры Горяева.

Возбудитель мокрой бактериальной гнили *Erwinia carotovora* был выделен из пораженных корнеплодов моркови и культивировался в дальнейшем на среде питательный агар или питательный бульон с глюкозой (в зависимости от целей использования) при температуре $+30\pm 1$ °С в течение 48 часов. Титр выращенной культуры определяли методом посева разведений.

Исследуемые биопрепараты культивировали на среде, приготовленной из сухого питательного агара с добавлением 1 % раствора глюкозы. Для подготовки агаровых блоков посевной материал выращивали в течение 48-72 часов при температуре $+30\pm 1$ °С.

б) Исследования *in vitro* антагонистических свойств биопрепаратов в отношении фитопатогенных микроорганизмов осуществляли методом агаровых блоков.

Суспензию спор тест-культур фитопатогенных микроорганизмов вносили в расплавленный и охлажденный до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ питательный агар и полученную смесь разливали в чашки Петри. После застывания агара на его поверхность помещали агаровые блоки, вырезанные стерильным пробочным сверлом из газона выращенного исследуемого биопрепарата. Газон выращивали предварительно, используя питательную среду, приготовленную из сухого питательного агара. Агаровые блоки размещали ростом (газоном) вверх, плотно прижимая к агаровой пластинке. Чашки выдерживали в течение 8 часов в холодильнике (во избежание преждевременного роста тест-культуры) для диффузии ингибиторных соединений биопрепарата из блока в толщу агара с тест-культурой, а затем инкубировали в условиях, оптимальных для тест-культуры и по окончании 7 суток контролировали зоны задержки роста тест-культур.

Для исследования влияния биопрепаратов на диаметр поражения фитопатогенными микроорганизмами корнеплодов делали проколы на поверхности стерильной иглой и вносили суспензию биопрепарата дозировкой 10 мкл. Для контрольных образцов использовали стерильную дистиллированную воду.

В этот же прокол вносили 10 мкл подготовленной суспензии фитопатогенных микроорганизмов. Корнеплоды моркови и свеклы помещали в закрытые прозрачные пластиковые контейнеры, туда же помещали емкость с жидкостью для обеспечения влажности и хранили при температурах $+2\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+25\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Диагностику заболеваемости и размер характерных поражений, вызванных фитопатогенными микроорганизмами, на корнеплодах при температуре $+25\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ проводили через 7 суток, а при температуре $+2\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ – через 7, 14 и 28 суток.

в) Для исследования влияния электромагнитных полей крайне низких частот на патогенные микроорганизмы корнеплодов использовали лабораторную экспериментальную установку по обработке растительного сырья (рисунок 5). Обработку проводили ЭМП КНЧ (частота 15 – 30 Гц, продолжительность обработки – 30 минут), варьируя величину электромагнитной индукции в диапазоне от 3 до 15 мТл.

Исследования *in vitro* осуществляли с суспензиями подготовленных тест-культур фитопатогенных микроорганизмов *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria radicina*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia scolani* и *Erwinia carotovora*. Суспензии подготовленных тест-культур обрабатывали ЭМП КНЧ и культивировали при температуре $+27\pm 1$ °С на среде Сабуро в течение 7 суток – для плесневых грибов; при температуре $+37\pm 1$ °С на среде сухой питательный агар в течение 48 часов – для *Erwinia carotovora*. Контрольные образцы суспензий обработке не подвергались.

Динамику развития популяций *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria radicina*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia scolani* и *Erwinia carotovora in vivo* исследовали в срезах корнеплодов моркови и свеклы и определяли по диаметру поврежденной ткани корнеплода при хранении в различных температурных условиях: при температуре $+25\pm 1$ °С в течение 14 суток и при температуре $+2\pm 1$ °С в течение 21 суток.

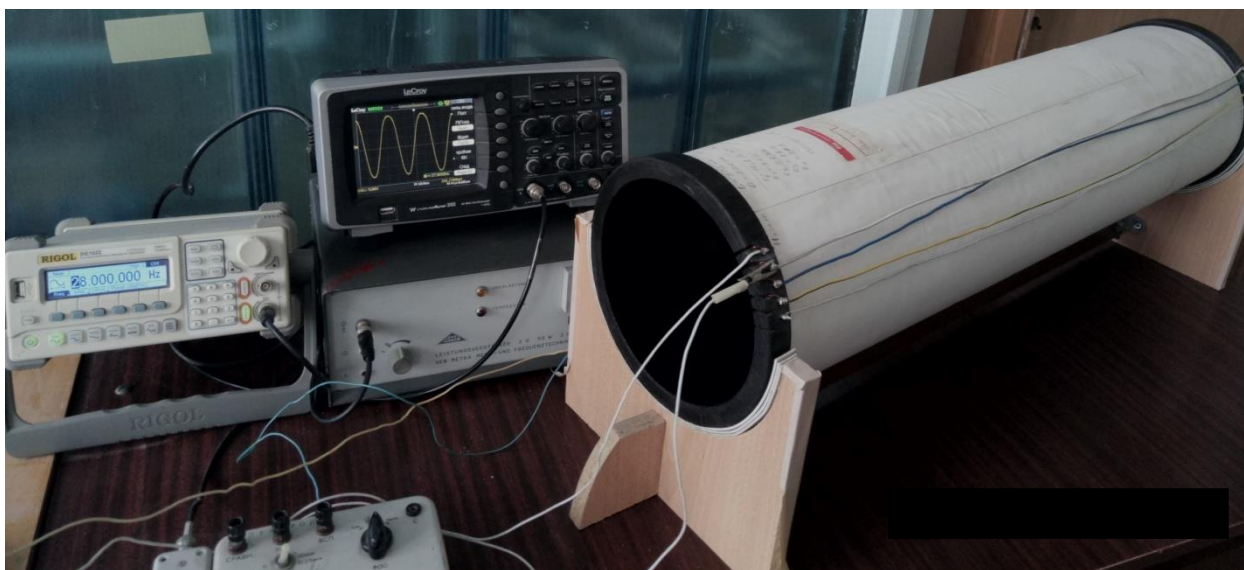


Рисунок 5 – Экспериментальная установка для обработки электромагнитными полями

Для исследования были выбраны корнеплоды в количестве 15 штук для каждого вида фитопатогенного микроорганизма, промыты водой, высушены и обработаны 70 % этиловым спиртом. На корнеплодах стерильным скальпелем

делали по три надреза, размером 3×3 мм и в каждый из надрезов равномерно вносили в количестве по 10 мкл суспензии с одним из трех исследуемых микроорганизмов по отдельности. Затем корнеплоды с внесенными суспензиями обрабатывали по выбранным режимам в экспериментальной установке. Контрольные образцы корнеплодов обработке не подвергались.

Все корнеплоды помещали в закрытые прозрачные пластиковые контейнеры, туда же помещали емкость с жидкостью для обеспечения высокой влажности. Контейнеры хранили при температурах $+2\pm 1$ °С и $+25\pm 1$ °С.

Диагностику заболеваемости и размера характерных поражений, вызванных *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria radicina*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia scolani* и *Erwinia carotovora* в образцах, хранившихся в течение 14 суток при температуре $+25\pm 1$ °С, проводили через каждые 2 суток; в образцах, хранившихся в течение 21 суток при $+2\pm 1$ °С – каждые 3 дня.

Степень поражения корнеплодов исследуемыми фитопатогенными микроорганизмами определяли по количеству пораженных корнеплодов от общего числа (в процентах) и по площади пораженной ткани.

г) Биологическую эффективность обработки биопрепаратами и ЭМП КНЧ определяли согласно методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов [102].

Корнеплоды столовой моркови и столовой свеклы, не пораженные болезнями и не имеющие механических повреждений, в количестве по 100 штук на пробу подвергали заражению фитопатогенными микроорганизмами, нанося на поверхность корнеплодов подготовленные суспензии с концентрацией 10^6 КОЕ/г. Обработанные корнеплоды хранили при температуре 23 – 25 °С в закрытых контейнерах, давая возможность адаптации патогенам на поверхности корнеплодов.

После 12 часов эти пробы обрабатывали установленными в ранее проведенных исследованиях параметрами ЭМП КНЧ: частота 15 – 30 Гц, индукция 12 мТл, продолжительность обработки – 30 минут.

Далее методом опрыскивания проводили обработку корнеплодов биопрепаратами:

- столовая морковь – водным раствором биопрепарата Витаплан в концентрации 0,2 %, температура раствора 23 – 25 °С, дозировка раствора – 2,5 мл на 1 кг корнеплодов.

- столовая свекла – водным раствором биопрепарата Бактофит в концентрации 0,2 %, температура раствора 23–25 °С, дозировка раствора – 2,5 мл на 1 кг корнеплодов.

Контрольные образцы корнеплодов дальнейшей обработке биопрепаратами и ЭМП КНЧ не подвергались.

После проведенной обработки одну часть проб корнеплодов хранили при температуре $+2 \pm 1$ °С, другую при $+25 \pm 1$ °С.

2.3 Методы исследования показателей качества и безопасности

При выполнении работ определяли микробиологические и гигиенические показатели безопасности, установленные Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [18]. Массовую долю свинца определяли в соответствии с ГОСТ 26932-86 [103], мышьяка – по ГОСТ 26930-86 [104], кадмия - по ГОСТ 26933-86 [105], а ртути – по ГОСТ 26927-86 [106].

Определение массовой доли нитратов осуществляли по методике, приведенной в ГОСТР 29270-95 [107].

Массовую долю хлорорганических пестицидов: ГХЦГ и его изомеров, ДДТ и его метаболитов определяли по методике, приведенной в ГОСТ 30349-96 [108].

Показатели качества столовой свеклы определяли по ГОСТ 1722-85 [17]. Показатели качества столовой моркови определяли по ГОСТ 1721-85 [13].

Оценка образцов также проводилась с применением балльной органолептической шкалы по показателям: форма, внешний вид, окраска, запах, свежесть, целостность [109].

2.4 Методы исследования биохимических показателей

Массовую долю сухих веществ определяли термогравиметрическим методом [110], общих сахаров – феррицианидным [111], пектина и протопектина – карбазольным [112], витамина С – йодометрическим [111], фенольных веществ – фотоколориметрическим с использованием реактива Фолина-Дениса [113], каротина – фотометрическим [114], титруемую кислотность – титриметрическим методом [115].

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Исследование влияния биопрепаратов на фитопатогенные микроорганизмы, вызывающие микробиологическую порчу корнеплодов в опытах *in vivo* и *in vitro*

Результаты ранее проведенных исследований по определению состава и количественного содержания микроорганизмов на поверхности корнеплодов показали их высокую обсемененность. Естественные эпифиты представлены бактериями, дрожжами и плесневыми грибами. Обсемененность поверхности столовой моркови составляет от 15×10^4 КОЕ/г до 45×10^5 КОЕ/г, а столовой свеклы – от 60×10^3 КОЕ/г до 75×10^5 КОЕ/г [96].

В процессе исследований также установлено, что на поверхности корнеплодов моркови столовой и свеклы столовой в значительном количестве находятся бактерии родов *Bacillus* и *Clostridium*. Из представителей рода *Bacillus* встречаются следующие виды: *B. subtilis*, *B. mesentericus*, *B. megaterium* и *B. mycoides*. Плесневые грибы на поверхности исследуемых корнеплодов представлены большим разнообразием родов: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Sclerotinia* и *Botrytis* [96].

Проведенные исследования позволили сделать вывод о том, что наиболее часто встречающимися заболеваниями, вызывающими порчу корнеплодов столовой моркови при хранении, в Краснодарском крае являются: белая гниль (возбудитель *Sclerotinia sclerotiorum*), черная гниль (возбудитель *Alternaria radicina*), а также мокрая бактериальная гниль (возбудитель *Erwinia carotovora*).

Для столовой свеклы характерными микробиологическими заболеваниями являются: бурая гниль (возбудитель *Rhizoctonia solani*) и «кагатная гниль», вызываемая комплексом различных микроорганизмов: *Botrytis cinerea*, *Phoma betae*, грибами родов *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*.

В связи с этим в процессе дальнейших исследований изучали влияние биопрепаратов на следующие фитопатогенные микроорганизмы: *Sclerotinia*

sclerotiorum, *Alternaria radicina*, *Erwinia carotovora*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani* в опытах *in vitro* и *in vivo*.

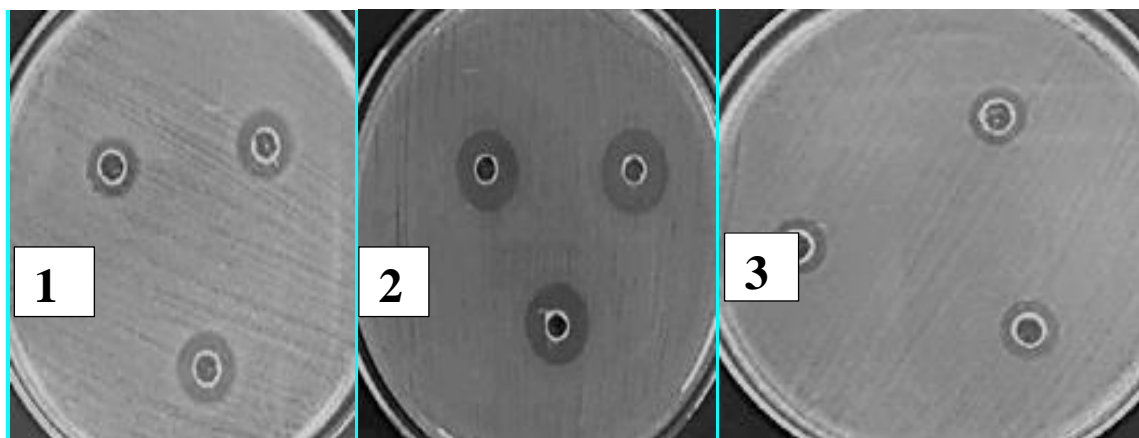
3.1.1 Изучение антагонистической активности биопрепаратов по отношению к фитопатогенным микроорганизмам корнеплодов в опытах *in vitro*

Проведенный анализ российских и зарубежных биопрепаратов, представленных на рынке, позволил сделать вывод о том, что особый интерес для дальнейших исследований представляют препараты на основе бактерий *Bacillus subtilis*, которые наиболее активно синтезируют антибиотики широкого спектра действия. В процессе жизнедеятельности бактерии *Bacillus subtilis* выделяют в окружающую среду более 65 антимикробных веществ для борьбы с другими микроорганизмами-конкурентами, в том числе и фитопатогенными. Учитывая эффективность и стоимость биопрепаратов, для исследований были выбраны биофунгициды российских производителей на основе *Bacillus subtilis*: Витаплан (штамм ВКМ В-2604D и штамм ВКМ В-2605 D), Гамаир (штамм М-22 ВИЗР), Бактофит (штамм ИПМ 215) и Алирин-Б (штамм В-10 ВИЗР). В таблице 5 и на рисунке 6 представлены данные, характеризующие антагонистическую активность исследуемых биопрепаратов по отношению к патогенным микроорганизмам корнеплодов.

Из представленных в таблице 5 данных можно сделать вывод о том, что все биопрепараты в большей или меньшей степени вызывают задержку роста исследуемых патогенных микроорганизмов. Наибольшую активность в отношении тестового набора патогенных микроорганизмов, характерных для моркови столовой (*Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria radicina*, *Erwinia carotovora*) в экспериментах *in vitro* проявил биопрепарат Витаплан, а в отношении фитопатогенных микроорганизмов свеклы столовой (*Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*) – биопрепарат Бактофит. Дальнейшие исследования в опытах *in vivo* проводились с этими биопрепаратами.

Таблица 5 – Антагонистическая активность биопрепаратов по отношению к фитопатогенным микроорганизмам корнеплодов

Наименование фитопатогенного микроорганизма	Зона задержки роста фитопатогенного микроорганизма (мм) в присутствии биопрепарата (штамм-производитель)			
	Алирин-Б (В-10 ВИЗР)	Бактофит (ИПМ 215)	Витаплан (ВКМ В-2604D+ВКМ В-2605 D)	Гамаир (М-22 ВИЗР)
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	1,3±0,07	2,2±0,11	2,6±0,13	1,7±0,09
<i>Alternaria radicina</i>	1,4±0,07	2,5±0,13	2,9±0,15	2,1±0,11
<i>Erwinia carotovora</i>	1,8±0,09	2,8±0,14	3,2±0,16	1,7±0,09
<i>Botrytis cinerea</i>	1,0±0,05	3,0±0,15	2,8±0,14	2,4±0,12
<i>Rhizoctonia solani</i>	1,5±0,08	2,1±0,11	1,8±0,09	2,0±0,1



Примечание: 1 – Витаплан, Бактофит и Алирин на *Alternaria radicina*; 2 – Витаплан, Бактофит и Алирин на *Erwinia carotovora*; 3 – Витаплан, Бактофит и Алирин на *Rhizoctonia solani*

Рисунок 6 – Антагонистическая активность биопрепаратов по отношению к фитопатогенным микроорганизмам

3.1.2 Исследование влияния обработки биопрепаратами на диаметр поражения корнеплодов фитопатогенными микроорганизмами

Влияние биопрепарата Витаплан на диаметр поражения *Alternaria radicina* на корнеплодах моркови столовой в зависимости от температуры через 7, 14 и 28 суток хранения представлено на рисунке 7.

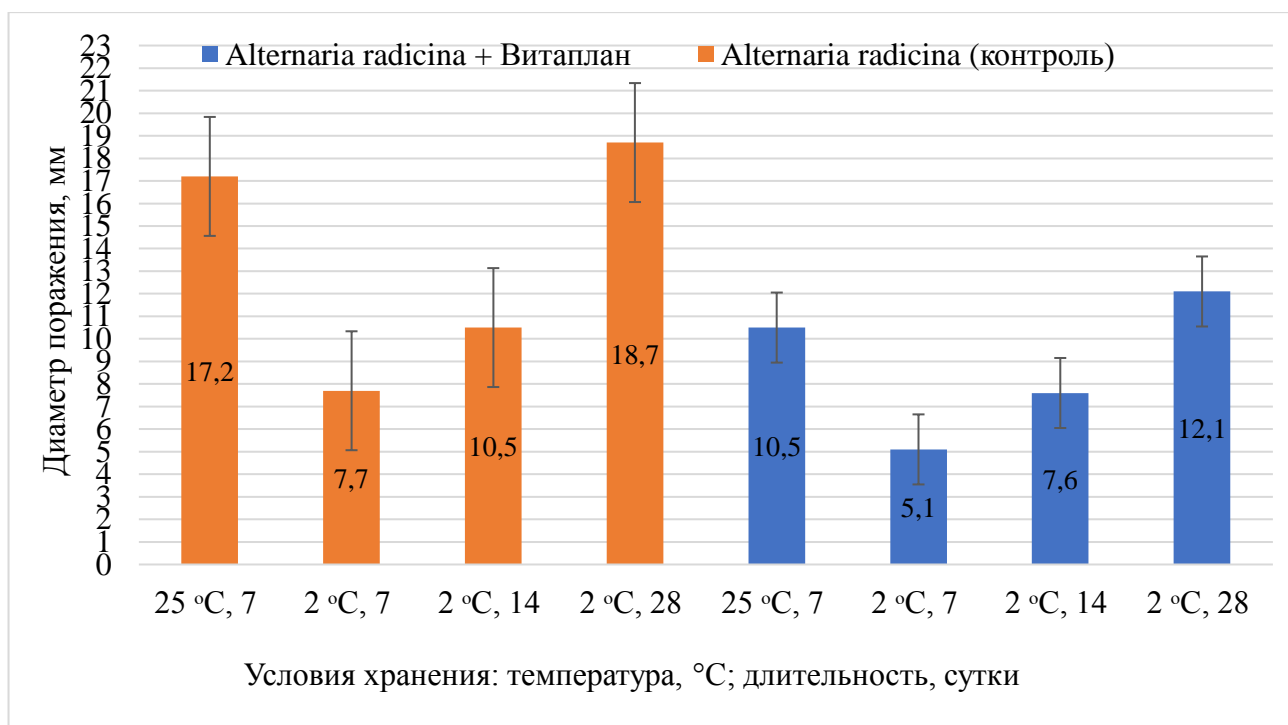


Рисунок 7 – Влияние биопрепарата Витаплан на диаметр поражения *Alternaria radicina* на корнеплодах моркови столовой в зависимости от температуры хранения через 7, 14 и 28 суток

После хранения при температуре $+25 \pm 1$ °C в течение 7 суток средний диаметр поражения контрольных образцов, зараженных *Alternaria radicina*, составил 17,2 мм. У образцов, обработанных биопрепаратом Витаплан и зараженных *Alternaria radicina*, средний диаметр поражения составил 10,5 мм.

После хранения при температуре $+2 \pm 1$ °C средний диаметр поражения корнеплодов моркови, зараженных *Alternaria radicina*, через 7, 14 и 28 суток составил 7,7 мм, 10,5 мм и 18,7 мм, соответственно. Для корнеплодов моркови,

обработанных биопрепаратом Витаплан и зараженных *Alternaria radicina*, средний диаметр поражения через 7, 14 и 28 суток составил 5,1 мм, 7,6 мм и 12,1 мм, соответственно.

Влияние обработки биопрепаратом Витаплан на степень поражения мокрой бактериальной гнилью, вызываемой *Erwinia carotovora*, на корнеплодах моркови столовой в зависимости от температуры хранения через 7, 14 и 28 суток представлено на рисунке 8.

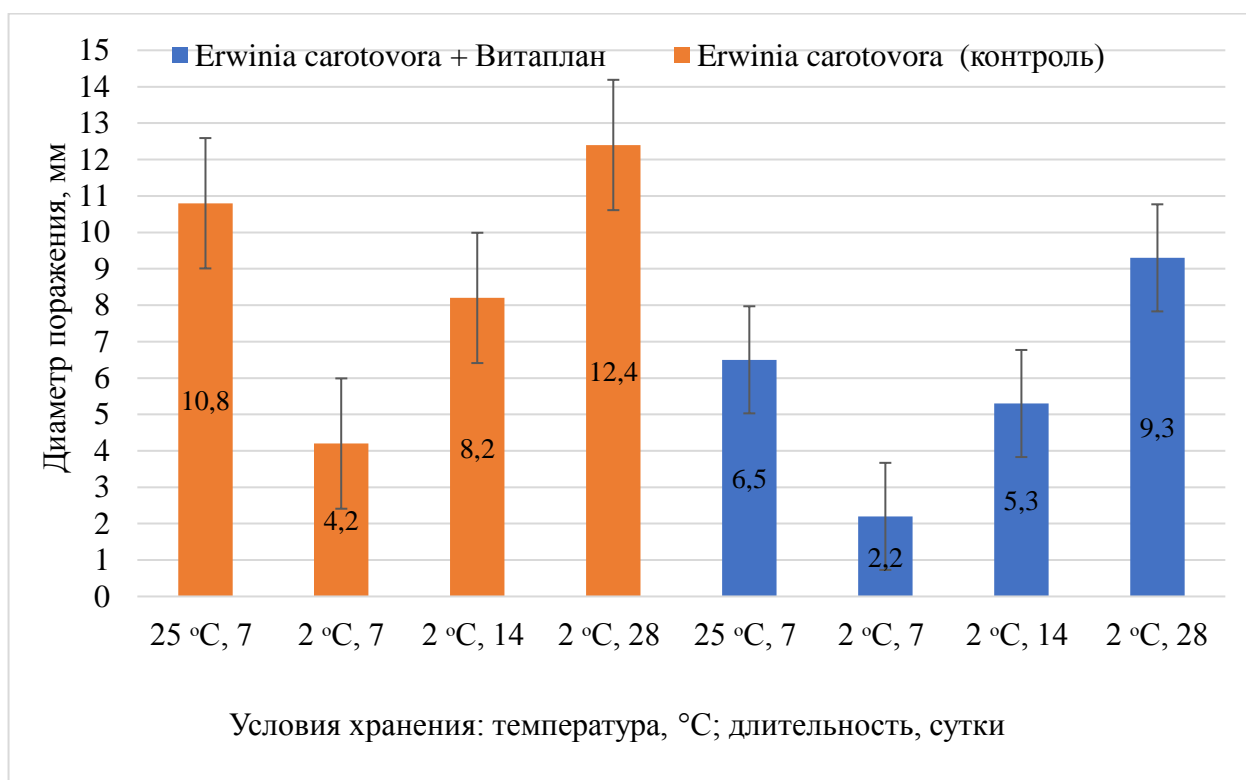


Рисунок 8 – Влияние биопрепарата Витаплан на диаметр поражения *Erwinia carotovora* на корнеплодах моркови столовой в зависимости от температуры хранения через 7, 14 и 28 суток

После хранения при температуре $+25 \pm 1$ °C в течение 7 суток средний диаметр поражения в образцах, зараженных *Erwinia carotovora*, составил 7,2 мм. У образцов, обработанных биопрепаратом Витаплан и зараженных *Erwinia carotovora*, средний диаметр поражения составил 6,5 мм.

После хранения при температуре $+2\pm 1$ °С в течение 7, 14 и 28 суток средний диаметр поражения в образцах, зараженных *Erwinia carotovora*, составил 4,2 мм, 8,2 мм и 12,4 мм соответственно. У образцов, обработанных биопрепаратом Витаплан и зараженных *Erwinia carotovora*, средний диаметр поражения через 7, 14 и 28 суток составил 2,2 мм, 5,3 мм и 9,3 мм соответственно.

На следующем этапе изучали влияние биопрепарата Бактофит на диаметр поражения фитопатогенными микроорганизмами на корнеплодах свеклы столовой при различных температурах в течение 7, 14 и 28 суток.

Влияние биопрепарата Бактофит на диаметр поражения *Rhizoctonia solani* на корнеплодах столовой свеклы в зависимости от температуры через 7, 14 и 28 суток хранения представлено на рисунке 9.

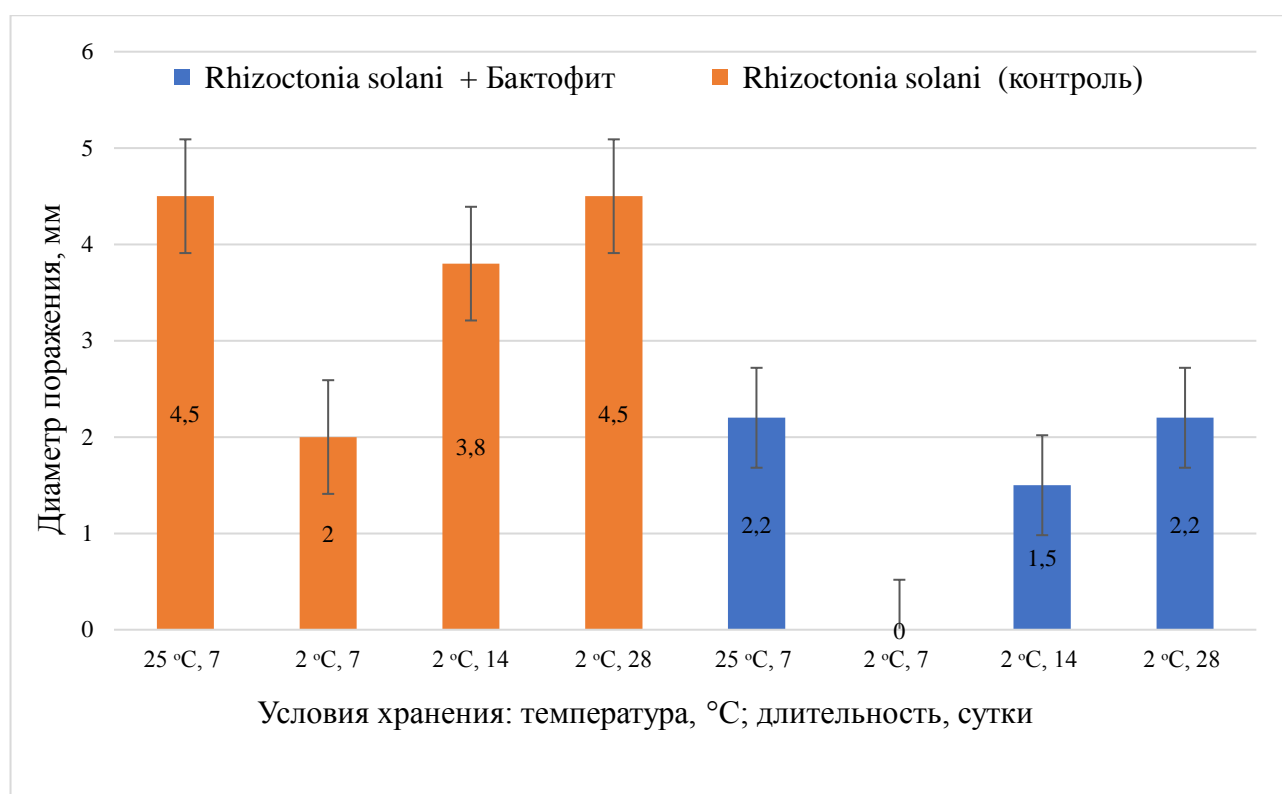


Рисунок 9 – Влияние биопрепарата Бактофит на диаметр поражения *Rhizoctonia solani* на корнеплодах свеклы столовой в зависимости от температуры хранения через 7, 14 и 28 суток

Из представленных на рисунке 9 данных следует, что после хранения свеклы столовой при температуре $+25\pm 1$ °С в течение 7 суток средний диаметр поражения *Rhizoctonia solani* контрольных образцов составил 4,5 мм. В опытных образцах, зараженных *Rhizoctonia solani* и обработанных раствором биопрепарата Бактофит, средний диаметр поражения составил 2,2 мм.

При хранении свеклы столовой при температуре $+2\pm 1$ °С в течение 7, 14 и 28 суток средний диаметр поражения *Rhizoctonia solani* контрольных образцов составил 2,0 мм, 3,8 мм и 4,5 мм соответственно. В опытных образцах через 7 суток хранения признаков поражения *Rhizoctonia solani* не наблюдалось, через 14 суток средний диаметр поражения составил 1,5 мм, через 28 суток – 2,2 мм.

Влияние биопрепарата Бактофит на диаметр поражения *Botrytis cinerea* на корнеплодах свеклы столовой в зависимости от температуры через 7, 14 и 28 суток хранения представлено на рисунке 10.

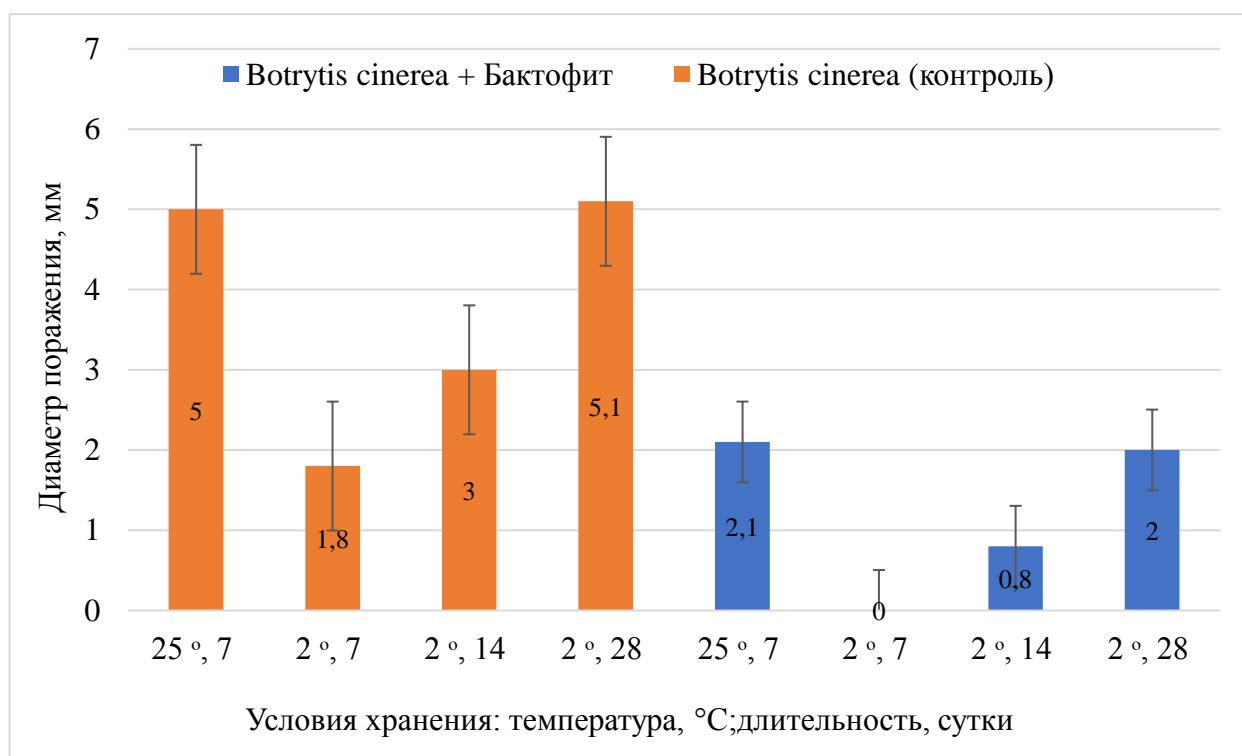


Рисунок 10 – Влияние биопрепарата Бактофит на диаметр поражения *Botrytis cinerea* на корнеплодах свеклы столовой в зависимости от температуры хранения через 7, 14 и 28 суток

Из данных, представленных на рисунке 10, следует, что при хранении столовой свеклы при температуре $+25\pm 1$ °С в течение 7 суток средний диаметр поражения *Botrytis cinerea* на поверхности контрольных образцов составил 5 мм, а опытных образцов - 2,1 мм.

При температуре хранения $+2\pm 1$ °С корнеплодов свеклы в течение 7, 14 и 28 суток средний диаметр поражения *Botrytis cinerea* контрольных образцов составил 1,8 мм, 3,0 мм и 5,1 мм. В опытных образцах через 7 суток признаков развития микробиологической порчи не наблюдалось, через 14 и 28 суток хранения средний диаметр поражения составил 0,8 мм и 2,0 мм соответственно.

Проведенные исследования позволили сделать вывод о целесообразности использования биопрепаратов для контроля микробиологической порчи корнеплодов в процессе хранения, а именно: препарата Витаплан – для моркови столовой, препарата Бактофит – для свеклы столовой.

На следующем этапе исследований представляло интерес установить оптимальные концентрации, дозировку, температуру и способ обработки корнеплодов моркови столовой и свеклы столовой биопрепаратами для снижения количества потерь при краткосрочном хранении.

3.1.3 Исследование влияния концентрации биопрепаратов на общие потери массы корнеплодов

Для определения эффективной концентрации биопрепаратов, позволяющей снизить микробиологическую порчу в процессе хранения, образцы корнеплодов обрабатывали водными растворами биопрепаратов Витаплан и Бактофит в концентрации 0,1 %, 0,2 % и 0,3 %. Норма расхода биопрепаратов 2,5 мл/кг корнеплодов. Подготовленные корнеплоды опрыскивали рабочим раствором и просушивали.

В качестве контрольных образцов использовали корнеплоды, не обработанные биопрепаратами.

Корнеплоды свеклы и моркови хранили в течение 56 суток при температуре $+2\pm 1$ °С и относительной влажности воздуха – 80 ± 5 %.

В таблице 6 представлены данные по влиянию обработки корнеплодов биопрепаратами Бактофит и Витаплан на общие потери, в том числе в результате микробиологической порчи.

Таблица 6 – Влияние разных концентраций биопрепаратов на общие потери корнеплодов после 56 суток хранения, % от общего числа

Наименование образца	Морковь столовая		Свекла столовая	
	общие потери	потери от микробиологической порчи	общие потери	потери от микробиологической порчи
Контрольные образцы (без обработки биопрепаратами)	11,3±0,6	6,1±0,3	8,5±0,4	5,3±0,3
Образцы, предварительно обработанные водным раствором биопрепарата Бактофит в концентрации, %:				
0,1	-	-	8,9±0,4	2,9±0,1
0,2	-	-	7,4±0,4	2,6±0,1
0,3	-	-	7,2±0,4	2,7±0,1
Образцы, предварительно обработанные водным раствором биопрепарата Витаплан в концентрации, %:				
0,1	5,7±0,3	2,8±0,1	-	-
0,2	5,4±0,3	2,4±0,1	-	-
0,3	5,3±0,3	2,3±0,1	-	-

Из данных таблицы 6 видно, что эффективной концентрацией как для биопрепарата Витаплан, так и для биопрепарата Бактофит является концентрация 0,2 %. Увеличение концентрации до 0,3 % существенно не влияет на снижение потерь в течение периода хранения.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что для обработки корнеплодов перед краткосрочным хранением можно рекомендовать применение биопрепаратов в следующих режимах: для моркови столовой – обработка водным раствором биопрепарата Витаплан в концентрации 0,2 %, температура раствора 23 - 25 °С, дозировка раствора – 2,5 мл на 1 кг корнеплодов; для корнеплодов свеклы столовой – обработка водным раствором биопрепарата Бактофит в концентрации 0,2 %, температура раствора 23 - 25 °С, дозировка раствора – 2,5 мл на 1 кг корнеплодов.

На рисунке 11 представлены фотографии опытных (обработанных биопрепаратом Витаплан) и контрольных образцов корнеплодов столовой моркови после 56 суток хранения при температуре $+2\pm 1$ °С и относительной влажности воздуха – 75 - 80 %.



Примечание: 1 - контроль, 2 - обработка биопрепаратом Витаплан

Рисунок 11 - Корнеплоды моркови столовой после 56 суток хранения при температуре $+2\pm 1$ °С и относительной влажности воздуха – 75 - 80 %

На рисунке 12 представлены фотографии опытных (обработанных биопрепаратом Бактофит) и контрольных образцов корнеплодов свеклы столовой после 56 суток хранения при температуре $+2\pm 1$ °С и относительной влажности воздуха – 75 - 80 %.



Примечание: 1 - контроль, 2 - обработка биопрепаратом Бактофит

Рисунок 12 - Корнеплоды свеклы столовой после 56 суток хранения при температуре $+2\pm 1$ °С и относительной влажности воздуха – 75 - 80 %

На следующем этапе изучали воздействие электромагнитных полей крайне низких частот с различными параметрами на фитопатогенные микроорганизмы на поверхности корнеплодов.

3.2 Исследование влияния обработки ЭМП КНЧ на фитопатогенные микроорганизмы корнеплодов *in vitro* и *in vivo*

3.2.1 Исследование влияния ЭМП КНЧ с различными параметрами на фитопатогенные микроорганизмы корнеплодов

В связи с тем, что механизмы влияния и возможные эффекты обработки электромагнитными полями на биологические объекты, в том числе на патогенную микрофлору поверхности корнеплодов, изучены не в полной мере, актуальны исследования влияния ЭМП КНЧ на фитопатогенные микроорганизмы, вызывающие микробиологическую порчу.

Величина магнитной индукции – важный параметр электромагнитного поля. Значения магнитной индукции меняются в зависимости от силы тока, длины соленоида (источника облучения) и сопротивления соленоида (количества витков обмотки на соленоиде) при одинаковой частоте ЭМП КНЧ. Это позволяет расширить диапазон параметров обработки ЭМП. При воздействии электромагнитного поля с различными параметрами магнитной индукции при одинаковой частоте происходит резонансное поглощение энергии поля атомами щелочных и щелочноземельных элементов и изменение спиновой ориентации валентных электронов этих атомов. В результате происходит изменение скоростей химических реакций, протекающих на мембранах клеток микроорганизмов.

В проведенных ранее исследованиях были определены параметры электромагнитного поля, позволяющие максимально ингибировать развитие патогенных микроорганизмов. Для столовой моркови были установлены следующие параметры: частота ЭМП 28 Гц, время обработки 30 минут [96]. Для столовой свеклы была определена наиболее эффективной последовательная обработка: первый этап - частота 15 Гц, время обработки 10 минут, второй этап - частота 25 Гц, время обработки 10 минут, третий этап - частота 30 Гц, время обработки 10 минут [97].

Представляли интерес исследования по влиянию изменения магнитной индукции на развитие *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria radicina*, *Erwinia carotovora*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*, наиболее часто являющихся причинами микробиологической порчи в процессе хранения корнеплодов столовой моркови и столовой свеклы.

Для этого изучали степень инактивации исследуемых фитопатогенных микроорганизмов в зависимости от величины магнитной индукции ЭМП КНЧ. На основании проведенных исследований устанавливали оптимальные параметры обработки корнеплодов моркови и свеклы, изучали влияние обработки корнеплодов моркови и свеклы ЭМП КНЧ с установленными параметрами на степень развития заболеваний, вызываемых исследуемыми фитопатогенными микроорганизмами при различных температурах.

В таблице 7 представлены данные, характеризующие влияние режимов обработки ЭМП КНЧ на исследуемые тест-культуры микроорганизмов.

Таблица 7 – Влияние параметров обработки ЭМП КНЧ на исследуемые тест-культуры микроорганизмов

Фитопатогенный микроорганизм	Начальная концентрация, КОЕ/г	Величина магнитной индукции, мТл				
		3	6	9	12	15
		количество микроорганизмов после обработки, КОЕ/г×10 ³ / условия культивирования				
Среда Сабуру, 168 часов, температура 27±1 °С						
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	50±2,5	50±2,5	45±2,2	40±2	30±1,5	40±2
<i>Alternaria radicina</i>	40±2	40±2	38±1,9	38±1,9	32±1,6	37±1,8
<i>Rhizoctonia solani</i>	45±2,2	42±2,1	41±2,1	40±2	36±1,8	37±1,9
<i>Botrytis cinerea</i>	50±2,5	48±2,4	44±2,2	43±2,2	41±2,1	42±2,1
Среда «сухой питательный агар», 48 часов, температура +37±1 °С						
<i>Erwinia carotovora</i>	45±2,2	43±2,1	35±1,7	26±1,3	28±1,4	30±1,5

Из представленных в таблице 7 данных можно сделать вывод о том, что выбранные параметры обработки ЭМП КНЧ по-разному влияют на развитие исследуемых фитопатогенных микроорганизмов. Наибольшая эффективность угнетения роста *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria radicina*, *Botrytis cinerea* и *Rhizoctonia solani* в экспериментах *in vitro* выявлена при величине магнитной индукции 12 мТл. Для *Erwinia carotovora* наиболее эффективным оказался вариант обработки с величиной магнитной индукцией 9 мТл.

В связи с этим, при проведении дальнейших исследований применяли следующие режимы обработки: частота 28 Гц, сила тока 15 А, продолжительность обработки 15 минут, величина магнитной индукции для патогенов грибковой природы – 12 мТл; для патогенов бактериальной природы – 9 мТл.

На следующем этапе исследовали возможность ингибирования заболеваний, вызываемых *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria radicina*, *Erwinia carotovora* при хранении столовой моркови и *Rhizoctonia solani* и *Botrytis cinerea* при хранении столовой свеклы, с помощью обработки электромагнитными полями крайне низких частот.

3.2.2 Исследование влияния обработки ЭМП КНЧ на развитие микробиологической порчи корнеплодов в зависимости от температуры хранения

Влияние обработки ЭМП КНЧ на диаметр поражения *Sclerotinia sclerotiorum* корнеплодов моркови сорта Канберра при разных температурах хранения представлено на рисунке 13.

Из диаграммы на рисунке 13 видно, что после хранения при температуре $+25\pm 1$ °С в течение 14 суток средний диаметр поражения в контрольных образцах моркови, зараженных *Sclerotinia sclerotiorum*, составил 5 мм. У образцов моркови, обработанных ЭМП КНЧ и зараженных *Sclerotinia sclerotiorum*, средний диаметр поражения составил 3,2 мм.

После хранения при температуре $+2\pm 1$ °С в течение 21 суток средний диаметр поражения в контрольных образцах моркови, зараженных *Sclerotinia sclerotiorum*, составил 3 мм.

У образцов, обработанных ЭМП КНЧ с величиной магнитной индукции 12 мТл и зараженных *Sclerotinia sclerotiorum*, средний диаметр поражения составил 1,7 мм.

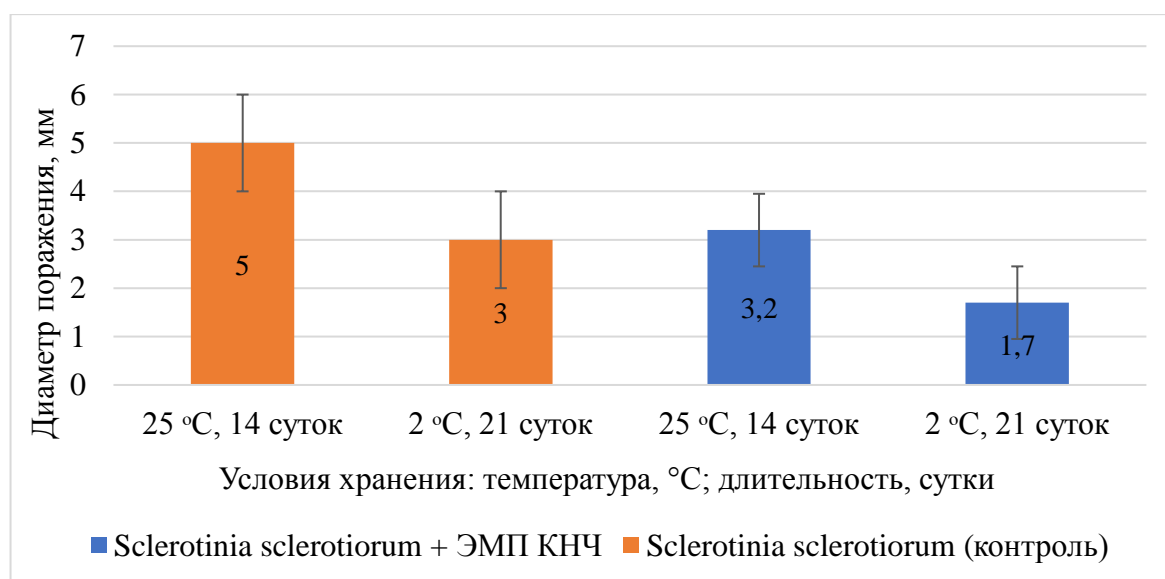


Рисунок 13 – Влияние обработки ЭМП КНЧ на диаметр поражения *Sclerotinia sclerotiorum* корнеплодов столовой моркови при разных температурах хранения

Влияние обработки ЭМП КНЧ на диаметр поражения *Alternaria radicina* корнеплодов моркови сорта Канберра при разных температурах хранения представлено на рисунке 14.

Из данных на рисунке 14 видно, что после хранения при температуре $+25\pm 1$ °С в течение 14 суток средний диаметр поражения контрольных образцов моркови, зараженных *Alternaria radicina*, составил 6 мм. У образцов, обработанных ЭМП КНЧ и зараженных *Alternaria radicina*, средний диаметр поражения составил 4,1 мм.

После хранения при $+2\pm 1$ °С в течение 21 суток средний диаметр поражения в контрольных образцах моркови, зараженных *Alternaria radicina*, составил 3,2 мм. У образцов, обработанных ЭМП КНЧ и зараженных *Alternaria radicina*, средний диаметр поражения составил 2 мм.

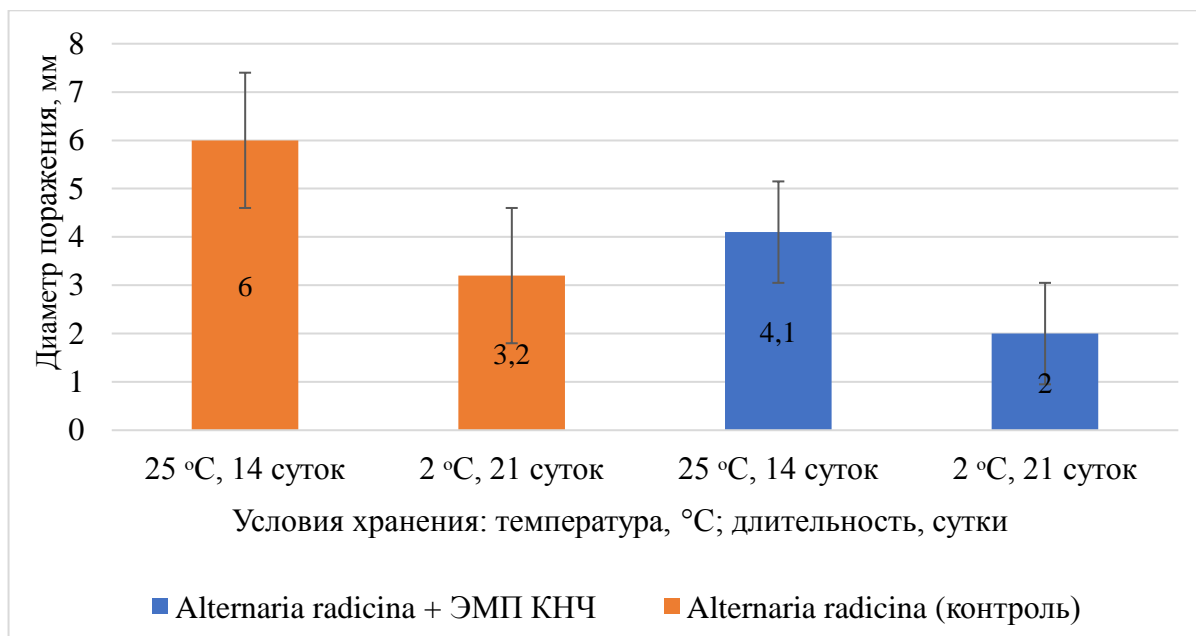


Рисунок 14 – Влияние обработки ЭМП КНЧ на диаметр поражения *Alternaria radicina* корнеплодов столовой моркови при разных температурах хранения

Влияние обработки ЭМП КНЧ на диаметр поражения *Erwinia carotovora* корнеплодов моркови сорта Канберра при разных температурах хранения представлено на рисунке 15.

Анализируя данные на рисунке 15 видно, что после хранения при температуре $+25\pm 1$ °С в течение 14 суток средний диаметр поражения на контрольных образцах моркови, зараженных *Erwinia carotovora*, составил 7,5 мм. У образцов, обработанных ЭМП КНЧ с величиной магнитной индукции 9 мТл и зараженных *Erwinia carotovora*, средний диаметр поражения составил 4,2 мм.

После хранения при $+2\pm 1$ °С в течение 21 суток средний диаметр поражения на контрольных образцах моркови, зараженных *Erwinia carotovora*, составил 3,5

мм. У образцов, обработанных ЭМП КНЧ с величиной магнитной индукции 9 мТл и зараженных *Erwinia carotovora*, средний диаметр поражения составил 2,0 мм.

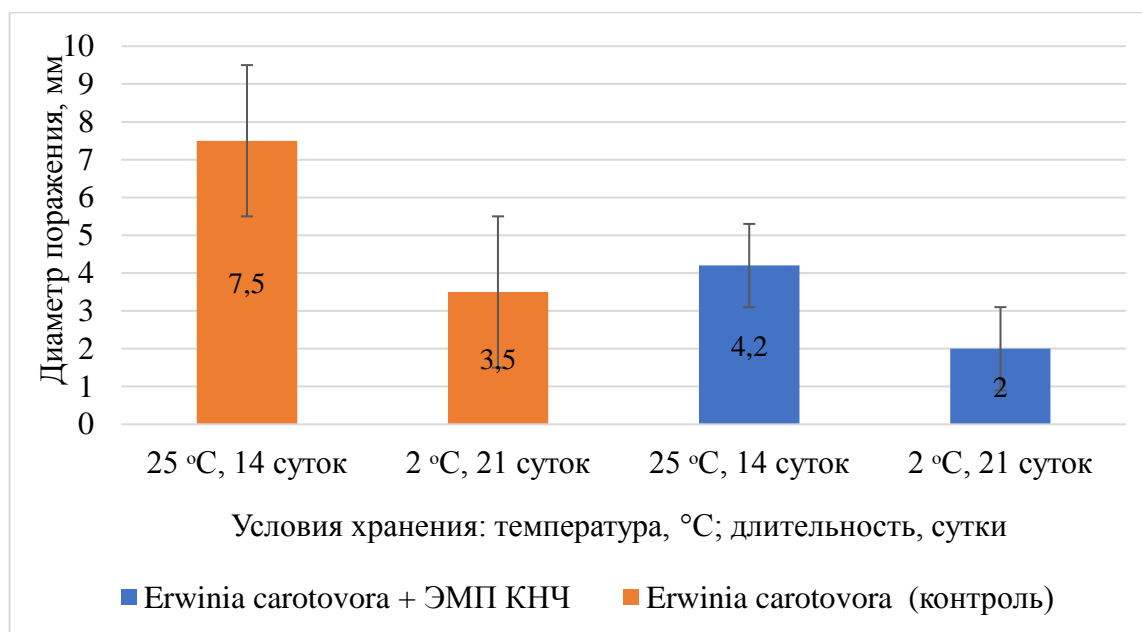


Рисунок 15 – Влияние обработки ЭМП КНЧ на диаметр поражения *Erwinia carotovora* корнеплодов столовой моркови при разных температурах хранения

На следующем этапе исследовали эффективность ингибирования *Rhizoctonia solani* и *Botrytis cinerea* на поверхности корнеплодов свеклы столовой сорта Водан ЭМП КНЧ с величиной магнитной индукции 12 мТл.

Влияние обработки ЭМП КНЧ на диаметр поражения *Rhizoctonia solani* на корнеплодах свеклы в зависимости от температуры хранения представлено на рисунке 16.

После хранения корнеплодов свеклы при температуре $+25\pm 1$ °С в течение 14 суток средний диаметр поражения *Rhizoctonia solani* контрольных образцов составил 5,6 мм, в то время как средний диаметр поражения *Rhizoctonia solani* опытных образцов столовой свеклы образцов составил 3 мм.

После хранения при $+2\pm 1$ °С в течение 21 суток средний диаметр поражения контрольных образцов свеклы столовой, зараженных *Rhizoctonia solani*, составил

3,2 мм. У образцов, обработанных ЭМП КНЧ с величиной магнитной индукции 12 мТл и зараженных *Rhizoctonia solani*, средний диаметр поражения составил 2 мм.

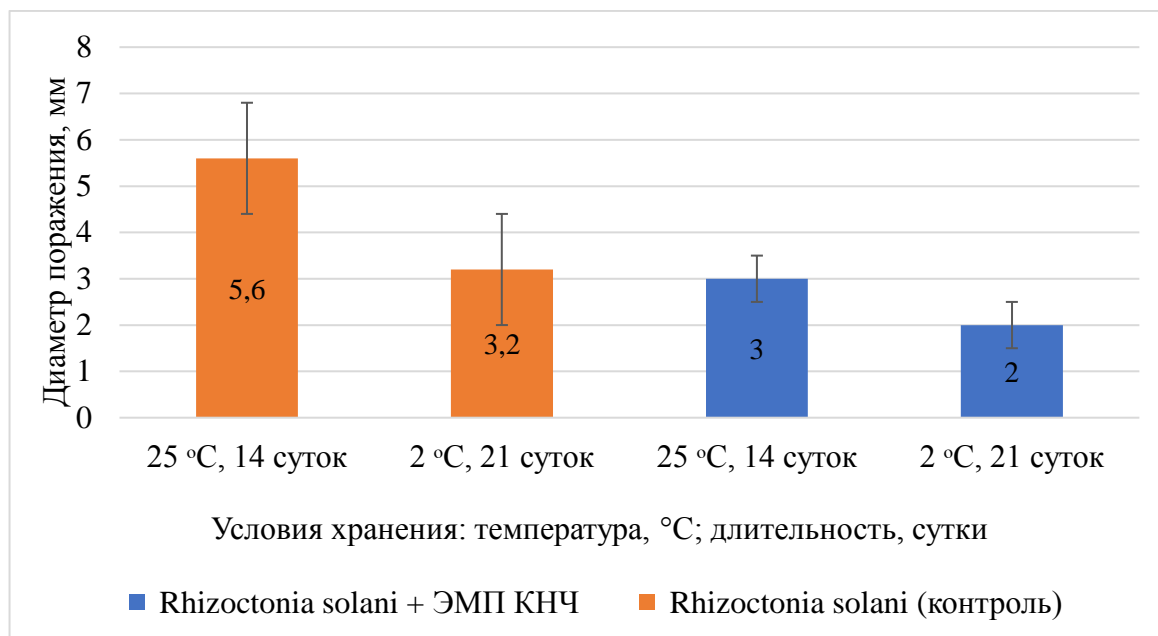


Рисунок 16 – Влияние обработки ЭМП КНЧ на диаметр поражения *Rhizoctonia solani* корнеплодов столовой свеклы при разных температурах хранения

Влияние режимов обработки ЭМП КНЧ на диаметр поражения, вызываемого *Botrytis cinerea* на корнеплодах свеклы в зависимости от температуры хранения, представлено на рисунке 17.

После хранения при температуре $+25\pm 1$ °C в течение 14 суток средний диаметр поражения контрольных образцов столовой свеклы, зараженных *Botrytis cinerea*, составил 5,5 мм. У образцов, обработанных ЭМП КНЧ и зараженных *Botrytis cinerea*, средний диаметр поражения составил 4,3 мм.

После хранения при температуре $+2\pm 1$ °C в течение 21 суток средний диаметр поражения в контрольных образцах столовой свеклы, зараженных *Botrytis cinerea*, составил 3,5 мм. У образцов, обработанных ЭМП КНЧ и зараженных *Botrytis cinerea*, средний диаметр поражения составил 2,4 мм.

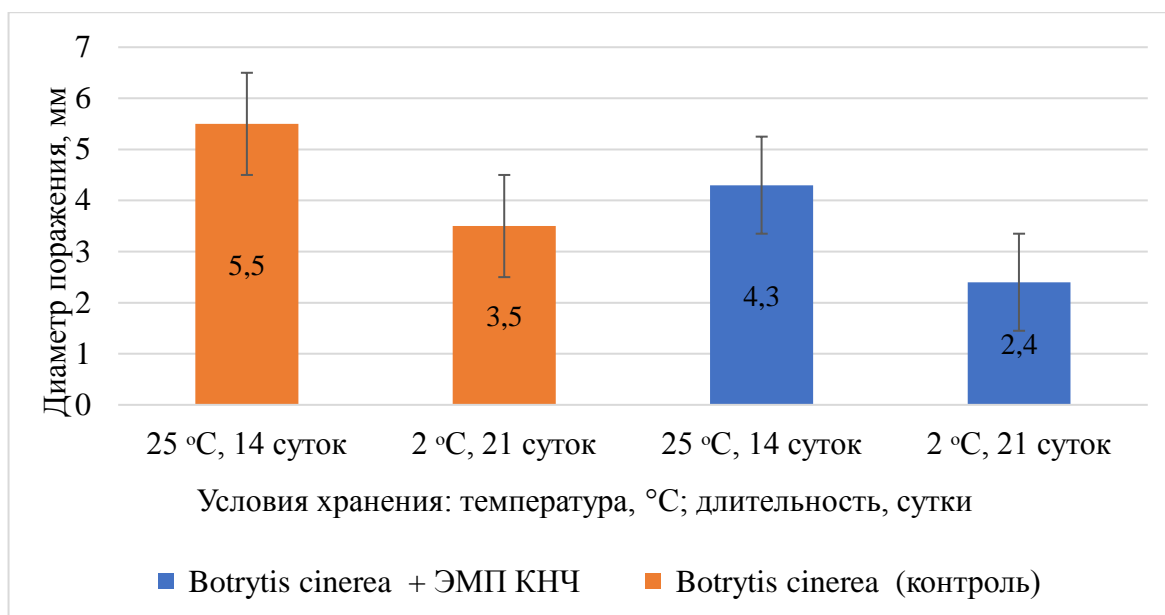


Рисунок 17 – Влияние режимов обработки ЭМП КНЧ на диаметр поражения *Botrytis cinerea* корнеплодов столовой свеклы при разных температурах хранения

На основании проведенных исследований установлено, что обработка ЭМП КНЧ оказывает ингибирующее действие на развитие фитопатогенных микроорганизмов: *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria radicina*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani* и *Erwinia carotovora*.

В экспериментах *in vitro* наибольшая эффективность угнетения роста *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria radicina*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani* установлена при обработке ЭМП КНЧ с величиной магнитной индукции 12 мТл, а наибольшая эффективность угнетения роста *Erwinia carotovora* при величине магнитной индукции 9 мТл.

Установлено что, обработка ЭМП КНЧ корнеплодов столовой моркови и столовой свеклы, зараженных фитопатогенными микроорганизмами, снижает интенсивность развития заболевания. Диаметр поражения фитопатогенными микроорганизмами корнеплодов столовой моркови, обработанных ЭМП КНЧ, по сравнению с контрольными образцами при хранении при температуре $+25 \pm 1$ °C через 14 суток меньше на 36 % для *Sclerotinia sclerotiorum*, на 31,6 % для *Alternaria radicina* и на 44 % для *Erwinia carotovora*. При хранении при температуре

+2±1 °С, в течение 21 суток диаметр поражения меньше на 43,3 % для *Sclerotinia sclerotiorum*, на 37,5 % для *Alternaria radicina* и на 60 % для *Erwinia carotovora*.

Диаметр поражения фитопатогенными микроорганизмами корнеплодов столовой свеклы, обработанных ЭМП КНЧ, по сравнению с контрольными образцами при хранении при температуре +25±1 °С через 14 суток меньше на 46,5 % для *Rhizoctonia solani* и на 21,8 % для *Botrytis cinerea*. При хранении при температуре +2±1 °С, в течение 21 суток диаметр поражения меньше на 37,5 % для *Rhizoctonia solani* и на 31,4 % для *Botrytis cinerea*.

Анализируя полученные данные, для проведения дальнейших исследований установлены следующие режимы обработки ЭМП КНЧ:

– для столовой моркови: частота 28 Гц, продолжительность обработки 30 минут, магнитная индукция 12 мТл;

– для столовой свеклы трехэтапная обработка: частота 15-25 Гц (в зависимости от этапа), время обработки 10 минут (на каждый этап), магнитная индукция 12 мТл.

На следующем этапе проводились исследования, направленные на изучение влияния биопрепаратов и электромагнитных полей крайне низких частот в комплексе на фитопатогенные микроорганизмы корнеплодов при различных температурных условиях хранения.

3.3 Исследование биологической эффективности обработки корнеплодов биопрепаратами и ЭМП КНЧ отдельно и в комплексе

В таблице 8 представлены результаты исследования биологической эффективности обработок биопрепаратами и ЭМП КНЧ (раздельно и в комплексе) корнеплодов столовой моркови и столовой свеклы после заражения фитопатогенными микроорганизмами и последующей последовательной обработки ЭМП КНЧ и биопрепаратом. Корнеплоды хранились при температуре +2±1 °С в течение 14 суток.

Таблица 8 – Исследование биологической эффективности обработок корнеплодов перед хранением при температуре $+2\pm 1$ °С

Вид обработки	Распространенность болезни (P), %	Развитие болезни (R), %	Биологическая эффективность	
			по P, %	по R, %
Столовая морковь				
Контроль	100	32	–	–
Витаплан	28	8	72	75
ЭМП КНЧ	32	8,8	68	72,5
Комплексная обработка	16	3,2	84	90
Столовая свекла				
Контроль	92	28	–	–
Бактофит	24	7,6	73,9	72,9
ЭМП КНЧ	28	8,3	69,6	70,4
Комплексная обработка	14	3,1	84,8	88,9

В таблице 9 представлены результаты, отражающие биологическую эффективность обработок биопрепаратами и ЭМП КНЧ (раздельно и в комплексе) корнеплодов столовой моркови и столовой свеклы после заражения фитопатогенными микроорганизмами и последующей последовательной обработки ЭМП КНЧ и биопрепаратом. Корнеплоды хранились при температуре $+25\pm 1$ °С в течение 14 суток.

Таблица 9 – Исследование биологической эффективности разных обработок корнеплодов перед хранением при температуре $+25\pm 1$ °С

Вид обработки	Распространенность болезни (P), %	Развитие болезни (R), %	Биологическая эффективность	
			по P, %	по R, %
1	2	3	4	5
Столовая морковь				
Контроль	100	79,2	–	–
Витаплан	64,3	17,6	35,7	77,8
ЭМП КНЧ	57,1	16,8	42,9	78,8

Продолжение таблицы 9

Комплексная обработка	32,0	6,4	68	91,9
Столовая свекла				
Контроль	100	76,3	–	–
Бактофит	60,3	13,5	39,7	82,3
ЭМП КНЧ	56,8	14,2	43,2	81,4
Комплексная обработка	29,4	5,9	70,6	92,3

Биологическая эффективность комплексной обработки при температуре хранения $+2\pm 1$ °С составила: по распространенности болезни – 84 % для столовой моркови и 84,8 % для столовой свеклы, по развитию болезни – 90 % для столовой моркови и 88,9 % для столовой свеклы.

При температуре хранения $+25\pm 1$ °С биологическая эффективность комплексной обработки составила: по распространенности болезни – 68 % для столовой моркови и 70,6 % для столовой свеклы, по развитию болезни – 91,9 % для столовой моркови и 92,3 % для столовой свеклы.

На рисунках 18 – 19 представлены фотографии образцов корнеплодов столовой моркови, обработанные суспензией фитопатогенных микроорганизмов, часть которых была обработана ЭМП КНЧ и биопрепаратом Витаплан, через 14 суток хранения при температурах $+2\pm 1$ °С и $+25\pm 1$ °С, соответственно.

На рисунках 20 – 21 представлены образцы корнеплодов столовой свеклы, обработанные суспензией фитопатогенных микроорганизмов, часть которых была обработана ЭМП КНЧ и биопрепаратом Бактофит, через 14 суток хранения при температурах $+2\pm 1$ °С и $+25\pm 1$ °С, соответственно.

Проведенные исследования подтверждают целесообразность использования комплексной обработки корнеплодов ЭМП КНЧ и биопрепаратами. На следующем этапе исследований изучали влияние обработки корнеплодов ЭМП КНЧ и биопрепаратами на товарное качество, органолептические, микробиологические и биохимические показатели корнеплодов.



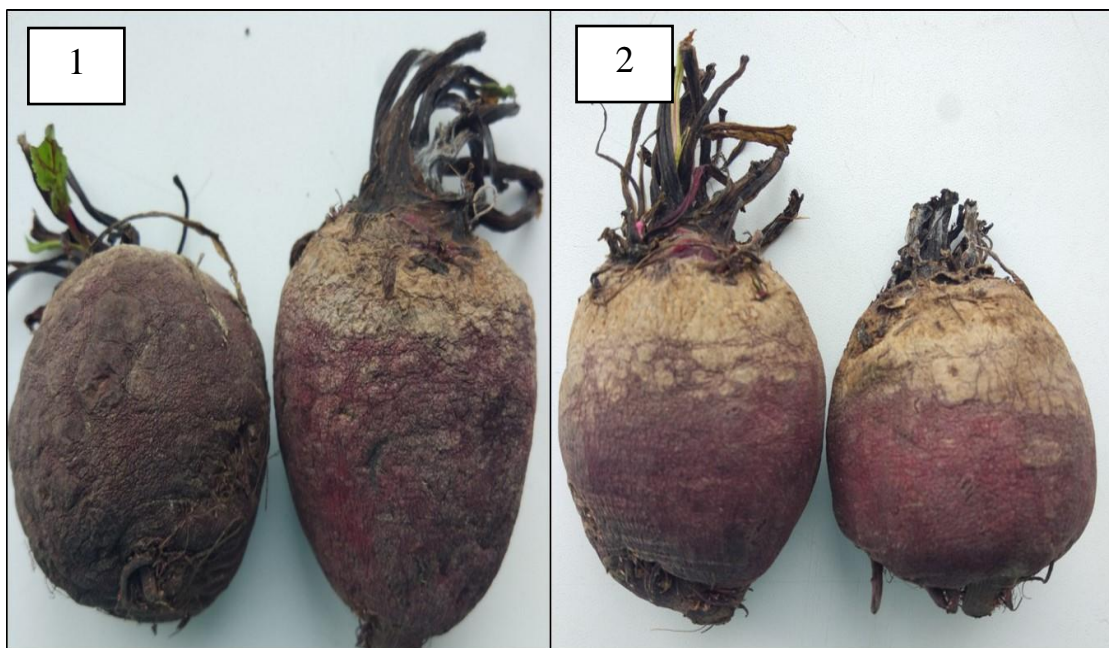
Примечание: 1 – контроль, 2 – обработка ЭМП КНЧ и биопрепаратом Витаплан

Рисунок 18 – Корнеплоды столовой моркови через 14 суток хранения при температуре $+2\pm 1$ °С



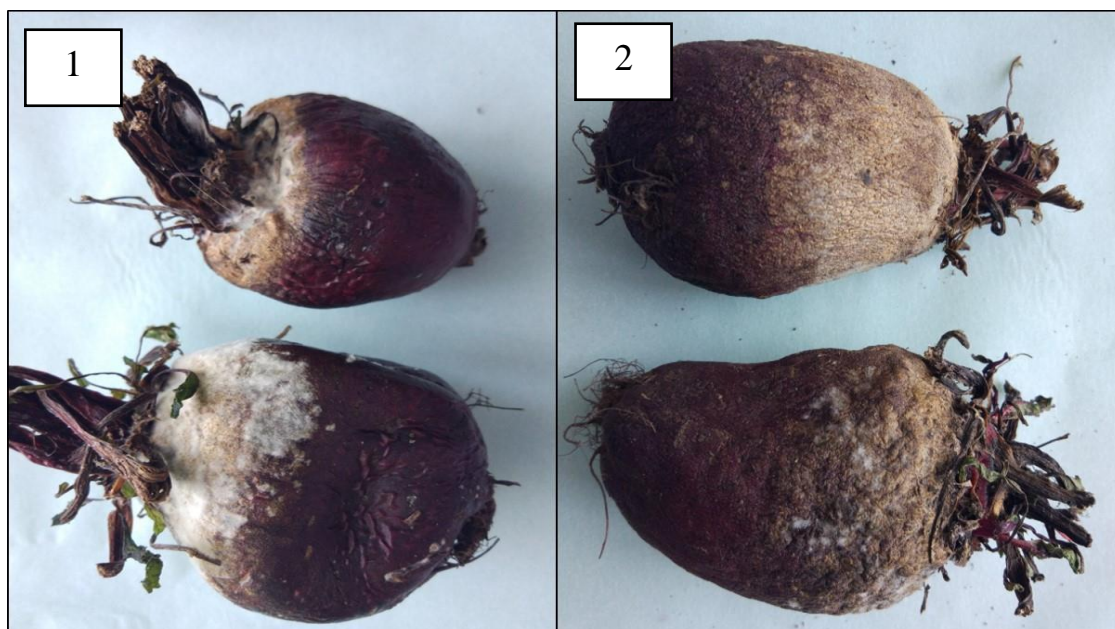
Примечание: 1 – контроль, 2 – обработка ЭМП КНЧ и биопрепаратом Витаплан

Рисунок 19 – Корнеплоды столовой моркови через 14 суток хранения при температуре $+25\pm 1$ °С



Примечание: 1 – контроль, 2 – обработка ЭМП КНЧ и биопрепаратом Бактофит

Рисунок 20 – Корнеплоды свеклы столовой через 14 суток хранения при температуре $+2\pm 1$ °С



Примечание: 1 – контроль, 2 – обработка ЭМП КНЧ и биопрепаратом Бактофит

Рисунок 21 – Корнеплоды столовой свеклы через 15 суток хранения при температуре $+25\pm 1$ °С

3.4 Изучение влияния обработки ЭМП КНЧ и биопрепаратами на товарное качество, органолептические, микробиологические и биохимические показатели корнеплодов

3.4.1 Исследование показателей качества, безопасности и биохимического состава корнеплодов

Качество столовой свеклы определяли на соответствие требованиям ГОСТ 1722-85 «Свекла столовая свежая, заготавливаемая и поставляемая. Технические условия». Качество моркови столовой определяли на соответствие требованиям ГОСТ 1721-85 «Морковь столовая свежая, заготавливаемая и поставляемая. Технические условия». Было установлено, что изучаемые образцы соответствуют требованиям ГОСТ.

В таблице 10 приведены основные гигиенические показатели безопасности моркови столовой и свеклы столовой в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011).

Таблица 10 – Гигиенические показатели безопасности моркови столовой и свеклы столовой

Наименование показателя	Значение показателя		Требования ТР ТС 021/2011, не более
	свекла	морковь	
Токсичные элементы, мг/кг:			
свинец	0,08±0,004	0,05±0,003	0,5
ртуть	отсутствует	отсутствует	0,02
мышьяк	0,07±0,004	0,04±0,02	0,2
кадмий	отсутствует	отсутствует	0,03
Пестициды, мг/кг:			
ГХЦГ (α, β, γ – изомеры)	отсутствуют	отсутствуют	0,5
ДДТ и его метаболиты	отсутствуют	отсутствуют	0,1
нитраты, мг/кг	260±13	102±5,1	1400/250

По микробиологическим нормативам безопасности морковь столовая и свекла столовая удовлетворяют требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», а именно, в 25 г корнеплодов отсутствуют патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы.

Также исследовали биохимический состав корнеплодов моркови столовой и свеклы столовой. Полученные результаты представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Биохимические показатели корнеплодов

Наименование показателя	Свекла столовая	Морковь столовая
Массовая доля:		
сухих веществ, %	14,5±0,7	13,5±0,7
сахаров, %	6,9±0,3	8,8±0,4
пектина, %	1,1±0,06	0,4±0,02
протопектина, %	1,7±0,09	0,8±0,04
витамина С, мг%	5,9±0,3	8,2±0,4
фенольных веществ, мг%	136,0±6,8	63,6±3,2
каротина, мг%	отсутствует	19,3±1,0
Титруемая кислотность, %	0,1±0,01	0,3±0,02

Для исследования влияния различных способов обработки на органолептические, микробиологические и биохимические показатели корнеплодов в процессе хранения при различных температурах закладывали корнеплоды, обработанные различными способами, приведенными в таблицах 12 – 13.

Корнеплоды обрабатывали ЭМП КНЧ и биопрепаратами отдельно и в комплексе (по заданным параметрам для каждого вида сырья). Контролем служили не обработанные ничем образцы. Хранили корнеплоды при +2±1 °С в течение 56 суток, а в другом варианте опыта – при 25±1 °С в течение 21 суток.

Таблица 12 – Характеристика применяемых способов хранения корнеплодов моркови столовой

Номер/ Условное обозначение образца	Способ подготовки к хранению	Параметры обработки	Параметры хранения
1/1М	Контроль (без обработки)	-	t= +2±1 °С, W=90%, 56 суток
2/2М			t=+25±1 °С, W=50%, 21 сутки
3/3М	Обработка биопрепаратом	Витаплан, 2% водный раствор, расход 2,5 мл/кг	t= +2±1 °С, W=90%, 56 суток
4/4М			t=+25±1 °С, W=50%, 21 сутки
5/5М	Обработка ЭМП КНЧ	Частота 28 Гц, время обработки 30 минут, магнитная индукция 12 мТл	t= +2±1 °С, W=90%, 56 суток
6/6М			t =+25±1 °С, W=50%, 21 сутки
7/7М	Комплексная обработка ЭМП КНЧ и биопрепаратом	Частота 28 Гц, время обработки 30 минут, магнитная индукция 12 мТл + Витаплан, 2% водный раствор, расход 2,5 мл/кг	t= +2±1 °С, W=90%, 56 суток
8/8М			t =+25±1 °С, W=50%, 21 сутки

Таблица 13 – Характеристика применяемых способов хранения корнеплодов свеклы столовой

Условное обозначение образца	Способ подготовки к хранению	Параметры обработки	Параметры хранения
1	2	3	4
1/1С	Контроль (без обработки)	-	t= +2±1 °С, W=90%, 56 суток
2/2С			t =+25±1 °С, W=50%, 21 сутки
3/3С	Обработка биопрепаратом	Бактофит, 2% водный раствор, расход 2,5 мл/кг	t= +2±1 °С, W = 90%, 56 суток
4/4С			t =+25±1 °С, W=50%, 21 сутки

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
5/5С	Обработка ЭМП КНЧ	Последовательно: частота 15 Гц, время обработки 10 минут, частота 24 Гц, время обработки 10 минут, частота 30 Гц, время обработки 10 минут, магнитная индукция 12 мТл	$t = +2 \pm 1$ °С, W=90%, 56 суток
6/6С			$t = +25 \pm 1$ °С, W =50%, 21 сутки
7/7С	Комплексная обработка ЭМП КНЧ и биопрепаратом	Последовательно: частота 15 Гц, время обработки 10 минут, частота 24 Гц, время обработки 10 минут, частота 30 Гц, время обработки 10 минут, магнитная индукция 12 мТл +Бактофит, 2 % водный раствор, расход 2,5 мл/кг	$t = +2 \pm 1$ °С, W=90%, 56 суток
8/8С			$t = +25 \pm 1$ °С, W=50%, 21 сутки

3.4.2 Исследование влияния способа обработки перед хранением на товарное качество корнеплодов

В таблице 14 представлены данные, иллюстрирующие товарное качество корнеплодов моркови столовой и свеклы столовой (процент выхода стандартной и нестандартной продукции, абсолютный отход) разных сортов при хранении при температурах $+2 \pm 1$ °С и $+25 \pm 1$ °С.

Установлено, что при температуре хранения $+2 \pm 1$ °С моркови столовой выход стандартной продукции при предварительной комплексной обработке ЭМП КНЧ и биопрепаратом Витаплан выше на 11,2 % - 11,9 %, а при температуре хранения $+25 \pm 1$ °С выше на 20,8 % - 22,8 % относительно контрольных образцов.

Для столовой свеклы комплексная обработка ЭМП КНЧ и биопрепаратом Бактофит позволила увеличить выход стандартной продукции при температуре

хранения $+2\pm 1$ °С на 10,6 % - 11,3 %, а при температуре хранения $+25\pm 1$ °С на 18,9 % - 19,2 % относительно контрольных образцов.

Таблица 14 – Товарное качество корнеплодов моркови и свеклы

Наименование образца		Товарное качество, %					
		стандарт		не стандарт		абсолютный отход	
		+2 °С	+25 °С	+2 °С	+25 °С	+2 °С	+25 °С
Столовая морковь							
Шантино	контроль	71,2±3,6	47,3±2,6	7,6±0,4	14,8±0,7	21,2±1,1	37,9±1,7
	комплексная обработка	82,5±4,1	68,1±3,4	7,3±0,4	10,9±0,5	10,2±0,5	21,1±1,1
Карсон	контроль	71,0±3,7	50,1±2,5	5,9±0,3	12,6±0,6	23,1±1	37,3±1,9
	комплексная обработка	82,2±4,0	72,9±3,6	7,5±0,4	11,6±0,6	10,3±0,5	15,5±0,7
Канберра	контроль	73,7±3,7	49,9±2,5	8,0±0,4	13,2±0,7	18,3±0,9	36,7±1,8
	комплексная обработка	85,6±4,3	71,1±3,7	6,1±0,3	10,4±0,5	8,3±0,4	18,5±0,8
Столовая свекла							
Водан	контроль	72,2±3,6	49,1±2,5	10,1±0,5	12,4±0,6	17,7±0,9	38,5±1,9
	комплексная обработка	82,9±4,1	68,0±3,4	7,9±0,4	10,2±0,5	9,3±0,5	21,9±1,1
Ронда	контроль	70,1±3,5	48,6±2,4	10,5±0,5	11,6±0,6	19,4±1	39,8±2
	комплексная обработка	80,7±4,0	67,8±3,4	8,2±0,4	9,8±0,5	11,2±0,6	22,5±1,1
Бетолло	контроль	74,2±3,7	52,3±1,2	9,0±0,5	11,3±0,6	16,8±0,8	36,4±1,5
	комплексная обработка	85,5±4,3	71,4±3,7	7,1±0,4	9,1±0,5	7,3±0,4	19,5±0,9

Так как сортовые особенности корнеплодов не оказали значимого влияния на товарное качество при предварительной комплексной обработке, то дальнейшие исследования проводились с одним сортом корнеплодов: сортом столовой моркови Канберра и сортом столовой свеклы Водан.

В таблице 15 приведены данные по количественным потерям корнеплодов моркови и свеклы столовой в результате естественной убыли и в результате микробиологической порчи в зависимости от способа предварительной обработки корнеплодов при разных температурах хранения через 21 и 56 дней.

Таблица 15 – Количественные потери корнеплодов моркови и свеклы столовой

Номер образца	Общие потери, %		Потери в результате естественной убыли, %		Потери в результате микробиологической порчи, %	
	морковь	свекла	морковь	свекла	морковь	свекла
1	11,3±0,6	8,5±0,4	5,2±0,3	3,2±0,2	6,1±0,3	5,3±0,3
2	40,5±2,0	24,8±1,2	28,2±1,4	15,3±0,8	12,3±0,6	9,5±0,5
3	7,6±0,4	5,2±0,3	4,9±0,2	2,9±0,2	2,7±0,1	2,3±0,1
4	31,3±1,6	21,0±1,1	22,1±1,1	14,5±0,7	9,2±0,5	6,5±0,3
5	7,7±0,4	5,7±0,3	5,0±0,3	2,8±0,1	2,7±0,1	2,9±0,2
6	34,3±1,7	20,1±1,0	25,5±1,3	14,1±0,7	8,8±0,4	6,0±0,3
7	5,7±0,3	4,8±0,2	3,8±0,2	2,7±0,1	1,9±0,1	2,1±0,1
8	28,3±1,4	19,5±1,0	21,0±1,0	13,9±0,7	7,3±0,4	5,6±0,3

Установлено, что при хранении моркови столовой при температуре +2±1 °С количество общих потерь по сравнению с контролем ниже: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Витаплан – на 3,7 %, ЭМП КНЧ – на 3,6 %, ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 5,6 %.

При хранении моркови столовой при температуре +25±1 °С количество общих потерь по сравнению с контролем ниже: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Витаплан – на 9,2 %, ЭМП КНЧ – на 6,2 %, ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 12,2 %.

Установлено, что при хранении свеклы столовой при температуре +2±1 °С количество общих потерь по сравнению с контролем ниже: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Бактофит – на 3,3 %, ЭМП КНЧ – на 2,8 %, ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 3,7 %.

При хранении свеклы столовой при температуре +25±1 °С количество общих потерь по сравнению с контролем ниже: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Бактофит – на 3,8 %, ЭМП КНЧ – на 4,7 %, ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 5,3 %.

Такое снижение количества общих потерь свеклы столовой и моркови столовой обусловлено значительным уменьшением микробиологической порчи в результате применения предварительной обработки.

Таким образом, при хранении моркови столовой при температуре $+2\pm 1$ °С установлено снижение потерь от микробиологической порчи по сравнению с контролем: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Витаплан – на 3,6 %, ЭМП КНЧ – на 3,4 %, ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 4,2 %.

При хранении моркови столовой при температуре $+25\pm 1$ °С установлено снижение потерь от микробиологической порчи по сравнению с контролем: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Витаплан, – на 3 %, ЭМП КНЧ – на 3,5 %, ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 5 %.

При хранении свеклы столовой при температуре $+2\pm 1$ °С установлено снижение потерь от микробиологической порчи по сравнению с контролем: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Бактофит – на 3,0 %, ЭМП КНЧ – на 2,4 %, ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 3,2 %.

При хранении свеклы при температуре $+25\pm 1$ °С установлено снижение потерь от микробиологической порчи по сравнению с контролем: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Бактофит – на 3,0 %, ЭМП КНЧ – на 3,5 %, ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 3,9 %.

На рисунках 22 – 23 отображены качественные изменения корнеплодов моркови столовой в зависимости от срока хранения и температурного режима.



Рисунок 22 - Качественные изменения корнеплодов моркови столовой, хранившейся в течение 56 суток при температуре $+2\pm 1$ °С



Рисунок 23 - Качественные изменения корнеплодов моркови столовой, хранившейся в течение 21 суток при температуре $+25\pm 1$ °С

3.4.3 Исследование влияния способа обработки перед хранением на органолептические показатели качества корнеплодов

Результаты исследования органолептических показателей качества корнеплодов моркови столовой в зависимости от способа предварительной обработки через 56 дней хранения при температуре $+2\pm 1$ °С приведены на рисунке 24.

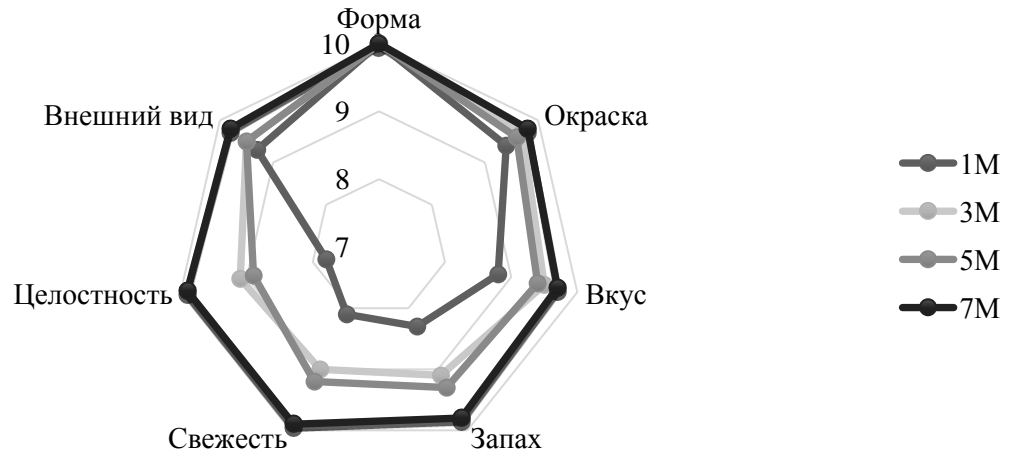


Рисунок 24 - Органолептические показатели моркови столовой в зависимости от вида обработки при хранении при температуре $+2\pm 1$ °С

Установлено, что при хранении корнеплодов моркови столовой при температуре $+2\pm 1$ °С суммарная органолептическая оценка выше по сравнению с контролем: корнеплодов, обработанных биопрепаратом Витаплан, – на 3,3 балла, ЭМП КНЧ – на 4,2 балла, ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 7,2 балла.

Результаты исследования органолептических показателей качества корнеплодов моркови столовой в зависимости от способа предварительной обработки через 21 день хранения при температуре $+25\pm 1$ °С приведены на рисунке 25.

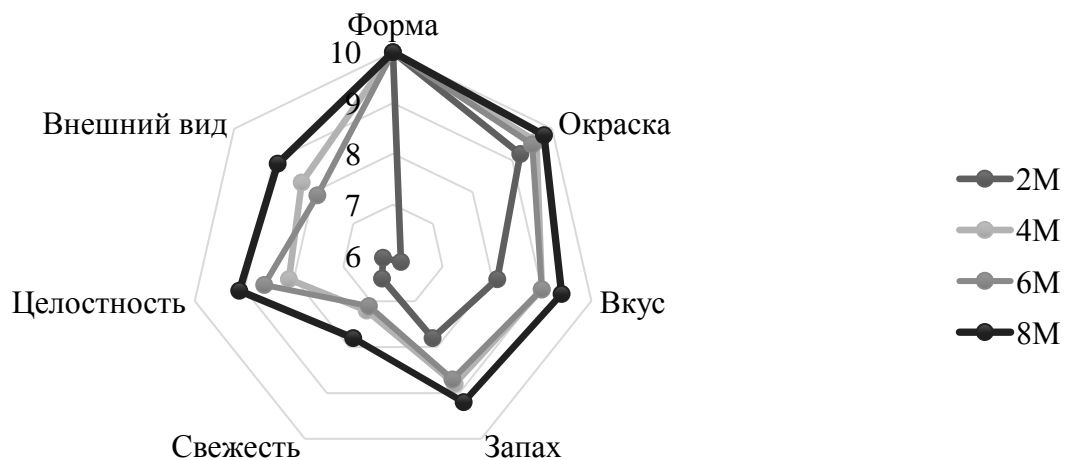


Рисунок 25 - Органолептические показатели моркови столовой в зависимости от вида обработки при температуре хранения $+25\pm 1$ °С

Установлено, что при хранении корнеплодов моркови столовой при температуре 25 ± 1 °С суммарная органолептическая оценка выше по сравнению с контролем: корнеплодов, обработанных биопрепаратом Витаплан, – на 7,4 балла, ЭМП КНЧ – на 7,2 балла, ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 10,6 балла.

Результаты исследования органолептических показателей качества корнеплодов свеклы столовой в зависимости от способа предварительной обработки через 56 дней хранения при температуре $+2 \pm 1$ °С приведены на рисунке 26.

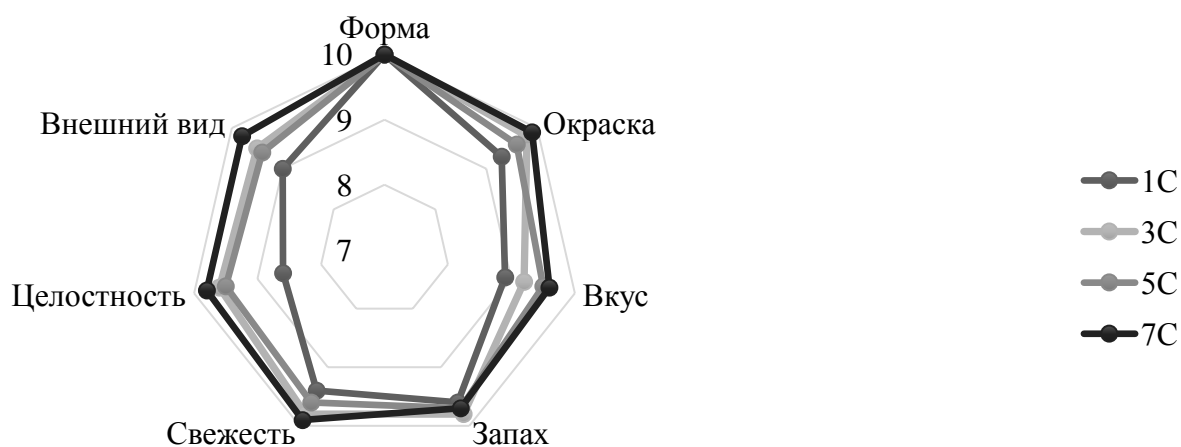


Рисунок 26 - Органолептические показатели свеклы столовой в зависимости от вида обработки при хранении при температуре $+2 \pm 1$ °С

Установлено, что при хранении корнеплодов свеклы столовой при температуре $+2 \pm 1$ °С суммарная органолептическая оценка выше по сравнению с контролем: корнеплодов, обработанных биопрепаратом Бактофит, – на 2,9 балла, ЭМП КНЧ – на 2,5 балла, ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 3,5 балла.

Результаты исследования органолептических показателей качества корнеплодов свеклы столовой в зависимости от способа предварительной обработки через 21 день хранения при температуре $+25 \pm 1$ °С приведены на рисунке 27.



Рисунок 27 - Органолептические показатели свеклы столовой в зависимости от вида обработки при хранении при температуре $+25\pm 1$ °С

Установлено, что при хранении корнеплодов свеклы столовой при температуре 25 °С общая сумма баллов органолептической оценки выше по сравнению с контролем: корнеплодов, обработанных биопрепаратом Бактофит, – на 4,4 балла, ЭМП КНЧ – на 7,9 балла, ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 15 баллов.

Таким образом, проведенная органолептическая оценка позволила сделать вывод о том, что комплексная обработка корнеплодов обеспечивает сохранение органолептических показателей в процессе хранения при температурах $+2\pm 1$ °С и $+25\pm 1$ °С.

3.4.4 Исследование влияния способа обработки перед хранением на микробиологические показатели корнеплодов

На рисунке 28 представлена динамика микробальной обсемененности поверхности корнеплодов моркови столовой в процессе хранения при температуре $+2\pm 1$ °С.

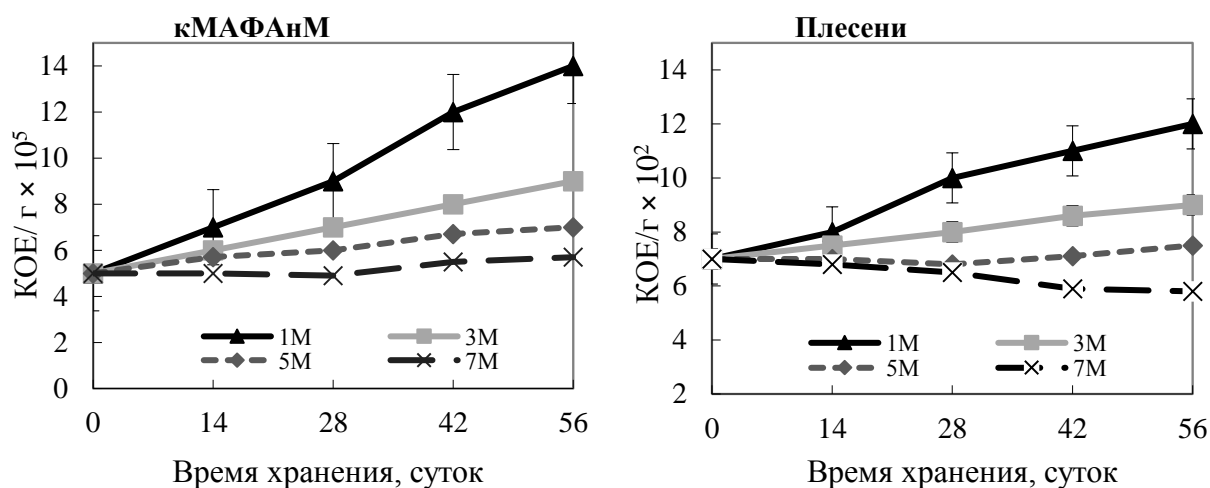


Рисунок 28 – Динамика микробной обсемененности поверхности корнеплодов моркови столовой при температуре $+2\pm 1$ °С

При хранении моркови столовой при температуре $+2\pm 1$ °С количество бактериальной микрофлоры (МАФАнМ) образцов, обработанных биопрепаратом Витаплан, снизилось к концу хранения в 1,5 раза по сравнению с контрольными образцами. Количество плесневых грибов в обработанных биопрепаратом образцах снизилось к концу хранения в 1,3 раза по сравнению с контролем.

При хранении моркови столовой при температуре $+2\pm 1$ °С количество бактериальной микрофлоры (МАФАнМ) образцов, обработанных ЭМП КНЧ, снизилось к концу хранения в 2 раза по сравнению с контрольными образцами. Количество плесневых грибов в обработанных ЭМП КНЧ образцах снизилось к концу хранения в 1,6 раза по сравнению с контролем.

При хранении моркови столовой при температуре $+2\pm 1$ °С количество бактериальной микрофлоры (МАФАнМ) образцов, подвергшихся комплексной обработке, снизилось к концу хранения в 2,5 раза по сравнению с контрольными образцами. Количество плесневых грибов в комплексно обработанных образцах снизилось к концу хранения в 2 раза по сравнению с контролем.

На рисунке 29 представлена динамика микробной обсемененности поверхности корнеплодов моркови столовой в процессе хранения, при температуре $+25\pm 1$ °С.

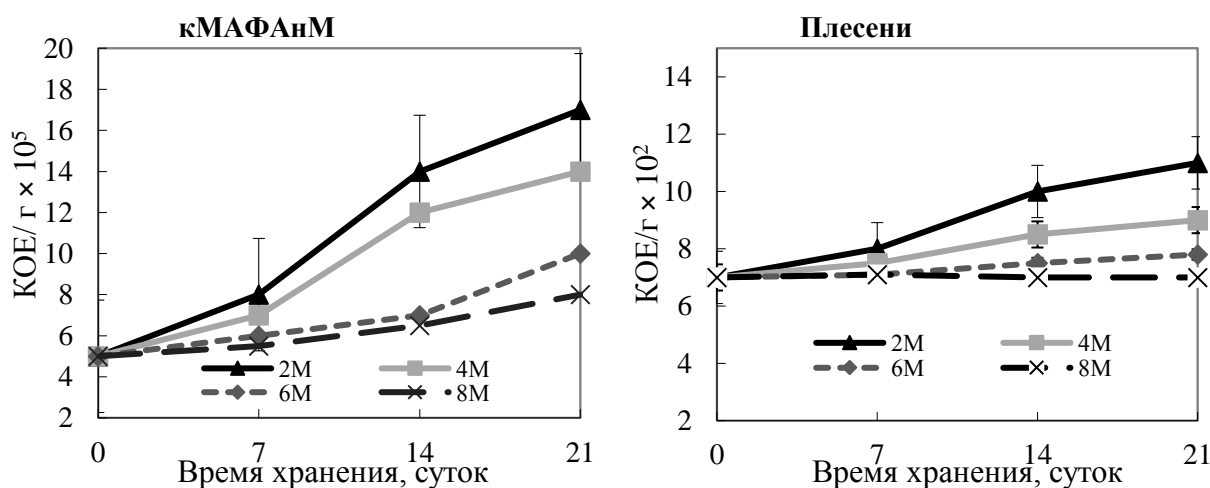


Рисунок 29 – Динамика микробной обсемененности поверхности корнеплодов моркови столовой при температуре $+25\pm 1$ °С

При хранении моркови столовой при температуре $+25\pm 1$ °С количество бактериальной микрофлоры (МАФАнМ) образцов, обработанных биопрепаратом Витаплан, снизилось к концу хранения в 1,2 раза по сравнению с контрольными образцами. Количество плесневых грибов в обработанных биопрепаратом образцах снизилось к концу хранения в 1,2 раза по сравнению с контролем.

При хранении моркови столовой при температуре $+25\pm 1$ °С количество бактериальной микрофлоры (МАФАнМ) образцов, обработанных ЭМП КНЧ, снизилось к концу хранения в 1,7 раза по сравнению с контрольными образцами. Количество плесневых грибов в обработанных ЭМП КНЧ образцах снизилось к концу хранения в 1,4 раза по сравнению с контролем.

При хранении моркови столовой при температуре $+25\pm 1$ °С количество бактериальной микрофлоры (МАФАнМ) образцов, подвергшихся комплексной обработке, снизилось к концу хранения в 2,1 раза по сравнению с контрольными образцами. Количество плесневых грибов в комплексно обработанных образцах снизилось к концу хранения в 1,5 раза по сравнению с контролем.

На рисунке 30 представлена динамика микробной обсемененности поверхности корнеплодов свеклы столовой в процессе хранения, при температуре $+2\pm 1$ °С.

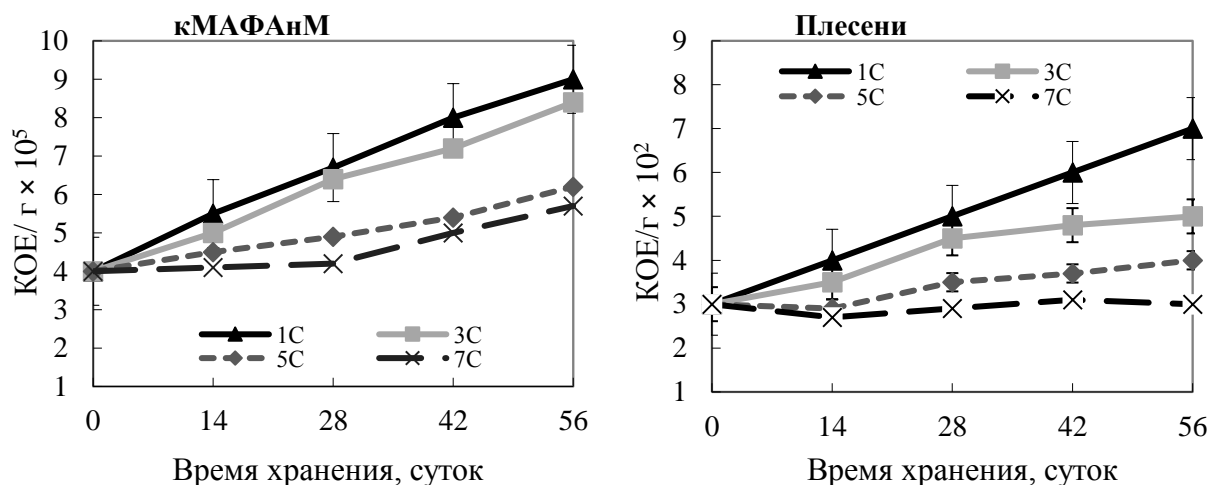


Рисунок 30 – Динамика микробной обсемененности поверхности корнеплодов свеклы столовой при температуре $+2\pm 1$ °С

При хранении свеклы столовой при температуре $+2\pm 1$ °С количество бактериальной микрофлоры (МАФАнМ) образцов, обработанных биопрепаратом Бактофит, снизилось к концу хранения в 1,1 раз по сравнению с контрольными образцами. Количество плесневых грибов в обработанных биопрепаратом образцах снизилось к концу хранения в 1,4 раза по сравнению с контролем.

При хранении свеклы столовой при температуре $+2\pm 1$ °С количество бактериальной микрофлоры (МАФАнМ) образцов, обработанных ЭМП КНЧ, снизилось к концу хранения в 1,4 раза по сравнению с контрольными образцами. Количество плесневых грибов в обработанных ЭМП КНЧ образцах снизилось к концу хранения в 1,75 раза по сравнению с контролем.

При хранении свеклы столовой при температуре $+2\pm 1$ °С количество бактериальной микрофлоры (МАФАнМ) образцов, подвергшихся комплексной обработке, снизилось к концу хранения в 1,5 раза по сравнению с контрольными образцами. Количество плесневых грибов в обработанных образцах снизилось к концу хранения в 2,3 раза по сравнению с контролем.

На рисунке 31 представлена динамика микробной обсемененности поверхности корнеплодов свеклы столовой в процессе хранения при температуре $+25\pm 1$ °С в течение 21 суток.

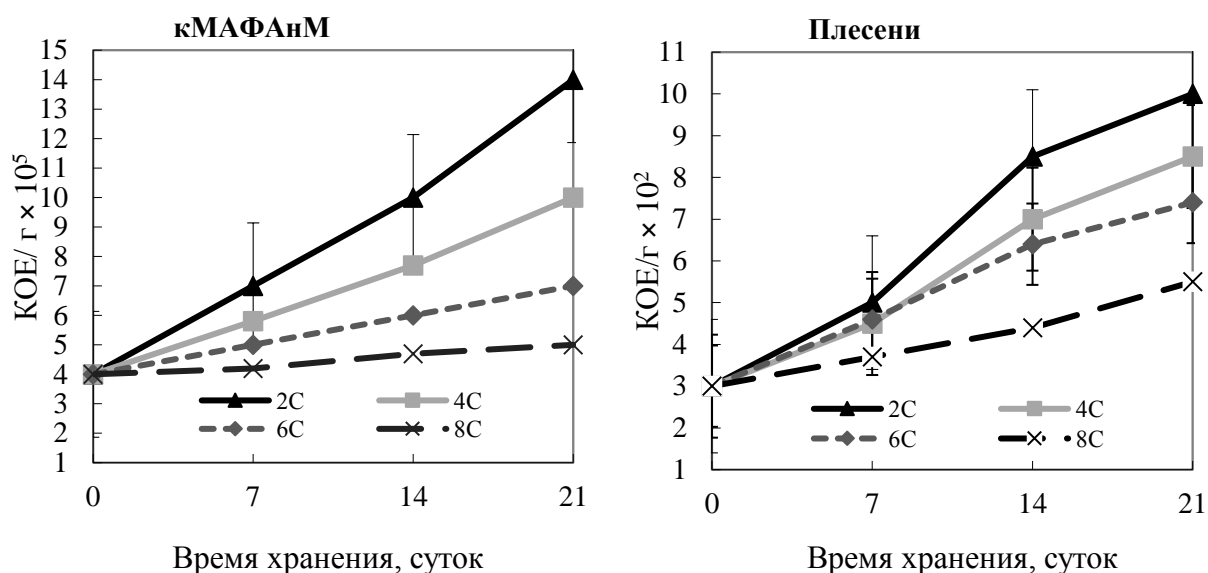


Рисунок 31 – Динамика микробной обсемененности поверхности корнеплодов свеклы столовой при температуре $+25\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$

При хранении свеклы столовой при температуре $+25\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ количество бактериальной микрофлоры (МАФАнМ) образцов, обработанных биопрепаратом Бактофит, снизилось к концу хранения в 1,4 раза по сравнению с контрольными образцами. Количество плесневых грибов в обработанных биопрепаратом образцах снизилось к концу хранения в 1,1 раза по сравнению с контролем.

При хранении свеклы столовой при температуре $+25\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ количество бактериальной микрофлоры (МАФАнМ) образцов, обработанных ЭМП КНЧ, снизилось к концу хранения в 2 раза по сравнению с контрольными образцами. Количество плесневых грибов в обработанных ЭМП КНЧ образцах снизилось к концу хранения в 1,3 раза по сравнению с контролем.

При хранении свеклы столовой при температуре $+25\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ количество бактериальной микрофлоры (МАФАнМ) образцов, подвергшихся комплексной обработке ЭМП КНЧ и биопрепаратом, снизилось к концу хранения в 2,8 раза по сравнению с контрольными образцами. Количество плесневых грибов в обработанных образцах снизилось к концу хранения в 1,8 раза по сравнению с контролем.

Из представленных данных следует, что при комплексной обработке корнеплодов моркови и свеклы столовой биопрепаратом и ЭМП КНЧ выявлена значительная задержка роста как бактериальной, так и грибковой патогенной микрофлоры в процессе хранения при различных температурах.

Комплексная обработка корнеплодов столовой моркови позволила снизить потери от микробиальной порчи: при температуре хранения $+2\pm 1$ °С – в 3,4 раза; при температуре хранения $+25\pm 1$ °С – в 1,7 раза. Комплексная обработка корнеплодов столовой свеклы позволила снизить потери от микробиальной порчи при температуре хранения $+2\pm 1$ °С – в 5,3 раза; при температуре хранения $+25\pm 1$ °С – в 1,7 раза.

3.4.5 Исследование влияния способа обработки перед хранением на биохимические показатели качества корнеплодов

Общие сахара обеспечивают вкусовые качества, технологические и потребительские характеристики корнеплодов моркови столовой и свеклы столовой. В процессе хранения сахара, в первую очередь моносахариды, расходуются на протекание физиологических процессов (в частности, дыхание). В начале хранения корнеплодов количество сахаров может увеличиваться за счет гидролиза крахмала, пектиновых веществ, гемицеллюлоз, полифенолов, а при дальнейшем хранении общие сахара расходуются, и количество их снижается. В корнеплодах моркови столовой и свеклы столовой сахара представлены в большей степени сахарозой и в небольшом количестве моносахаридами (глюкоза, фруктоза).

На рисунке 32 приведены данные об изменении количества общих сахаров в корнеплодах моркови столовой по окончании срока хранения в зависимости от способа предварительной обработки при различных температурах хранения.

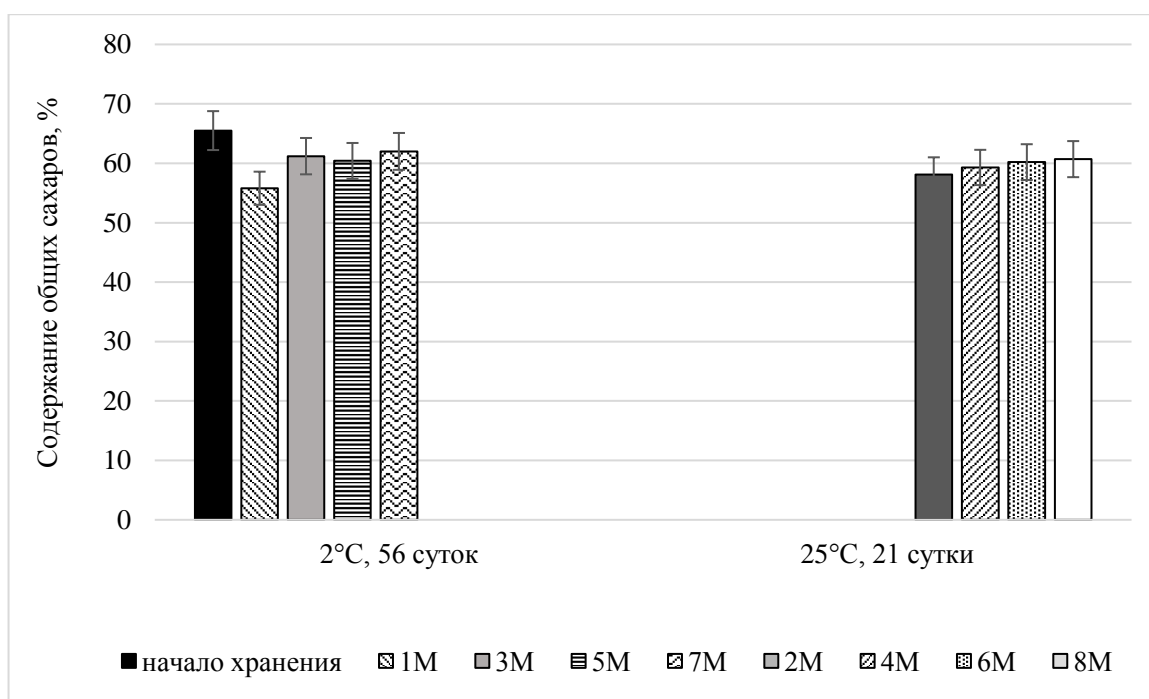


Рисунок 32 – Содержание общих сахаров в корнеплодах моркови столовой в зависимости от вида обработки при температурах хранения $+2\pm 1$ °C и $+25\pm 1$ °C

При хранении моркови столовой в течение 56 дней при температуре $+2\pm 1$ °C обработка биопрепаратом Витаплан позволила снизить расход общих сахаров относительно контрольного образца на 5,4 %, обработка ЭМП КНЧ – на 4,6 %, а комплексная обработка ЭМП КНЧ и биопрепаратом – на 6,2 %.

При хранении моркови столовой в течение 21 дня при температуре $+25\pm 1$ °C обработка биопрепаратом Витаплан позволила снизить расход общих сахаров относительно контрольного образца на 1,2 %, обработка ЭМП КНЧ – на 2,1 %, ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 2,6 %.

На рисунке 33 приведены данные об изменении содержания общих сахаров в исследуемых образцах корнеплодов свеклы столовой по окончании срока хранения в зависимости от применяемого способа предварительной обработки при разных температурах хранения.

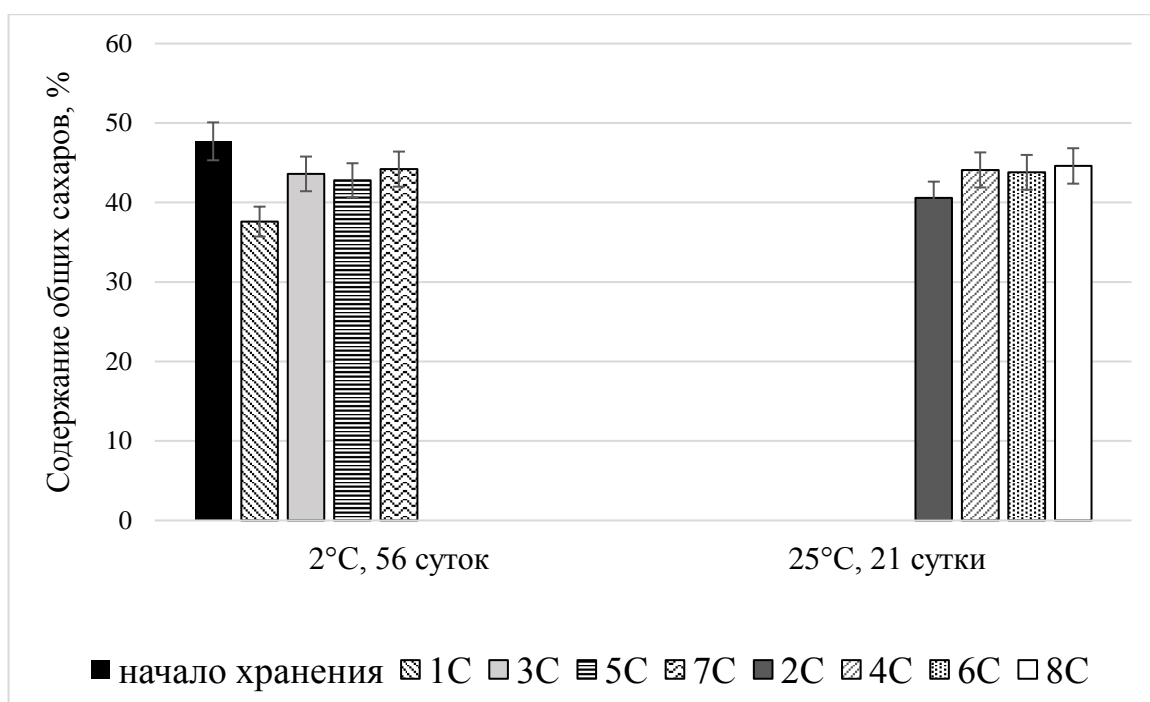


Рисунок 33 - Содержание общих сахаров в корнеплодах свеклы столовой в зависимости от вида обработки при температурах хранения $+2\pm 1$ °C и $+25\pm 1$ °C

При хранении свеклы столовой в течение 56 дней при температуре $+2\pm 1$ °C обработка биопрепаратом Бактофит позволила снизить расход общих сахаров относительно контрольного образца на 6 %, обработка ЭМП КНЧ – на 5,2 %, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 6,6 %.

При хранении свеклы столовой в течение 21 дня при температуре $+25\pm 1$ °C обработка биопрепаратом Бактофит позволила снизить расход общих сахаров относительно контрольного образца на 3,5 %, обработка ЭМП КНЧ – на 3,2 %, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 4 %.

Пектиновые вещества в корнеплодах моркови и свеклы столовой представлены двумя формами: нерастворимым протопектином, обеспечивающим корнеплодам твердость, и растворимым пектином, повышающим вязкость клеточного сока. В процессе хранения происходят количественные изменения пектиновых веществ, в первую очередь, гидролиз протопектина, что приводит к истончению клеточных стенок. Последствием этого является уменьшение

механической прочности тканей корнеплодов и снижение устойчивости к неблагоприятным внешним воздействиям. Таким образом, скорость распада пектиновых веществ связана с сохраняемостью корнеплодов – чем она ниже, тем лучше сохраняемость.

На рисунке 34 приведены данные о содержании пектиновых веществ в исследуемых образцах корнеплодов моркови столовой в зависимости от применяемого способа предварительной обработки при различных температурах хранения.

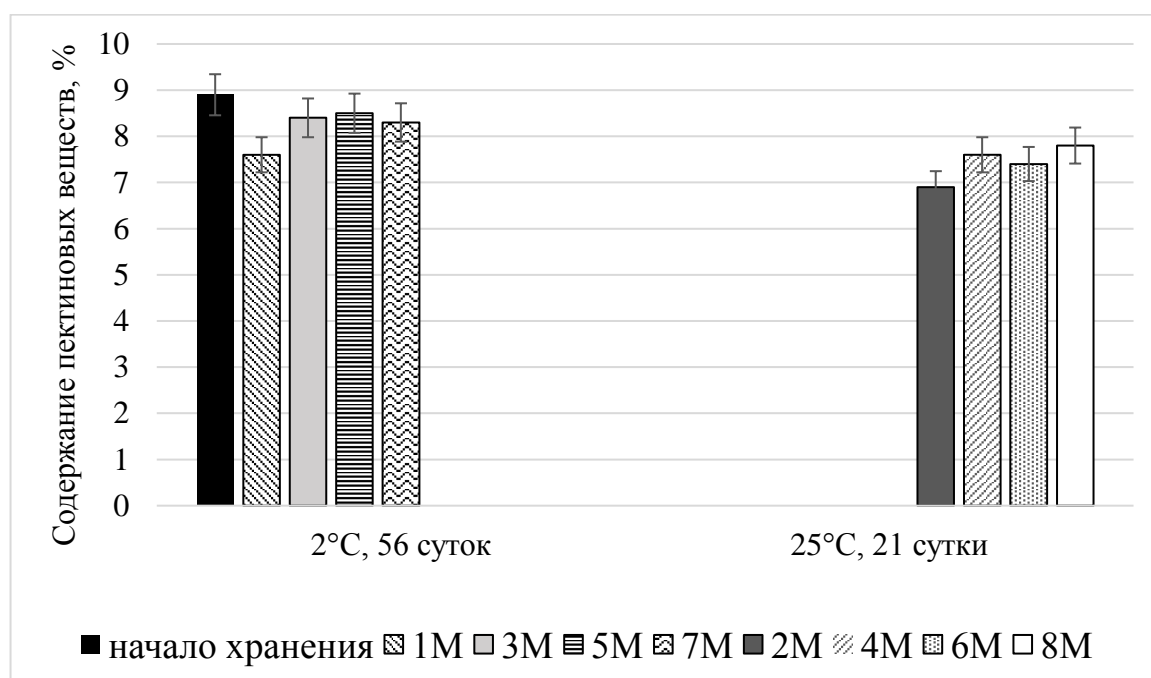


Рисунок 34 - Содержание пектиновых веществ в корнеплодах моркови столовой в зависимости от вида обработки при температурах хранения $+2\pm 1$ °C и $+25\pm 1$ °C

Установлено, что при хранении моркови столовой в течение 56 дней при температуре $+2\pm 1$ °C обработка биопрепаратом Витаплан позволила снизить расход пектиновых веществ относительно контрольного образца на 0,8 %, обработка ЭМП КНЧ – на 0,9 %, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 0,7 %.

При хранении моркови столовой в течение 21 дня при температуре $+25\pm 1$ °С обработка биопрепаратом Витаплан позволила снизить расход пектиновых веществ относительно контрольного образца на 0,7 %, обработка ЭМП КНЧ – на 0,5 %, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 0,9 %.

На рисунке 35 приведены данные о содержании пектиновых веществ в исследуемых образцах корнеплодов свеклы столовой по окончании срока хранения в зависимости от применяемого способа предварительной обработки при различных температурах хранения.

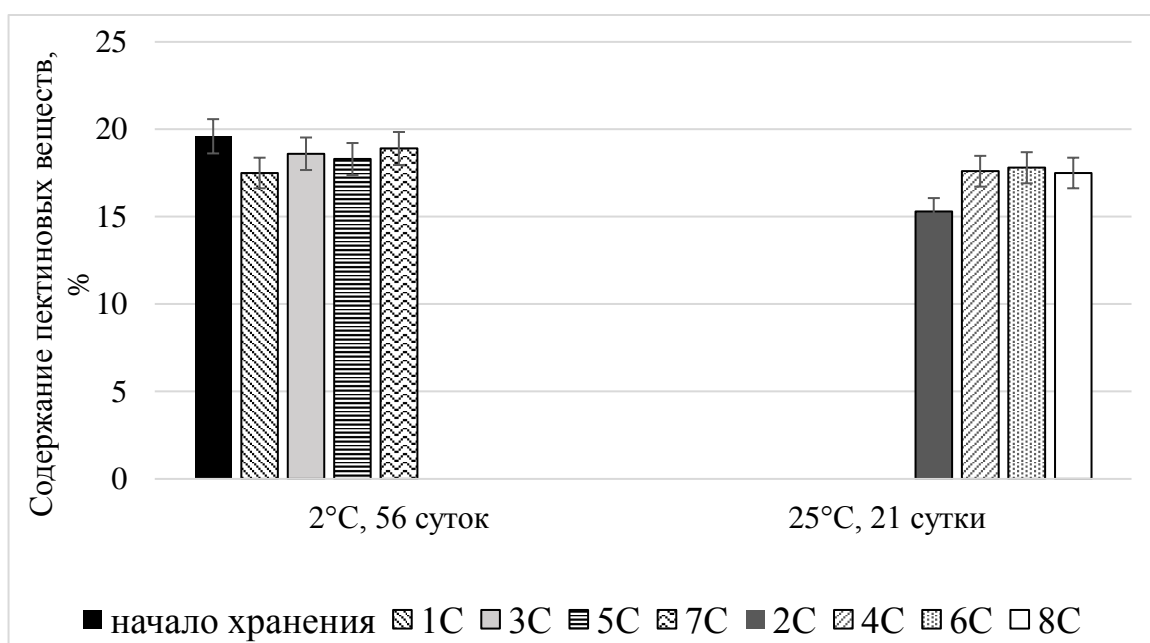


Рисунок 35 - Содержание пектиновых веществ в корнеплодах свеклы столовой в зависимости от вида обработки при температурах хранения $+2\pm 1$ °С и $+25\pm 1$ °С

Установлено, что при хранении свеклы столовой в течение 56 дней при температуре $+2\pm 1$ °С обработка биопрепаратом Бактофит позволила снизить расход пектиновых веществ относительно контрольного образца на 1,1 %, обработка ЭМП КНЧ – на 0,8 %, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 1,4 %.

При хранении свеклы столовой в течение 21 дня при температуре $+25\pm 1$ °С обработка биопрепаратом Бактофит позволила снизить расход пектиновых веществ

относительно контрольного образца на 2,3 %, обработка ЭМП КНЧ – на 2,5 %, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 2,2 %.

В растительном сырье аскорбиновая кислота принимает участие в окислительно-восстановительных реакциях, предупреждает старение клеточных мембран. Витамин С достаточно неустойчив при хранении, особенно при воздействии неблагоприятных факторов – температуры, солей тяжелых металлов, ультрафиолетового облучения. В течение хранения корнеплодов моркови и свеклы столовых происходит окисление витамина С, и его содержание снижается. Уменьшение интенсивности протекания процессов жизнедеятельности при хранении способствует большей стабильности витамина С.

На рисунке 36 приведены данные о содержании витамина С в исследуемых образцах корнеплодов моркови столовой по окончании хранения.

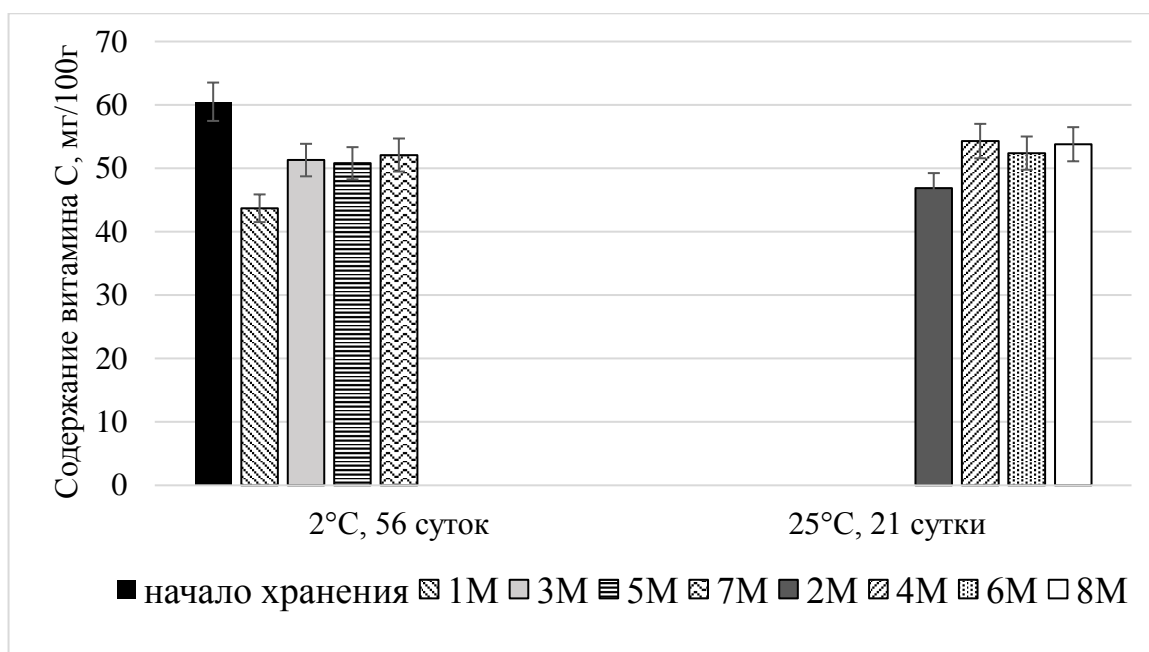


Рисунок 36 - Содержание витамина С в корнеплодах моркови столовой в зависимости от вида обработки при температурах хранения $+2\pm 1$ °С и $+25\pm 1$ °С

Установлено, что при хранении моркови столовой в течение 56 дней при температуре $+2\pm 1$ °С обработка биопрепаратом Витаплан позволила снизить расход витамина С относительно контрольного образца на 7,6 мг/100г, обработка

ЭМП КНЧ – на 7,1 мг/100г, а комплексная обработка ЭМП КНЧ и биопрепаратом – на 8,4 мг/100г.

При хранении моркови столовой в течение 21 дня при температуре $+25\pm 1$ °С обработка биопрепаратом Витаплан позволила снизить расход витамина С относительно контрольного образца на 7,4 мг/100г, обработка ЭМП КНЧ – на 5,5 мг/100г, а комплексная обработка ЭМП КНЧ и биопрепаратом – на 6,9 мг/100г.

На рисунке 37 приведены данные о содержании витамина С в исследуемых образцах корнеплодов свеклы столовой по окончании хранения в зависимости от вида обработки.

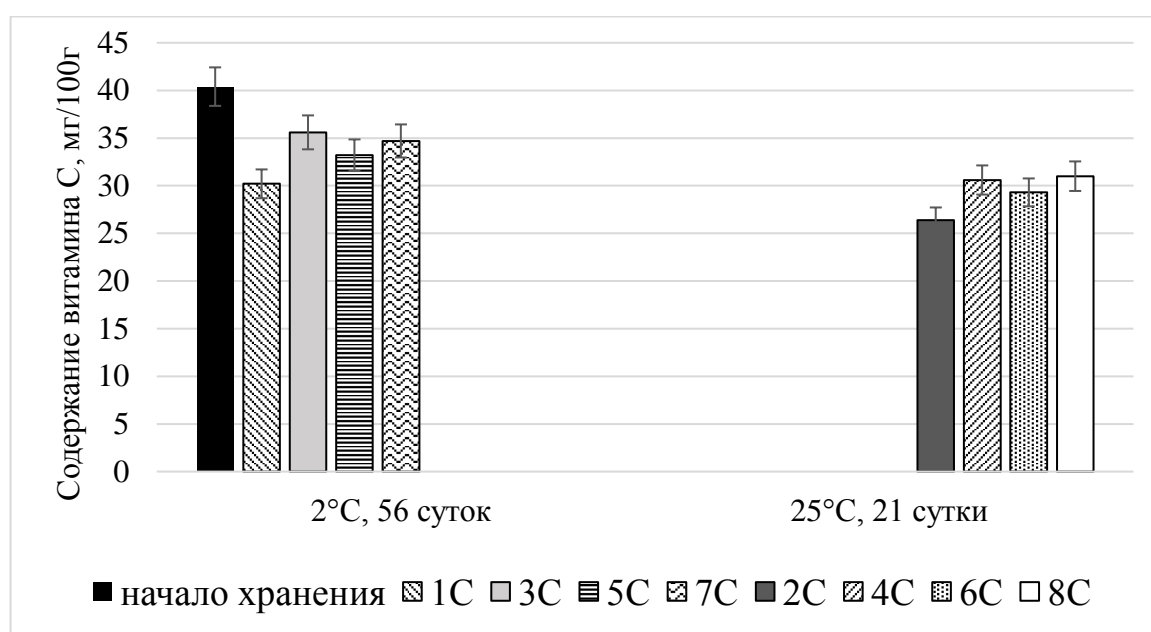


Рисунок 37 - Содержание витамина С в корнеплодах свеклы столовой зависимости от вида обработки при температурах хранения $+2\pm 1$ °С и $+25\pm 1$ °С

Установлено, что при хранении свеклы столовой в течение 56 дней при температуре $+2\pm 1$ °С обработка биопрепаратом Бактофит позволила снизить расход витамина С относительно контрольного образца на 5,4 мг/100г, обработка ЭМП КНЧ – на 3 мг/100г, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 4,5 мг/100г.

При хранении свеклы столовой в течение 21 дня при температуре $+25\pm 1$ °С обработка биопрепаратом Бактофит позволила снизить расход витамина С относительно контрольного образца на 4,2 мг/100г, обработка ЭМП КНЧ – на 2,9 мг/100г, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 4,6 мг/100г.

Фенольные соединения широко представлены в корнеплодах моркови столовой и свеклы столовой. К ним относится большая группа веществ: катехины, лейкоантоцианы, флавоны, флавонолы, флавононы, халконы, ауроны и другие соединения. Фенольные вещества обеспечивают устойчивость к поражению болезнями, а также существенно влияют на вкус, аромат и цвет корнеплодов. Фенольные вещества оказывают токсичное действие на патогенную микрофлору, а также обладают антиокислительной активностью и предотвращают старение биологических мембран. При хранении количество фенольных веществ уменьшается за счёт процессов гидролиза и дыхания.

На рисунке 38 приведены динамики содержания фенольных веществ в корнеплодах моркови столовой в зависимости от вида обработки при различных условиях хранения.

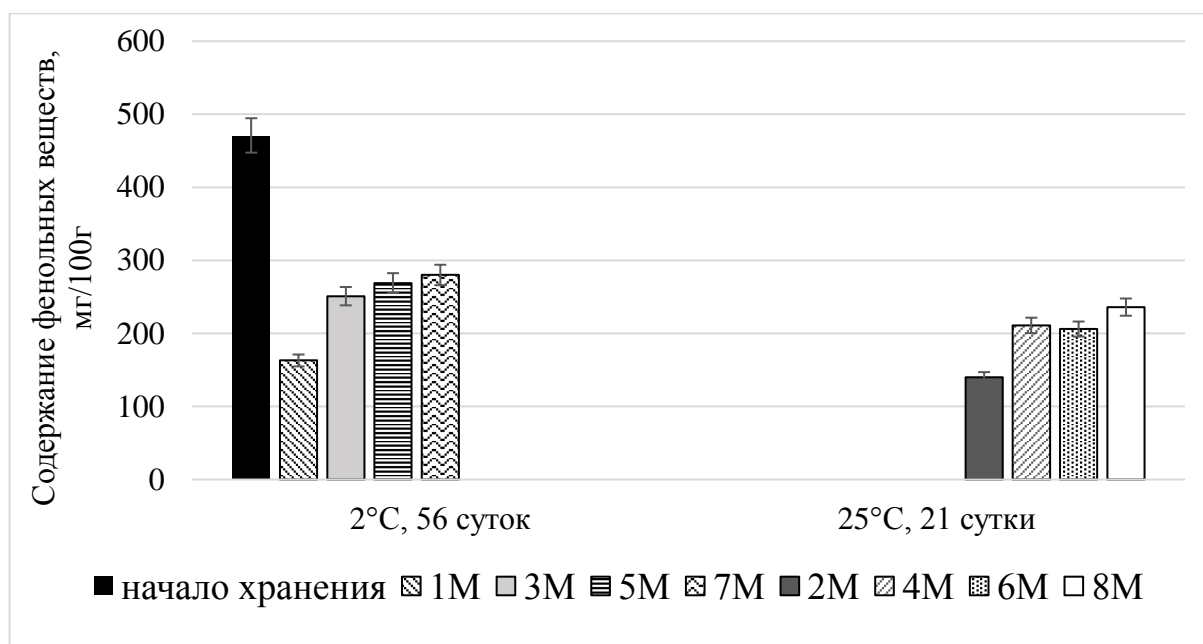


Рисунок 38 - Содержание фенольных веществ в корнеплодах моркови столовой в зависимости от вида обработки при температурах хранения $+2\pm 1$ °С и $+25\pm 1$ °С

Установлено, что при хранении моркови столовой в течение 56 дней при температуре $+2\pm 1$ °С обработка биопрепаратом Витаплан позволила обеспечить сохранение фенольных по сравнению с контрольным образцом на 88 мг/100г, обработка ЭМП КНЧ – на 106 мг/100г, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 117 мг/100г.

При хранении моркови столовой в течение 21 дня при температуре $+25\pm 1$ °С обработка биопрепаратом Витаплан позволила сохранить содержание фенольных веществ больше относительно контрольного образца на 71 мг/100г, обработка ЭМП КНЧ – на 66 мг/100г, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 96 мг/100г.

На рисунке 39 приведены динамики содержания фенольных веществ в корнеплодах свеклы столовой в зависимости от вида обработки при различных условиях хранения.

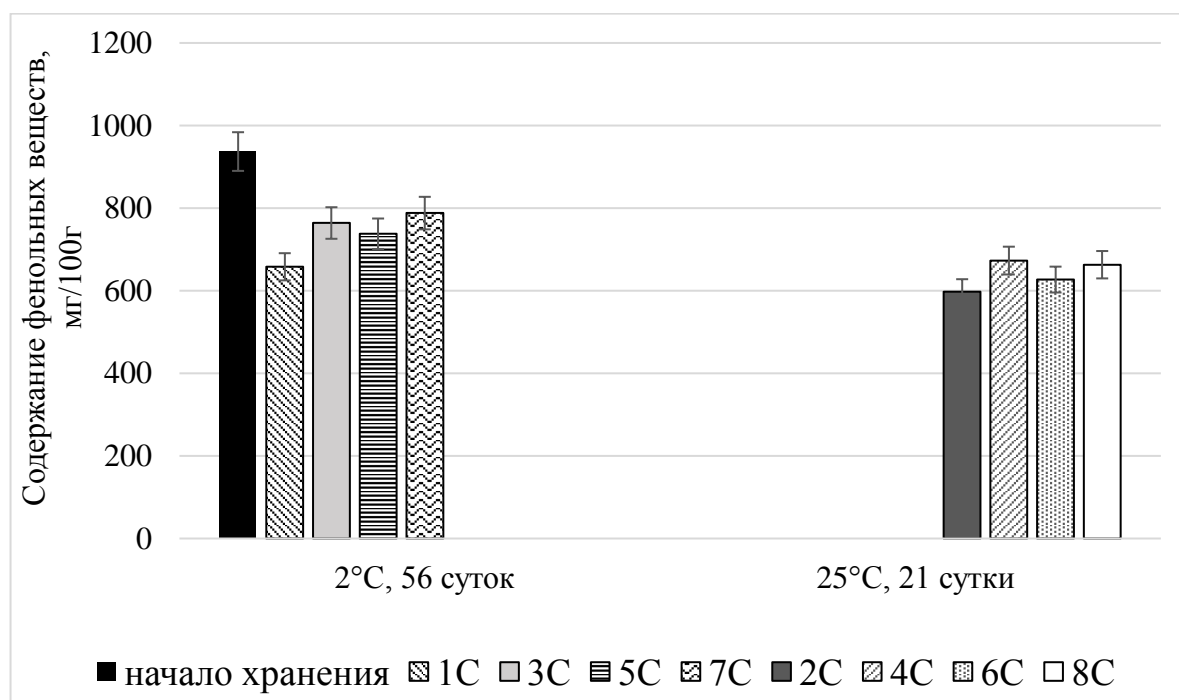


Рисунок 39 - Содержание фенольных веществ в корнеплодах свеклы столовой в зависимости от вида обработки при температурах хранения $+2\pm 1$ °С и $+25\pm 1$ °С

Установлено, что при хранении свеклы столовой в течение 56 дней при температуре $+2\pm 1$ °С обработка биопрепаратом Бактофит позволила снизить

расход фенольных веществ относительно контроля на 106 мг/100г, обработка ЭМП КНЧ – на 66 мг/100г, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 130 мг/100г.

При хранении свеклы столовой в течение 21 дня при температуре $+25\pm 1$ °С обработка биопрепаратом Бактофит позволила снизить расход фенольных веществ относительно контроля на 75 мг/100г, обработка ЭМП КНЧ – на 29 мг/100г, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 65 мг/100г.

Каротин – пигмент оранжевого цвета, содержащийся в корнеплодах моркови. В организме человека и животных преобразуется в витамин А. Важнейшей функцией каротина является участие в окислительно-восстановительных реакциях, что оказывает существенное влияние на обмен веществ, в том числе на дыхание. Также содержание каротина влияет на изменение окраски корнеплодов моркови при хранении.

На рисунке 40 приведены данные о содержании каротина в исследуемых образцах корнеплодов моркови столовой к концу срока хранения в зависимости от способа предварительной обработки.

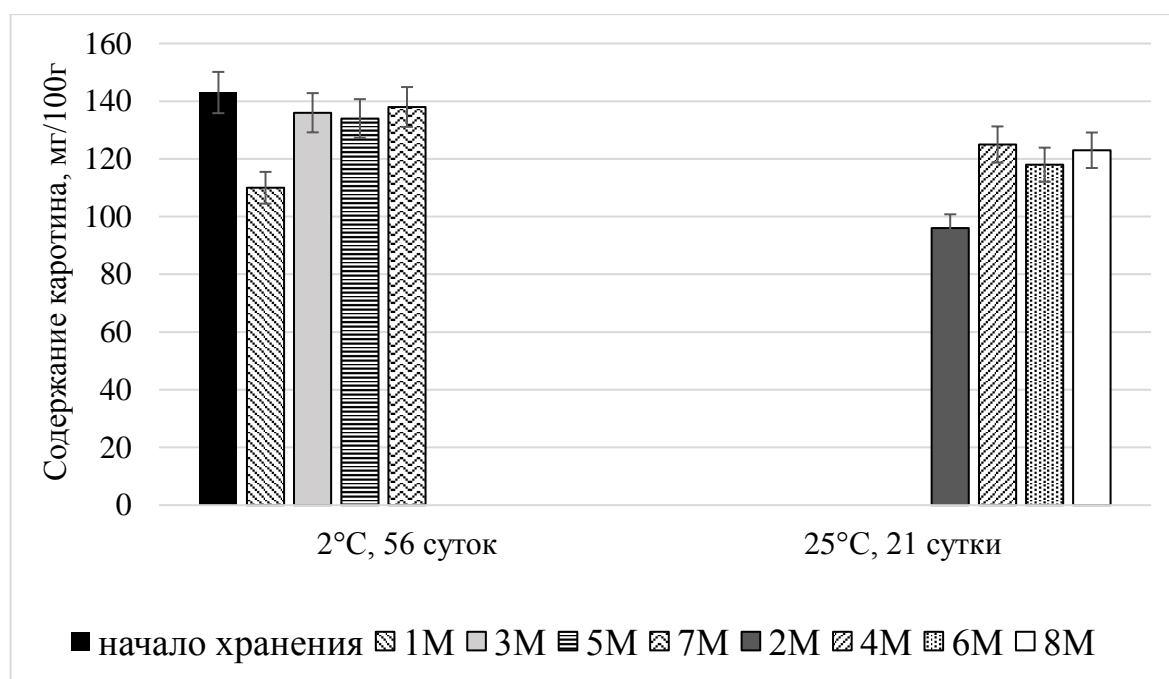


Рисунок 40 - Содержание каротина в корнеплодах моркови столовой в зависимости от вида обработки при температурах хранения $+2\pm 1$ °С и $+25\pm 1$ °С

Установлено, что при хранении моркови столовой в течение 56 дней при температуре $+2\pm 1$ °С обработка биопрепаратом Витаплан позволила снизить потери каротина относительно контроля на 26 мг/100г, обработка ЭМП КНЧ – на 24 мг/100г, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 28 мг/100г.

При хранении моркови столовой в течение 21 дня при температуре $+25\pm 1$ °С обработка биопрепаратом Витаплан позволила сохранить содержание каротина по сравнению с контрольным образцом на 29 мг/100г, обработка ЭМП КНЧ – на 22 мг/100г, а ЭМП КНЧ и биопрепаратом в комплексе – на 27 мг/100г.

3.5 Исследование влияния параметров хранения на общие потери корнеплодов в зависимости от способа предварительной обработки

Физиологические, микробиологические и окислительные процессы, формирование показателей качества, безопасности и лежкоспособности, в частности, величина общих потерь в значительной степени зависит от параметров хранения. Важнейшим параметром является относительная влажность воздуха. Представляло интерес изучить влияние относительной влажности воздуха на общие потери в зависимости от способа обработки перед хранением.

На рисунке 41 отображена динамика общих потерь корнеплодов моркови в зависимости от относительной влажности воздуха и способов предварительной обработки по окончании срока хранения при температуре $+2\pm 1$ °С.

Из данных, представленных на рисунке 41 следует, что при хранении корнеплодов моркови при температуре $+2\pm 1$ °С и относительной влажности воздуха 90 % наблюдается наименьшее количество общих потерь во всех вариантах опыта (с обработкой и без). В то же время, при данных параметрах хранения наблюдается снижение общих потерь по сравнению с контролем: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Витаплан, – на 5 %, ЭМП КНЧ – на 5 %, совместно биопрепаратом и ЭМП КНЧ – на 5,7 %.

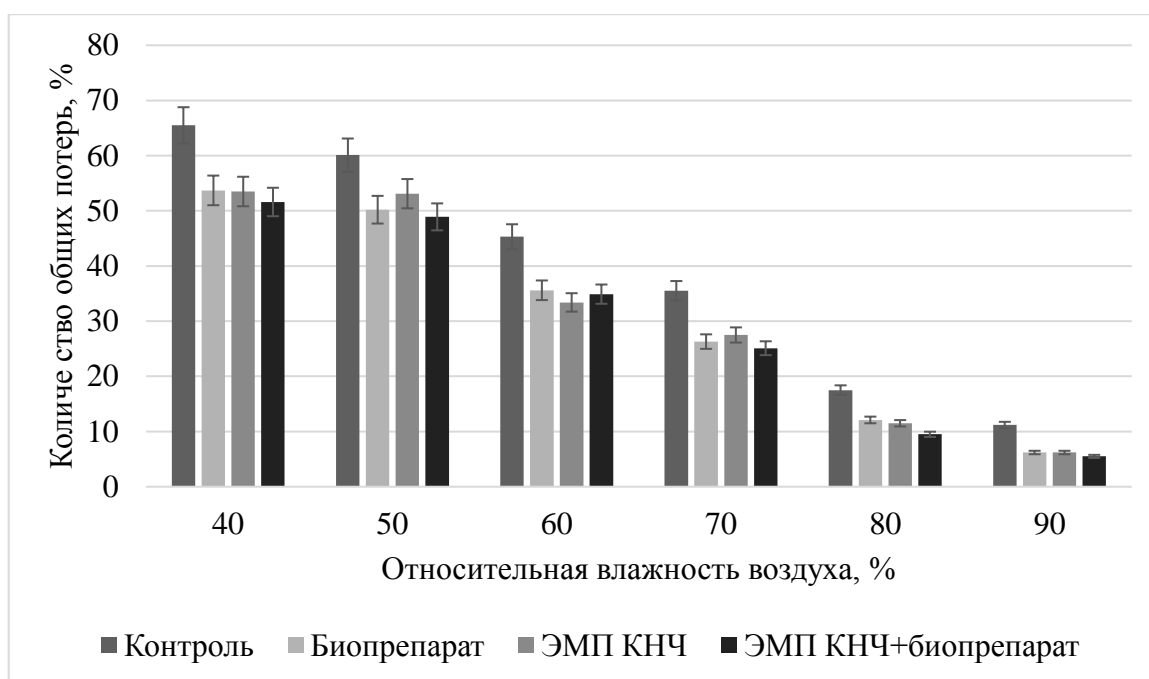


Рисунок 41 – Динамика общих потерь корнеплодов моркови столовой в зависимости от относительной влажности воздуха после 56 суток хранения при температуре $+2\pm 1$ °С

Также из данных на рисунке 41 установлено, что при снижении относительной влажности воздуха количество общих потерь значительно увеличивается для всех образцов корнеплодов моркови. Так, при относительной влажности воздуха 40 % общие потери корнеплодов, обработанных ЭМП КНЧ и биопрепаратом, увеличились на 46,1 %. В то же время общие потери при относительной влажности воздуха 40 % оказались ниже относительно контрольных образцов: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Витаплан – на 11,8 %, ЭМП КНЧ – на 12 %, ЭМП КНЧ совместно с биопрепаратом Витаплан – на 13,9 %.

На рисунке 42 отображена динамика общих потерь корнеплодов моркови столовой в зависимости от относительной влажности воздуха и способа предварительной обработки по окончании срока хранения при температуре $+25\pm 1$ °С.

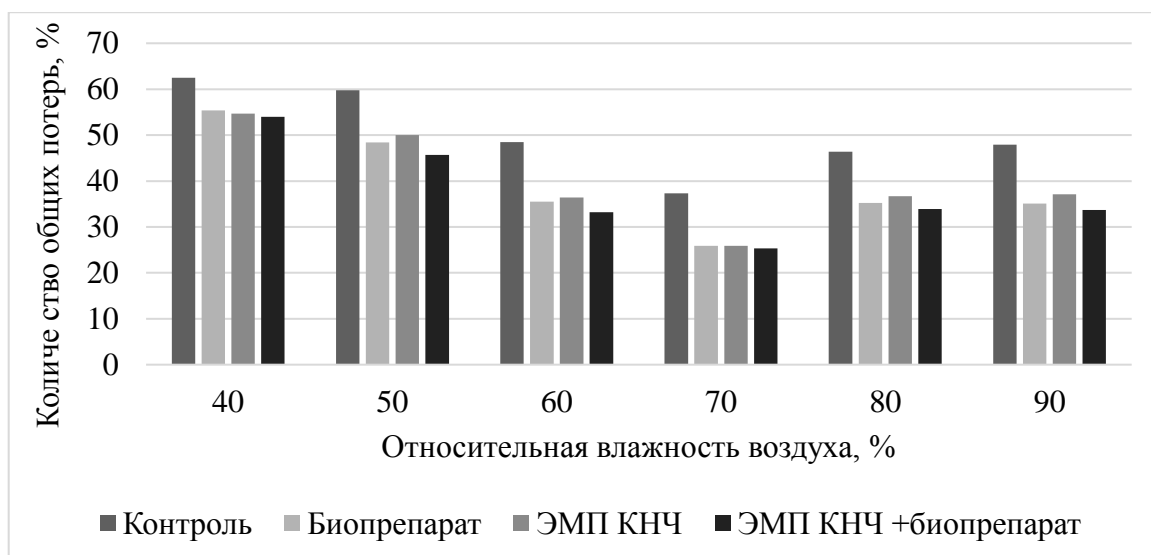


Рисунок 42 - Динамика общих потерь корнеплодов моркови столовой в зависимости от относительной влажности воздуха после 21 суток хранения при температуре $+25\pm 1$ °С

При хранении корнеплодов моркови при температуре $+25\pm 1$ °С наблюдается различное количество общих потерь в зависимости от относительной влажности воздуха. Наименьшее количество общих потерь во всех вариантах опыта (с обработкой и без) установлено при относительной влажности воздуха 70 %. В то же время при данных параметрах наблюдается снижение общих потерь по сравнению с контролем: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Витаплан – на 11,4 %, ЭМП КНЧ – на 11,4 %, ЭМП КНЧ совместно с биопрепаратом – на 12 %.

Наибольшие общие потери корнеплодов моркови при температуре $+25\pm 1$ °С установлены при относительной влажности воздуха 40 %: для корнеплодов, обработанных ЭМП КНЧ и биопрепаратом, общие потери увеличились на 28,7 %. В то же время общие потери при относительной влажности воздуха 40% оказались ниже относительно контроля: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Витаплан, – на 7,1 %, ЭМП КНЧ – на 7,8 %, ЭМП КНЧ совместно с биопрепаратом – на 8,5 %.

На рисунке 43 отображена динамика общих потерь корнеплодов свеклы в зависимости от относительной влажности воздуха и способов предварительной обработки по окончании срока хранения при температуре $+2\pm 1$ °С.

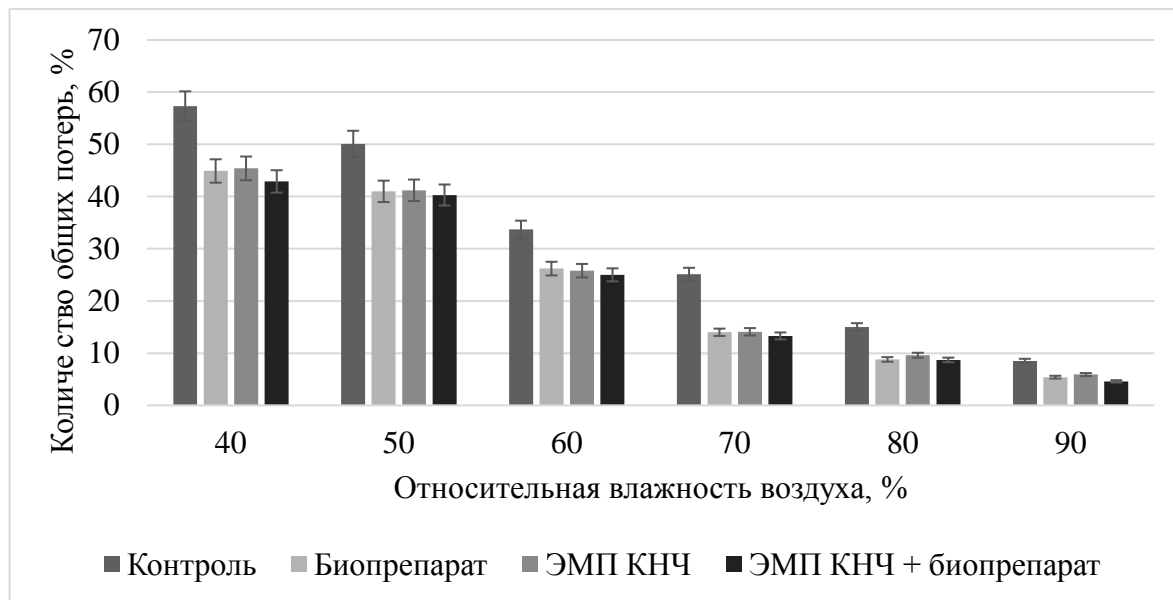


Рисунок 43 – Динамика общих потерь корнеплодов свеклы столовой в зависимости от относительной влажности воздуха после 56 суток хранения при температуре $+2\pm 1$ °С

Установлено, что при хранении корнеплодов свеклы при температуре $+2\pm 1$ °С и относительной влажности воздуха 90 % наблюдается наименьшее количество общих потерь во всех вариантах опыта (с обработкой и без). В то же время при данных параметрах хранения наблюдается снижение общих потерь по сравнению с контролем: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Бактофит, – на 3,1 %, ЭМП КНЧ – на 2,6 %, ЭМП КНЧ совместно с биопрепаратом – на 3,9 %.

При снижении относительной влажности воздуха при температуре хранения $+2\pm 1$ °С количество общих потерь значительно увеличивается для всех образцов корнеплодов свеклы. Так, при относительной влажности воздуха 40 % общие потери корнеплодов, обработанных ЭМП КНЧ и биопрепаратом, увеличились на 34,4%. В то же время общие потери при относительной влажности воздуха 40 %

оказались ниже относительно контроля: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Бактофит, – на 12,4 %, ЭМП КНЧ – на 11,9 %, ЭМП КНЧ совместно с биопрепаратом – на 14,4 %.

На рисунке 44 отображена динамика общих потерь корнеплодов свеклы в зависимости от относительной влажности воздуха и способов предварительной обработки по окончании срока хранения при температуре $+25\pm 1$ °С.

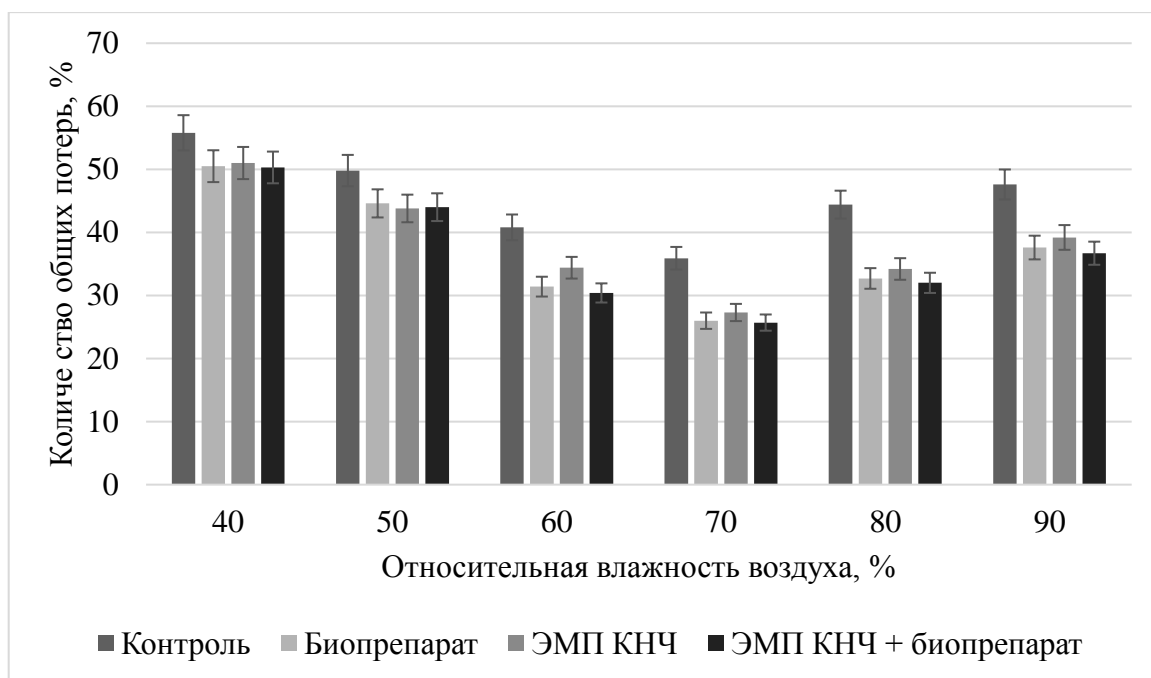


Рисунок 44 – Динамика общих потерь корнеплодов свеклы столовой в зависимости от относительной влажности воздуха после 21 суток хранения при температуре $+25\pm 1$ °С

При хранении корнеплодов свеклы при температуре $+25\pm 1$ °С также наблюдается различное количество общих потерь в зависимости от относительной влажности воздуха. Наименьшее количество общих потерь во всех вариантах опыта (с обработкой и без) установлено при относительной влажности воздуха 70 %. В то же время при данных параметрах наблюдается снижение общих потерь по сравнению с контролем: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом

Бактофит, – на 9,9 %, ЭМП КНЧ – на 8,6 %, ЭМП КНЧ совместно с биопрепаратом – на 10,2 %.

Наибольшая величина общих потерь корнеплодов свёклы при температуре хранения $+25\pm 1$ °С установлена при относительной влажности воздуха 40 %: для корнеплодов, обработанных ЭМП КНЧ и биопрепаратом, общие потери увеличились на 24,6 %. В то же время общие потери при относительной влажности воздуха 40 % оказались ниже относительно контроля: для корнеплодов, обработанных биопрепаратом Бактофит, – на 5,3 %, ЭМП КНЧ – на 4,8 %, ЭМП КНЧ совместно с биопрепаратом – на 5,5 %.

Анализируя данные рисунков 41 – 44, можно сделать вывод, что при температуре хранения $+2\pm 1$ °С наилучшей для сохраняемости корнеплодов моркови и свёклы является относительная влажность воздуха 90 %. Это, в основном, связано со снижением потерь от естественной убыли при повышении влажности воздуха.

При температуре хранения $+25\pm 1$ °С оптимальной, с точки зрения снижения общих потерь, оказалась относительная влажность воздуха 70 %. При уменьшении относительной влажности воздуха до 40 %, наблюдается значительное увеличение потерь от естественной убыли, так как корнеплоды начинают интенсивно терять влагу, а при повышении относительной влажности воздуха до 90 % создаются благоприятные условия для роста патогенной микрофлоры, что вызывает значительные потери от микробиальной порчи. Таким образом, за счёт увеличения потерь от естественной убыли и микробиальной порчи увеличивается величина общих потерь.

Проведенные исследования послужили эмпирической базой для математического моделирования процессов естественной потери массы корнеплодов при хранении.

3.6 Математическое моделирование процессов естественной потери массы корнеплодов при хранении

Анализ ситуации на предприятиях отрасли выявил нехватку возможности прогнозирования естественной потери массы корнеплодов определенного вида и сорта в зависимости от температуры, относительной влажности воздуха и длительности хранения.

С целью разработки приложения для прогнозирования естественной потери массы корнеплодов при хранении в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха был проведён ряд экспериментов по хранению корнеплодов моркови сорта Канберра в течение 30 суток в различных условиях (температура от 0 до 15°C, относительная влажность воздуха 60 – 95 %). Полученные данные представлены на рисунке 45.

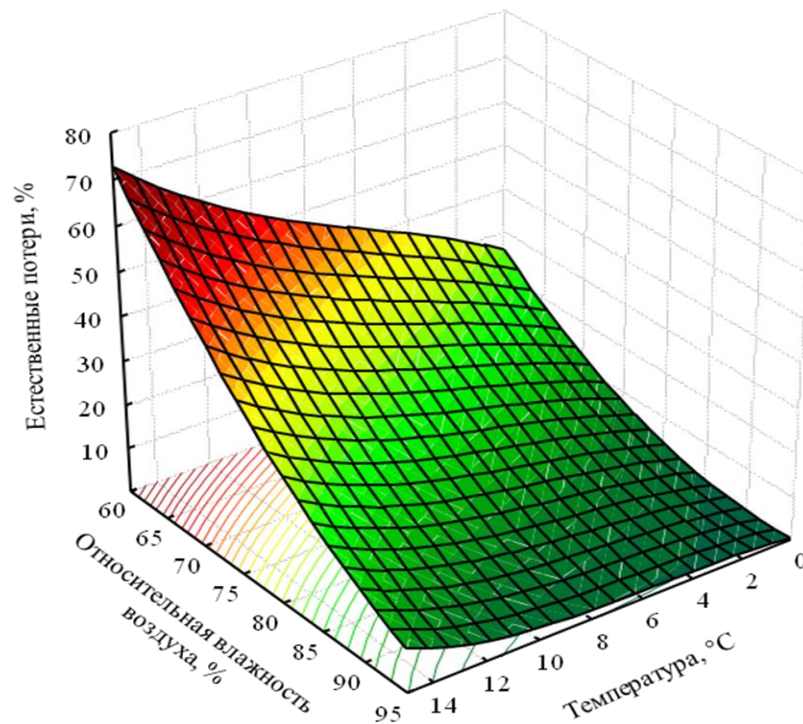


Рисунок 45 – Изменение естественной потери массы корнеплодов моркови сорта Канберра при хранении в течение 30 суток в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха

Полученная модель выражается следующей формулой ($R^2=0,999$):

$$z = 0,009226x^3 + 1,65 \times 10^{-5}y^3 - 0,15148x^2 + 0,021038y^2 + 7,56697x - 4,2953y - 0,07068xy + 204,246 \quad (1)$$

где z – естественная потеря массы, %;

x – температура, °С;

y – относительная влажность воздуха, %.

Из представленных на рисунке 45 данных следует, что наименьшие потери массы наблюдаются в условиях низкой температуры и высокой влажности воздуха. По мере увеличения температуры и относительной влажности воздуха возрастают также и потери массы.

Полученные данные позволили построить модель изменения естественной потери массы корнеплодов моркови сорта Канберра при хранении в течение 30 суток в условиях различных температуры и относительной влажности воздуха.

Разработанная модель выражает закономерности потери массы корнеплодов в зависимости от параметров хранения и служит основой для разработки технологии краткосрочного хранения корнеплодов.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ КОРНЕПЛОДОВ К КРАТКОСРОЧНОМУ ХРАНЕНИЮ И ИХ ХРАНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

На основании выявленных зависимостей по комплексному последовательному влиянию ЭМП КНЧ и биопрепаратов на степень снижения микробиальной обсемененности усовершенствованы технологии подготовки моркови и свеклы столовых мытых к краткосрочному хранению и их хранения в условиях искусственного охлаждения.

В основе разработанных технологии лежит способ подготовки мытых корнеплодов моркови и свеклы перед закладкой на краткосрочное хранение и ее хранения, включающий в себя использование на первом этапе обработку электромагнитными полями крайне низких частот, а на втором этапе обработку водными растворами биопрепаратов Витаплан или Бактофит.

На основании проведенных исследований установлены технологические режимы подготовки моркови столовой мытой к краткосрочному хранению и ее хранения в условиях искусственного охлаждения с использованием ЭМП КНЧ и биопрепарата Витаплан (таблица 16).

Таблица 16 – Технологические режимы подготовки моркови столовой мытой к краткосрочному хранению и ее хранения в условиях искусственного охлаждения

№ п/п	Наименование технологической стадии и технологического режима	Параметры технологического режима
1	2	3
1	Сортировка и калибровка корнеплодов моркови: – размер корнеплодов по наибольшему поперечному диаметру, см, не менее – размер корнеплодов по длине (без черешков), см, не менее	2 10
2	Мойка корнеплодов моркови: – давление воды, мПа – расход воды, м ³ /ч	2 – 3 2 – 5

Продолжение таблицы 16

1	2	3
3	Обработка корнеплодов моркови ЭМП КНЧ и биопрепаратом Витаплан: I этап - обработка ЭМП КНЧ: - частота ЭМП, Гц - электромагнитная индукция, мТл - время обработки, мин II этап - обработка водным раствором биопрепарата Витаплан: - концентрация, % - расход биопрепарата, мл/кг	28 12 30 0,2 2,5
4	Обсушивание обработанных корнеплодов моркови: - температура воздуха, °С	+25±2
5	Фасовка корнеплодов моркови в упаковку: - тканевые мешки, масса нетто, кг - мешки из полимерных пленок, масса нетто, кг - пакеты из полимерных и комбинированных материалов, масса нетто, кг	0,5 – 5 0,5 – 5 0,5 – 5
6	Хранение мытых корнеплодов моркови в условиях искусственного охлаждения: - температура в холодильной камере, °С: - относительная влажность воздуха, %	0 – 8 85 – 90
7	Срок хранения мытых корнеплодов моркови, суток	21

В Приложении Б приведена разработанная технологическая инструкция по подготовке моркови столовой мытой перед закладкой на краткосрочное хранение и ее хранения в условиях искусственного охлаждения.

Также на основании проведенных исследований установлены технологические режимы для подготовки свеклы столовой мытой к краткосрочному хранению и ее хранения в условиях искусственного охлаждения с использованием предварительной комплексной обработки ЭМП КНЧ и биопрепаратом Бактофит. Технологические режимы подготовки свеклы столовой мытой к краткосрочному хранению и ее хранения в условиях искусственного охлаждения и их параметры описаны в таблице 17.

Таблица 17 – Технологические режимы подготовки свеклы столовой мытой к краткосрочному хранению и ее хранения в условиях искусственного охлаждения

№ п/п	Наименование технологической стадии и технологического режима	Параметры технологического режима
1	Сортировка и калибровка корнеплодов свеклы: – размер корнеплодов по наибольшему поперечному диаметру, см	5 – 10
2	Мойка корнеплодов свеклы: – давление воды, мПа – расход воды, м ³ /ч	2 – 3 2 – 5
3	Обработка корнеплодов свеклы ЭМП КНЧ и биопрепаратом Бактофит: I этап - обработка ЭМП КНЧ: - частота ЭМП, Гц - электромагнитная индукция, мТл - время обработки, мин II этап - обработка водным раствором биопрепарата Бактофит: - концентрация, % - расход биопрепарата, мл/кг	15 – 30 12 30 0,2 2,5
4	Обсушивание обработанных корнеплодов свеклы: - температура воздуха, °С	+25±2
5	Фасовка корнеплодов свеклы в упаковку: - тканевые мешки, масса нетто, кг - мешки из полимерных пленок, масса нетто, кг - пакеты из полимерных и комбинированных материалов, масса нетто, кг	0,5 – 5 0,5 – 5 0,5 – 5
6	Хранение мытых корнеплодов свеклы в условиях искусственного охлаждения: - температура в холодильной камере, °С: - относительная влажность воздуха, %	0 – 8 85 – 90
7	Срок хранения мытых корнеплодов свеклы, суток	21

Ниже приводим описание технологического процесса по подготовке моркови столовой мытой или свеклы столовой мытой перед закладкой на краткосрочное хранение и ее хранения в условиях искусственного охлаждения.

Корнеплоды подвергают сортировке с использованием сортировочного конвейера. При сортировке удаляют все корнеплоды, не отвечающие установленным требованиям, и посторонние примеси. С сортировочного роликового конвейера корнеплоды поступают на мойку в щеточную, барабанную или вентиляторную моечные машины.

Мойку корнеплодов осуществляют водой с целью удаления остатков земли, песка и других посторонних примесей. Из моечной машины корнеплоды поступают на инспекционный ленточный конвейер с целью выявления недомытого сырья и его ополаскивания путем душирования водой.

После инспекции корнеплоды ленточным конвейером направляют в калибровочную машину, где их калибруют по размеру. Откалиброванные корнеплоды снимают с ленты и загружают в установку для предварительной обработки электромагнитными полями крайне низких частот по установленным для каждого вида сырья параметрам, далее при помощи душирующего устройства обрабатывают 0,2 % водным раствором биопрепарата Витаплан (морковь) или Бактофит (свекла).

После обработки электромагнитными полями крайне низких частот и водным раствором биопрепаратов корнеплоды подсушивают и фасуют по 0,5 – 5,0 кг в один из видов упаковки: тканевые мешки или мешки из полимерных пленок, пакеты из полимерных и комбинированных материалов или другой прозрачной пленки.

Хранение обработанных электромагнитными полями крайне низких частот и биопрепаратом корнеплодов моркови или свеклы осуществляют в закрытых вентилируемых помещениях с относительной влажностью воздуха 85 – 90 % при температуре воздуха от 0 °С до 8 °С включительно – не более 21 суток, свыше 8 °С – не более 10 суток.

На рисунке 46 приведена блок-схема подготовки перед закладкой на хранение и хранения корнеплодов моркови столовой мытой в условиях искусственного охлаждения.

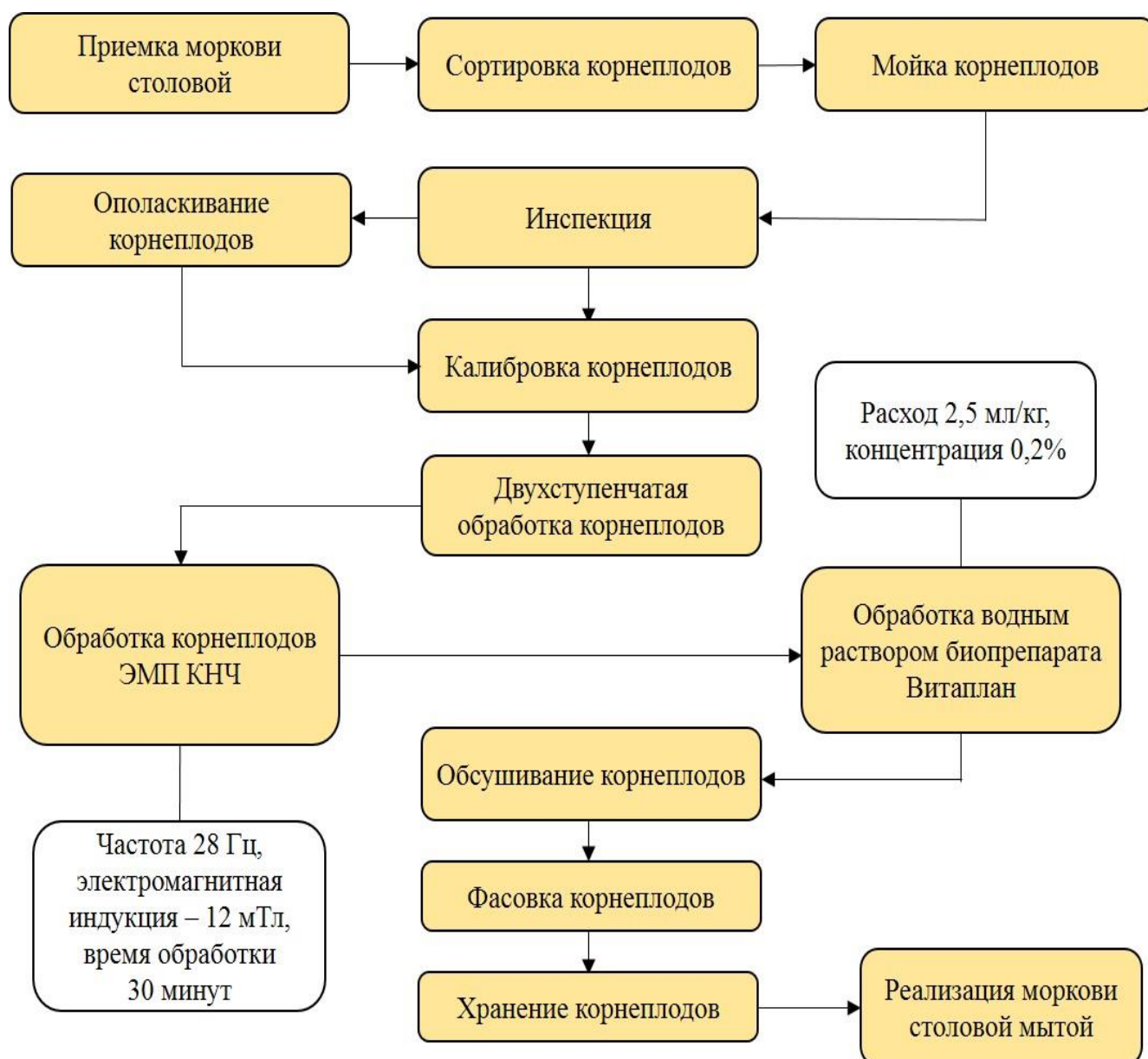


Рисунок 46 – Блок-схема подготовки моркови столовой мытой к краткосрочному хранению в условиях искусственного охлаждения

На рисунке 47 приведена блок-схема подготовки перед закладкой на хранение и хранения корнеплодов свеклы столовой мытой в условиях искусственного охлаждения.

В Приложении А приведен полученный патент РФ на изобретение № 182572 «Установка для обработки фруктов или овощей перед закладкой на хранение» от 23.08.2018.



Рисунок 47 – Блок-схема подготовки свеклы столовой мытой к краткосрочному хранению в условиях искусственного охлаждения

5 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ АПРОБАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Разработанные научно обоснованные параметры обработки корнеплодов ЭМП КНЧ и биопрепаратами перед хранением были апробированы на предприятиях оптово-розничной торговли системы Краснодарского крайпотребсоюза, обеспечив эффективность снижения микробиологической порчи, снижение потерь, стабилизацию качества и сохранение биологически активных веществ в процессе хранения корнеплодов моркови и свеклы на оптово-розничных предприятиях.

Для проведения апробации технологии подготовки к краткосрочному хранению моркови столовой мытой выполняли последовательно следующие операции: 100 кг корнеплодов моркови после длительного хранения подвергали сортировке, мойке, затем обрабатывали в течение 30 минут ЭМП КНЧ с частотой 28 Гц и магнитной индукцией 12 мТл, затем корнеплоды опрыскивали 0,2 % водным раствором биопрепарата Витаплан, обсушивали и фасовали по 5 кг в пакеты из полимерной пленки и хранили в условиях искусственного охлаждения в течение 21 суток.

Апробацию технологии подготовки к краткосрочному хранению свеклы столовой мытой проводили аналогичным образом: 100 кг корнеплодов свеклы сортировали, мыли, затем обрабатывали последовательно ЭМП КНЧ по заданным параметрам (1 этап - частота 15 Гц, время обработки 10 минут; 2 этап - частота 25 Гц, время обработки 10 минут; 3 этап - частота 30 Гц, время обработки 10 минут; магнитная индукция 12 мТл), после опрыскивали 0,2 % водным раствором биопрепарата Бактофит, обсушивали и фасовали по 5 кг в пакеты из полимерной пленки и хранили в условиях искусственного охлаждения в течение 21 суток.

В таблице 17 приведен расчет экономической эффективности от внедрения усовершенствованных технологий хранения моркови столовой и свеклы столовой.

Таблица 17 - Расчет экономической эффективности от внедрения усовершенствованных технологий хранения корнеплодов (краткосрочное хранение)

Показатель	Традиционная технология		Разработанная технология	
	морковь	свекла	морковь	свекла
Закупочная цена 1 тонны, тыс. руб.	9,0	6,0	9,0	6,0
Сумма затрат на обработку 1 тонны корнеплодов, тыс. руб	-	-	0,3	0,3
Общая сумма затрат торговой организации на реализацию 1 тонны корнеплодов, тыс. руб	9,7	8,4	9,7	8,4
Величина потерь, тыс. руб на тонну корнеплодов	2,1	1,8	1,0	0,7
Полная себестоимость тонны реализуемой продукции, тыс. руб.	20,8	16,2	20,0	15,4
Розничная цена тонны, тыс. руб.	25,0	25,0	31,4	31,4
Прибыль до налогообложения	4,2	8,8	11,4	16,0
Экономический эффект, тыс. рублей на тонну	-	-	7,2	7,2

Экономический эффект от внедрения усовершенствованных технологии при хранении одной тонны корнеплодов свеклы столовой или моркови столовой составил 7,2 тыс. руб. Экономический эффект достигается за счет двух составляющих – снижения величины потерь корнеплодов, обработанных по разработанной технологии в среднем на 1,1 тыс. рублей для корнеплодов и повышения цены реализации за счет сохранения товарных свойств корнеплодов.

Применение технологических приемов, разработанных на основе полученных научных результатов, позволяет обеспечить организацию высокоэффективного хранения и реализации корнеплодов овощей, обеспечить необходимое качество и пищевую безопасность, снизить финансовые и материальные издержки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенного аналитического обзора научно-технической литературы и патентного поиска установлена перспективность применения ЭМП КНЧ и биологических препаратов на основе *Bacillus subtilis* для обеспечения стабильного качества корнеплодов в процессе хранения.

2. Установлено, что наибольшую антагонистическую активность в отношении фитопатогенов столовой моркови проявляет биопрепарат Витаплан, обработка которым уменьшает диаметр поражения *Alternaria radicina* и *Erwinia carotovora* относительно контроля на 6,7 мм и 0,7 мм ($+25\pm 1$ °C), на 6,6 мм и 3,1 мм ($+2\pm 1$ °C) соответственно; для фитопатогенов столовой свеклы наибольшую антагонистическую активность проявляет биопрепарат Бактофит, обработка которым уменьшает диаметр поражения *Rhizoctonia solani* и *Botrytis cinerea* относительно контроля на 2,3 мм и 2,9 мм ($+25\pm 1$ °C), на 2,3 мм и 3,1 мм ($+2\pm 1$ °C) соответственно.

3. Установлена биологическая эффективность комплексной обработки при температуре хранения $+2\pm 1$ °C: по распространенности болезни – 84 % (морковь) и 84,8 % (свекла), по развитию болезни – 90 % (морковь) и 88,9 % (свекла); при температуре хранения $+25\pm 1$ °C: по распространенности болезни – 68 % (морковь) и 70,6 % (свекла), по развитию болезни – 91,9 % (морковь) и 92,3 % (свекла).

4. Установлено, что комплексная обработка корнеплодов ЭМП КНЧ и биопрепаратом после хранения при температурах $+2\pm 1$ °C (56 суток) $+25\pm 1$ °C (21 сутки) позволяет: для столовой моркови – увеличить выход стандартной продукции на 11,9 % и на 24,2 %; повысить суммарную оценку органолептических показателей на 7,2 балла и на 10,6 баллов; снизить потери от микробиологической порчи в 3,4 раза и в 1,7 раз; уменьшить расход общих сахаров на 6,2 % и 2,6 %, пектиновых веществ на 0,7 % и 0,9 %, витамина С на 8,4 мг/100г и 6,9 мг/100г, фенольных веществ на 117 мг/100г и 96 мг/100г, каротина на 28 мг/100г и 27 мг/100г соответственно, относительно контроля; для столовой свеклы – увеличить выход стандартной продукции на 11,3 % и на 15,1%; повысить суммарную оценку

органолептических показателей на 3,5 балла и на 15 баллов; снизить потери от микробиологической порчи 5,3 раза и в 1,7 раз; уменьшить расход общих сахаров на 6,6 % и 4,0 %, пектиновых веществ на 1,4 % и 2,2 %, витамина С на 4,5 мг/100г и 4,6 мг/100г, фенольных веществ на 130 мг/100г и 65 мг/100г относительно контроля.

5. В ходе эксперимента установлены наименьшие потери массы корнеплодов столовой моркови и столовой свеклы при хранении при относительной влажности воздуха 90 % ($+2\pm 1$ °С) и 70 % ($+25\pm 1$ °С) во всех вариантах обработки.

6. Разработана математическая модель, позволяющая прогнозировать сроки годности корнеплодов и оптимизировать параметры их обработки для продления срока годности в зависимости от параметров хранения.

7. Усовершенствованы технологии подготовки корнеплодов свеклы и моркови столовых к хранению и хранения, обеспечивающие снижение потерь, стабилизацию качества и максимальное сохранение биологически активных веществ в процессе хранения. Получен патент РФ № 182572 «Установка для обработки фруктов или овощей перед закладкой на хранение» от 23.08.2018.

8. Технологии апробированы на предприятиях оптово-розничной торговли системы Краснодарского крайпотребсоюза. Экономический эффект от внедрения разработанных технологии при хранении одной тонны корнеплодов свеклы столовой и моркови столовой составил 7,2 тыс. руб.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Гц – герцы;

Тл – тесла;

КОЕ – колониобразующие единицы;

ЭМП – электромагнитные поля;

КНЧ – крайне низкие частоты;

РА – регулируемая атмосфера;

МА – модифицированная атмосфера;

РГС – регулируемая газовая среда;

МГС – модифицированная газовая среда;

МАФАНМ – мезофильные аэробные и факультативно анаэробные микроорганизмы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]/ Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy/
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (официальное издание). Том 1. Сорты растений. – М., 2018. – 504 с.
3. Иванова, Т.Н. Технология хранения плодов, ягод и овощей / Т.Н. Иванова, В.С. Житникова, Н.С. Левгерова. – Орел: ОрелГТУ, 2009. – 203 с.
4. Жолик, Г.А. Технология хранения и переработки картофеля, овощей, плодов и ягод / Г.А. Жолик. – Мн.: Ураджай, 2001. – 135 с.
5. Широков, Е.П. Технология хранения и переработки плодов с основами стандартизации: учебное пособие / Е.П. Широков. – М.: Агропромиздат, 2008. – 319 с.
6. Борисов, В.А. Качество и лежкость овощей / В.А. Борисов, С.С. Литвинов, А.В. Романова. – М., 2003. – 625 с.
7. Алехина, Н.Д. Физиология растений / Н.Д. Алехина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко и др., под ред. И.П. Ермакова – М.: Academia, 2005. – 640 с.
8. Метлицкий, Л.В. Основы биохимии плодов и овощей / Л.В. Метлицкий. – М.: Экономика, 1978. – 349 с.
9. FAO, 2015. Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction [Электронный ресурс]/Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i4068e.pdf>
10. McCarter, S. M. Diseases limiting production of Jerusalem artichokes in Georgia / S. M. McCarter, S. J. Kay // Plant Disease. – 1984. – Vol. 68. – P. 299-302.
11. Oliveira, M. Microbiological quality of fresh lettuce from organic and conventional production / M. Oliveira, J. Usall, I. Viñas, M. Anguera, F. Gatiús, M. Abadias // Food Microbiology. – 2010. Vol. 27 (5). – P. 679-684
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.03.008>
12. Arvanitoyannis, I. S. Irradiation of Food Commodities / I. S. Arvanitoyannis, A. Ch. Stratakos. – Academic press, 2010. – 736 p.

13. ГОСТ 1721-85. Морковь столовая свежая, заготавливаемая и поставляемая. Технические условия. – Введ. 31.08.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 7 с.
14. ГОСТ 28275-94. Морковь столовая свежая. Руководство по хранению. – Введ. 01.01.1996. – Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, Минск: Изд-во стандартов, 2006. – 11 с.
15. ГОСТ 33540-2015. Морковь столовая свежая для промышленной переработки. Технические условия. – Введ. 01.01.2017. – М.: Стандартинформ, 2016. – 11 с.
16. ГОСТ 32284-2013. Морковь столовая свежая, реализуемая в розничной торговой сети. Технические условия. – Введ. 15.02.2015. – М.: Стандартинформ, 2014. – 19 с.
17. ГОСТ 1722-85. Свекла столовая свежая, заготавливаемая и поставляемая. Технические условия. – Введ. 31.08.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 8 с.
18. ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». – Введ. 01.07.2013. – М.: Стандартинформ, 2013. – 288 с.
19. Алёшин, В.Н. Исследование влияния электромагнитных полей крайне низких частот на потери сухих и биологически активных веществ корнеплодов свёклы столовой в процессе хранения [Электронный ресурс] / В.Н. Алёшин, Е.Ю. Панасенко, Г.А. Купин, Т.В. Першакова, Е.В. Великанова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – №138 (04). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2018/04/pdf/03.pdf>
20. Першакова, Т.В. Способы обеспечения стабильного качества растительного сырья в процессе хранения [Электронный ресурс] / Т.В. Першакова, В.В. Лисовой, Г.А. Купин, В.Н. Алёшин, Е.Ю. Панасенко, Е.П. Викторова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 02 (116). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/14.pdf>
21. Литвинов С.С. Научные основы современного овощеводства / С.С. Литвинов. – М.: РСХА, 2008. – 776 с.

22. ГОСТ Р 50421-92. Фрукты и овощи. Принципы и технологические приемы хранения в регулируемых газовых средах. – Введ. 01.01.1994. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 16 с.
23. Гиш Р.А. Овощеводство юга России / Р.А. Гиш, Г.С. Гикало. – Краснодар: ЭДВИ, 2012. – 632 с.
24. Современные технологии хранения и переработки плодовоовощной продукции: науч. аналит. обзор. – М.: Росинформагротех, 2009. – 172 с.
25. Алёшин, В.Н. Перспективы применения биопрепаратов при хранении фруктов / В.Н. Алёшин, Г.А. Купин, Т.В. Першакова, Д.В. Кабалина // Сборник материалов конгресса «Наука, питание и здоровье». - г. Минск, 8-9 июня 2017 г. – С. 452 – 459.
26. Першакова, Т.В. Способы обеспечения стабильного качества растительного сырья в процессе хранения с применением биопрепаратов / Т.В. Першакова, В.В. Лисовой, Г.А. Купин, Е.Ю. Панасенко, Е.П. Викторова // Политематический научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2016. – № 03 (117). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/14.pdf>
27. Wilson, C. L. Biological control of post-harvest diseases of fruits and vegetables: alternatives to synthetic fungicides / C. L. Wilson, M. E. Wisniewski, C. L. Biles, R. McLaughlin, E. Chalutz, S. Droby // Crop Protection. – 1991. – Vol. 10, № 3. – P. 172-177.
28. Ghorbanpour, M. Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases / M. Ghorbanpour, M. Omidvari, P. Abbaszadeh-Dahaji, R. Omidvar, K. Kariman // Biological Control. – 2018. – Vol. 117. – P. 147-157.
29. Ghaouth, A. E. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables / A. E. Ghaouth, C. Wilson, M. Wisniewski, S. Droby, J. L. Smilanick, L. Korsten // Applied Mycology and Biotechnology. – 2002. – Vol. 2. – P. 219-238.
30. Leverentz, B. Combining yeasts or a bacterial biocontrol agent and heat treatment to reduce postharvest decay of ‘Gala’ apples / B. Leverentz, W. J. Janisiewicz,

W. S. Conway, R. A. Saftner, Y. Fuchs, C. E. Sams, M. J. Camp // *Postharvest Biology and Technology*. – 2000. – Vol. 21, № 1. – P. 87-94.

31. Leverentz, B. Biocontrol of the food-borne pathogens *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* serovar Poona on fresh-cut apples with naturally occurring bacterial and yeast antagonists / B. Leverentz, W. S. Conway, W. Janisiewicz, M. Abadias, C. P. Kurtzman, M. J. Camp // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2006. – Vol. 72. – P. 1135-1140.

32. Saligkarias, I.D. Biological control of *Botrytis cinerea* on tomato plants by the use of epiphytic yeasts *Candida guilliermondii* strains 101 and US 7 and *Candida oleophila* strain I-182: I. in vivo studies / I.D. Saligkarias, F.T. Gravanis, H.A.S. Epton // *Biological Control*. – 2002. – Vol. 25, № 2. – P. 143-150.

33. Chen, X. Control of postharvest radish decay using a *Cryptococcus albidus* yeast coating formulation / X. Chen, J. Li, L. Zhang, X. Xu, A. Wang, Y. Yang // *Crop Protection*. – 2012. – Vol. 41. – P. 88-95.

34. Mari, M. Postharvest biological control of grey mould (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) on fresh-market tomatoes with *Bacillus amyloliquefaciens* / M. Mari, M. Guizzardi, M. Brunelli, A. Folchi // *Crop Protection*. – 1996. – Vol. 15, № 8. – P. 699-705.

35. Al-Mughrab, K. I. Biological control of *Fusarium* dry rot and other potato tuber diseases using *Pseudomonas fluorescens* and *Enterobacter cloacae* / K. I. Al-Mughrab // *Biological Control*. – 2010. – Vol. 53, № 3. – P. 280-284.

36. Francesco, A. D. A preliminary investigation into *Aureobasidium pullulans* as a potential biocontrol agent against *Phytophthora infestans* of tomato / A. D. Francesco, F. Milella, M. Maria, R. Roberti // *Biological Control*. – 2017. – Vol. 114. – P. 144-149.

37. Zong, Y. Effects of yeast antagonists in combination with hot water treatment on postharvest diseases of tomato fruit / Y. Zong, J. Liu, B. Li, G. Qin, S. Tian // *Biological Control*. – 2010. – Vol. 54, № 3. – P. 316-321.

38. Eshel, D. Combining physical, chemical and biological methods for synergistic control of postharvest diseases: A case study of Black Root Rot of carrot / D. Eshel, R. Regev, J. Orenstein, S. Droby, S. Gan-Mor // *Postharvest Biology and Technology*. – 2009. – Vol. 54, № 1. – P. 48-52.

39. Oliveira, M. Biopreservative methods to control the growth of foodborne pathogens on fresh-cut lettuce / M. Oliveira, M. Abadias, P. Colás-Medà, J. Usall, I. Viñasa // *International Journal of Food Microbiology*. – 2015. – Vol. 214. – P. 4-11.
40. Alegre, I. Control of foodborne pathogens on fresh-cut fruit by a novel strain of *Pseudomonas graminis* / I. Alegre, I. Viñas, J. Usall, N. Teixidó, M. J. Figge, M. Abadias // *Food Microbiology*. – 2013. – Vol. 34. – P. 390-399.
41. Plaza, L. Changes in the quality and antioxidant properties of fresh-cut melon treated with the biopreservative culture *Pseudomonas graminis* CPA-7 during refrigerated storage / L. Plaza, R. Altisent, I. Alegre, I. Viñas, M. Abadias // *Postharvest Biology and Technology*. – 2016. – Vol. 111. – P. 25-30.
42. Zhao, Y. Effects of the yeast *Pichia guilliermondii* against *Rhizopus nigricans* on tomato fruit / Y. Zhao, K. Tu, X. Shao, W. Jing, Z. Su // *Postharvest Biology and Technology*. – 2008. – Vol. 49, № 1. – P. 113-120.
43. Sempere, F. In vitro biocontrol analysis of *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler under different environmental conditions / F. Sempere, M.P. Santamarina // *Mycopathology*. – 2007. – Vol. 163. – P. 183-190.
44. Shi, J. Isolation, identification, and biocontrol of antagonistic bacterium against *Botrytis cinerea* after tomato harvest / J. Shi, C. Sun // *Brazilian Journal of Microbiology*. – 2017. – Vol. 48, № 4. – P. 706-714.
45. Oliveira, M. Effectiveness of a bacteriophage in reducing *Listeria monocytogenes* on fresh-cut fruits and fruit juices / M. Oliveira, I. Viñas, P. Colàs, M. Anguera, J. Usall, M. Abadias // *Food Microbiology*. – 2014. – Vol. 38. – P. 137-142.
46. Spricigo, D. A. Use of a bacteriophage cocktail to control *Salmonella* in food and the food industry / D. A. Spricigo, C. Bardina, P. Cortés, M. Llagostera // *International Journal of Food Microbiology*. – 2013. – Vol. 165. – P. 169-174.
47. Ramos, B. Fresh fruits and vegetables—An overview on applied methodologies to improve its quality and safety / B. Ramos, F.A. Miller, T.R.S. Brandão, P. Teixeira, C.L.M. Silva // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. – 2013. – Vol. 20. – P. 1-15.

48. Meireles, A. Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry / A. Meireles, E. Giaouris, M. Simões // *Food Research International*. – 2016. – Vol. 82. – P. 71-85.
49. Leverentz, B. Biocontrol of *Listeria monocytogenes* on fresh-cut produce by treatment with lytic bacteriophages and a bacteriocin / B. Leverentz, W. S. Conway, M. J. Camp, W. J. Janisiewicz, T. Abuladze, M. Yang, R. Saftner, A. Sulakvelidze // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2003. – Vol. 69. – P. 4519-4526.
50. Randazzo, C. L. Biopreservation of minimally processed iceberg lettuces using a bacteriocin produced by *Lactococcus lactis* wild strain / C. L. Randazzo, I. Pitino, G. O. Scifò, C. Caggia // *Food Control*. – 2009. – Vol. 20. – P. 756-763.
51. Barbosa, A. A. T. Effects of nisin-incorporated films on the microbiological and physicochemical quality of minimally processed mangoes / A. A. T. Barbosa, H. G. Silva de Araújo, P. N. Matos, M. A. G. Carnelossi, A. Almeida de Castro // *International Journal of Food Microbiology*. – 2013. – Vol. 164, № 2-3. – P. 135-140.
52. Narsaiah, K. Effect of bacteriocin-incorporated alginate coating on shelf-life of minimally processed papaya (*Carica papaya* L.) / K.Narsaiah, R. A. Wilson, K. Gokul, H.M. Mandge, S.N. Jha, S. Bhadwal, R. K. Anurag, R.K. Malik, S.Vijb // *Postharvest Biology and Technology*. – 2015. – Vol. 100. – P. 212-218
53. Siroli, L. Innovative strategies based on the use of bio-control agents to improve the safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables / L. Siroli, F. Patrignani, D. I. Serrazanetti, F. Gardini, R. Lanciotti // *Trends in Food Science & Technology*. – 2015. – Vol. 46, № 2. – P. 302-310.
54. Russo, P. Probiotic lactic acid bacteria for the production of multifunctional fresh-cut cantaloupe / P. Russo, G. Spano, N. Peña, M. L. V. de Chiara, M. L. Amodio, M. L. Colelli // *Food Research International*. – 2015. – Vol. 77, Part 4. – P. 762-772.
55. Luo, W. Isolation of lactic acid bacteria from pao cai, a Chinese traditional fermented vegetable, with inhibitory activity against *Salmonella* associated with fresh-cut apple, using a modelling study / W. Luo, M. Chen, A. Chen, W. Dong, X. Hou, B. Pu // *Journal of Applied Microbiology*. – 2015. – Vol. 118. – P. 998-1006.

56. Siroli, L. Lactic acid bacteria and natural antimicrobials to improve the safety and shelf-life of minimally processed sliced apples and lamb's lettuce / L. Siroli, F. Patrignani, D. I. Serrazanetti, G. Tabanelli, C. Montanari, F. Gardini, R. Lanciotti // *Food Microbiology*. – 2015. – Vol. 47. – P. 74-84.

57. Cavaglieri, L. Biocontrol of *Bacillus subtilis* against *Fusarium verticillioides* in vitro and at the maize root level / L. Cavaglieri, J. Orlando, M.I. Rodriguez, S. Chulze, M. Etcheverry // *Research in Microbiology*. – 2005. – Vol. 156, № 5-6. – P. 748–754.

58. Chen, X. Control of postharvest radish decay using a *Cryptococcus albidus* yeast coating formulation / X. Chen, J. Li, L. Zhang, X. Xu, A. Wang, Y. Yang // *Crop Protection*. – 2012. – Vol. 41. – P. 88-95.

59. Пат. 02140138 Российская Федерация, МПК 6A01C. Способ предпосевной обработки семян овощных культур и способ получения препарата для предпосевной обработки семян овощных культур / Чеботарь В.К., Быкова Н.В., Темнова О.В., Орлова Н.А. Хотянович А.В.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество Сельскохозяйственное селекционно-производственное предприятие «СОПТСЕМОВОЩ» - № 98120341/13; заявл. 13.11.1998; опубл. 27.10.1999.

60. Пат. 02259397, Российская Федерация, МПК 7C12N, 7A01C, 7C12N. Средство для защиты зерновых сельскохозяйственных культур, подсолнечника, винограда от фитопатогенных микроорганизмов, овощных культур от фитопатогенных бактерий / Хотянович А.В., Темнова О.В., Орлова Н.А., Быкова Н.В., Чеботарь В.К.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Бисолби-интер» - № 2003110469/13; заявл. 02.04.2003; опубл. 27.08.2005.

61. On, A. Antifungal effects of compost tea microorganisms on tomato pathogens / A. On, F. Wong, Q. Ko, R. J. Tweddell, H. Antounb, T. J. Avis // *Biological Control*. – 2015. – Vol. 80. – P. 63-69.

62. Punja, Z. K. Effects of *Bacillus subtilis* strain QST 713 and storage temperatures on post-harvest disease development on greenhouse tomatoes / Z. K. Punja, G. Rodriguez, A. Tirajoh // *Crop Protection*. – 2016. – Vol. 84. – P. 98-104.

63. Rao, S. *Bacillus subtilis* IIHR BS-2 enriched vermicompost controls root knot nematode and soft rot disease complex in carrot / S. Rao, M. Kamalnath, R. Umamaheswari, R. Rajinikanth, P. Prabu, K. Priti, G. N. Grace, M. K. Chaya, C. Gopalakrishnan // *Scientia Horticulturae*. – 2017. – Vol. 218. – P. 56-62.

64. Fan, H. Fengycin produced by *Bacillus subtilis* 9407 plays a major role in the biocontrol of apple ring rot disease / H. Fan, J. Ru, Y. Zhang, Q. Wang, Y. Li // *Microbiological Research*. – 2017. – Vol. 199. – P. 89-97.

65. Khedher, S. B. Efficacy of *Bacillus subtilis* V26 as a biological control agent against *Rhizoctonia solani* on potato / S. B. Khedher, O. Kilani-Feki, M. Dammak, H. Jabnoun-Khiareddine, M. Daami-Remadi, S. Tounsi // *Comptes Rendus Biologies*. – 2015. – Vol. 338, № 12. – P. 784-792.

66. Sharma, N. Control of foliar diseases of mustard by *Bacillus* from reclaimed soil / N. Sharma, S. Sharma // *Microbiological Research*. – 2008. – Vol. 163, № 4. – P. 408-413.

67. Estevez de Jensen, C. Integrated management strategies of bean root rot with *Bacillus subtilis* and *Rhizobium* in Minnesota / C. Estevez de Jensen, J. A. Percich, P. H. Graham // *Field Crops Research*. – 2002. – Vol. 74, № 2-3. – P. 107–115.

68. Gogo, E.O. Postharvest UV-C treatment for extending shelf life and improving nutritional quality of African indigenous leafy vegetables / E.O. Gogo, A.M. Opiyo, K. Hassenberg, Ch. Ulrichs, S. Huyskens-Keil // *Postharvest Biology and Technology*. – 2017. – Vol. 129. – P. 107-117.

69. Bu, J. Postharvest UV-C irradiation inhibits the production of ethylene and the activity of cell wall-degrading enzymes during softening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit / J. Bu, Y. Yu, G. Aisikaer, T. Ying // *Postharvest Biology and Technology*. – 2013. – Vol. 86. – P. 337-345.

70. Choi, D.S. The combined effects of ultraviolet-C irradiation and modified atmosphere packaging for inactivating *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and extending the shelf life of cherry tomatoes during cold storage / D.S. Choi, S.H. Park, S.R. Choi, J.S. Kim, H.H. Chun // *Food Packaging and Shelf Life*. – 2015. – Vol. 3. – P. 19-30.

71. Frimpong, G.K. Effect of gamma irradiation on microbial quality of minimally processed carrot and lettuce: A case study in Greater Accra region of Ghana / G.K. Frimpong, I.D. Kottoh, D.O. Ofori, D. Larbi // *Radiation Physics and Chemistry*. – 2015. – Vol. 110. – P. 12-16.

72. Guerreiro, D. Post-harvest treatment of cherry tomatoes by gamma radiation: Microbial and physicochemical parameters evaluation / D. Guerreiro, J. Madureira, T. Silva, R. Melo, P. M. P. Santos, A. Ferreira, M.J. Trigo, A.N. Falcão, F. M. A. Margaça, S.C. // *Innovative Food Science & Emerging Technologies Verde*. – 2016. – Vol. 36. – P. 1-9.

73. Khattak, K.F. Effect of gamma irradiation on the vitamins, phytochemicals, antimicrobial and antioxidant properties of *Ziziphus mauritiana* Lam. Leaves / K.F. Khattak, T.U. Rahman // *Radiation Physics and Chemistry*. – 2016. – Vol. 127. – P. 243-248.

74. Kim, J. H. Microwave-powered cold plasma treatment for improving microbiological safety of cherry tomato against *Salmonella* / J. H. Kim, S. C. Min // *Postharvest Biology and Technology*. – 2017. – Vol. 127. – P. 21-26.

75. Lee, H. Cold plasma treatment for the microbiological safety of cabbage, lettuce, and dried figs / H. Lee, J.E. Kim, M. Chung, S. C. Min // *Food Microbiology*. – 2015. – Vol. 51. – P. 74-80.

76. Min, S. C. Dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma inhibits *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and Tulane virus in Romaine lettuce / S. C. Min, S.H. Roh, B.A. Niemira, J.E. Sites, G. Boyd, A. Lacombe // *International Journal of Food Microbiology*. – 2016. – Vol. 237. – P. 114-120.

77. Fagundes, C. Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes / C. Fagundes, K. Moraes, M.B. Pérez-Gago, L. Palou, M. Maraschin, A.R. Monteiro // *Postharvest Biology and Technology*. – 2015. – Vol. 109. – P. 73-81.

78. Larsena, H. Effect of modified atmosphere packaging on sensory quality, chemical parameters and shelf life of carrot roots (*Daucus carota* L.) stored at chilled and

abusive temperatures / H. Larsena, A. Wold // *Postharvest Biology and Technology*. – 2016. – Vol. 114. – P. 76-85.

79. São José, J. F. B. Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables / J. F. B. São José, N. J. Andrade, A. M. Ramos, M. C. D. Vanetti, P. C. Stringheta, J. B. P. Chaves // *Food Control*. – 2014. – Vol. 45. – P. 36-50.

80. Sagong, H. Combined effects of ultrasound and surfactants to reduce *Bacillus cereus* spores on lettuce and carrots / H. Sagong, H. Cheon, S. Kim, S. Lee, K. Park, M. Chung, Y. Choi, D. Kang // *International Journal of Food Microbiology*. – 2013. – Vol. 160, № 3. – P. 362-372.

81. Zhang, H.Q. *Nonthermal Processing Technologies for Food* / H.Q. Zhang, G. V. Barbosa-Canovas, V. M. Bala Balasubramaniam [et al.] – Wiley-Blackwell IFT Press, 2011. – 672 p.

82. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields – ICNIRP Guidelines // *Health Physics* – 1998. – Vol. 74, №4. – P. 494-522.

83. Tenforde, T.S. Biological interactions and potential health effects of extremely-low-frequency magnetic fields from power lines and other common sources / T.S.Tenforde // *Annu Rev Public Health*. – 1992 – Vol. 13. – P. 96-173.

84. Baureus Koch, C. L. M Interaction between weak low frequency magnetic fields and cell membranes / C. L. M. Baureus Koch, M. Sommarin, B.R.R. Persson, L.G. Salford, J.L. Eberhardt // *Bioelectromagnetics*. – 2003. – Vol. 24, № 6. – P. 395-402.

85. Goodman, R. Transcription and translation in cells exposed to extremely low frequency electromagnetic fields / R.Goodman, A.S.Henderson // *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*. – 1991. – Vol. 320, № 3. – P. 335-355.

86. Pereira, R.N. Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing / R.N. Pereira, A. A. Vicente // *Food Research International*. – 2010. – Vol. 43, № 7. – P. 1936-1943.

87. Stoica, M. Non-thermal novel food processing technologies. An overview / M. Stoica, L. Mihalcea, D. Borda, P. Alexe // *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. – 2013. – Vol. 19, № 2. – P. 212-217.
88. Strasak, L. The effect of low-frequency electromagnetic fields on living organisms / L. Strasak, V. Vetter, J. Smarda // *Sb. Lek.* – 1998. – Vol. 99. – P. 455-464.
89. Fojt, L. Comparison of the low frequency magnetic field effects on bacteria *Escherichia coli*, *Leclerciaadecarboxylata* and *Staphylococcus aureus* / L. Fojt, L. Strasak, V. Vetterl, J. Smarda // *Bioelectrochemistry*. – 2004. – Vol. 63, №1-2. – P. 337-341.
90. El-Sayed, A.G. Stimulation and control of *E.coli* by using an extremely low frequency magnetic field / A.G. El-Sayed, H.S. Magda, Y.T. Eman, H. I. Mona // *Romanian Journal Biophys.* – 2006. – Vol. 16, № 4. – P. 283-296.
91. Walkling-Ribeiro, M. Reduction of *Staphylococcus aureus* and quality changes in apple juice processed by ultraviolet irradiation, pre-heating and pulsed electric fields / M. Walkling-Ribeiro, F. Noci, D.A. Cronin, J. Riener, J. G. Lyng, D. J. Morgan // *Journal of Food Engineering*. – 2008. – Vol. 89. – P. 267-273.
92. Altuntas, J. Effects of pulsed electric field processing on the quality and microbial inactivation of sour cherry juice / J. Altuntas, G. A. Evrendilek, M. K. Sangun, H. G. Zhang // *Intournal of Food Science & Technology*. – 2010. – Vol. 45. – P. 899-905.
93. Kuldiloke, J. Application of non-thermal processing for preservation of orange juice / J. Kuldiloke, M. N. Eshtiaghi // *Science and Technology Journal*. – 2008. – Vol. 8. –P. 64-74.
94. Amiali, M. Microbial decontamination of food by pulsed electric fields (PEFs). *Microbial Decontamination in the Food Industry. Novel Methods and Applications* / M. Amiali, M. O. Ngadi // *Food Science, Technology and Nutrition*. – 2012. – P. 407-449.
95. Morris, C. Non-thermal food processing/preservation technologies: A review with packaging implications / C. Morris, A. L. Brody, L. Wicker // *Packaging Technology and Science*. – 2007. – Vol. 20, №4. – P. 275-286.
96. Купин, Г.А. Исследование влияния электромагнитного поля на изменение микробиальной обсеменности корнеплодов моркови в процессе хранения / Г.А.

Купин, Е. П. Викторова, В. Н. Алешин, Л. В. Михайлюта // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 4 (20). – С. 231-236.

97. Отчет о НИР. Выявление закономерностей влияния предварительной обработки овощей электромагнитными полями на эффективность снижения микробной контаминации, снижение потерь, стабилизацию качества и максимальное сохранение функциональных микронутриентов в процессе их хранения и разработка эффективных технологических режимов подготовки овощей путем их обработки электромагнитными полями перед закладкой на хранение \ Першакова Т.В., Алёшин В.Н., Шахрай Т.А., Михайлюта Л.В., Бабакина М.В., Федосеева О.В., Матвиенко А.Н. и др. – КНИИХП-филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ. – Краснодар, 2015 г. – 146 с.

98. ГОСТ 31904-2012. Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний. – Введ. 01.07.2013. – М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.

99. ГОСТ 26669-85. Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов. – Введ. 01.07.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.

100. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – Введ. 01.01.1996. – М.: Стандартинформ, 2010. – 7 с.

101. ГОСТ 10444.12-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. – Введ. 01.07.2015. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.

102. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Под ред. В.И. Долженко. – Российская академия с.-х. наук. Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений. – Санкт-Петербург, 2009. – 379 с.

103. ГОСТ 26932-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца. – Введ. 01.12.1986. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 12 с.

104. ГОСТ 26930-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения мышьяка. – Введ. 01.01.1987. – М.: Стандартиформ, 2010. – 6 с.

105. ГОСТ 26933-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия. - Введ.01.12.1986. - М.: Стандартиформ, 2010. – 10 с.

106. ГОСТ 26927-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути. – Введ. 01.07.1989. – М.: Стандартиформ, 2010. – 12 с.

107. ГОСТ Р 29270-95. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов. Технические условия. – Введ. 12.10.1995. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 14 с.

108. ГОСТ 30349-96. Плоды, овощи и продукты их переработки. Методы определения остаточных количеств хлорорганических пестицидов. – Введ. 01.01.98. – М.: Стандартиформ, 2008. – 15 с.

109. Николаева, М.А. Товароведение плодов и овощей / М.А. Николаева. – М.: Экономика, 1990. – 288 с.

110. ГОСТ 28561-90. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги. – Введ. 30.06.91. – М.: Стандартиформ, 2011. – 11 с.

111. Бурштейн, А.И. Методы исследования пищевых продуктов / А.И. Бурштейн. – К.: Госмедиздат УССР, 1963. – 643 с.

112. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений: учебник / А.И. Ермаков и др. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.

113. Запрометов, М.Н. Основы биохимии фенольных соединений: учебное пособие для биологических специальностей университетов / М.Н. Запрометов – М.: «Высшая школа», 1974. – 75 с.

114. ГОСТ 8756.22-80. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения каротина. – Введ. 01.01.81. – М.: Стандартиформ, 2010. – 6 с.

115. ГОСТ ISO 750-2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности. – Введ. 01.07.15. – М.: Стандартиформ, 2014. – 12 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Краснодарский научно-исследовательский институт
хранения и переработки сельскохозяйственной продукции - филиал
Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Северо-Кавказский федеральный научный центр
садоводства, виноградарства, виноделия»
(КНИИХП - филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ)



УТВЕРЖДАЮ
Директор КНИИХП – филиал
ФГБНУ СКФНЦСВВ

С.М. Горлов
2018 г.

ТИ 10.39.91. 000-023-17021101-2018

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
ПО ПОДГОТОВКЕ КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ
МЫТОЙ К КРАТКОСРОЧНОМУ ХРАНЕНИЮ И ЕЕ ХРАНЕНИЯ В
УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Дата введения «29» ноября 2018 г.

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован
и распространен без разрешения КНИИХП - филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ

Краснодар
2018

ПРИЛОЖЕНИЕ В



Краснодарский научно-исследовательский институт
хранения и переработки сельскохозяйственной продукции –
филиал Федерального государственного бюджетного
научного учреждения
«Северо-Кавказский федеральный научный центр
садоводства, виноградарства, виноделия»
(КНИИХП – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ)

В.Н. Алёшин, Т.В. Першакова, Г.А. Купин,
С.М. Горлов, В.В. Лисовой, Е.С. Яцушко, Е.Ю. Панасенко

**МОРКОВЬ СТОЛОВАЯ:
ВЫРАЩИВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ
В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ**
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ



Краснодар
2018

ПРИЛОЖЕНИЕ Г



Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (КНИИХП – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ)

В.Н. Алёшин, Т.В. Першакова, Г.А. Купин,
С.М. Горлов, Е.С. Яцушко, Е.Ю. Панасенко

**СВЁКЛА СТОЛОВАЯ:
ВЫРАЩИВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ
В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ**
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ



Краснодар
2018

ПРИЛОЖЕНИЕ Д



УТВЕРЖДАЮ:
 Председатель правления
 крайпотребсоюза
 Ф. В. Кравцов /
 «15» ноября 2018г.

Акт внедрения

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ Краснодарского научно-исследовательского института хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»
 (КНИИХП - филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ)

Заказчик: Краснодарский краевой союз потребительских обществ, Кравцов Феликс Владимирович

Настоящим актом подтверждается, что результаты работы по теме № 0689-2018-0022 «Выявить закономерности влияния предварительной обработки овощей и фруктов электромагнитными полями перед закладкой на хранение и разработать на основе выявленных закономерностей инновационные ресурсосберегающие технологии их хранения», выполненной отделом хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья, реализованной в срок с «10» мая 2018 г. по «15» ноября 2018 г. при организации процессов хранения внедрены в организацию работы торгово-закупочных предприятий системы Краснодарского крайпотребсоюза.

1. **Вид внедренных результатов:** технология хранения корнеплодов
2. **Форма внедрения:** научно-практические рекомендации «Морковь столовая: выращивание и хранение в условиях юга России»
3. **Новизна результатов НИР:** модификация технологии хранения
4. **Внедрены в производство:** краткосрочное хранение корнеплодных овощей (морковь, свекла)
5. Объем внедрения: 1500 кг
6. Социальный и научно-технический эффект: сохранение товарных свойств корнеплодов, снижение потерь на 15%.

**От КНИИХП –
 филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ**

Руководитель НИР _____ Т.В. Першакова
 Зав. Отделом _____ Г.А. Купин
 Аспирант _____ Е.Ю. Панасенко

От предприятия

Начальник управления по производству,
 заготовкам и реализации
 сельскохозяйственной продукции
 _____ С. А. Ульяновский



ПРИЛОЖЕНИЕ Е

СОГЛАСОВАНО:

Директор КНИИХП-
филиала ФГБНУ СКФНЦСВВС.М. Горлов
« 15 » ноября 2018г.

УТВЕРЖДАЮ:

Председатель правления
крайпотребсоюзаФ. В. Кравцов/
« 15 » ноября 2018г.**Акт внедрения**

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ Краснодарского научно-исследовательского института хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»
(КНИИХП - филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ)

Заказчик: Краснодарский краевой союз потребительских обществ, Кравцов Феликс Владимирович

Настоящим актом подтверждается, что результаты работы *по теме № 0689-2018-0022 «Выявить закономерности влияния предварительной обработки овощей и фруктов электромагнитными полями перед закладкой на хранение и разработать на основе выявленных закономерностей инновационные ресурсосберегающие технологии их хранения»*, выполненной отделом хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья, реализованной в срок с «10» мая 2018 г. по «15» ноября 2018 г. при организации процессов хранения внедрены в организацию работы торгово-закупочных предприятий системы Краснодарского крайпотребсоюза.

1. **Вид внедренных результатов:** технология хранения корнеплодов
2. **Форма внедрения:** научно-практические рекомендации «Свекла столовая: выращивание и хранение в условиях юга России»
3. **Новизна результатов НИР:** модификация технологии хранения
4. **Внедрены в производство:** краткосрочное хранение корнеплодных овощей (морковь, свекла)
5. Объем внедрения: 2300 кг
6. Социальный и научно-технический эффект: сохранение товарных свойств корнеплодов, снижение потерь на 15%.

От КНИИХП –

филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ

Руководитель НИР _____ Т.В. Першакова
Зав. Отделом _____ Г.А. Купин
Аспирант _____ Е.Ю. Панасенко

От предприятия

Начальник управления по производству,
заготовкам и реализации с/х продукции
_____ С. А. Ульяновский

