

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»

На правах рукописи

КАБАЛИНА ДАРЬЯ ВАЛЕРИЕВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ ЯБЛОК С
ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО БИОПРЕПАРАТА**

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 техн. наук, доцент
Першакова Татьяна Викторовна

Краснодар, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ПАТЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ОБЛАСТИ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ ФРУКТОВ.....	11
1.1 Характеристика яблок как объектов хранения.....	11
1.2 Современные технологии подготовки к хранению и хранения фруктов.....	18
1.3 Перспективные способы подготовки к хранению фруктов с применением биопрепаратов.....	28
1.4 Характеристика биопрепаратов на основе бактерий-антагонистов <i>Bacillus subtilis</i>	36
1.5 Основные этапы разработки биопрепаратов на основе <i>Bacillus</i> <i>subtilis</i>	42
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	46
2.1 Объекты исследований.....	46
2.2 Методы исследования показателей качества и безопасности	46
2.3 Методы исследования биохимических показателей	47
2.4 Методы микробиологических исследований	47
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	52
3.1 Исследование качества, безопасности и биохимических показателей яблок.....	52
3.2 Исследование микробиальной контаминации поверхности яблок в опытах <i>in vivo</i>	59
3.3 Исследование степени поражения поверхности яблок фитопатогенными микроорганизмами в опытах <i>in vivo</i>	61
3.4 Исследование эффективности влияния биопрепаратов на подавление фитопатогенных микроорганизмов, вызывающих микробиологическую порчу яблок, в опытах <i>in vitro</i> и <i>in vivo</i>	66

3.4.1	Исследование степени антагонистической активности биопрепаратов по отношению к фитопатогенным микроорганизмам в опытах <i>in vitro</i>	66
3.4.2	Исследование эффективности влияния обработки биопрепаратами на степень снижения микробиологической порчи яблок в опытах <i>in vivo</i>	68
3.5	Разработка состава и технологии комплексного биопрепарата, обеспечивающего устойчивость яблок к микробиологической порче в процессе хранения и оценка его эффективности.....	88
3.6	Исследование влияния разработанного комплексного биопрепарата на биохимические, микробиологические показатели и величину потерь яблок в процессе хранения.....	97
4	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ К ХРАНЕНИЮ И ХРАНЕНИЯ ЯБЛОК С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗРАБОТАННОГО КОМПЛЕКСНОГО БИОПРЕПАРАТА.....	116
5	ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ АПРОБАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ.....	121
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	123
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	126
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	144

ВВЕДЕНИЕ

Фрукты являются неотъемлемой составляющей рациона питания здорового человека. Валовые сборы фруктов в Российской Федерации на протяжении последних лет постоянно растут, и по данным Министерства сельского хозяйства, в 2019 году собран рекордный урожай фруктов – 3,4 млн. т.

При этом не более 40% собранного урожая может быть переработано или потреблено в период уборки. Остальная продукция подлежит краткосрочному или длительному хранению, потери должны быть минимизированы за счет эффективной организации процесса хранения. Проблема особенно актуальна для Южного федерального округа, являющегося лидером по валовым сборам фруктов, к которым относятся яблоки.

В период хранения в яблоках происходят сложные биохимические процессы, в результате которых повышается восприимчивость к фитопатогенным микроорганизмам, вызывающим микробиологическую порчу, потери в результате которой составляют до 30 %.

Эффективность деятельности предприятий, реализующих яблоки оптом или в розницу, напрямую зависит от сокращения потерь. Количество брака и отходов в период хранения и реализации возрастает в результате увеличения интенсивности протекания биохимических процессов в яблоках и, как следствие, развития микробиологической порчи.

Совершенствование технологии хранения яблок на предприятиях оптовой и розничной торговли является актуальным, поскольку повышает экономическую эффективность предприятия за счет снижения потерь, возникающих в результате микробиологической порчи, и сохранения качества яблок в процессе хранения и реализации.

Кроме этого, значительная часть яблок реализуется за пределами округа и, в связи с этим, требует обеспечения сохранности во время транспортирования.

Традиционно для контроля послеуборочных заболеваний фруктов используют химические фунгициды, которые предотвращают развитие

фитопатогенных микроорганизмов, но, в тоже время, уничтожают биологический барьер, снижая естественный иммунитет фруктов, что приводит к повышению резистентности фитопатогенов, в результате эффективность обработки снижается. Кроме этого известно, что применение химических фунгицидов оказывает пагубное воздействие на здоровье человека и окружающую среду.

Во всем мире поиск безопасных и эффективных альтернатив синтетическим химическим фунгицидам для снижения послеуборочных потерь были предметом многочисленных исследований за последние три десятилетия, однако не все из них широко распространены и коммерчески жизнеспособны.

Использование микробных антагонистов является перспективной альтернативой, поскольку они представляют меньший риск для здоровья человека и окружающей среды.

Предварительная обработка яблок биопрепаратами на основе активных штаммов-антагонистов перед закладкой на хранение позволит снизить микробиальную обсемененность поверхности и сохранить показатели качества в период хранения и реализации. Применение биопрепаратов является наиболее эффективным, экологически безопасным и экономически выгодным способом хранения яблок.

В связи с этим, совершенствование технологии хранения яблок с применением биопрепаратов является актуальным

Степень разработанности темы. Совершенствованием технологии хранения сельскохозяйственной продукции занимаются ученые во всем мире. В России широко известны работы – Чеботарь В.К., Гудковского В.А., Причко Т.Г., Квасенкова О.И. и др., в зарубежных странах известны исследования – Romanazzi G., Wisniewski M. E., Wallace R.L, Spadaro D. Большая часть работ базируется на изучении биохимических процессов, происходящих в продукции в период хранения, а также на исследовании влияния способов обработки на изменение этих процессов. Для сохранения качества и сокращения потерь фруктов от микробиологической порчи в период хранения и реализации, в основном применяют химические фунгициды или физические методы

воздействия, а биотехнологические методы используют в основном для обработки овощных и злаковых культур. Однако, недооценена возможность применения биотехнологических методов с использованием биопрепаратов на основе активных штаммов-антагонистов для контроля заболеваний фруктов в период хранения. Кроме того, недостаточно исследований, посвященных изучению влияния биопрепаратов на поражаемость фруктов фитопатогенными микроорганизмами в зависимости от их сортовых особенностей.

Цель исследований. Целью исследований являлось научное обоснование и совершенствование технологии хранения яблок на основе выявления закономерностей влияния их обработки разработанным комплексным биопрепаратом на ингибирование развития фитопатогенной микрофлоры, снижение потерь и стабилизацию показателей качества.

Задачи исследований:

- провести анализ научно-технической литературы и патентной информации в области современных и перспективных технологий подготовки к хранению и хранения фруктов, систематизировать мировой опыт подготовки фруктов к хранению с применением биотехнологических методов;
- исследовать качество, безопасность и биохимические показатели свежих яблок сортов Ренет Симиренко, Интерпрайс, Гала, Айдаред, Флорина и Голден Делишес, распространенных в ЮФО;
- исследовать микробиальную контаминацию поверхности свежих яблок;
- исследовать степень поражения поверхности яблок фитопатогенными микроорганизмами;
- исследовать влияние биопрепаратов на фитопатогенные микроорганизмы, вызывающие микробиологическую порчу яблок, в опытах *in vitro* и *in vivo*;
- разработать состав и технологию комплексного биопрепарата, обеспечивающего устойчивость яблок к микробиологической порче в процессе хранения и оценить его эффективность;

- исследовать влияние разработанного комплексного биопрепарата на биохимические, микробиологические показатели и величину потерь яблок в процессе хранения;
- усовершенствовать технологию подготовки к хранению и хранения яблок с применением комплексного биопрепарата;
- провести опытно-промышленную апробацию усовершенствованной технологии хранения яблок и оценить экономический эффект от ее внедрения.

Научная новизна. Впервые в опытах *in vivo* выявлено, что наибольшую степень поражения поверхности яблок исследуемых сортов вызывают фитопатогенные микроорганизмы *Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*, при этом по степени поражения поверхности указанными фитопатогенными микроорганизмами сорта яблок можно расположить в ряд по убыванию: Голден Делишес, Флорина, Айдаред, Гала, Интерпрайс и Ренет Симиренко.

Впервые в опытах *in vitro* и *in vivo* установлена высокая антагонистическая активность штаммов бактерий *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D, ВКМ В-2605 D и ИПМ 215 по отношению к фитопатогенным микроорганизмам *Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*, наиболее часто вызывающим заболеваемость яблок в процессе хранения, при этом штаммы бактерий *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D в большей степени проявляют антагонистическую активность по отношению к *Penicillium expansum*, а штамм бактерий *Bacillus subtilis* ИПМ 215 – по отношению к *Botrytis cinerea*.

Впервые в опытах *in vivo* выявлена высокая антагонистическая активность разработанного комплексного биопрепарата, содержащего штаммы бактерий *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D, ВКМ В-2605 D и ИПМ 215 при соотношении 1:1:1, с титром микробных клеток 1×10^8 КОЕ/мл по отношению к фитопатогенным микроорганизмам, вызывающих заболеваемость яблок в процессе хранения.

Новизна работы подтверждена получением 1 патента РФ на изобретение (Приложение А).

Практическая значимость работы. Разработан состав комплексного биопрепарата, включающий водную суспензию штаммов бактерий *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D, ВКМ В-2605 D и ИПМ 215, стабилизатор титра бактерий – глицерин, стабилизатор суспензии биомассы бактерий – гуаровую камедь и прилипатель – Твин -80, для обработки яблок перед закладкой на хранение.

Разработаны эффективные технологические режимы подготовки яблок перед закладкой на хранение с применением комплексного биопрепарата, обеспечивающие максимальное сохранение качества, содержания биологически активных веществ и минимальные потери яблок в процессе хранения.

Разработан комплект технической документации, включающий технические условия на комплексный биопрепарат «Стабилактив» (ТУ 21.10.60-017-17021101-2018) и технологическая инструкция по его производству (ТИ 21.10.60-017-17021101-2018) (Приложение Б и В). Разработана технологическая инструкция по подготовке яблок к хранению и хранения с применением комплексного биопрепарата «Стабилактив» (ТИ 10.39.91-034-17021101-2020) (Приложение Г).

Разработаны методические рекомендации по подготовке яблок к хранению и хранения в условиях Юга России (Приложение Д).

Практическая значимость работы подтверждена опытно-промышленной апробацией разработанной технологии подготовки к хранению и хранения яблок в условиях сельскохозяйственного предприятия оптово-розничной торговли ЗАО «Плодовод» (Приложение Е). Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанных технологических решений составит 5,3 тыс. руб. на 1 т яблок.

Методология исследований. При решении поставленных задач и проведении испытаний использовали комплекс стандартных и специальных методов исследований: органолептические, биохимические, микробиологические, а также статистические и математические.

Положения, выносимые на защиту:

– результаты исследования микробиальной контаминации поверхности яблок и степени их поражения фитопатогенными микроорганизмами, в зависимости от сортовых особенностей;

- результаты исследования эффективности влияния биопрепаратов на основе бактерий *Bacillus subtilis* на ингибирование фитопатогенных микроорганизмов, вызывающих микробиологическую порчу яблок, в опытах *in vivo* и *in vitro*;

- разработанные состав и технологические режимы производства комплексного биопрепарата, обеспечивающего устойчивость яблок к микробиологической порче в процессе хранения, и оценка его эффективности;

- результаты исследования влияния обработки яблок разработанным комплексным биопрепаратом на степень подавления фитопатогенных микроорганизмов;

- результаты исследования влияния разработанного комплексного биопрепарата на биохимические, микробиологические показатели и величину потерь яблок в процессе хранения;

- усовершенствованная технология и технологические режимы подготовки к хранению и хранения яблок с применением разработанного комплексного биопрепарата;

- результаты внедрения технологических режимов подготовки к хранению и хранения яблок в производственных условиях и оценки экономической эффективности разработанных технологических решений.

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 исследований были доложены, обсуждены и одобрены на Всероссийской научно-практической конференции аспирантов, докторантов и молодых ученых «Современные проблемы науки и общества» (Майкоп, 2018); 70-ой Международной научно-практической конференции студентов и аспирантов (Мичуринск, 2018); «Современные биотехнологии в области АПК»

(Краснодар, 2020); Второй международной научно-практической молодежной конференции «Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения» (Москва, 2020).

Личное участие автора. Диссертационная работа является результатом исследований, проведенных в 2016 – 2020 гг. при личном участии автора. Автором проведены лабораторные исследования, математическая обработка, а также обобщение полученных данных и их публикация в научных изданиях.

Публикации результатов исследования. По материалам диссертационной работы опубликовано 16 научных работ, в том числе 8 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 1 статья в зарубежном журнале, включенном в международную базу цитирования Scopus, и получен 1 патент РФ на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения и приложений. Работа изложена на 149 страницах машинописного текста, содержит 20 таблиц и 35 рисунков. Список литературы включает 139 источников, из которых 75 на иностранном языке.

1. АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ПАТЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ОБЛАСТИ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ ФРУКТОВ

1.1 Характеристика яблок как объектов хранения

Фрукты являются неотъемлемой составляющей рациона питания здорового человека. Валовые сборы фруктов в РФ за последние 10 лет возросли более чем на 20%, при этом средняя урожайность составила более 70,0 ц/га.

Лидером по выращиванию и сбору фруктов является Южный федеральный округ – его доля составляет 30 % собранного урожая в стране (рисунок 1).

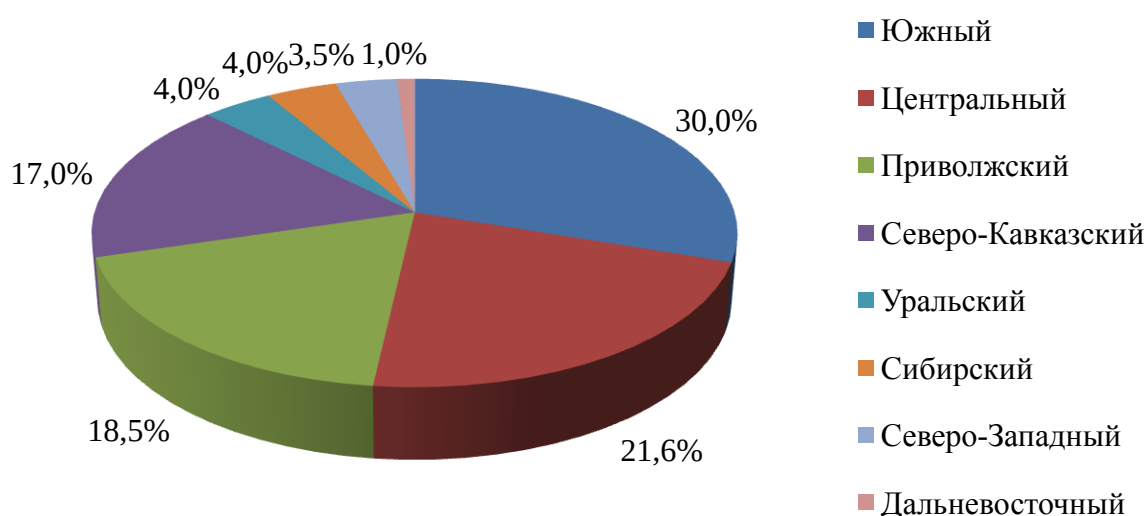


Рисунок 1 – Доля федеральных округов в валовом сборе фруктов в 2019 году

Из фруктов яблоки считаются самыми востребованными и потребляемыми в России: доля яблок на рынке фруктов в стране составляет – 68,7 %. По данным аналитиков, валовой сбор яблок во всех хозяйственных субъектах Российской

Федерации в 2019 году составил около 1,7 млн. тонн, что на 100 тыс. тонн больше, чем в 2018 году [1].

Увеличение производства яблок в последние годы связано, в первую очередь, с реализацией государственной программы развития сельского хозяйства, которая предусматривает увеличение площадей закладки садов и развитие интенсивного садоводства, а также модернизацию, проектирование и строительство плодохранилищ современного типа [2].

Яблоки относятся к группе растительного сочного сырья, отличительной особенностью которого является высокое содержание влаги – до 90%. Высокая влажность является определяющим показателем при организации хранения сырья, так как с ней связаны процессы обмена веществ в клетках и тканях, дыхания и испарения [3].

Основная часть влаги в яблоках содержится в свободном состоянии, с чем связан интенсивный обмен веществ и высокая чувствительность к изменениям в окружающей среде. В условиях психроанабиоза процесс обмена веществ замедляется, поэтому яблоки хранят при низких температурах, близких к 0 °С.

С испарением влаги связаны потери от естественной убыли массы яблок при хранении, снижение тургора клеток, увядание тканей, распад органических веществ и ослабление устойчивости к внешним неблагоприятным факторам. Для предотвращения испарения влаги яблоки следует хранить в условиях повышенной относительной влажности воздуха (90-95%).

Увядание тканей приводит к снижению не только вкусовых свойств, но и к снижению естественного иммунитета, который препятствует развитию порчи, вызванной фитопатогенными микроорганизмами.

С повышением температуры и снижением относительной влажности воздуха увеличивается интенсивность дыхания. Дыхание является необходимым процессом для поддержания жизнедеятельности фруктов в период хранения. Процесс дыхания связан с распадом (окислением) сложных органических веществ, накопленных в период роста и развития плода, на более простые. При

этом происходит поглощение кислорода и выделение углекислого газа и энергии в окружающую среду.

Таким образом, в процессе дыхания снижается количество питательных веществ, накопленных в яблоках, при этом степень снижения измеряется интенсивностью дыхания. Интенсивность дыхания яблок при хранении зависит не только от внешних условий, но и от сорта, степени зрелости и общего состояния. Известно, что яблоки поздних сроков созревания обладают низкой интенсивностью дыхания, а ранних – более высокой. Также интенсивность дыхания растет до полного созревания яблок, а затем падает, что служит признаком их увядания и «старения» [3, 4].

Яблоки отличаются высоким содержанием пищевых веществ, витаминов (С, Р), макро- и микроэлементов. Сахара в яблоках представлены в основном глюкозой и фруктозой, их содержание в зависимости от сорта колеблется от 5 % до 24 %. Из минеральных веществ яблоки богаты солями калия и натрия и, что особенно важно, железом. Также в состав яблок входит ряд органических кислот, полисахаридов, пектиновых веществ, полифенолов и каротин [5].

Биохимический состав яблок изменяется в процессе роста и созревания под воздействием таких факторов, как: сорт, степень зрелости, сроки уборки урожая, товарная обработка, технология и условия выращивания, длительность и условия хранения.

По срокам созревания яблоки подразделяют на сорта ранних и поздних сроков созревания. Созревание и сбор ранних (летних) сортов яблок происходит в июле-августе, поздних (зимних) в сентябре-ноябре.

Яблоки ранних сроков созревания не подлежат транспортированию и хранению и реализуются для продажи потребителям в течение сезона. Наиболее распространенными в ЮФО являются яблоки сортов: Мельба, Астраханское белое, Астраханское красное, Белый налив, Грушовка московская, Слава победителям и Папировка.

Плотная мякоть и упругая кожица яблок поздних сроков созревания обеспечивают им хорошую лежкость, поэтому поздние сорта используются для

длительного хранения. В ЮФО наиболее распространены сорта: Ренет Симиренко, Голден Делишес, Джонатан, Айдаред, Флорина, а также набирающие популярность – Гала и Интерпрайс [6, 7].

В настоящее время основной проблемой производителей сельскохозяйственной продукции является не только сбор урожая, но и его сохранность в течение длительного времени.

Помимо потерь, связанных с процессами метаболизма (дыхания и испарения влаги), возникает ряд потерь урожая яблок вследствие: воздействия вредителей, механических повреждений, физиологических заболеваний и заболеваний, вызванных фитопатогенными микроорганизмами.

Повреждения, наносимые вредителями (яблонная плодожорка, яблонная щитовка и другие насекомые), и механические повреждения (градобоины, ушибы, царапины, потертости о тару) снижают качество яблок и, в большинстве случаев, становятся очагом к проникновению и развитию патогенной микрофлоры.

Физиологические заболевания возникают вследствие естественного старения яблок, нарушения обмена веществ, повреждения тканей, а также нарушений, связанных с технологиями выращивания и режимами хранения (высокие или низкие температуры, плохая вентиляция воздуха, низкая влажность и другие). К физиологическим заболеваниям яблок относят: побурение мякоти и кожицы или загар, налив или стекловидность, мокрый ожог, низкотемпературный распад, пухлость вследствие перезревания, горькая ямчатость [4, 8].

Микробиологическая порча – основная причина потерь яблок в период хранения. Известно, что видовой состав и численность эпифитной микрофлоры на поверхности неповрежденной кожицы свежих яблок зависят от многих факторов, а именно: сорта, условий и района выращивания (климатических, метеорологических, состава почвы, агротехнических приемах и других), а также сроков и способов уборки и транспортирования.

Естественные эпифиты на поверхности яблок представлены бактериями, дрожжами и плесневыми грибами.

Известно, что гниение и порча яблок в период хранения вызывается преимущественно плесневыми грибами, особенно быстро развивающимися на поверхности поврежденных плодов, реже – бактериями [9].

Фитопатогенные микроорганизмы поражают как ослабленные, так и здоровые плоды. Они содержат широкий набор ферментов, а плесневые грибы могут продуцировать опасные для жизни человека микотоксины. Разрушая ткани яблок, фитопатогены проникают в клетки и питаются растворимыми в ней веществами. Пораженные яблоки загнивают, деформируются, теряют товарный вид и вкусовые свойства.

Поражение яблок фитопатогенными микроорганизмами может происходить как в период вегетации, то есть до уборки урожая, так и в период товарной обработки и хранения от загрязненных спорами грибов или бактериями тары, оборудования и помещения хранилища.

Наиболее часто при хранении яблоки поражают следующие фитопатогенные микроорганизмы: *Botrytis scinerea*, *Penicillium expansum*, *Monila fructigena*, *Alternaria alternata*, *Fusicladium dendriticum*, *Gloeosporium album*, *Fusarium avenaceum*, *Phytophthora cactorum* [4].

Серая гниль или ботритиоз, вызываемая плесневым грибом *Botrytis scinerea*, проявляется на пораженных яблоках в виде мягкого бурого пятна, на котором образуется мицелий и конидии гриба в виде серого пушистого налета. Со временем на пораженной поверхности образуются черные склероции. Мякоть приобретает кислый вкус и затхлый запах.

Penicillium expansum вызывает голубую (сизую плесень) или пенициллез. Поражение фитопатогеном начинается с небольшого водянистого светло-коричневого пятна. Поверхность становится мягкой, кожица трескается и выделяется сок. Пятно покрывается белым мицелием гриба, а затем появляются серовато-зеленые подушечки его спороношения. Пораженная мякоть имеет прокисший вкус и характерный запах плесени, которые распространяются и на здоровую мякоть плода [10].

Признаки плодовой гнили или монилиоזה, возбудителем которой является *Monila fructigena*, проявляются на кожице в виде бурого пятна, которое быстро распространяется по всей поверхности яблока. Мякоть буреет, размягчается, становится рыхлой, губчатой и приобретает характерный сладковато-винный вкус. При заражении в саду, на поверхности образуются желтовато-бурые подушечки, в форме правильных кругов (конидиальное спороношение гриба). При заражении во время упаковывания и транспортирования плод мумифицируется и приобретает черную или синеvато-черную окраску [11].

Альтернариоз или оливковую плесневидную гниль вызывает гриб *Alternaria alternata*. На пораженной поверхности яблок возникает мицелий, а затем темно-оливковый налет спороношения гриба, под которым образуется пятно темно-коричневого или черного цвета. Пятна обычно твердые и имеют резко ограниченные края. Основной причиной заражения являются механические повреждения поверхности яблок [9].

Фитопатогенный гриб *Fusicladium dendriticum* вызывает паршу яблок. Болезнь проявляется в виде округлых, резко очерченных пятен буровато-оливкового цвета или темных точек. При развитии пятно буреет, под ним образуется пробковый слой, а на границе со здоровой тканью возникает светло-серый ободок. Со временем на пятнах развивается светлый налет, состоящий из конидиеносцев и конидий гриба. Яблоки, пораженные паршой, имеют плохой товарный вид и плохо хранятся.

При возникновении горькой глеоспоровой гнили яблок или антракноза, возбудителем которой является *Gloeosporium album*, на поверхности яблок появляются бурые округлые пятна, слегка вдавленные, с резко ограниченными краями. Мякоть приобретает горький вкус, кожица лопается. Пораженные яблоки высыхают и мумифицируются. По мере спороношения гриба пятна покрываются бледно-розовыми подушечками [4].

Развитие фитопатогенного микроорганизма *Fusarium avenaceum*, вызывающего фузариоз (фузариозная гниль), начинается в семенной камере яблок, а затем распространяется на мякоть и на весь плод. В результате яблоко

высыхает и покрывается небольшими бело-розовыми подушечками конидиального спороношения гриба. При механическом повреждении кожицы на поверхности появляется мицелий гриба в виде белого или желтого ватообразного налета.

Возбудителем фитофротоза служит *Phytophthora cactorum*. Заболевание проявляется на кожице в виде загнившего пятна с четкими краями, которое со временем поражает всю поверхность. Цвет пятен зависит от окраски яблок: у сортов с желтой окраской кожицы пятна коричнево-бурового или красно-бурого цвета, с зеленой - пятна более светлые, чем здоровая кожица. Яблоки сохраняют форму, но мякоть становится водянистой и губчатой. При разрезе в мякоти образуется интенсивное побурение сосудов [12].

На устойчивость яблок при хранении влияют не только внешние факторы, но и сортовые особенности – химический состав (кислотность, количество сахаров, полисахаридов, ферментов и другие) и анатомическое строение плода (плотность тканей и кожицы, наличие воскового налета).

Кожица яблок состоит из эпидермиса и кутикулы, которые формируют ее защитные свойства и являются барьером против различных неблагоприятных факторов внешней среды. Толщина кутикулы для яблок в съемной степени зрелости варьирует от 15 мкм (Айдаред, Джонаголд) до 30 мкм (Ренет Симиренко, Голден Делишес) [13].

Учитывая это, строение покровных тканей яблок различных сортов служит информацией для определения устойчивости сорта к заболеваниям, вызванным фитопатогенными микроорганизмами.

Кожица бывает разной толщины и прочности. Яблоки ранних сроков созревания имеют тонкую кожицу, они легко повреждаются при товарной обработке, упаковывании и транспортировании, поэтому их не хранят.

Восковой налет на поверхности эпидермиса предотвращает испарение влаги, его толщина зависит от сортовых особенностей. Известно, что яблоки сортов Ред Делишес и Старкримсон отличаются высокой толщиной воскового налета, а у яблок сорта Голден Делишес восковой налет практически отсутствует.

Значительную роль в устойчивости играет строение чашечки плода. В зависимости от сорта чашечка бывает закрытой, полуоткрытой и открытой. Так, яблоки сорта Голден Делишес с открытой чашечкой наиболее часто подвергаются заболеваниям, вызывающим гниль семенного гнезда и сердечка. Для обеспечения устойчивости яблок в период хранения необходимо применять различные технологии, режимы хранения и способы обработки, учитывая особенности помологического сорта [3, 4].

Таким образом, результат хранения яблок зависит от таких факторов, как сорт, технология и условия выращивания, уборки урожая и послеуборочной обработки, а также от способа и места хранения, обеспечения системы контроля температуры и относительной влажности воздуха в хранилище. Снижение потерь и обеспечение потребителей продукцией высокого качества круглый год является главной задачей, которую можно решить, благодаря применению современных технологий хранения.

1.2 Современные технологии подготовки к хранению и хранения фруктов

Качество яблок, реализуемых потребителям, определяют в соответствии с требованиями ГОСТ 34314-2017 «Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия» [14].

В зависимости от показателей качества свежие яблоки делят на три товарных сорта: высший, первый и второй. Для высшего сорта допускаются незначительные дефекты кожицы, для первого сорта – незначительные дефекты кожицы и формы плода, для второго сорта – допускаются дефекты формы и окраски плода, а также небольшие повреждения кожицы. Форма и окраска плодов для высшего и первого сортов должны соответствовать типичным помологическим признакам, для второго сорта данные показатели не нормируются.

К реализации допускаются яблоки всех товарных сортов в съемной степени зрелости, без повреждений сельскохозяйственными вредителями и болезнями.

Яблоки, закладываемые на длительное хранение (не менее трех месяцев), убирают, как правило, вручную, аккуратно отделяя от плодушки, для избежания механических повреждений (нажимов, царапин) и нарушений воскового налета.

Степень зрелости также влияет на срок лежкости яблок, обеспечивая по истечению срока хранения, яблоки требуемого качества.

Состояние съемной степени зрелости яблок при уборке определяется с учетом помологического сорта по соответствующим признакам: покровная окраска кожицы изменяется, становится более интенсивной, семена приобретают цвет от светло- до темно-коричневого, яблоко легко отделяется от плодушки. Съемная зрелость яблок определяется степенью гидролиза крахмала, для этого используют йод-крахмальную пробу: при обработке йодом у созревших яблок отсутствует посинение сердечка и плодоножки [4, 15].

Поступившие из сада яблоки подвергают товарной обработке: сортируют, калибруют (по размеру и массе) на товарные сорта в соответствии с требованиями ГОСТ, при этом удаляют все яблоки, не отвечающие установленным требованиям.

Товарную обработку яблок проводят в основном на механизированной поточной линии с использованием сортировочного конвейера и калибровочной машины, снабженной сепаратором для отделения сорной примеси и нестандартных яблок [16].

Сортировку яблок в зависимости от сроков созревания определяют в соответствии с требованиями:

- ГОСТ 21122-75 «Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия» [17];
- ГОСТ 16270-70 «Яблоки свежие ранних сроков созревания. Технические условия» [18].

Если яблоки не закладывают на хранение, а подлежат переработке, то руководствуются ГОСТ 27572-2017 «Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия» [19].

Закладываемые на хранение яблоки должны быть не ниже 2-го товарного сорта по ГОСТ 21122, 1-го товарного сорта по ГОСТ 16270 или по ГОСТ 27572.

Содержание в свежих яблоках токсичных элементов, пестицидов, радионуклидов и патогенных микроорганизмов не должно превышать норм, установленных Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [20].

Здоровые, отсортированные и откалиброванные яблоки закладывают на длительное хранение.

Успешное хранение яблок зависит от таких факторов, как температура, относительная влажность воздуха, состав газовой среды, а также дополнительных способов предварительной обработки яблок, обеспечивающих защиту от заболеваний, вызванных фитопатогенными микроорганизмами.

От внешних условий среды зависят темпы обмена веществ в яблоках, определяющих изменение окраски кожицы, аромата, консистенции и вкуса мякоти. Известно, что яблоки разных сортов обладают различной устойчивостью к условиям внешней среды, вследствие неодинаково протекающих процессов обмена веществ [4, 21].

В производственных условиях яблоки хранят в стационарных плодохранилищах. Для увеличения сроков хранения яблок применяют: хранение в условиях искусственного охлаждения, регулируемого газового состава атмосферы и применения химических способов обработки [22].

Хранение в условиях искусственного охлаждения осуществляют в соответствии с требованиями ГОСТ 27819-88 «Яблоки свежие. Хранение в холодильных камерах», согласно которым яблоки загружают в предварительно охлажденные камеры при температуре воздуха от -1 до 0° С, затем не более чем за 24 часа температуру доводят до значений, установленных для хранения помологического сорта [23].

В среднем по сортам оптимальные параметры хранения яблок достигаются при температуре, равной $0\pm 1^{\circ}\text{C}$, и относительной влажности воздуха 90-95 %. При понижении относительной влажности воздуха яблоки преждевременно увядают, сморщиваются, меняется консистенция и вкус мякоти.

В период охлаждения яблок в камере осуществляют непрерывную вентиляцию воздуха с использованием воздухоохладителя, по завершению охлаждения вентиляцию проводят периодически (не более 6 часов в сутки) [4, 23].

Хранение яблок в условиях регулируемой газовой атмосферы осуществляют согласно ГОСТ Р 50528-93 «Яблоки свежие. Хранение в контролируемой атмосфере». Камеры в хранилищах, предназначенных для хранения яблок в регулируемой среде, герметичны и оснащены приборами регулирования состава газовой среды. В камерах должна быть обеспечена активная циркуляция газовой смеси: максимальная высота загрузки ящиков – 6 метров, с учетом зазора между верхним ящиком и потолком от 0,5 до 1,0 метра [24].

С помощью изменения газового состава среды замедляются процессы метаболизма (дыхания и испарения влаги) и созревания, чем достигается максимальный срок хранения яблок без потери качества.

Снижение содержания кислорода и повышение концентрации углекислого газа препятствует развитию фитопатогенных микроорганизмов и физиологических заболеваний. Однако, следует учитывать то, что некоторые сорта яблок чувствительны к содержанию высоких концентраций CO_2 и повышение концентрации CO_2 даже до нескольких процентов может привести к обратному эффекту: физиологическим расстройствам, восприимчивости к условиям внешней среды и фитопатогенным микроорганизмам, а также к ухудшению качества.

Рекомендуемой концентрацией газового состава при хранении яблок является: содержание кислорода 2-4 %, углекислого газа – 2-5 %, при температуре $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 90-95 %.

Оптимальный состав компонентов газовой смеси устанавливается отдельно для каждого сорта яблок. Содержание углекислого газа и кислорода в камере

может оставаться как постоянным в течение всего срока хранения, так и изменяться в зависимости от физиологического состояния яблок [4, 21].

Еще одним способом хранения, связанным с изменением газовой среды, является применение модифицированной атмосферы (МА) или модифицированной газовой среды (МГС). При применении данного способа газовая среда создается за счет использования различных упаковок из полимерных пленок, в которых происходят процессы поглощения кислорода и накопление углекислого газа вследствие дыхания яблок. Соотношение газов в упаковке изменяется в зависимости от сортовых особенностей яблок, температуры хранения, типа используемой пленки (с газоселективной мембраной или барьерного типа), ее толщины и вместимости пакета.

Конструктивные решения упаковки включают применение: пакетов-вкладышей в тару, мешков небольшой вместимости, а также крупногабаритных упаковок-накидок с мембраной на ящичный штабель [25, 26].

Недостатком хранения яблок в модифицированной атмосфере являются: накопление конденсата и повышенная концентрация углекислого газа, которые служат причиной порчи яблок, а также трудоемкость процессов герметизации. Хранение яблок в регулируемой и модифицированной газовой среде требует установки дополнительного дорогостоящего оборудования, поэтому данные способы не рентабельны для небольших предприятий и используются в основном крупными холдингами [27].

В настоящее время распространена технология хранения, основанная на обработке яблок ингибиторами этилена. Известно, что хранение яблок в регулируемой среде не предотвращает чрезмерное накопление этилена, который ускоряет процесс созревания и способствует преждевременному старению.

1-метилциклопропен (1-МЦП) подавляет биосинтез этилена и процессы его биологического действия на сырье. В России на основе 1-МЦП разработан и внедрен в сельское хозяйство препарат Фитомаг, в США - SmartFresh. Препараты применяют для обработки фруктов перед закладкой на хранение с целью предотвращения развития фитопатогенных микроорганизмов, физиологических

заболеваний, для увеличения периода хранения и сохранение качества по его истечению [21, 28-30].

Применение технологии озонирования способствует разложению этилена и подавляет развитие фитопатогенных микроорганизмов в период хранения. Обработку яблок озоновоздушной смесью проводят с использованием специального оборудования – озонаторов [31, 32].

Традиционно для обработки яблок перед закладкой на хранение используют химические фунгициды, которые предотвращают потери, связанные с развитием микробиологической порчи, вызванной фитопатогенными микроорганизмами. Активной основой препаратов являются растворы: тиабензадола (препараты ActiSeal, Tecto), флудиоксонила (препараты Scholar, Геокс), флудиоксонила и дифеноконазола (препарат Academy), пириметанила (препарат Penbotec 400SC), имазалила и других химических веществ. Фунгициды ингибируют осмосенсорный путь, тем самым предотвращая прорастание конидий и рост мицелия, блокируют прорастание спор и секрецию грибковых ферментов, разрушающих клеточную стенку плода [33].

Основными проблемами применения химических фунгицидов является снижение их эффективности в результате повышения резистентности фитопатогенных микроорганизмов, а также снижение естественного иммунитета, вследствие уничтожения биологического барьера у обработанных фруктов. Кроме того, применение химических фунгицидов оказывает пагубное воздействие на здоровье человека и окружающую среду.

В настоящее время в мире растет спрос на экологически безопасные продукты, без химических остатков, что привело к исследованию безопасных альтернатив, эффективных для борьбы с послеуборочными заболеваниями яблок, обеспечивающих сохранение качества в течение длительного хранения [34, 35].

С целью повышения устойчивости в период хранения применяют съедобные покрытия, обработку эфирными маслами, солями органических и неорганических кислот, растительными экстрактами и биопрепаратами [36].

Также для защиты продукции в период хранения могут применяться методы физического воздействия: обработка горячей водой, ультрафиолетовое облучение, электромагнитные поля крайне низких частот, ионизирующее излучение и вакуумная обработка. Существенным недостатком данных методов является необходимость приобретения дорогостоящего оборудования, а также чувствительность продукции к типу физического воздействия, например, тепловое повреждение поверхности яблок горячей водой [37, 38].

Учеными разработано покрытие на основе хитозана – природного биополимера из раковин крабов, который известен своей биосовместимостью, биоразлагаемостью и биологической активностью. При применении хитозан образует съедобную пленку на обработанной поверхности, которая обладает антимикробной активностью и активизирует естественный иммунитет яблок. Покрытие создает барьер для газообмена и снижает интенсивность дыхания, поэтому процесс созревания яблок замедляется [39].

Известно, что хитозановое покрытие обладает защитным спектром действия в отношении большого количества фитопатогенных микроорганизмов, включая плесневые грибы, вирусы, бактерии и фитоплазму. Для обеспечения контроля послеуборочных заболеваний яблок стандартной концентрацией хитозана считается 1 %, за исключением заболеваний, вызванных голубой плесенью (*Penicillium expansum*), где могут потребоваться более высокие концентрации [40].

Совсем недавно на мировом рынке появилось несколько коммерческих составов хитозана, которые при растворении в воде используются в качестве биопрепаратов. Так, известен способ обработки citrusовых фруктов от послеуборочных заболеваний, в том числе, вызванных плесневыми грибами, биопрепаратом на основе хитозана и *Bacillus subtilis* [41].

Эфирные масла, применяемые для обработки фруктов, обладают высокой эффективностью в отношении широкого спектра патогенных микроорганизмов. При этом эфирные масла используют как непосредственно для обработки поверхности плода, так и включая их в качестве активных микробных агентов в пленки или покрытия, на стадиях до или после снятия урожая. Учеными

проведено исследование, в котором в биоразлагаемые полиэфирные сетки добавляли эфирное масло корицы для контроля альтернариоза. В результате рост гриба был остановлен на 70 % [42].

Установлено, что масло тимьяна и лемонграсса увеличивают антагонистическую активность микробного антагониста *Bacillus amyloliquefaciens* штамм PPCB004 на 50 % и 25 % соответственно. Комбинированное применение эфирного масла лемонграсса и антагониста полностью ингибировало развитие *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* и *Rhizopus stolonifer* на персиках при хранении. Комбинация антагониста и эфирного масла образовывала на поверхности плода защитную биопленку, которая способствовала сохранению твердости и органолептических показателей качества персиков [43].

Функциональные свойства пищевых покрытий и пленок из натуральных компонентов зависят от особенностей фруктов, для которых они используются. Пищевые покрытия задерживают созревание фруктов, уменьшают потерю влаги и массы, сохраняют витамины, улучшают внешний вид и продляют срок хранения. В настоящее время изучены функциональные свойства алоэ вера и пчелиного воска, которые нашли коммерческое применение при хранении фруктов [42, 44].

Для защиты яблок от послеуборочных заболеваний применяют распылители частиц на основе каолина. Применение каолина позволяет снизить заболеваемость паршой и мучнистой росой на 87 % и 78 %, соответственно. Отмечено снижение физиологических заболеваний яблок в период хранения: горькой ямчатости на 90,8 %, побурения сердцевины на 73,3 % и стекловидности на 88,4 %. При этом обработанные яблоки содержали на 49,9 % больше кальция и на 10,8 % аскорбиновой кислоты, в сравнении с контрольными образцами. Яблоки, обработанные препаратами на основе каолина, отличались высоким содержанием антоцианов, насыщенным красным цветом и улучшенным внешним видом.

Для коммерческого использования разработаны препараты на основе каолина, реализуемые под торговыми марками Surround WP[®], Eclipse^T, Anti-stress-500[®] и Parasol[®] [45].

Соли органических и неорганических кислот представляют собой разрешенные к употреблению пищевые добавки (стабилизаторы, усилители вкуса, консерванты и другие). Указанные реагенты нашли широкое применение в пищевой промышленности, так как они не токсичны и не оказывают негативного воздействия на окружающую среду. Кроме того, их можно комбинировать с другими способами обработки для подавления фитопатогенных микроорганизмов.

Известно, что силикат кальция ингибирует рост мицелия и изменяет морфологию плесневых грибов, вызывающих порчу фруктов. Кроме того, благодаря способности силикатов осаждаться между клеточной стенкой и мембраной, уменьшается проницаемость клеточной стенки, тем самым снижается испарение влаги и замедляется процесс дыхания плода [46].

Для контроля послеуборочных заболеваний яблок, вызванных *Penicillium expansum*, известно применение фосфата калия, который полностью ингибирует рост мицелия фитопатогена и его развитие на поверхности яблок [47].

Использование для обработки фруктов солей органических кислот позволяет избежать развития патогенной микрофлоры в период хранения. Установлено, что 5 %-ный водный раствор пропионата кальция полностью подавляет рост мицелия *Botrytis cinerea*, что связано с его способностью ингибировать важные метаболические функции патогенного микроорганизма [48].

Известно, что применение 1%-ного водного раствора сорбата калия ингибирует развитие послеуборочных заболеваний, вызванных *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* и *Alternaria solani*, а применение 3%-ного водного раствора подавляет развитие зеленой плесени, вызванной *Penicillium digitatum*, от 80 % до 95 % [49].

Эффективность сорбата калия связана с его недиссоциированной формой (сорбиновой кислотой), которая обладает способностью проникать через клеточные мембраны, вызывая внутренний дисбаланс, влияющий на ферменты, связанные с ростом микроорганизмов.

Известно, что ингибирование фитопатогенных микроорганизмов солями органических и неорганических кислот не является продолжительным, поэтому для эффективного хранения фруктов указанные реагенты применяют в комплексе с другими способами обработки.

Установлено, что соли органических и неорганических кислот усиливают эффективность действия биологически активных агентов. Обработка яблок перед закладкой на хранение комбинацией бикарбоната натрия и дрожжей-антагонистов (*Metschnikowia pulcherrima* и *Cryptococcus laurentii*), позволяет остановить развитие голубой плесени на 73–82 % в зависимости от условий хранения и сорта яблок [50].

Для эффективной борьбы с послеуборочными заболеваниями фруктов, вызванных голубой плесенью, известна комбинация водного раствора бикарбоната натрия и бактерий-антагонистов рода *Bacillus*. Установлено, что последовательная обработка микробным антагонистом *Bacillus amyloliquefaciens* штамм HF-01 и 2 %-ным водным раствором бикарбоната натрия ингибирует рост плесневых грибов на поверхности цитрусовых фруктов. Обработка фруктов полученной комбинацией позволяет снизить заболеваемость *Penicillium digitatum*, *P. italicum* и *Geotrichum citriaurantium* на 80 % при различных условиях хранения (6° С и 25° С) [51, 52].

Биологический контроль в настоящее время становится эффективным направлением для контроля потерь фруктов от микробиологической порчи, вызванной воздействием фитопатогенных микроорганизмов в период хранения [53].

Активными агентами биологического контроля являются микробные антагонисты, которые применяются в качестве основы биопрепаратов. Применение биопрепаратов не создает угрозы природным биоценозам, позволяет сохранить полезную микрофлору на поверхности обрабатываемого сырья и получить экологически безопасную продукцию.

Известно, что для повышения эффективности биопрепаратов их используют в сочетании с физическими способами (хранение в условиях искусственного

охлаждения, с использованием регулируемой атмосферы, облучения и другие), с применением солей, природных компонентов и покрытий [54].

Таким образом, основной задачей современных технологий хранения является обеспечение потребителей продукцией высокого качества круглый год за счет снижения отрицательных факторов, вызывающих потери продукции в период хранения. Технологии хранения совершенствуются в результате поиска экологически безопасных и экономически выгодных альтернатив, одной из которых является технология хранения с применением биопрепаратов.

1.3 Перспективные способы подготовки к хранению фруктов с применением биопрепаратов

С каждым годом биопрепараты приобретают все большую популярность в сельском хозяйстве по следующим причинам: их применение не требует дорогостоящего оборудования, биопрепараты отличаются не высокой стоимостью и экономичным расходом при обработке продукции.

Кроме того, применение биопрепаратов не вызывает устойчивости к ним фитопатогенных микроорганизмов, сокращает потери продукции от микробиологической порчи, увеличивает длительность хранения и повышает качество продукции [55].

Биологические средства защиты нашли применение на всех стадиях технологического процесса: от обработки почвы (для обогащения благоприятной микрофлорой и подавления развития патогенных почвенных микроорганизмов) до обработки перед закладкой на хранение собранного урожая (для обеспечения устойчивости в период хранения от микробиологической порчи).

В качестве антагонистов, подавляющих рост и развитие патогенной микрофлоры, служат бактериальные или грибковые микроорганизмы. Механизм их действия формируется в зависимости от природы микроорганизма и основан на создании естественного защитного барьера и выработки антибиотиков или на борьбе за питательные вещества в тканях растения-хозяина [56].

В настоящее время известны отдельные виды микроорганизмов, используемые для биологической защиты, к которым относятся: активные штаммы бактерий рода *Pseudomonas* и *Bacillus*, лактобактерий, почвенных грибов рода *Trichoderma*, эндофитов и дрожжей, в частности сахаромикетов. Большинство из представленных видов нашли широкое применение при производстве биопрепаратов для сельского хозяйства [57].

Технологии биологических средств защиты распространены и развиваются преимущественно в высокоразвитых странах – США, Китай, Япония, странах Европы и в России. Биопрепараты на основе активных штаммов-антагонистов применяются для обработки широкого ассортимента сельскохозяйственной продукции на всех стадиях производства, хранения и реализации [58].

Установлено, что штаммы бактерий *Pseudomonas fluorescens* и *Pseudomonas syringae* обладают высокой антагонистической активностью по отношению к фитопатогенным микроорганизмам *Botrytis cinerea* и *Penicillium expansum*, вызывающих серую и голубую плесень на яблоках и винограде в период хранения. Антагонистическая активность бактерий рода *Pseudomonas* основана на продуцировании метаболитов, ингибирующих рост мицелия и прорастание конидий фитопатогенов [10, 59-62].

Применение штамма *Rhodotorula mucilaginosa* для обработки яблок перед закладкой на хранение значительно снижает заболеваемость и диаметр поражения яблок *Botrytis cinerea* и *Penicillium expansum* при различных условиях хранения. Эффективность действия биоконтрольного агента увеличивается с повышением концентрации и максимальна при концентрации 1×10^9 КОЕ/мл. Механизм действия основан на конкуренции за пространство и питательные вещества с фитопатогенными микроорганизмами, стимулировании активности связанных с защитой ферментов таких, как пероксидазы и полифенолоксидазы, и ингибировании перекисного окисления липидов яблок для повышения устойчивости и задержания процессов созревания и старения яблок [63].

Для контроля поражения поверхности яблок *Penicillium expansum* в период хранения, разработана композиция на основе штамма *Cryptococcus podzolicus* и

β-глюкана. Полисахарид усиливает биологическую эффективность штамма, в результате композиция ингибирует развитие *Penicillium expansum* на обработанных яблоках [64, 65].

Известно применение штаммов *Candida membranfaciens* в качестве антагонистов голубой плесени яблок. Также было выявлено, что эти штаммы подавляют зеленую плесень (*Penicillium digitatum*) на апельсинах и серую плесень (*Botrytis cinerea*) на томатах [66].

Бактерии *Bacillus atrophaeus* штамм В5 применяют для профилактики и лечения послеуборочных заболеваний тропических и субтропических фруктов, а также плодов авокадо. Штамм особенно эффективен против горькой гнили или антракноза, продуцируемой грибным патогеном *Colletotrichum gloeosporioides* [67].

Обработка дрожжами-антагонистами *Cryptococcus laurentii* препятствует распространению грибковых заболеваний груш в период хранения. Для послеуборочного контроля голубой и серой плесени на яблоках эффективна их обработка дрожжами *Cryptococcus albidus* перед закладкой на хранение. Установлено, что сочетание дрожжей с солями неорганических кислот, в частности хлорида кальция, оказывает значительное синергетическое действие на снижение заболеваний фруктов [68, 69].

Установлена антагонистическая активность дрожжей *Meyerozyma guilliermondii* против грибкового фитопатогена *Penicillium expansum*, вызывающего порчу свежих груш голубой плесенью в период хранения. Биологически активные дрожжи *Meyerozyma guilliermondii* активируют антиоксидантные ферменты (пероксидазу и каталазу) в клетках плода, усиливают защитные свойства и устойчивость груш к заболеваниям, что позволяет сохранить высокие показатели качества [70].

Дрожжи *Schwanniomyces vanrijiae*, *Galactomyces Geotrichum* и *Pichia kudriavzevii* препятствуют развитию заболеваний яблок в период хранения. Установлено, что дрожжи подавляют прорастание конидий фитопатогенного микроорганизма *Monilinia fructigena*, вызывающего плодовую гниль на яблоках,

на 89,2 %. Так, заболеваемость плодовой гнилью на обработанных антагонистическими дрожжами яблоках сорта Голден Делишес снижается на 84,0-89,5 % [11].

Применение молочнокислых бактерий *Lactobacillus pentosus* штамм MS031 предотвращает рост и развитие патогенных бактерий группы кишечной палочки на свежих фруктах. В результате обработки количество патогенов *Listeria monocytogenes* снизилось на 96,3 %, а *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Salmonella typhi* – на 100 % [71].

Pseudomonas graminis штамм CPA-7 успешно применяют в качестве биозащитного средства для ингибирования роста бактерий *Escherichia coli*, *Salmonella* и *Listeria innocua* на свежих яблоках и персиках. Антагонистическую активность штамм проявляет при различных условиях хранения и минимальных концентрациях [72].

Послеуборочная обработка биологически активными штаммами *Hanseniaspora uvarum* эффективно ингибирует развитие плесеней, поражающих плоды клубники и позволяет сохранить высокие показатели качества урожая [73].

Эпифитная бактерия *Rahnella aquatilis*, выделенная с поверхности яблок, показала высокую эффективность в снижении заболеваний, продуцируемых *Botrytis cinerea* и *Penicillium expansum* на яблоках в процессе хранения. Обработанные *Rahnella aquatilis* яблоки сорта Ред Делишес хранили в течение 40 суток при температуре 4° С и относительной влажности воздуха 90 %, в результате ингибирование развития плесеней *Botrytis cinerea* и *Penicillium expansum* составило 100 % и 60 % соответственно [74].

Установлена биологическая эффективность бактерий вида *Metschnikowia* в отношении заболеваний фруктов, вызванных плесневыми грибами. Так, препараты на основе *Metschnikowia fructicola* штамм AL27 применяются для контроля развития голубой плесени на свежих яблоках. Степень биологической защиты оценивали на яблоках сорта Голден Делишес, Фудзи, Ред Делишес и Гренни Смит при разных температурных условиях хранения [75].

На основе бактерий *Metschnikowia pulcherrima* и *Pichia guilliermondii* разработан биопрепарат для контроля послеуборочных заболеваний цитрусовых фруктов [76].

Установлено, что штаммы бактерий *Rhodospiridium paludigenum*, *Pseudomonas spp.* и *Trichoderma spp.* оказывают ингибирующее действие в отношении голубой плесени цитрусовых фруктов при хранении [77, 78].

Микроорганизмы *Pichia caribbica* успешно используются для контроля *P. expansum* на яблоках и фитопатогенных грибов рода *Rhizopus* на персиках. Установлено, что обработка яблок биологически активными штаммами *Pichia caribbica* в присутствии 0,2 %-ного водного раствора фитиновой кислоты не только подавляет развитие фитопатогенов, но и значительно снижает интенсивность процесса дыхания, снижает потери веса, сохраняет твердость и качество яблок в период хранения [79, 80].

Эффективность штамма *Pichia guilliermondii* M8 против *B. cinerea* на яблоках оценивали в условиях длительного хранения. В результате хранения в течение 120 дней при температуре 1° С заболеваемость фруктов серой плесенью снизилась более чем на 25 % [81].

Штаммы бактерий *Candida saitoana* и *Aureobasidium pullulans* обладают биоконтрольной активностью по отношению к широкому спектру фитопатогенных микроорганизмов и способны индуцировать биохимические защитные реакции тканей поврежденной поверхности. Так, обработка яблок *Aureobasidium pullulans* позволяет снизить заболеваемость *Botrytis cinerea* и *Penicillium expansum* на 89 % и 67 % соответственно [82, 83].

Микробные антагонисты *Rhodotorula glutinis* подавляют рост и развитие серой плесени на плодах груш, яблок и клубники. Наиболее успешное ингибирование фитопатогенных микроорганизмов достигается при концентрации инокулята *R. glutinis* 10⁸ КОЕ/мл [84].

Установлена эффективность биологически активного штамма *Trichoderma harzianum* для контроля заболеваний яблок, вызванных *Botrytis cinerea*, в процессе хранения. Для коммерческого использования разработан биопрепарат на основе

штамма *Trichoderma harzianum* в виде инвертированной эмульсии (состав вода в масле) с добавлением кокосового и соевого масел, которые обеспечивают жизнеспособность штаммов бактерий в течение 36 месяцев [85].

Известно применение антагонистических дрожжей для контроля послеуборочных заболеваний столового винограда. Так, штаммы *Sporidiobolus pararoseus* Y16 ингибируют заболевания, вызванные *Aspergillus niger*, а штаммы *Saccharomyces cerevisiae* и *Wickerhamomyces anomalus* эффективно подавляют развитие *Botrytis cinerea*. Установлено, что штаммы дрожжей образуют на поверхности защитные биопленки, препятствующие росту и развитию фитопатогенных микроорганизмов в период хранения [86, 87].

Установлена эффективность биологически активного штамма *Aureobasidium pullulans* при заболеваниях яблок, вызванных *Gloeosporium album*, *Botrytis cinerea* и *Penicillium expansum*. Лучший контроль над развитием фитопатогенов в среднем достигал 86 % и обеспечивался при концентрации инокулята *R. glutinis*, соответствующей 1×10^8 КОЕ/мл [88].

Известно, что штаммы почвенных бактерий рода *Bacillus subtilis* ингибируют развитие *Botryosphaeria berengeriana*, вызывающего гниль груши при хранении. Установлено, что обработка плодов *Bacillus subtilis* в присутствии бикарбоната натрия, усиливает антагонистическую активность штамма в отношении фитопатогена [89].

Установлена эффективность штаммов *Pichia membranaefaciens* и *Kloeckera apiculata* и дрожжей-антагонистов *Cryptococcus laurentii*, *Candida guilliermondii* и *Rhodotorula glutinis* против возбудителей плодовой гнили, вызванной *Monilinia fructicola*, на свежих сливах и персиках в период хранения. В процессе исследований выявлено, что защитное действие дрожжей основывается на образовании защитной антиоксидантной реакции на воздействие фитопатогенного микроорганизма [90, 91].

Для защиты фруктов в период хранения разработан биопрепарат на основе смеси биомассы бактерий: *Lactobacillus plantarum* (молочно-кислые), *Propionibacterium freudenreichii* (пропионово-кислые) и *Acetobacter Aceti*

(ускусно-кислые). Фрукты обрабатывали полученной биомассой, подсушивали и хранили в условиях искусственного охлаждения. В результате установлено эффективное снижение уровня плесневых грибов и полное ингибирование бактерий рода *Salmonella* [92].

Установлена эффективность штаммов бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* и *Alcaligenes faecalis* против фитопатогенных грибов *Monilinia fructigena* и *Monilinia laxa*, вызывающих поражение фруктов плодовой гнилью. Ингибирование роста мицелия фитопатогена и прорастание конидий, по сравнению с контролем, составило 86 % и 78 % соответственно. Кроме того, штамм *Bacillus amyloliquefaciens* проявил антагонистическую активность по отношению к плесневым грибам *Botrytis cinerea* и *Penicillium expansum*. При минимальной концентрации инокулята 1×10^7 КОЕ/мл заболеваемость *Penicillium expansum* яблок снизилась на 80 %, по сравнению с контрольными образцами [93].

Изучен потенциал биологического контроля *Bacillus amyloliquefaciens* штамм BUZ-14 против наиболее распространенных послеуборочных заболеваний апельсинов, яблок, винограда и косточковых плодов. Штамм проявил высокую антагонистическую активность в отношении фитопатогенных микроорганизмов: *Botrytis cinerea*, *Monilinia fructicola*, *M. laxa*, *Penicillium digitatum*, *P. expansum* и *P. italicum*. Ингибирование плодовой гнили на персиках составило 100 % при минимальной концентрации штамма *Bacillus amyloliquefaciens* 10^7 КОЕ/мл. Кроме того, обработка штаммом подавляет развитие плесневых грибов рода *Penicillium* на апельсинах (*P. digitatum* и *P. italicum*) и яблоках (*P. expansum*) и снижает заболеваемость от 20 % до 100 % [94].

Установлена антагонистическая активность *Pseudomonas synxantha* штамм DLS65 в отношении *Monilinia fructicola* и *Monilinia fructigena* на косточковых фруктах. Персики перед закладкой на хранение обрабатывали суспензией, состоящей из биомассы бактерий *Pseudomonas synxantha*, и хранили при разных температурных условиях (10° С и 25° С), в результате поражение поверхности персиков плодовой гнилью значительно уменьшилось. Кроме этого, известно, что

P. synxantha штамм DLS65 проявляет высокую ингибирующую активность против грамположительных и грамотрицательных фитопатогенных бактерий [95, 96].

Из многочисленных выявленных микробных антагонистов, лишь некоторые достигли высоких уровней развития и коммерциализации.

В США наибольшей популярностью в сельском хозяйстве пользуется биопрепарат Bio-Save на основе активных штаммов бактерий *Pseudomonas syringae*. Биопрепарат применяют для контроля послеуборочных заболеваний фруктов, вызванных развитием фузариозной гнили, серой и глеоспоровой гнилей, поражений семенной камеры, голубой плесени и парши.

Штамм бактерий *Aureobasidium pullulans* служит основой биопрепарата Boni Protect (производитель Bio-Ferm, Австрия). Биоактивные бактерии ингибируют рост и развитие фитопатогенных микроорганизмов на поверхности яблок в период хранения.

В Испании зарегистрирован биопрепарат *Candifruit*, основой которого является антагонисты *Candida sake*. Биопрепарат эффективен в отношении *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* и *Fusarium avenaceum*, его применяют для обработки семечковых и цитрусовых фруктов перед закладкой на хранение.

Биопрепарат Nexu разработан в Бельгии и получил широкое распространение в Европе. Основой Nexu являются дрожжи - антагонисты *Candida oleophila*, которые обладают высокой антагонистической активностью и предотвращают развитие микробиологической порчи на поверхности яблок в период хранения.

Компанией Bayer CropScience (Германия) разработан и успешно реализуется в сельском хозяйстве биопрепарат Shemer на основе штамма *Metschnikowia fructicola*. Биопрепарат обеспечивает эффективную защиту фруктов и овощей от воздействия фитопатогенных микроорганизмов, вызывающих заболевания продукции в период хранения [97, 98].

В России для предотвращения развития микробиологической порчи применяют биопрепараты на основе бактерий *Pseudomonas* (Планриз,

Псевдобактерин), *Trichoderma* (Триходермин) и *Bacillus subtilis* (Фитоспорин, Витаплан, Алирин-Б, Гамаир, Экстрасол и другие) [99].

Бактерии *Bacillus subtilis* вызывают широкий интерес отечественных и зарубежных ученых. Штаммы бактерий продуцируют биологически активные метаболиты, которые обеспечивают им высокую антагонистическую активность, конкурентоспособность, лабильность свойств и адаптивность к условиям внешней среды. Биопрепараты, основой которых служат бактерии *Bacillus subtilis*, считаются наиболее перспективными для защиты фруктов от микробиологической порчи в период хранения.

1.4 Характеристика биопрепаратов на основе бактерий-антагонистов *Bacillus subtilis*

В последние годы особый интерес представляет создание и коммерциализация биологических средств защиты на основе антагонистических почвенных бактерий рода *Bacillus*, отвечающих современным требованиям эффективности действия в отношении патогенной микрофлоры и экологичности в применении.

Бактерии рода *Bacillus* относятся как к ризосферным, так и к эндофитным и эпифитным микроорганизмам. Основным источником получения штаммов бактерий служат супрессивные почвы [100].

Бактерии рода *Bacillus* известны как продуценты широкого спектра антагонистических соединений различной структуры, имеющие от 5 % до 8 % общего генома, выделенного для биосинтеза вторичных метаболитов, способных производить более двух десятков структурно разнообразных антимикробных соединений. Они синтезируют пептиды и липопептиды, поликетидные соединения, бактериоцины и сидерофоры, которые обладают антагонистической активностью в отношении фитопатогенных бактерий, грибов и вирусов. К наиболее важным метаболитам относят кольцевые липопептиды из семейств

сурфактина, итурина и фенгицина, которые воздействуют на клетки фитопатогенных микроорганизмов на уровне мембран [101].

В зависимости от штамма бактерии рода *Bacillus* продуцируют большое количество антибиотиков (более 70 видов), протеолитических, амилалитических и пектолитических ферментов, которые обеспечивают эффективное снижение численности патогенов.

Штаммы *Bacillus* проявляют способность к биоконтролю преимущественно за счет ингибирующей активности в отношении роста фитопатогенов, а также за счет стимуляции естественной устойчивости растений и конкуренции за питательные вещества с фитопатогенными микроорганизмами.

Важным преимуществом бактерий рода *Bacillus* является их способность к образованию эндоспор, что позволяет им сохранять жизнеспособность в неблагоприятных условиях. В период спорообразования происходит аккумулялирование биологически активных метаболитов, которые увеличивают антагонистическую активность бактерий в момент прорастания [102].

Установлено, что, помимо защитного эффекта, многие штаммы бактерий рода *Bacillus* также обладают способностью стимулировать рост и повышать устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды.

Биологический потенциал бактерий-антагонистов *Bacillus subtilis* был апробирован в отношении широкого ряда возбудителей заболеваний сельскохозяйственных культур. Антагонистическая активность *Bacillus subtilis* установлена в отношении фитопатогенных микроорганизмов: грибов *Aspergillus*, *Botrytis*, *Monilia*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Thelaviopsis*, и бактерий *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Clavibacter* [101, 102].

Установлена эффективность штаммов *Bacillus amyloliquefaciens* BLB369 и *Bacillus subtilis* BLB277 против заболеваний пшеницы, вызываемых *Fusarium graminearum*. Комбинированное применение бактерий-антагонистов обеспечивает высокую степень защиты, которая обусловлена синергическими или комплементарными эффектами штаммов [103].

Применение штамма *Bacillus subtilis* KS03 позволяет ингибировать рост и развитие фитопатогенных микроорганизмов рода *Gloeosporium*, вызывающих антракноз на поверхности фруктов и овощей, благодаря способности штамма продуцировать итурин, который обеспечивает биоконтроль заболевания. Кроме того, продуцируемый штаммом антибиотик подавляет развитие *Monilinia fructicola*, *Ophiostoma ulmi*, *Aspergillus flavus* и *Rhizoctonia solani* [104].

Обработка свежих томатов композицией, состоящей из бактерий *Bacillus subtilis* и дрожжей *Brevibacterium linens*, подавляет рост мицелия *Aternaria solani* и *Botrytis cinerea*. Фунгицидные свойства композиции основаны на выработке *Bacillus subtilis* сурфактина и на синергетическом эффекте двух микробных антагонистов. Обработки композицией при минимально эффективной концентрации антагонистов (5×10^5 или 5×10^6 клеток) показала ингибирование развития альтернариоза и серой плесени на томатах до 70 % [105].

Установлена биологическая эффективность *Bacillus subtilis* штамм ССТСС М 207209 для контроля послеуборочных заболеваний столовых сортов винограда, вызванных *Aspergillus carbonarius*. Отмечено, высокое подавление фитопатогенных микроорганизмов, присутствующих на поверхности винограда. Эффективность действия обработки повышается при пониженных температурах хранения [106].

Известно, что бактерии-антагонисты *Bacillus subtilis* и *Bacillus amyloliquefaciens* подавляют рост фитопатогенных грибов рода *Aspergillus*, в частности *Aspergillus parasiticus*, которые поражают сельскохозяйственные культуры и вырабатывают в них афлатоксин - микотоксин опасный для здоровья человека и животных. Бактерии ингибируют рост и развитие *Aspergillus parasiticus* на 92 %, а выработку афлатоксина на 100 % [107].

Установлена антагонистическая активность биоконтрольного агента *Bacillus subtilis* ET-1 против плесневых грибов *Botrytis cinerea* и *Penicillium digitatum*, поражающих фрукты в процессе хранения. Вырабатываемый бактериями рода *Bacillus* итурин подавляет распространение грибкового мицелия патогенных грибов. В результате предварительной обработки плодов лимона и

ягод клубники снижение заболеваемости серой и голубой плесенью составило до 68,6 % и до 74,1 % соответственно, по сравнению с контролем [108].

Бактерии *Bacillus subtilis* штамм 93 ВИЗР применяют для контроля послеуборочных заболеваний сельскохозяйственной продукции в процессе хранения. Обработанная продукция обладает высокой устойчивостью к кольцевой гнили, фитофторозу и сухой гнили. Отмечено, что при концентрации инокулята 1×10^9 КОЕ/мл биологическая эффективность штамма составила от 80 % до 90 % [109].

Установлена биоконтрольная активность штамма *Bacillus subtilis* 8А в борьбе с заболеваниями, вызываемыми *Alternaria alternata*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium sporotrichioides*, *Clavibacter michiganens*, *Erwinia carotovora* и *Pseudomonas syringae*. На основе активного штамма разработан биопрепарат, который применяют для обработки различных видов сельскохозяйственной продукции в период вегетации и перед закладкой на хранение [110].

Штамм бактерий *Bacillus sp.* SS-12.6 применяют для защиты яблок от воздействия фитопатогенных микроорганизмов в процессе хранения. Штамм эффективно подавляет развитие послеуборочных заболеваний, вызванных *Monilinia fructigena* (плодовая гниль), *Fusarium oxysporum* (фузариоз) и *Penicillium expansum* (голубая плесень) [111].

Микробные антагонисты *Bacillus sp.* SL-6 успешно применяют для контроля *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* и *Alternaria alternata*, вызывающих заболевания фруктов в процессе хранения. Обработка яблок перед закладкой на хранение *Bacillus sp.* SL-6 позволила снизить заболеваемость *Alternaria alternata* и *Botrytis cinerea* на 59 % и 67 % соответственно. Обработка груш биологически активным штаммом снизила заболеваемость *Botrytis cinerea* на 80 % по сравнению с контролем [112].

Установлена эффективность штаммов бактерий *Bacillus subtilis* SM21 в борьбе с *Rhizopus stolonifer* – фитопатогена, вызывающего гниль персиков в процессе хранения. В результате обработки персиков *Bacillus subtilis* SM21

диаметр поражения и заболеваемость, вызванные фитопатогенным микроорганизмом снизились по сравнению с контролем на 37,2 % и 26,7 % соответственно. Отмечено ингибирование роста мицелия *Rhizopus stolonifer* на 48,9 % уже на 2 день инокуляции. Кроме того, бактерии усиливают естественную устойчивость за счет активации защитных ферментов в тканях плода, в результате увеличивается длительность хранения и сохраняются показатели качества обработанных персиков [113].

В России на основе *Bacillus subtilis* зарегистрированы биопрепараты Бактофит (ООО «Сиббиофарм»), Фитоспорин-М (ООО «НВП «БашИнком»), Алирин-Б, Гамаир, Экстрасол (ООО «Бисолби-Интер») и Витаплан СП (группа компаний «Агробиотехнология»).

Биопрепарат Бактофит на основе бактерий *Bacillus subtilis* штамм ИПМ 215 производится в нескольких препаративных формах: в виде концентрированной суспензии и порошка. Биопрепарат используют для обработки зерновых и овощных культур (огурцов, томатов, капусты, картофеля) от грибных и бактериальных заболеваний в период вегетации и хранения [114].

Бактерии *Bacillus subtilis* штамм 26 Д являются активной основой биопрепарата Фитоспорин-М. Биопрепарат защищает злаковые и овощные культуры от заболеваний, вызванных фитопатогенными микроорганизмами рода *Fusarium*, *Bipolaris sorokiniana*, *Puccinia dispersa*, *Blumeria graminis*, *Phytophthora*, применяется для обработки фруктов и овощей перед закладкой на хранение. Применение биопрепарата совместно с физическими методами воздействия усиливает его эффективность [115, 116].

Биопрепарат Алирин-Б на основе микробных антагонистов *Bacillus subtilis* штамм В-10 ВИЗР производится в форме таблеток, порошка и жидкости. Эффективность действия биологического препарата достигается при концентрации инокулята 1×10^9 КОЕ/г. Штамм В-10 ВИЗР подавляет развитие фитопатогенных грибов, вызывающих прикорневые гнили, фитофтороз, альтернариоз, мучнистую росу на овощных культурах, а также паршу, плодовую гниль и серую плесень на фруктах.

Основой биопрепарата Гамаир служат споры и клетки *Bacillus subtilis* штамм М-22 ВИЗР. Биологически активный штамм препарата Гамаир ингибирует рост и развитие бактериальных и грибковых заболеваний фруктов и овощей в период хранения [117].

Для защиты растительной продукции от фитопатогенных микроорганизмов выделен штамм почвенных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13, обладающий высокой антагонистической активностью против *Erysiphe graminis*, *Xanthomonas campestris*, *Puccinia recondita*, *Rhizoctonia solani*, грибов рода *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Phytophthora* [118].

На основе бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 разработан биопрепарат с коммерческим названием Экстрасол, который применяется для предпосевной обработки семян, в качестве стимулятора роста для растений, а также для обработки растительной продукции перед закладкой на хранение. Биопрепарат предотвращает развитие микробиологической порчи, сохраняет качество и увеличивает длительность хранения закладываемой продукции [119].

Биопрепарат Витаплан на основе бактерий *Bacillus subtilis* штамм ВКМ В-2604D и штамм ВКМ В-2605D производят в форме порошка с титром клеток каждого штамма не менее 1×10^{10} КОЕ/г. Биопрепарат ингибирует развитие фитопатогенных грибов и бактерий, вызывающих микробиологическую порчу зерновых, бобовых и масличных культур, картофеля, овощей и фруктов. Витаплан применяют для обработки семян, растений в период вегетации и собранного урожая перед закладкой на хранение [120].

Таким образом, анализ научно-технической литературы и патентной информации позволил сделать вывод о высокой антагонистической активности биопрепаратов на основе бактерий *Bacillus subtilis* по отношению к широкому спектру фитопатогенных микроорганизмов. Однако, эффективность таких биопрепаратов для обработки фруктов, в частности яблок, недостаточно изучена с точки зрения контроля послеуборочных заболеваний в период хранения.

Учитывая это, теоретический и практический интерес представляет перспектива использования биопрепаратов на основе *Bacillus subtilis* для обработки яблок перед закладкой на хранение.

1.5 Основные этапы технологии производства биопрепаратов на основе *Bacillus subtilis*

Основными этапами технологии производства биопрепаратов на основе *Bacillus subtilis* являются: выделение чистых культур бактерий, полученных из окружающей среды, подбор питательных сред для культивирования штаммов, культивирование биологически активных штаммов-продуцентов на питательных средах и формирование требуемой для реализации препаративной формы.

Из чистых культур бактерий *Bacillus subtilis* готовят маточную культуру для получения посевного материала путем выращивания и разведения микроорганизмов. Чистоту и стадию развития бактерий периодически проверяют в процессе культивирования [102].

Для разведения культур бактерий готовятся специальные питательные среды. Подбор среды осуществляется с учетом потребностей выращиваемой культуры в питательных веществах. Как правило, для выращивания бактерий рода *Bacillus* используют стандартные питательные среды: СПБ (сухой питательный бульон), СПА (сухой питательный агар) и МПА (мясо-пептонный агар) [121].

Для повышения эффективности биоконтрольного штамма бактерий *Bacillus subtilis* CPA-8 разработана оптимальная питательная среда, состоящая из обезжиренной соевой муки, мелассы и сахарозы. В результате через 20 часов культивирования максимальный рост клеток составил 3×10^9 КОЕ/мл. Кроме того, применение бактерий *Bacillus subtilis* CPA-8, выращенных на оптимальной питательной среде, ингибирует рост *Monilinia fructicola* на персиках и позволяет снизить заболеваемость на 95 % [122].

Для повышения активности ферментов штаммов бактерии *Bacillus subtilis* BN-135 в питательную среду добавляют гидролизованную ржаную или ячменную

муку, которые служат углеродным источником, а в качестве питательных солей используют неорганические соли – CaCl_2 и Na_2CO_3 [123].

Готовая маточная культура передается в производственный цех, где проводится культивирование микроорганизмов в жидкой стерильной питательной среде. Культивирование производится в ферментаторе при оптимальных параметрах для бактерий рода *Bacillus*: температуре 33- 37° С, pH среды 7,0 - 7,2, избыточном давлении 0,1 МПа, в течение 24-36 часов до достижения требуемого титра в культуральной жидкости (не менее 10^7 клеток/мл). Следует отметить, что в процессе ферментации следят за состоянием микроорганизмов и их микробиологической чистотой [102].

Производство биопрепаратов в жидкой препаративной форме может ограничиваться получением готовой культуральной жидкости с внесением или без внесения консервантов, поверхностно-активных веществ, стабилизаторов и других компонентов, улучшающих потребительские свойства биопрепарата. Для производства биопрепаратов в виде порошка готовые культуральные жидкости наносят на вспомогательные вещества и затем высушивают. В качестве вспомогательных веществ применяют дефекаты или другие биосовместимые носители.

От выбора ферментативной формы биопрепарата зависит его технология применения и срок реализации.

Сухие формы (порошки, гранулы) препаратов характеризуются длительностью хранения и удобством при транспортировании, однако высушивание биомассы повышает риск снижения биологической активности микробных антагонистов.

Жидкие формы обычно представляют собой водосодержащие суспензии или масляные эмульсии. Такая форма биопрепарата максимально обеспечивает сохранность биологической активности штаммов-продуцентов в течение всего срока годности, кроме того, получение жидкой формы не требует дорогостоящего оборудования [124].

Готовый биопрепарат контролируют по количеству спор, метаболитов и биологической активности бактерий-антагонистов [100].

На рисунке 2 для примера представлена структурная схема производства биопрепарата Витаплан СП.

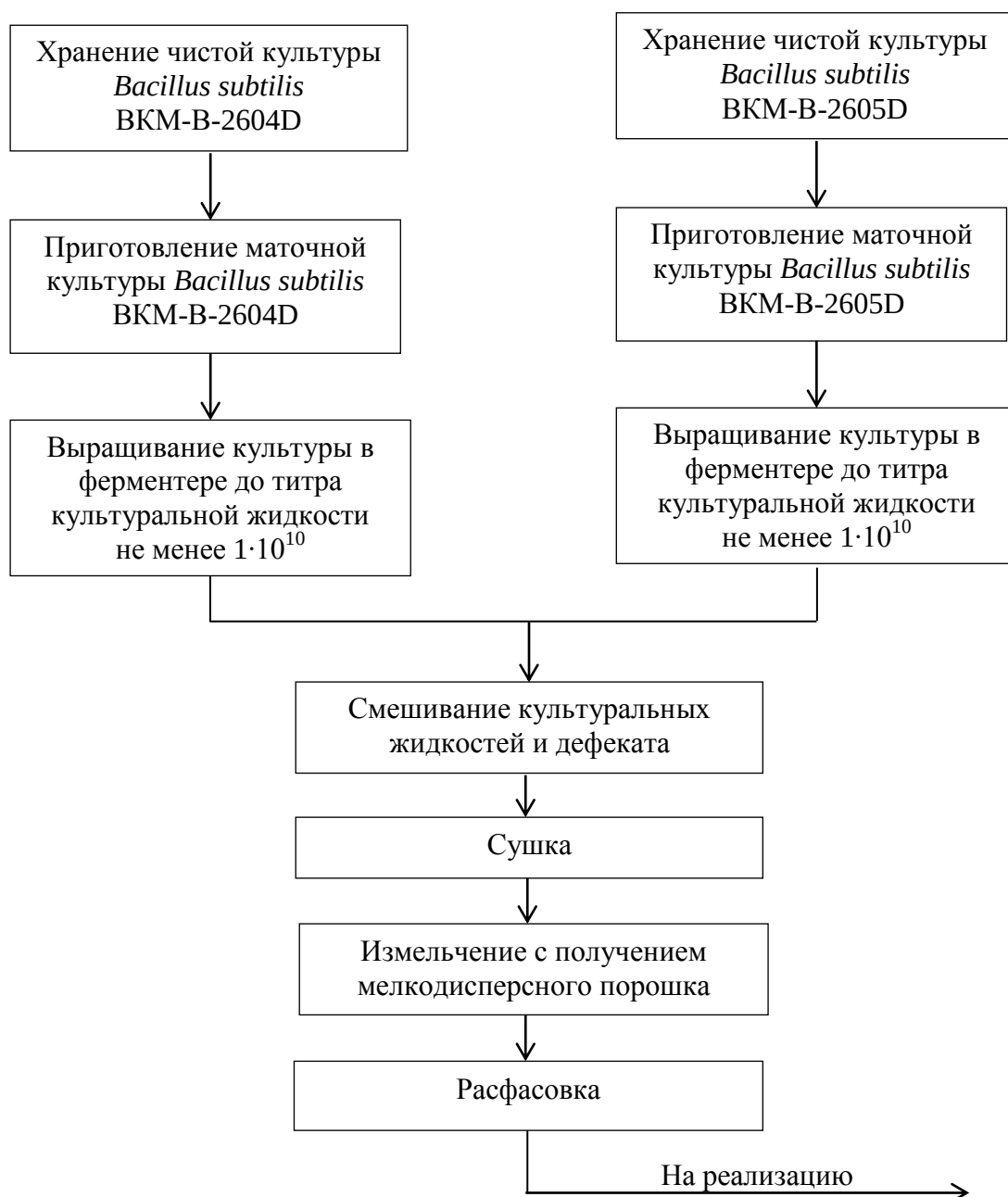


Рисунок 2 – Структурная схема производства биопрепарата Витаплан СП

Таким образом, в результате изучения технологии производства биопрепаратов на основе бактерий *Bacillus subtilis* установлено, что этапы производства и оптимальные условия культивирования, а именно, температура роста (33- 37° С), время (24-36 часов) и титр клеток (не менее 10^7 КОЕ/мл) для биопрепаратов на основе *Bacillus subtilis* аналогичны. Отличия состоят только в приготовлении препаративной формы выпуска биопрепарата.

Однако актуальными являются исследования, направленные на изучение новых свойств микробных агентов биоконтроля, а также на создание комплексных биопрепаратов и исследование эффективности их действия по отношению к фитопатогенным микроорганизмам с целью предотвращения микробиологической порчи яблок в период хранения.

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты исследований

В процессе исследования влияния эффективности обработки биопрепаратами на подавление фитопатогенных микроорганизмов, вызывающих микробиологическую порчу яблок, в опытах *in vitro* и *in vivo*, в качестве объектов исследования использовали:

– яблоки свежие сортов: Ренет Симиренко, Голден Делишес, Гала, Флорина, Айдаред и Интерпрайс;

– фитопатогенные микроорганизмы, выделенные из пораженных плодов яблок: *Botrytis scinerea* Pers., *Penicillium expansum* Link., *Monila fructigena* Pers., *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Gloeosporium album* Osterw;

– биопрепараты на основе *Bacillus subtilis*: Алирин-Б (штамм В-10 ВИЗР), Витаплан (штамм ВКМ В-2604 D и штамм ВКМ В-2605 D), Бактофит (штамм ИПМ 215), разработанный комплексный биопрепарат (штамм ВКМ В-2604 D, штамм ВКМ В-2605 D и штамм ИПМ 215).

2.2 Методы исследования показателей качества и безопасности

Показатели качества яблок исследуемых сортов определяли в соответствии с ГОСТ 34314-2017 «Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия» [12].

При выполнении работы определяли показатели безопасности яблок в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) [18].

Оценку безопасности яблок проводили путем определения массовой доли токсичных элементов: массовую долю свинца в соответствии с ГОСТ 26932-86 [125], мышьяка – по ГОСТ 26930-86 [126], кадмия – по ГОСТ 26933-86 [127], а

ртути – по ГОСТ 26927-86 [128]. Массовую долю микотоксина патулин определяли в соответствии с ГОСТ 28038-2013 [129].

Массовую долю хлорорганических пестицидов: ГХЦГ и его изомеров (α , β , γ), ДДТ и его метаболитов определяли по методике в соответствии с ГОСТ 30349-96 [130].

2.3 Методы исследования биохимических показателей

Массовую долю сухих растворимых веществ определяли рефрактометрическим методом в соответствии с ГОСТ ISO 2173-2013 [134], общих сахаров – феррицианидным методом [131], пектина и протопектина – карбазольным методом [132], титруемых кислот – по ГОСТ ISO 750-2013 [133], витамина С – ускоренным методом по А.И. Ермакову [134], витамина Р – по методике Л.И. Вигорова [135].

2.4 Методы микробиологических исследований

При выполнении работы применяли методы, соответствующие каждому этапу исследований:

а) Микробиологические исследования осуществляли в соответствии с ГОСТ 31904-2012, 10444.12-2013, 10444.15-94, 26669-85 [136 – 139].

Фитопатологический анализ проводили с применением: методов визуальной диагностики (анализ симптомов и фенотипических признаков фитопатогенных микроорганизмов), биометрии и микроскопирования (изучение фенотипа, морфологии спор и мицелия фитопатогенных грибов, бактерий, пораженных тканей).

Фитопатогенные микроорганизмы *Botrytis scinerea*, *Penicillium expansum*, *Monila fructigena*, *Alternaria alternata* и *Gloeosporium album* выделяли из пораженных яблок и культивировали на картофельно – декстрозном агаре при температуре 27 ± 1 °С в течение 14 суток.

Споры патогенных грибов получали путем промывания культур стерильной дистиллированной водой, содержащей 0,05 % Твин-80. Полученные суспензии фильтровали через 3–4 слоя стерилизованной марли и доводили до концентрации 1×10^5 спор/мл. Подсчет количества спор грибов осуществляли визуально с применением оптической камеры Горяева.

Культивирование исследуемых штаммов бактерий *Bacillus subtilis* проводили в конических колбах Эрленмейера вместимостью 750 мл, содержащих 100 мл питательной среды, на роторной качалке (220 ± 10 об/мин) при температуре 37°C в течение 48 часов в аэробных условиях. В качестве питательной среды использовали стандартные питательные среды: СПБ (сухой питательный бульон) и СПА (сухой питательный агар) с добавлением 1 %-ного водного раствора глюкозы.

Затем определяли титр полученной суспензии методом посева разведений на твердые питательные среды. Полученные суспензии доводили до концентрации 1×10^7 , 1×10^8 и 1×10^9 КОЕ/мл.

Для подготовки агаровых блоков посевной материал культивировали в течение 72 часов при температуре $30 \pm 1^\circ \text{C}$.

При разработке комплексного биопрепарата в качестве питательной среды использовали сухой питательный агар (СПА), состоящий из панкреатического гидролизата кильки ($17,9 \pm 0,2$ г/л); агара микробиологического ($11,2 \pm 1,2$ г/л); натрия хлорида ($7,7 \pm 0,3$ г/л) и глюкозы ($1,0 \pm 0,1$ г/л). После 48 часов культивирования в среде СПА спорообразование достигло 90 %, титр культуры составил 3×10^{10} КОЕ/см³.

б) Для исследования степени поражаемости поверхности яблок фитопатогенными микроорганизмами в процессе хранения, яблоки хранили в закрытых боксах при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % в течение 15 суток.

Для исследования диаметра поражения поверхности фитопатогенными микроорганизмами яблоки исследуемых сортов заражали суспензией фитопатогенных микроорганизмов с концентрацией 10^5 спор/мл: полученную

суспензию наносили на поверхность яблок методом опрыскивания. Яблоки хранили в закрытых боксах при температуре 24 ± 1 °С и относительной влажности воздуха 95 % в течение 15 суток. Затем измеряли диаметр поражения поверхности яблок.

в) Исследования антагонистических свойств биопрепаратов на основе бактерий *Bacillus subtilis in vitro* в отношении фитопатогенных микроорганизмов выполняли методом агаровых блоков.

Суспензию спор тест-культур фитопатогенных микроорганизмов вносили в расплавленный и доведенный до 40 ± 1 °С питательный агар, затем подготовленную смесь разливали в чашки Петри. После застывания агара на его поверхность помещали агаровые блоки, вырезанные из газона исследуемого штамма *Bacillus subtilis*, используя стерильное пробочное сверло (диаметр 6–8 мм). Газон исследуемого штамма *Bacillus subtilis* выращивали предварительно с использованием питательной среды СПА (сухой питательный агар).

Агаровые блоки размещали ростом (газоном) вверх на равном расстоянии друг от друга, плотно прижимая к агаровой пластинке.

Для проникновения ингибиторных соединений штамма из блока в слой агара с тест-культурой подготовленные чашки Петри выдерживали в течение 8 часов в условиях искусственного охлаждения – 2 ± 1 °С (во избежание преждевременного роста тест-культуры), а затем инкубировали при температуре 27° С, оптимальной для тест-культуры. Зоны задержки роста тест-культур фитопатогенных микроорганизмов контролировали через 7 суток.

г) Исследования антагонистических свойств биопрепаратов на основе бактерий *Bacillus subtilis in vivo* в отношении фитопатогенных микроорганизмов.

Для исследования влияния концентрации биопрепаратов на основе бактерий *Bacillus subtilis* и температуры хранения яблок на заболеваемость и диаметр поражения поверхности, вызванных фитопатогенными микроорганизмами (*Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*), на поверхности яблок стерильной иглой делали проколы и затем вносили подготовленную суспензию *Bacillus subtilis*

дозировкой 1×10^7 , 1×10^8 и 1×10^9 КОЕ/мл в количестве 1 мкл. Для контрольных образцов яблок использовали стерильную дистиллированную воду.

Через 5 часов в этот же прокол вносили 1 мкл подготовленной суспензии спор фитопатогенных микроорганизмов (*Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*), содержащей 1×10^5 спор/мл. Опытные и контрольные образцы яблок исследуемых сортов помещали в закрытые прозрачные пластиковые боксы, туда же помещали емкость с жидкостью для обеспечения высокой влажности и хранили при температурах $24 \pm 1^\circ \text{C}$ и $2 \pm 1^\circ \text{C}$.

Диагностику заболеваемости и характерные поражения яблок, вызванные фитопатогенными микроорганизмами (*Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*), исследовали через 5 суток при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$ и через 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 %.

Экспериментальные исследования выполняли в четырехкратной повторности (отклонение между параллельными определениями принималось не более 5 %). Математическую обработку экспериментальных данных осуществляли методами дескриптивной статистики и дисперсионного анализа с применением пакетов программ Microsoft Excel и Statistica.

Исследования проводили согласно схеме, приведенной на рисунке 3.



Рисунок 3 – Структурная схема исследований

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Исследование качества, безопасности и биохимических показателей яблок

В результате проведенных исследований нами были выбраны 6 сортов яблок позднего срока созревания наиболее востребованных с точки зрения потребителей и широко распространенных на территории Южного федерального округа: Ренет Симиренко, Гала, Айдаред, Флорина, Голден Делишес и Интерпрайс.

Яблоки данных сортов отличаются высокими показателями качества и дегустационной оценки, размерами плодов (выше среднего или крупные), а также высоким содержанием витаминов (С и Р), углеводов и пектина [6].

Яблоки сорта Ренет Симиренко отличаются очень плотной сухой кожицей, с умеренным восковым налетом, которая при хранении становится маслянистой. Плоды яблок среднего и крупного размеров (140-200 г), плоско-округлой формы и гладкие. Основная окраска кожицы – ярко-зеленая, при хранении становится желто-зеленой, с многочисленными светлыми округлыми крупными подкожными точками. Мякоть зеленовато-желтая, мелкозернистая, сочная, с сильным ароматом. Вкус кисло-сладкий, гармоничный.

Яблоки сорта Флорина отличаются плодами средней и выше средней величины (140-160 г), округлой или плоскоокруглой формы. Основная окраска кожицы – желтовато-зелёная, покровная – малиновая или темно-красная с густым полосатым румянцем и восковым налетом. Мякоть плотная, кисловато-сладкого вкуса.

Яблоки сорта Гала средних размеров (130-140 г), округлые или округло-конической формы, со слабой ребристостью на верхушке. Кожица сухая, тонкая, плотная. Основная окраска – светло-желтая или зеленовато-желтая, покровная – с размытым в виде полос оранжево-красным румянцем по всей поверхности плода. Мякоть светло-желтая, плотная, кисловато-сладкого вкуса.

Для яблок американского сорта Айдаред характерны плоды среднего размера (140-170 г), плоскоокруглой или округлой формы, слегка конической у вершины. Основная окраска светло-зеленая, при созревании становится зеленовато-желтой, покровная – с ярким малиновым румянцем и размытыми полосами. Мякоть бледно-желтая, плотная, сочная, вкус кисло-сладкий, гармоничный.

Плоды яблок сорта Голден Делишес средней величины (140-180 г), округло-конической формы, гладкие. Кожица средней плотности, блестящая, средней толщины, с шероховатой сеткой на большей части поверхности. Основная окраска зеленовато-желтая, позже становится золотисто-желтого цвета. Мякоть яблок светло-желтая, не плотная, сочная. Сладкий вкус мякоти сочетается с сильным яблочным ароматом.

Плоды яблок сорта Интерпрайс среднего или крупного размера (150-200 г), округлой формы. Кожица тонкая, при хранении образует прочный восковой налет. Основная окраска желтая или зеленовато-желтая, с красным румянцем по всей поверхности. Мякоть светло-желтая, сочная, вкус сладкий, с легкой кислинкой, гармоничный [142].

На первом этапе исследований определяли качество яблок на соответствие требованиям, предъявляемым к качеству ГОСТ 34314-2017 «Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия» [12].

В таблице 1 приведены данные, характеризующие органолептические и физико-химические показатели яблок исследуемых сортов.

Из данных таблицы 1 видно, что по показателям качества яблоки исследуемых сортов соответствуют требованиям, предъявляемым ГОСТ 34314-2017 к первому товарному сорту.

Таблица 1 – Органолептические и физико-химические показатели яблок

Наименование показателя	Характеристика и значение показателя для сорта							Требования ГОСТ 34314-2017 к 1-ому сорту
	Флорина	Айдаред	Гала	Ренет	Симиренко	Голден	Делишес	
1	2							3
Внешний вид	Плоды целые, чистые, без излишней внешней влажности, типичной для помологического сорта формы и окраски, с плодоножкой							Плоды целые, чистые, без излишней внешней влажности, типичной для помологического сорта формы и окраски, с плодоножкой
Шероховатое побурение кожицы	Отсутствие							Допускаются: - коричневые пятна, которые могут слегка выходить за пределы полости плодоножки, но не могут быть шероховатыми; - слабое сетевидное побурение, не превышающее 1/5 общей площади поверхности плода и не резко контрастирующее с общей окраской плода; - сильное побурение, не превышающее 1/20 общей площади поверхности плода,

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Запах и вкус	Свойственные помологическому сорту, без постороннего запаха и привкуса	при этом слабое сетевидное и сильное побурение вместе не более 1/5 общей площади поверхности плода Свойственные данному помологическому сорту, без постороннего запаха и (или) привкуса
Степень зрелости и состояние плода	Плоды съемной степени зрелости	Плоды съемной степени зрелости, способные выдерживать погрузку, транспортирование, разгрузку и доставку к месту назначения
Состояние мякоти	Мякоть доброкачественная	Без значительных дефектов
Массовая доля плодов, не соответствующих требованиям данного сорта, но соответствующих требованиям более низких сортов (для первого сорта наличие яблок второго сорта), %	8,0 7,0 6,0 7,0 7,0 8,0	Не более 10,0

Окончание таблицы 1

1	2	3
Наличие яблок загнивших, гнилых, с признаками увядания, перезрелых, с побурением мякоти, испорченных, % Наличие сорной примеси, % Дефекты	Отсутствие Отсутствие Отсутствие	Не допускается Не допускается Допускаются незначительные дефекты: формы, развития; легкие повреждения (нажимы, потертость) площадью не более 1 см; незначительные дефекты кожицы, не превышающие 2 см в длину для дефектов продолговатой формы и 1 см общей площади поверхности для других дефектов
Наличие яблок, поврежденных сельскохозяйст- венными вредителями, %	Отсутствие	Не допускается

На следующем этапе исследований определяли показатели безопасности яблок на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) [18].

В таблице 2 приведены основные гигиенические показатели безопасности яблок исследуемых сортов.

Таблица 2 – Гигиенические показатели безопасности свежих яблок исследуемых сортов

Наименование показателя	Значение показателя для сорта						Требования ТР ТС 021/2011, не более
	Флорина	Айдаред	Гала	Ренет Симиренко	Голден Делишес	Интерпрайс	
Токсичные элементы, мг/кг:							
свинец	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,40
мышьяк	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,20
кадмий	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
ртуть	Отсутствует						0,02
Пестициды, мг/кг:							
ГХЦГ (α , β , γ – изомеры)	Отсутствуют						0,05
ДДТ и его метаболиты	Отсутствуют						0,10
Микотоксины, мг/кг:							
патулин	Отсутствует						0,05

Из данных таблицы 2 видно, что по гигиеническим показателям безопасности исследуемые образцы яблок соответствуют требованиям,

предъявляемым Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

В таблице 3 представлены биохимические показатели исследуемых сортов яблок.

Таблица 3 – Биохимические показатели исследуемых сортов яблок

Наименование показателя	Значение показателя, для сорта яблок					
	Флорина	Айдаред	Гала	Ренет Симиренко	Голден Делишес	Интерпрайс
Массовая доля, % :						
-сухих веществ	16,8±0,08	15,4±0,08	13,5±0,07	14,3±0,07	16,2±0,08	12,8±0,06
-общих сахаров	11,2±0,03	10,8±0,03	10,1±0,03	9,2±0,03	12,5±0,04	8,8±0,03
-пектина	1,94±0,002	1,42±0,001	1,68±0,002	1,72±0,002	1,90±0,002	1,85±0,002
-прото-пектина	1,22±0,001	0,82±0,001	1,10±0,001	1,14±0,001	1,18±0,001	1,25±0,001
Витамины, мг/100 г:						
Р	140,4±1,40	112,2±1,12	105,4±1,05	115,5±1,16	135,4±1,35	124,0±1,24
С	7,4±0,22	6,8±0,20	6,3±0,19	7,8±0,23	7,9±0,24	6,7±0,20
Общая кислотность, %	0,50±0,01	0,60±0,01	0,62±0,01	0,90±0,02	0,38±0,01	0,70±0,01

Из результатов исследования биохимических показателей, приведенных в таблице 3, видно, что яблоки сортов Голден Делишес и Флорина отличаются высоким содержанием сухих веществ (Голден Делишес – 16,2 %, Флорина – 16,8 %), общих сахаров (Голден Делишес – 12,5 %, Флорина – 11,2 %) и низкой

общей кислотностью (Голден Делишес – 0,38 % %, Флорина – 0,50 %), в отличие от яблок сортов Ренет Симиренко, Интерпрайс, Гала и Айдаред, в которых содержание сухих веществ находится в интервале от 12,8 % до 15,4 %, содержание общих сахаров в интервале от 8,8 % до 10,8 %, а общая кислотность – в интервале от 0,60 % до 0,90 %.

Следует отметить, что пищевая ценность исследуемых сортов яблок обусловлена высоким содержанием витаминов. Так, содержание витамина С находится в пределах от 6,3 мг/100 г (Гала) до 7,9 мг/100 г (Голден Делишес). Содержание витамина Р варьирует от 105,4 мг/100 г (Гала) до 140,4 мг/100 г (Флорина). В яблоках сорта Айдаред, Ренет Симиренко, Голден Делишес и Интерпрайс содержание витамина Р составляет 112,2 мг/100 г, 115,5 мг/100 г, 135,4 мг/100 г и 124,0 мг/100 г соответственно.

Показатель общей кислотности, определяющий вкус и степень зрелости яблок, варьирует в пределах от 0,38 % (Голден Делишес) до 0,90 % (Ренет Симиренко).

На следующем этапе исследований изучали микробиальную контаминацию поверхности яблок.

3.2 Исследование микробиальной контаминации поверхности яблок в опытах *in vivo*

Результаты по качественному и количественному содержанию микроорганизмов, находящихся на поверхности яблок, представлены в таблице 4.

Из данных, приведенных в таблице 4, следует, что на поверхности яблок наблюдается большое количество микроорганизмов, которые представлены бактериями, дрожжами и плесневыми грибами.

Таблица 4 – Количество микроорганизмов, находящихся на поверхности свежих яблок исследуемых сортов

Наименование показателя	Среднее значение показателя, КОЕ/г для сорта яблок					
	Голден Делишес	Флорина	Айдаред	Гала	Интерпрайс	Ренет Симиренко
Общая обсемененность (КМАФАнМ), КОЕ/г	$22,0 \times 10^3$	$29,0 \times 10^3$	$16,0 \times 10^3$	$17,1 \times 10^3$	$21,8 \times 10^3$	$21,1 \times 10^3$
Дрожжи, КОЕ/г	$17,9 \times 10^1$	$21,8 \times 10^1$	$12,1 \times 10^1$	$13,1 \times 10^1$	$15,7 \times 10^1$	$12,2 \times 10^1$
Плесени, КОЕ/г	$22,5 \times 10^2$	$21,5 \times 10^2$	$20,0 \times 10^2$	$18,1 \times 10^2$	$16,2 \times 10^2$	$15,8 \times 10^2$

Известно, что гниение и порча яблок в период хранения вызывается преимущественно плесневыми грибами, которые особенно быстро развиваются на поврежденной поверхности. Наименьшее количество плесеней наблюдали на поверхности яблок сорта Ренет Симиренко ($15,8 \times 10^2$ КОЕ/г), которые по биохимическим показателям отличаются высокой кислотностью (0,90 %) и не высоким содержанием общих сахаров (9,2 %).

Наибольшее содержание плесеней отмечено на поверхности яблок сортов Голден Делишес ($22,5 \times 10^2$ КОЕ/г) и Флорина ($21,5 \times 10^2$ КОЕ/г). Это связано с особенностями их биохимического состава: яблоки данных сортов отличаются высоким содержанием общих сахаров и низкой общей кислотностью (таблица 3), что создает благоприятные условия для роста и развития плесневых грибов.

Кроме того, на степень поражения поверхности яблок фитопатогенными микроорганизмами влияют и особенности анатомического строения указанных сортов, а именно, открытая чашечка (яблоки сорта Голден Делишес) и тонкая кожица (яблоки сорта Флорина), которые способствуют проникновению плесневых грибов.

Выявлено, что плесневые грибы на поверхности исследуемых сортов яблок представлены большим разнообразием фитопатогенных микроорганизмов родов: *Botrytis*, *Penicillium*, *Monilia*, *Alternaria* и *Gloeosporium*.

В связи с этим, дальнейшие исследования проводили, обращая особенное внимание на степень поражения поверхности яблок указанными фитопатогенными микроорганизмами.

3.3 Исследование степени поражения поверхности яблок фитопатогенными микроорганизмами в опытах *in vivo*

Для выявления степени поражения поверхности яблок фитопатогенными микроорганизмами яблоки хранили в закрытых боксах при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % в течение 15 суток.

Указанные неблагоприятные условия хранения создавали специально для увеличения интенсивности роста плесеней на поверхности яблок.

На рисунке 4 представлены данные по изменению количества плесеней на поверхности яблок в процессе хранения при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % в течение 15 суток.

Из данных рисунка 4 видно, что наиболее интенсивно плесени растут на поверхности яблок сортов Голден Делишес ($39,8 \times 10^2$ КОЕ/г) и Флорина ($36,9 \times 10^2$ КОЕ/г), что связано с особенностями биохимического состава данных сортов яблок. Менее интенсивно поражалась поверхность яблок сортов Ренет Симиренко ($24,5 \times 10^2$ КОЕ/г), Интерпрайс ($25,4 \times 10^2$ КОЕ/г), Гала ($28,7 \times 10^2$ КОЕ/г) и Айдаред ($33,0 \times 10^2$ КОЕ/г).

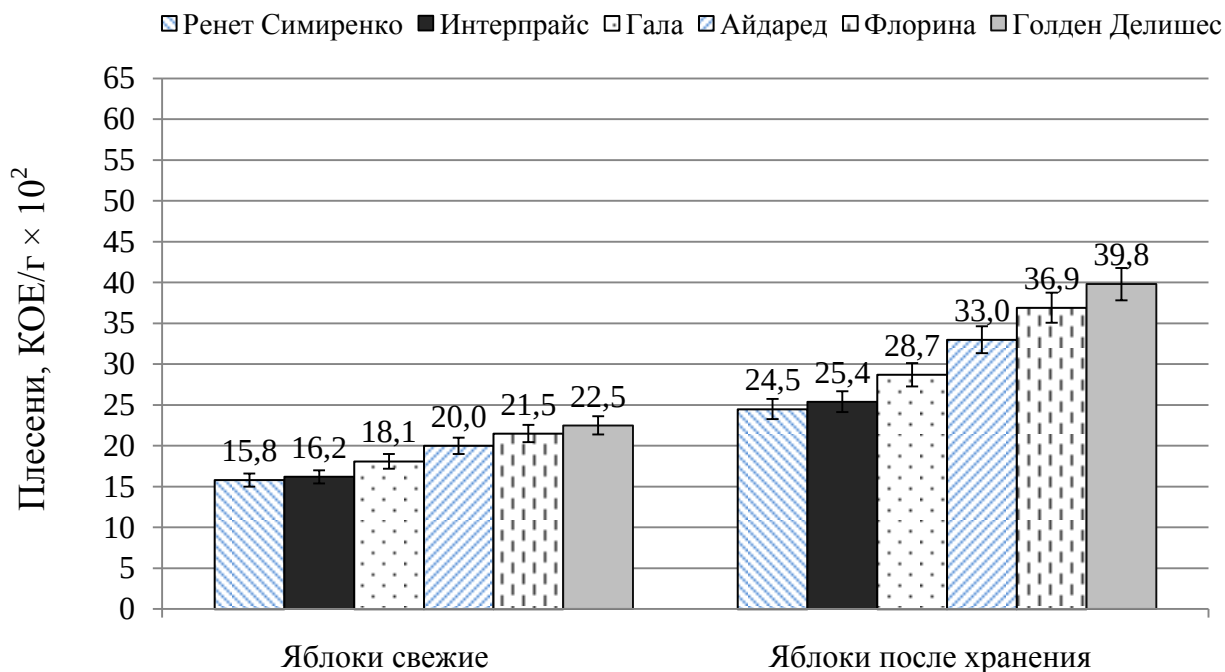


Рисунок 4 – Изменение количества плесеней на поверхности яблок в процессе хранения при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % в течение 15 суток

Затем исследовали диаметр поражения поверхности яблок от фитопатогенных микроорганизмов, обнаруженных на поверхности свежих яблок. Для этого на поверхность яблок исследуемых сортов наносили методом опрыскивания суспензию фитопатогенных микроорганизмов с концентрацией 10^5 спор/мл. Концентрацию суспензии фитопатогенных микроорганизмов устанавливали в соответствии методикой определения эффективности активных штаммов-антагонистов, где в опытах *in vivo* рекомендуется проводить постановку острого опыта.

Яблоки хранили в закрытых боксах при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % в течение 15 суток.

Данные по исследованию диаметра поражения поверхности яблок фитопатогенными микроорганизмами в процессе хранения при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % в течение 15 суток представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Диаметр поражения поверхности яблок фитопатогенными микроорганизмами в процессе хранения в течение 15 суток при температуре $24\pm 1^{\circ}\text{C}$

Наименование фитопатогенного микроорганизма	Диаметр поражения поверхности (см) для яблок сорта					
	Голден Делишес	Флорина	Айдаред	Гала	Интерпрайс	Ренет Симиренко
<i>Botrytis cinerea</i>	$2,0\pm 0,05$	$1,8\pm 0,04$	$1,2\pm 0,03$	$1,3\pm 0,04$	$1,2\pm 0,02$	$0,9\pm 0,03$
<i>Penicillium expansum</i>	$1,7\pm 0,04$	$1,6\pm 0,02$	$1,5\pm 0,02$	$1,3\pm 0,04$	$1,3\pm 0,05$	$1,1\pm 0,02$
<i>Monila fructigena</i>	$1,4\pm 0,04$	$1,2\pm 0,02$	$1,0\pm 0,01$	$0,9\pm 0,01$	$0,8\pm 0,04$	$0,5\pm 0,01$
<i>Alternaria alternata</i>	$0,6\pm 0,01$	$0,5\pm 0,01$	$0,3\pm 0,01$	$0,4\pm 0,02$	$0,4\pm 0,02$	$0,3\pm 0,01$
<i>Gloeosporium album</i>	$1,1\pm 0,2$	$0,8\pm 0,01$	$0,8\pm 0,01$	$0,6\pm 0,01$	$0,6\pm 0,02$	$0,4\pm 0,01$

Из данных, приведенных в таблице 5, следует, что наибольший диаметр поражения поверхности яблок всех исследуемых сортов вызывают плесени *Botrytis cinerea* и *Penicillium expansum*.

Кроме этого, наиболее подвержены поражению фитопатогенными микроорганизмами яблоки сорта Голден Делишес, что связано, во-первых, с особенностями биохимического состава – сорт отличается высоким содержанием общих сахаров и низкой общей кислотностью, а во-вторых, особенностью строения плода – открытая чашечка плода способствует проникновению фитопатогенных микроорганизмов (рисунок 5).



Рисунок 5 – Плодовая гниль (*Monila fructigena*) на яблоках сорта
Голден Делишес

Не менее интенсивно фитопатогенные микроорганизмы поражают поверхность и яблок сорта Флорина. Особенно быстро развиваются заболевания, вызванные *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* и *Monila fructigena* (рисунок 6)



Рисунок 6 – *Penicillium expansum* на яблоках сорта Флорина

Заболевания, вызванные *Gloeosporium album* и *Alternaria alternata*, на поверхности яблок развиваются менее интенсивно, так как известно, что проявление заболеваний, вызванных данными микроорганизмами, происходит в процессе длительного хранения (рисунок 7).



Рисунок 7 – Поражение поверхности яблок сортов Интерпрайс и Айдаред
Gleosporium album и *Alternaria alternata*

При создании неблагоприятных условий внешней среды наиболее устойчивыми к развитию микробиологической порчи являются яблоки сорта Ренет Симиренко, так как на поверхности яблок данного сорта наблюдался незначительный рост фитопатогенных микроорганизмов. Устойчивость сорта связана с особенностями биохимического состава яблок: высокий показатель общей кислотности негативно влияет на развитие фитопатогенных микроорганизмов.

Проведенные исследования позволили сделать вывод о том, что степень поражаемости поверхности яблок фитопатогенными микроорганизмами зависит от сортовых особенностей яблок, что связано с показателями их биохимического состава и анатомическим строением.

Наиболее подвержены поражению фитопатогенными микроорганизмами яблоки сортов Голден Делишес и Флорина. Менее интенсивно микробиологическая порча развивается на поверхности яблок сорта Айдаред, Гала и Интерпрайс. Наиболее устойчивы к воздействию фитопатогенных микроорганизмов яблоки сорта Ренет Симиренко.

Кроме этого, установлено, что наибольший диаметр поражения поверхности яблок, независимо от сорта, вызывают плесени *Botrytis cinerea* и *Penicillium expansum*.

Учитывая это, на следующем этапе исследовали антагонистическую активность штаммов-продуцентов известных биопрепаратов по отношению к фитопатогенным микроорганизмам в опытах *in vitro* и *in vivo* для разработки эффективного биопрепарата.

3.4 Исследование эффективности влияния биопрепаратов на подавление фитопатогенных микроорганизмов, вызывающих микробиологическую порчу яблок, в опытах *in vitro* и *in vivo*

3.4.1 Исследование степени антагонистической активности биопрепаратов по отношению к фитопатогенным микроорганизмам в опытах *in vitro*

С целью выбора наиболее эффективных биопрепаратов был проведен анализ наиболее известных и широко применяемых препаратов микробного происхождения российского производства. В результате анализа установлено, что биопрепараты на основе бактерий *Bacillus subtilis* представляют особый интерес для дальнейшего изучения, так как являются наиболее эффективными в отношении широкого спектра фитопатогенных микроорганизмов [99].

На основании проведенных исследований были выбраны наиболее перспективные биопрепараты отечественного производства для обработки яблок на основе бактерий *Bacillus subtilis*: Витаплан (штамм ВКМ В-2604 D и штамм ВКМ В-2605 D), Бактофит (штамм ИПМ 215), Алирин-Б (штамм В-10 ВИЗР) и Гамаир (штамм М-22 ВИЗР).

Указанные биопрепараты представляют собой порошки с количеством микробных клеток активных компонентов: штамм ВКМ В-2604 D и штамм ВКМ В-2605 D (в соотношении 1:1) – 10^{10} КОЕ/г, штамм ИПМ 215 – 10^9 КОЕ/г, штамм В-10 ВИЗР – 10^9 КОЕ/г, штамм М-22 ВИЗР – 10^9 КОЕ/г.

Предварительно сухие биопрепараты доводили до концентрации 1×10^8 КОЕ/мл путем разведения их водой при температуре $20 \pm 1^\circ \text{C}$.

Исследование степени антагонистической активности биопрепаратов по отношению к фитопатогенным микроорганизмам выполняли методом агаровых блоков. Для этого суспензию спор тест-культур фитопатогенных микроорганизмов с концентрацией 10^5 спор/мл вносили в расплавленный питательный агар, затем подготовленную смесь разливали в чашки Петри. После застывания агара на его поверхность помещали агаровые блоки, вырезанные из газона исследуемого штамма *Bacillus subtilis*, с титром микробных клеток активных компонентов, соответствующим 1×10^8 КОЕ/мл.

Агаровые блоки размещали ростом (газоном) вверх на равном расстоянии друг от друга, плотно прижимая к агаровой пластинке. Подготовленные чашки Петри инкубировали при температуре 27°C , оптимальной для тест-культуры. Зоны задержки роста фитопатогенных микроорганизмов при обработке биопрепаратами контролировали через 7 суток.

Результаты исследования степени антагонистической активности исследуемых биопрепаратов по отношению к фитопатогенным микроорганизмам, находящимся на поверхности яблок, представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Антагонистическая активность известных биопрепаратов по отношению к фитопатогенным микроорганизмам

Наименование фитопатогенного микроорганизма	Зона задержки роста фитопатогенного микроорганизма (мм) при обработке биопрепаратом			
	Витаплан (ВКМ В-2604 D ВКМ В-2605 D) 10^8 КОЕ/мл	Бактофит (ИПМ 215) 10^8 КОЕ/мл	Алирин-Б (В-10 ВИЗР) 10^8 КОЕ/мл	Гамаир (М-22 ВИЗР) 10^8 КОЕ/мл
1	2	3	4	5
Botrytis cinerea	4,1±0,07	4,5±0,05	3,0±0,08	3,4±0,11
Penicillium expansum	4,2±0,04	3,8±0,05	3,4±0,05	2,8±0,11
Monila fructigena	3,0±0,04	2,5±0,07	1,4±0,06	2,0±0,11

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5
Alternaria alternata	3,2±0,11	2,6±0,10	2,4±0,09	2,8±0,08
Gloeosporium album	2,6±0,05	2,8±0,05	2,0±0,09	2,5±0,11

Из представленных в таблице 6 данных можно сделать вывод о том, что исследуемые биопрепараты обладают антагонистической активностью по отношению к фитопатогенным микроорганизмам, вызывающим заболевания яблок, в большей или меньшей степени задерживая их рост.

Установлено, что наибольшую эффективность по отношению к тестовому набору фитопатогенных микроорганизмов в экспериментах *in vitro* проявили биопрепараты Витаплан (*Penicillium expansum*, *Monila fructigena*, *Alternaria alternata*) и Бактофит (*Botrytis scinerea*, *Gloeosporium album*).

Учитывая это, дальнейшие исследования в опытах *in vivo* проводили с указанными биопрепаратами.

3.4.2 Исследование эффективности влияния обработки биопрепаратами на степень снижения микробиологической порчи яблок в опытах *in vivo*

Исследование эффективности влияния обработки на степень снижения микробиологической порчи яблок в зависимости от температуры хранения и концентрации инокулята в опытах *in vivo* проводили с штаммами-продуцентами биопрепаратов Витаплан (штаммы *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D при соотношении штаммов 1:1) и Бактофит (*Bacillus subtilis* ИПМ 215).

Для этого на поверхности яблок стерильной иглой делали проколы и затем вносили подготовленную суспензию *Bacillus subtilis* с концентрацией инокулята 1×10^7 , 1×10^8 и 1×10^9 КОЕ/мл в количестве 1 мкл. В контрольные образцы яблок вносили дистиллированную воду. Затем в этот же прокол вносили 1 мкл

подготовленной суспензии фитопатогенных микроорганизмов (*Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*) с концентрацией 1×10^5 спор/мл.

Опытные и контрольные образцы исследуемых сортов яблок хранили при следующих условиях:

- при температуре $24 \pm 1^\circ$ в течение 5 суток (в торговой сети, в торговом зале);
- в холодильных камерах при температуре $2 \pm 1^\circ$ С и относительной влажности воздуха 95 % в течение 30 суток (на базе торговых организаций-поставщиков и/или складских помещениях торговой сети).

На первом этапе исследования изучали влияние концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на степень снижения заболеваемости и на снижение диаметра поражения поверхности яблок, вызванных фитопатогенными микроорганизмами *Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*, которые в значительной степени, по сравнению с другими фитопатогенными микроорганизмами, приводят к микробиологической порче яблок.

Данные по влиянию концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604D и ВКМ В-2605 D (Витаплан) на заболеваемость яблок, вызванную *Penicillium expansum*, после хранения в течение 5 суток при температуре $24 \pm 1^\circ$ С представлены на рисунке 8.

Из данных рисунка 8 видно, что для яблок, обработанных штаммами *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604D и ВКМ В-2605 D с концентрацией инокулята 1×10^7 КОЕ/мл и зараженных *Penicillium expansum*, заболеваемость по сравнению с контролем снизилась и в зависимости от сорта составила: Голден Делишес – 56,2 %, Флорина – 54,0 %, Айдаред – 45,2 %, Гала – 44,1 %, Интерпрайс – 43,6 %, Ренет Симиренко – 42,5 %.

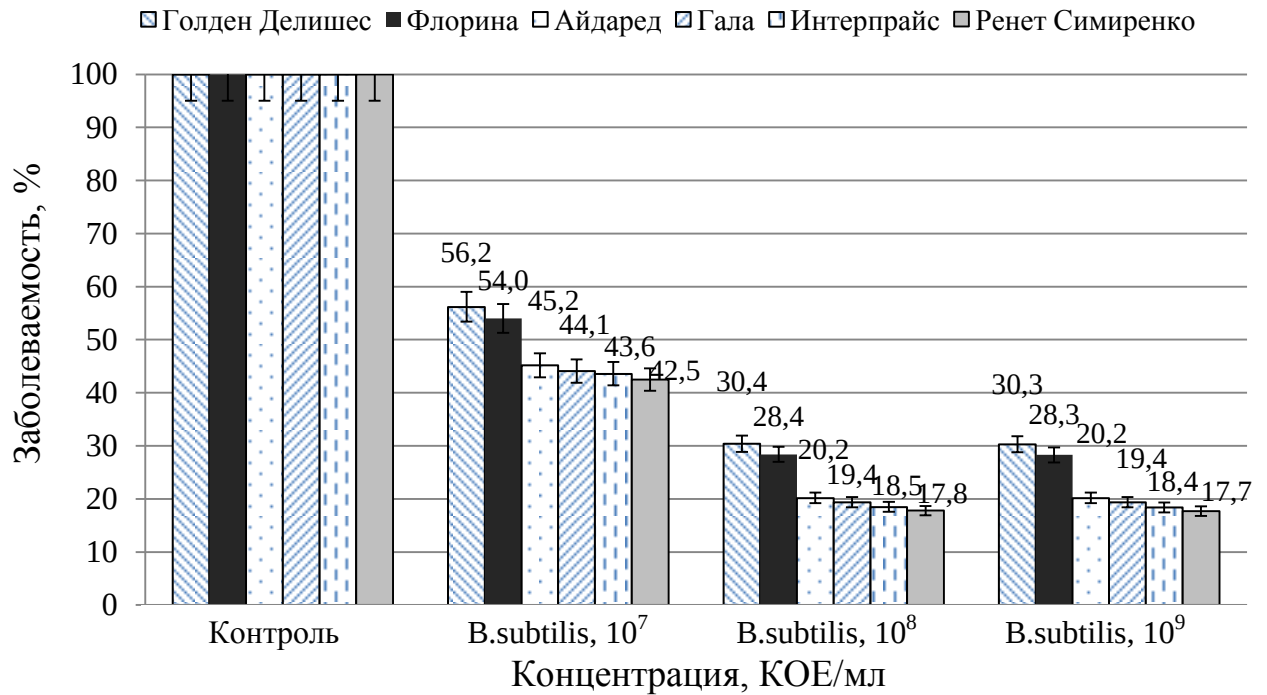


Рисунок 8 – Влияние концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на заболеваемость яблок, вызванную *Penicillium expansum*, после хранения в течение 5 суток при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$

При повышении концентрации инокулята с 1×10^7 КОЕ/мл до 1×10^8 КОЕ/мл наблюдается снижение заболеваемости в зависимости от сорта: Голден Делишес – 30,4 %, Флорина – 28,4 %, Айдаред – 20,2 %, Гала – 19,4 %, Интерпрайс – 18,5 %, Ренет Симиренко – 17,8 %.

Кроме того, установлено, что увеличение концентрации инокулята до 1×10^9 КОЕ/мл существенно не влияет на снижение заболеваемости яблок, вызванной *Penicillium expansum*.

Результаты по влиянию концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D (Витаплан) на заболеваемость яблок, вызванную *Botrytis cinerea*, после хранения в течение 5 суток при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$ в виде диаграмм приведены на рисунке 9.

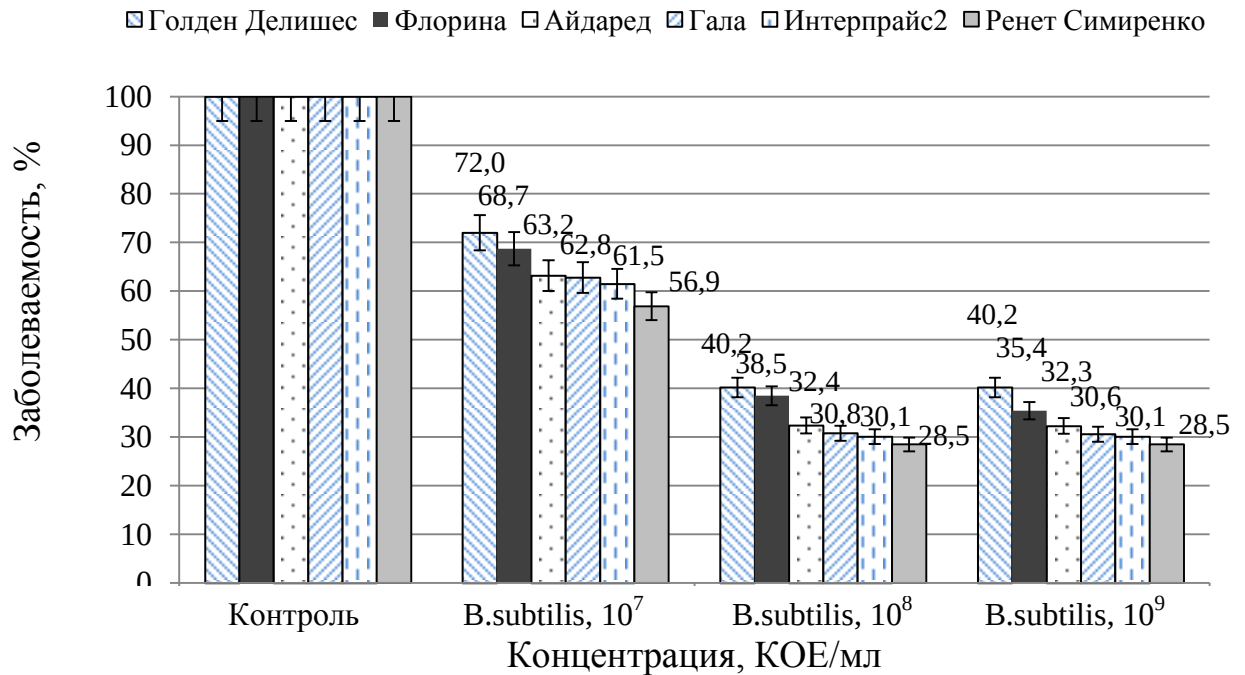


Рисунок 9 – Влияние концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на заболеваемость яблок, вызванную *Botrytis cinerea*, после хранения в течение 5 суток при температуре 24±1° С

Анализ диаграмм, представленных на рисунке 9, показал аналогичную зависимость влияния концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на заболеваемость яблок, вызванную плесенью *Botrytis cinerea*.

Так, при концентрации инокулята 1×10⁸ КОЕ/мл заболеваемость яблок зависимости от сорта составила: Голден Делишес – 40,2 %, Флорина – 38,5 %, Айдаред – 32,4 %, Гала – 30,8 %, Интерпрайс – 30,1 %, Ренет Симиренко – 28,5 %.

Результаты по влиянию концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604D и ВКМ В-2605 D на диаметр поражения поверхности яблок фитопатогенными микроорганизмами *Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea* после хранения в течение 5 суток при температуре 24±1° С представлены на рисунках 10 и 11.

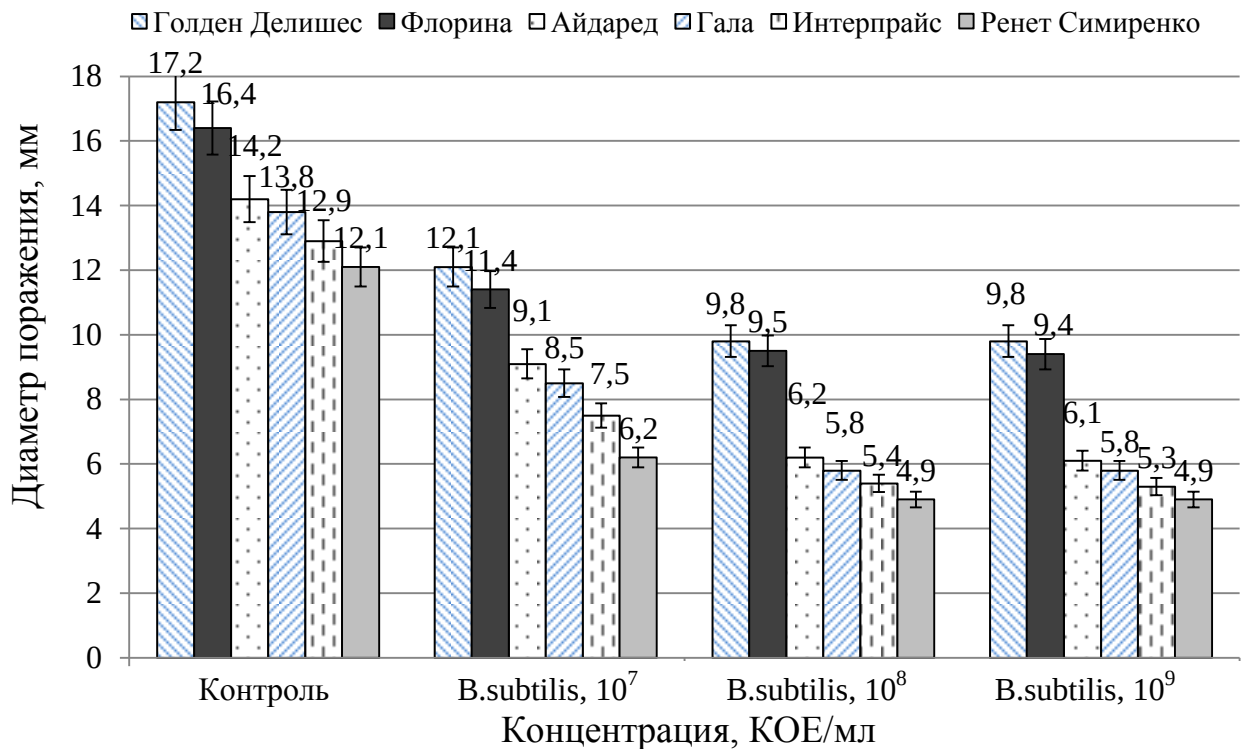


Рисунок 10 – Влияние концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604D и ВКМ В-2605 D на диаметр поражения поверхности яблок *Penicillium expansum* после хранения в течение 5 суток при температуре 24 ± 1 °C

Из представленных на рисунке 10 данных следует, что диаметр поражения поверхности яблок *Penicillium expansum*, обработанных штаммами *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D с концентрацией инокулята 1×10^7 КОЕ/мл в зависимости от сорта составляет: Голден Делишес – 12,1 мм, Флорина – 11,4 мм, Айдаред – 9,1 мм, Гала – 8,5 мм, Интерпрайс – 7,5 мм, Ренет Симиренко – 6,2 мм.

При концентрации инокулята 1×10^8 КОЕ/мл диаметр поражения значительно ниже и в зависимости от сорта варьирует от 4,9 мм (Ренет Симиренко) до 9,8 мм (Голден Делишес). Диаметр поражения поверхности яблок сортов Флорина, Айдаред, Гала и Интерпрайс снизился до 9,5 мм, 6,2 мм, 5,8 мм и 5,4 мм соответственно.

Увеличение концентрации инокулята с 1×10^8 до 1×10^9 КОЕ/мл, как и в предыдущем опыте, практически не оказывает влияния на снижение диаметра поражения поверхности яблок *Botrytis cinerea*.

Аналогичная зависимость влияния концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на диаметр поражения поверхности яблок плесенью *Botrytis cinerea* установлена на основании данных рисунка 11.

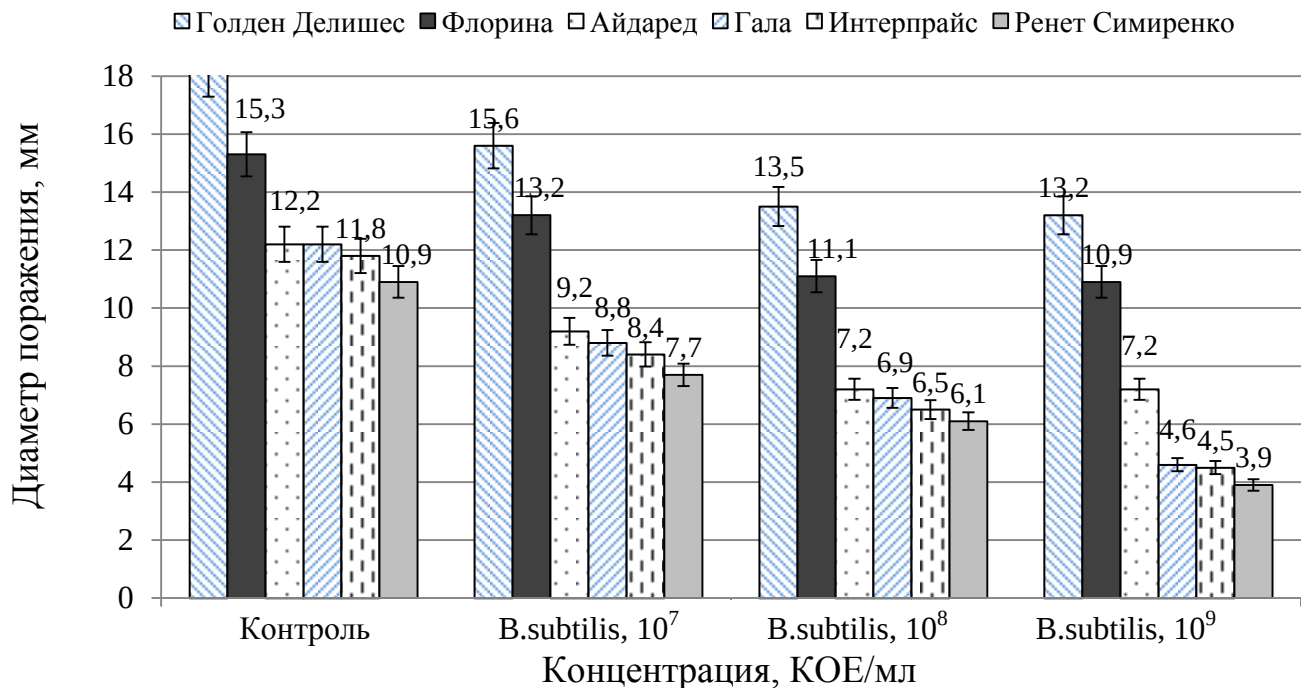


Рисунок 11 – Влияние концентрации штаммов *Bacillus subtilis*

ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на диаметр поражения поверхности яблок *Botrytis cinerea* после хранения в течение 5 суток при температуре 24 ± 1 °C

Так, при концентрации инокулята 1×10^7 КОЕ/мл наибольший диаметр поражения отмечен для яблок сорта Голден Делишес – 15,6 мм, наименьший для яблок сорта Ренет Симиренко – 7,7 мм. При концентрации инокулята 1×10^8 КОЕ/мл диаметр поражения для яблок сортов Голден Делишес и Ренет Симиренко снизился до 13,5 мм и 6,1 мм соответственно.

Для яблок всех сортов увеличение концентрации инокулята до 1×10^9 КОЕ/мл практически не влияет на снижение диаметра поражения поверхности плесенью *Botrytis cinerea*.

Данные по влиянию концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D (Витаплан) на заболеваемость яблок, вызванную *Penicillium*

expansum, после хранения в течение 30 суток при температуре $2\pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % представлены на рисунке 12.

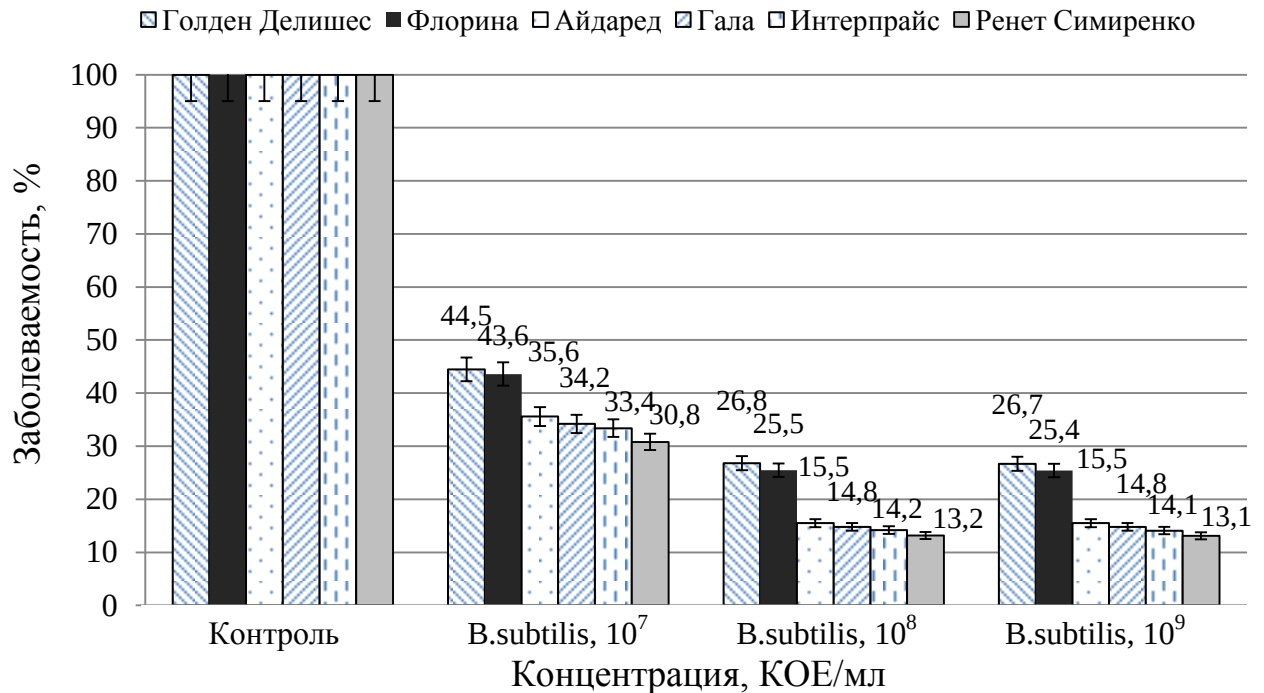


Рисунок 12 – Влияние концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на заболеваемость яблок, вызванную *Penicillium expansum*, после хранения в течение 30 суток при температуре $2\pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 %

Из данных рисунка 12 видно, что для яблок, обработанных *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D с концентрацией инокулята 1×10^7 КОЕ/мл и зараженных *Penicillium expansum*, заболеваемость по сравнению с контролем снизилась и в зависимости от сорта составила: Голден Делишес – 44,5 %, Флорина – 43,6 %, Айдаред – 35,6 %, Гала – 34,2 %, Интерпрайс – 33,4 %, Ренет Симиренко – 30,8 %.

При повышении концентрации инокулята с 1×10^7 КОЕ/мл до 1×10^8 КОЕ/мл степень заболеваемости в зависимости от сорта снижается по убыванию: Голден Делишес – 26,8 %, Флорина – 25,5 %, Айдаред – 15,5 %, Гала – 14,8 %, Интерпрайс – 14,2 %, Ренет Симиренко – 13,2 %.

Кроме этого, установлено, что увеличение концентрации инокулята до 1×10^9 КОЕ/мл не целесообразно, так как практически не влияет на степень снижения заболеваемости яблок, вызванной *Penicillium expansum*.

Результаты по влиянию концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на заболеваемость яблок, вызванную *Botrytis cinerea*, после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % представлены на рисунке 13.

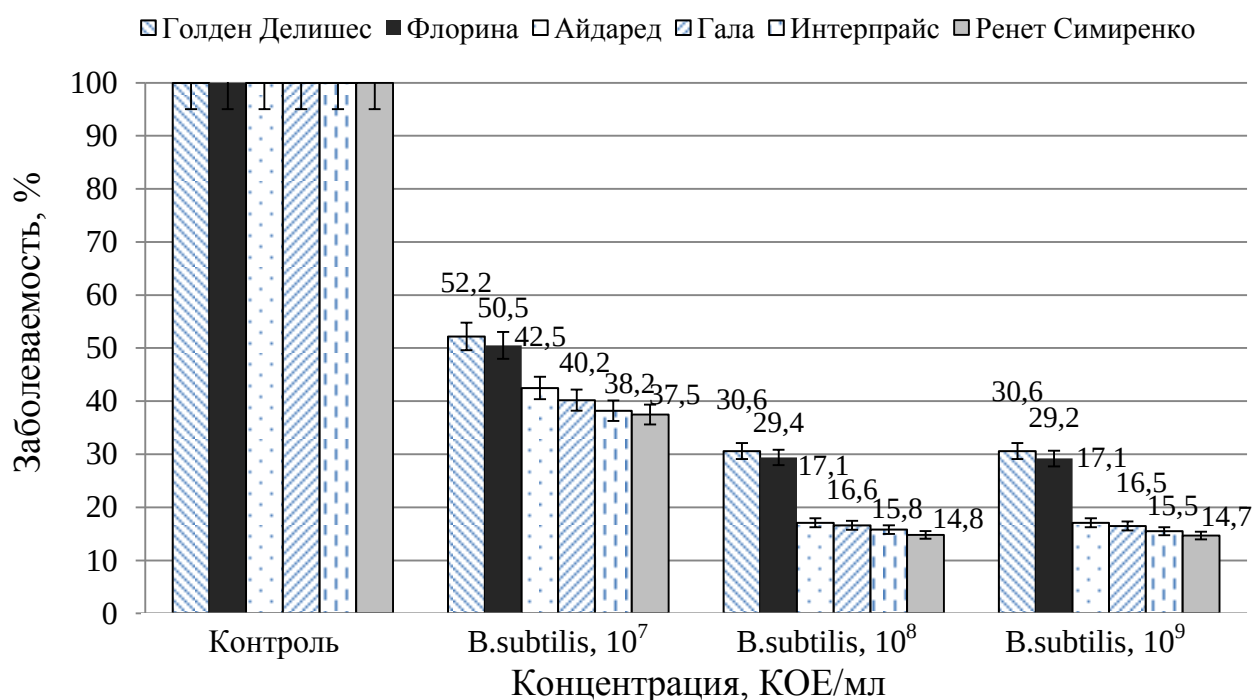


Рисунок 13 – Влияние концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на заболеваемость яблок, вызванную *Botrytis cinerea*, после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 %

По результатам исследований, данные которых представлены на рисунке 13, следует отметить, что оптимальной концентрацией инокулята штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D является 1×10^8 КОЕ/мл.

Так, в сравнении с контролем при концентрации инокулята 1×10^7 КОЕ/мл снижение заболеваемости яблок в зависимости от сорта составило от 47,8 %

(Голден Делишес) до 62,5 % (Ренет Симиренко), а при повышении концентрации инокулята до 1×10^8 КОЕ/мл – от 69,4 % (Голден Делишес) до 85,2 % (Ренет Симиренко).

Данные по влиянию концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на диаметр поражения поверхности яблок, вызванного *Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*, после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % в виде диаграмм приведены на рисунках 14 и 15.

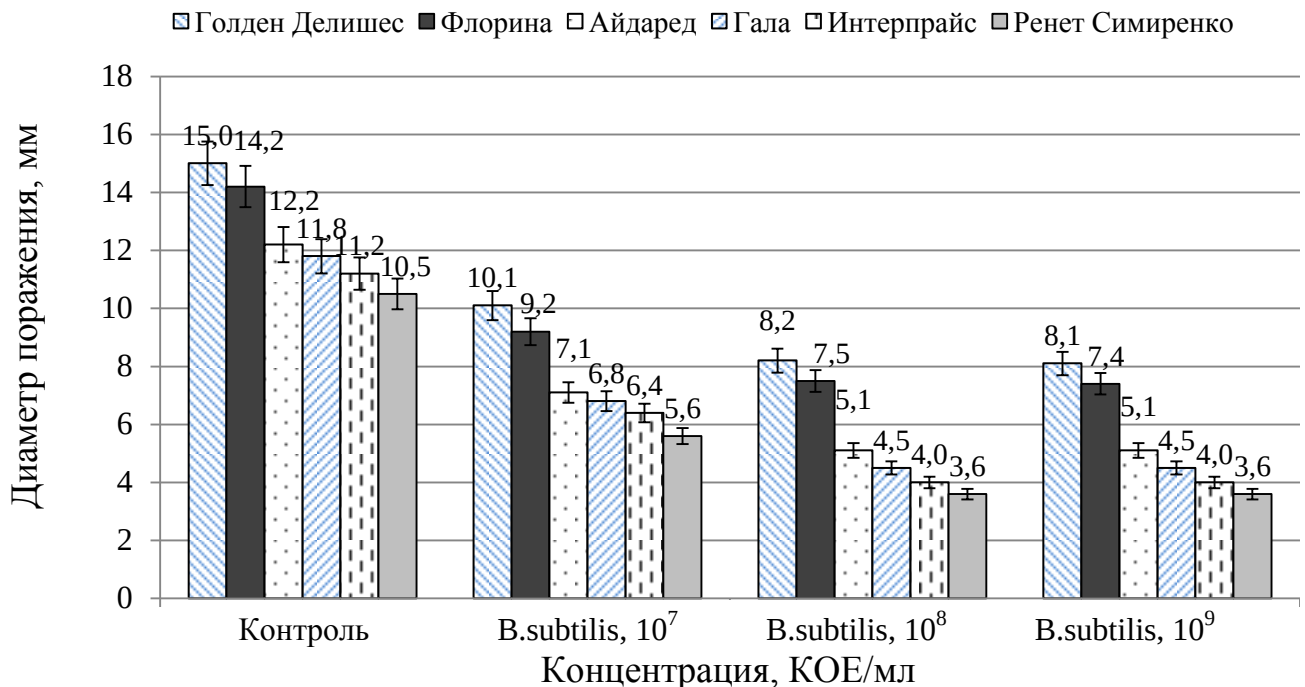


Рисунок 14 – Влияние концентрации штаммов *Bacillus subtilis*

ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на диаметр поражения поверхности яблок *Penicillium expansum* после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 %

Следует отметить, что данные по влиянию концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на снижение диаметра поражения поверхности яблок согласуются с данными по влиянию концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на степень снижения заболеваемости.

При концентрации инокулята *Bacillus subtilis* штаммов ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D 1×10^7 КОЕ/мл диаметр поражения *Penicillium expansum* в зависимости от сорта составляет: Голден Делишес – 10,1 мм, Флорина – 9,2 мм, Айдаред – 7,1 мм, Гала – 6,8 мм, Интерпрайс – 6,4 мм, Ренет Симиренко – 5,6 мм.

При повышении концентрации инокулята с 1×10^7 КОЕ/мл до 1×10^8 КОЕ/мл диаметр поражения поверхности значительно снизился и в зависимости от сорта составил: Голден Делишес – 8,1 мм, Флорина – 7,4 мм, Айдаред – 5,1 мм, Гала – 4,5 мм, Интерпрайс – 4,0 мм, Ренет Симиренко – 3,6 мм.

Выявлено, что увеличение концентрации инокулята до 1×10^9 КОЕ/мл практически не влияет на снижение диаметра поражения поверхности яблок *Penicillium expansum*.

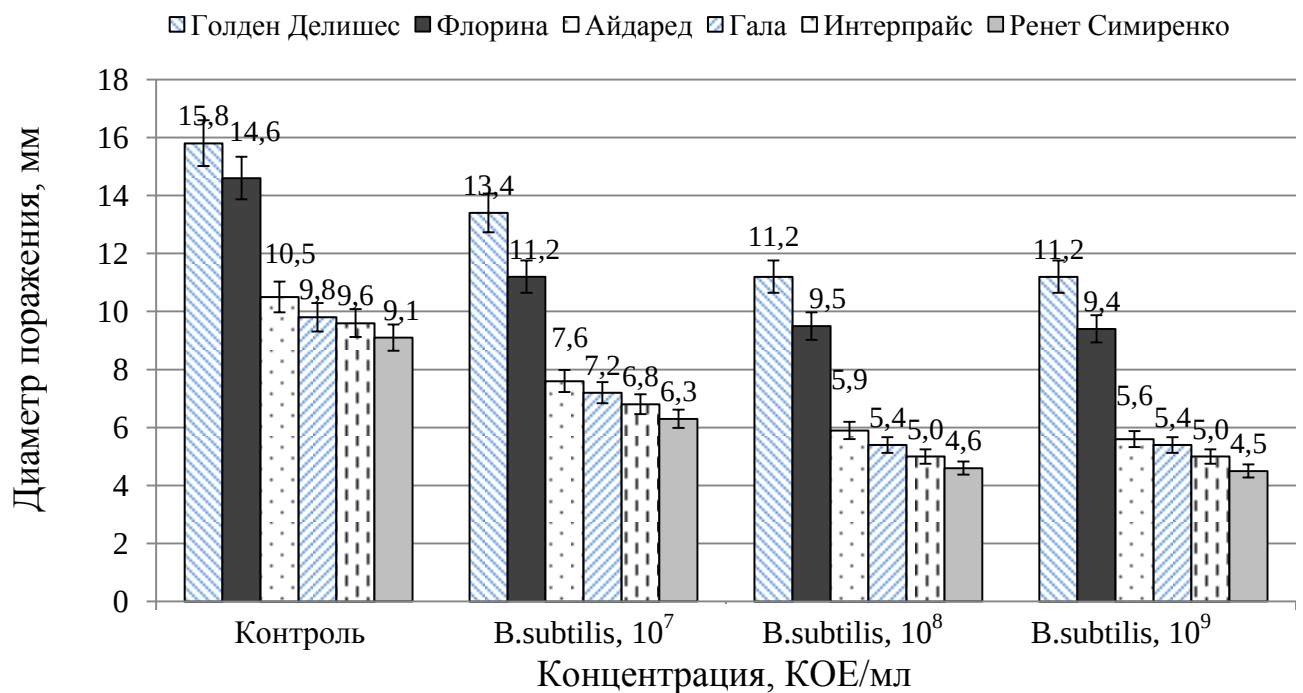


Рисунок 15 – Влияние концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D на диаметр поражения поверхности яблок *Botrytis cinerea* после хранения в течение 30 суток при температуре 2 ± 1 °C и относительной влажности воздуха 95 %

Анализ диаграмм, представленных на рисунке 15, показывает, что наиболее эффективной концентрацией штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и

ВКМ В-2605 D, влияющей на снижение диаметра поражения поверхности яблок, вызванного *Botrytis cinerea*, является 1×10^8 КОЕ/мл.

Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод о том, что штаммы *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D ингибируют развитие заболеваний яблок, вызываемых фитопатогенными микроорганизмами *Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*, при этом степень подавления заболеваний яблок, вызванных *Penicillium expansum*, несколько выше, что согласуется с результатами опытов *in vitro*.

Установлено, что эффективность подавления фитопатогенных микроорганизмов, вызывающих заболевания яблок и поражение их поверхности, зависит от концентрации инокулята штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D и сорта яблок.

Установлена эффективная концентрация инокулята штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D, соответствующая 1×10^8 КОЕ/мл, обеспечивающая при обработке яблок максимальное снижение их заболеваемости и снижение диаметра поражения поверхности яблок.

На следующем этапе исследования изучали влияние концентрации штаммов *Bacillus subtilis* ИПМ 215 (Бактофит) на степень снижения заболеваемости и на снижение диаметра поражения поверхности яблок, вызванных фитопатогенными микроорганизмами *Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*, которые в значительной степени, по сравнению с другими фитопатогенными микроорганизмами, приводят к микробиологической порче яблок.

Данные по влиянию концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на заболеваемость яблок, вызванную *Penicillium expansum*, после хранения в течение 5 суток при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$ представлены на рисунке 16.

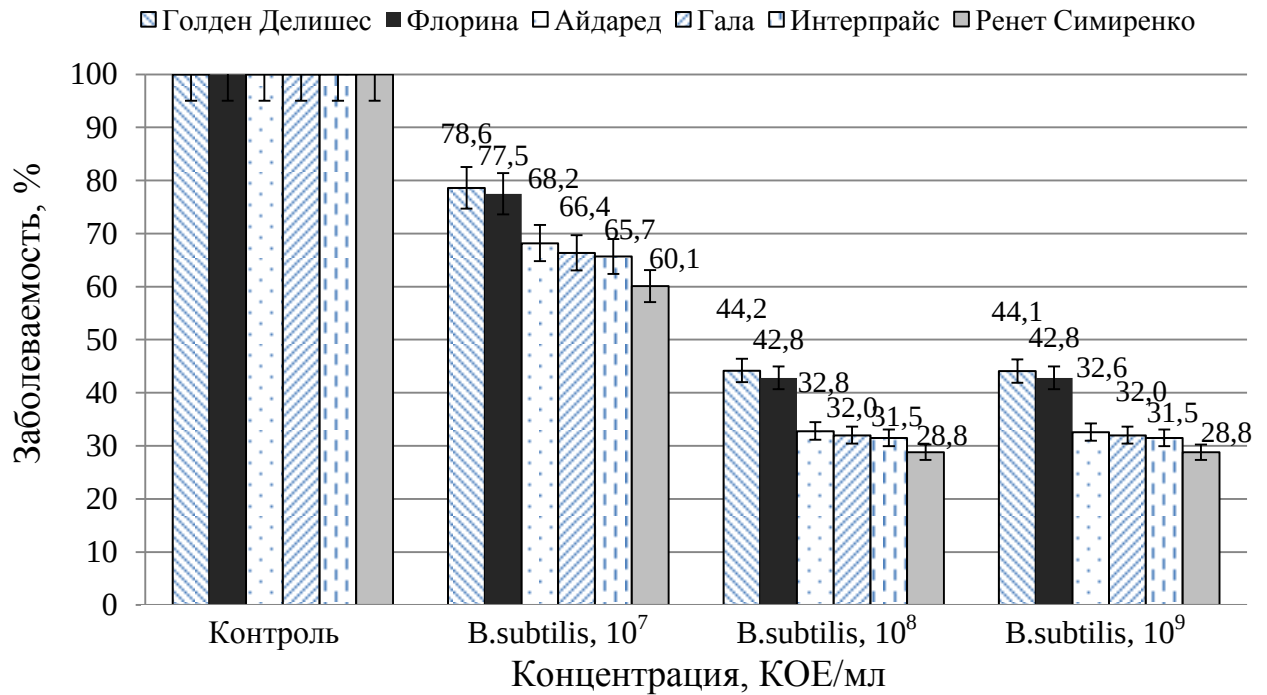


Рисунок 16 – Влияние концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на заболеваемость яблок, вызванную *Penicillium expansum*, после хранения в течение 5 суток при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$

Из данных рисунка 16 видно, что для яблок, обработанных *Bacillus subtilis* ИПМ 215 с концентрацией инокулята 1×10^7 КОЕ/мл и зараженных *Penicillium expansum*, заболеваемость по сравнению с контролем снизилась и в зависимости от сорта составила: Голден Делишес – 78,6 %, Флорина – 77,5 %, Айдаред – 68,2 %, Гала – 66,4 %, Интерпрайс – 65,7 %, Ренет Симиренко – 60,1 %.

При повышении концентрации инокулята с 1×10^7 до 1×10^8 КОЕ/мл наблюдается снижение заболеваемости в зависимости от сорта: Голден Делишес – 44,2 %, Флорина – 42,8 %, Айдаред – 32,8 %, Гала – 32,0 %, Интерпрайс – 32,5 %, Ренет Симиренко – 28,8 %.

Кроме этого, установлено, что увеличение концентрации инокулята до 1×10^9 КОЕ/мл практически не влияет на снижение заболеваемости яблок, вызванной *Penicillium expansum*.

Результаты по влиянию концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на заболеваемость яблок, вызванную *Botrytis cinerea*, после хранения в течение 5 суток при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$ в виде диаграмм приведены на рисунке 17.

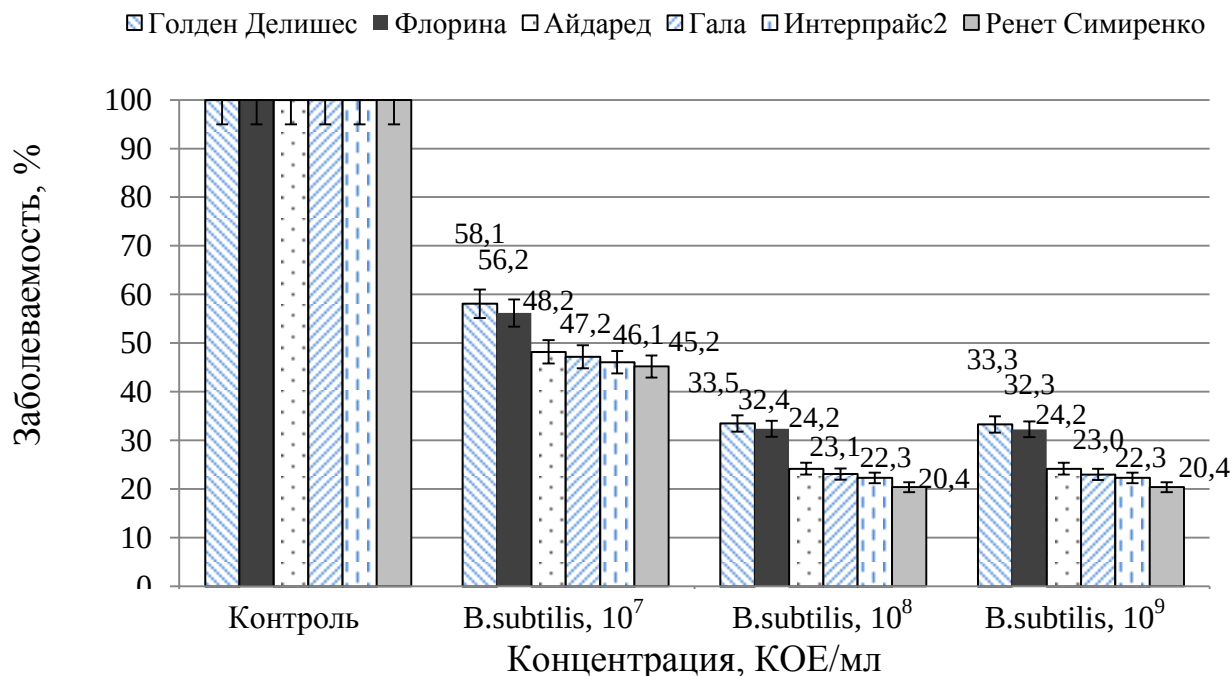


Рисунок 17 – Влияние концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на заболеваемость яблок, вызванную *Botrytis cinerea*, после хранения в течение 5 суток при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$

Анализ диаграмм, представленных на рисунке 17, показал аналогичную зависимость влияния концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на снижение заболеваемости яблок, вызванной *Botrytis cinerea*.

Установлено, что для яблок, обработанных *Bacillus subtilis* ИПМ 215 с концентрацией инокулята 1×10^7 КОЕ/мл и зараженных *Botrytis cinerea*, заболеваемость в зависимости от сорта варьирует от 45,2 % (Ренет Симиренко) до 58,1 % (Голден Делишес).

При повышении концентрации инокулята с 1×10^7 КОЕ/мл до 1×10^8 КОЕ/мл заболеваемость яблок снижается и в зависимости от сорта варьирует от 20,4 % (Ренет Симиренко) до 33,5 % (Голден Делишес). Заболеваемость яблок сортов

Флорина, Айдаред, Гала и Интерпрайс составила 32,4 %, 24,2 %, 23,1 % и 22,3 % соответственно.

Данные по влиянию концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на диаметр поражения поверхности яблок, вызванного *Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*, после хранения в течение 5 суток при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$ представлены на рисунках 18 и 19.

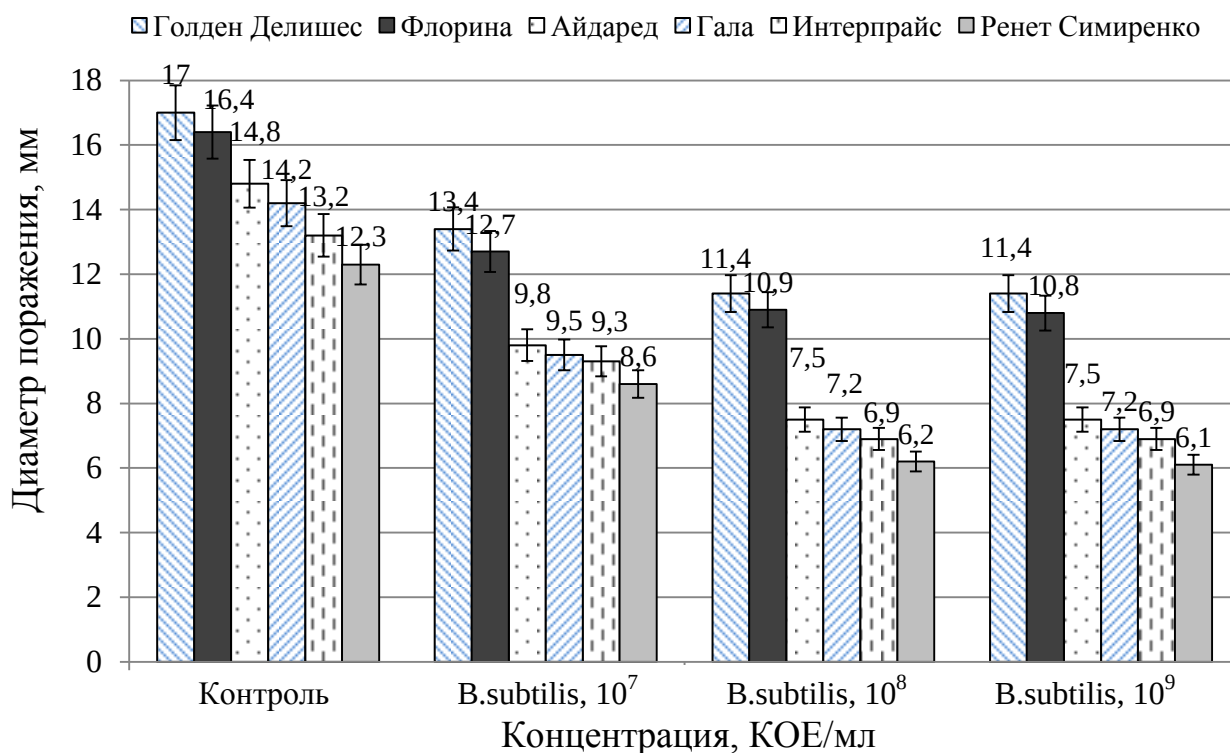


Рисунок 18 – Влияние концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на диаметр поражения поверхности яблок *Penicillium expansum* после хранения в течение 5 суток при температуре $24 \pm 1^\circ \text{C}$

Из представленных на рисунке 18 данных следует, что диаметр поражения поверхности яблок *Penicillium expansum*, обработанных *Bacillus subtilis* ИПМ 215 с концентрацией инокулята 1×10^7 КОЕ/мл, в зависимости от сорта составляет: Голден Делишес – 13,4 мм, Флорина – 12,7 мм, Айдаред – 9,8 мм, Гала – 9,5 мм, Интерпрайс – 9,3 мм, Ренет Симиренко – 8,6 мм.

При повышении концентрации инокулята с 1×10^7 КОЕ/мл до 1×10^8 КОЕ/мл наблюдается снижение диаметра поражения от 2,0 мм до 2,4 мм и в зависимости

от сорта составляет: Голден Делишес – 11,4 мм, Флорина – 10,9 мм, Айдаред – 7,5 мм, Гала – 7,2 мм, Интерпрайс – 6,9 мм, Ренет Симиренко – 6,2 мм.

Установлено, что увеличение концентрации инокулята с 1×10^8 КОЕ/мл до 1×10^9 КОЕ/мл не целесообразно, так как практически не влияет на снижение диаметра поражения поверхности яблок *Penicillium expansum*.

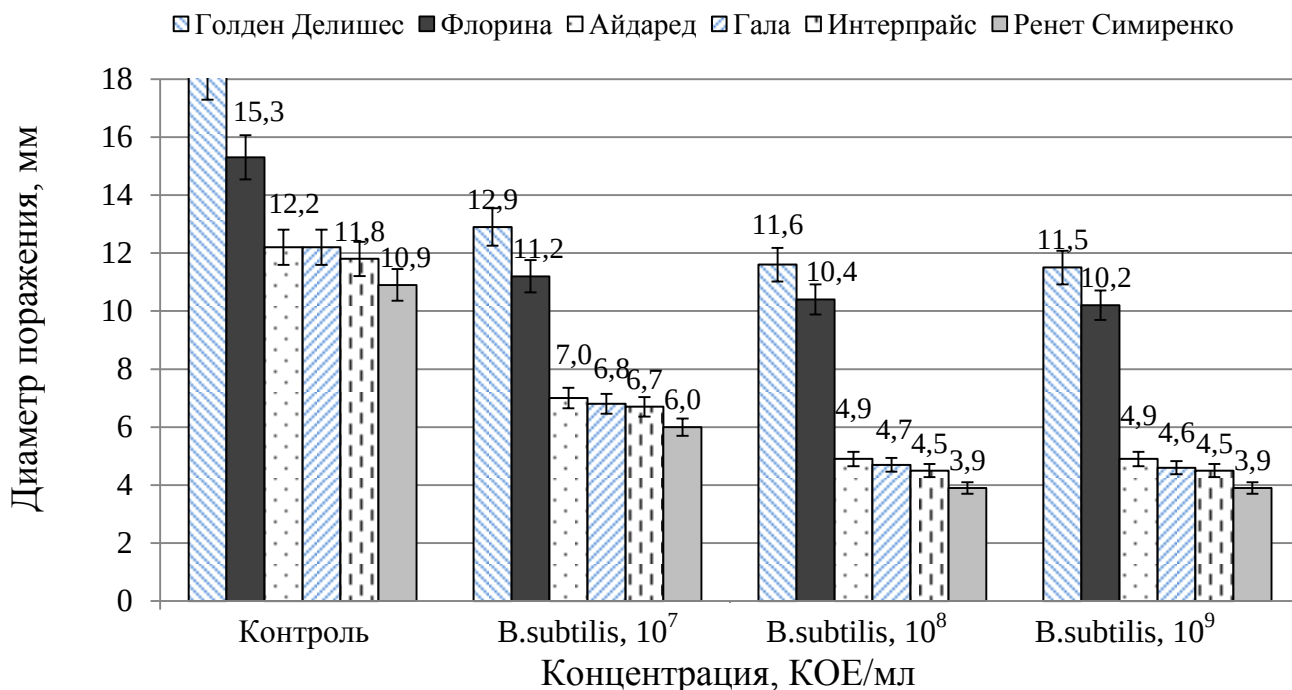


Рисунок 19 – Влияние концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на диаметр поражения поверхности яблок *Botrytis cinerea* после хранения в течение 5 суток при температуре 24 ± 1 °С

Аналогичная зависимость влияния концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на диаметр поражения поверхности яблок *Botrytis cinerea* установлена на основании данных рисунка 19.

Так, при концентрации инокулята 1×10^7 КОЕ/мл наибольший диаметр поражения отмечен для яблок сорта Голден Делишес – 12,9 мм, а наименьший – для яблок сорта Ренет Симиренко – 6,0 мм. При концентрации инокулята 1×10^8 КОЕ/мл диаметр поражения для яблок сортов Голден Делишес и Ренет Симиренко снизился до 11,6 мм и 3,9 мм соответственно. Диаметр поражения

яблок сортов Флорина, Айдаред, Гала и Интерпрайс составил 10,4 мм, 4,9 мм, 4,7 мм и 4,5 мм соответственно.

Данные по влиянию концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на заболеваемость яблок, вызванную *Penicillium expansum*, после хранения в течение 30 суток при температуре $2\pm 1^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % представлены на рисунке 20.

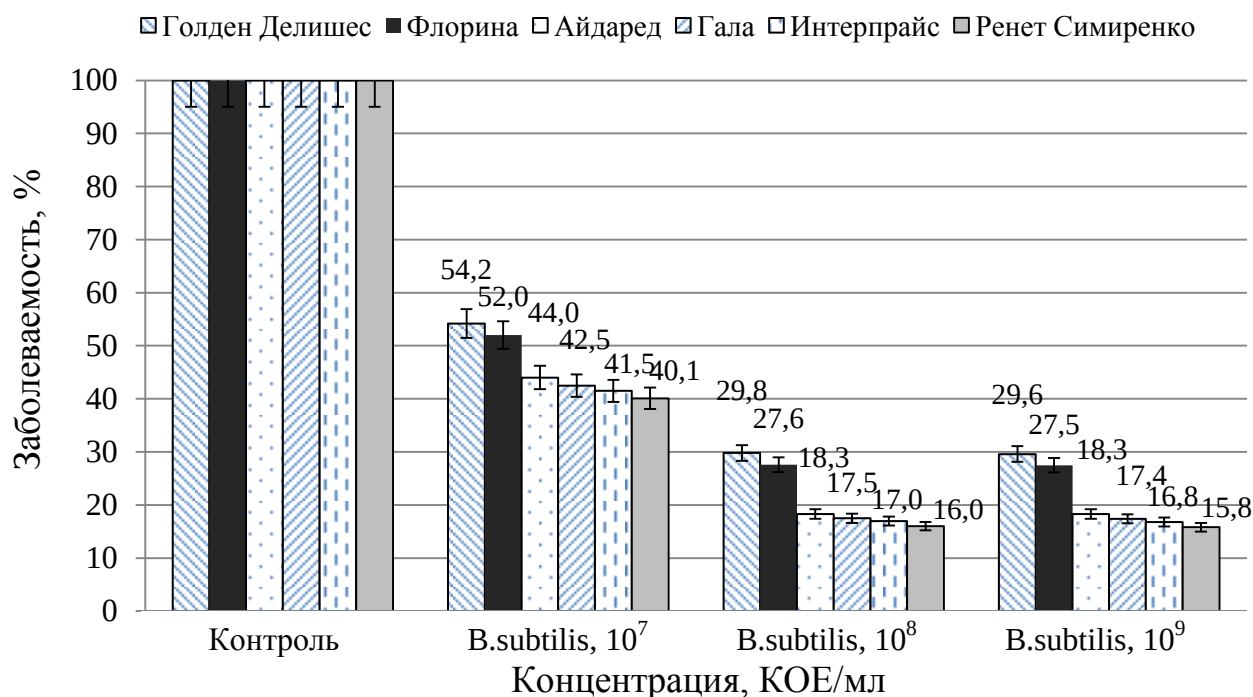


Рисунок 20 – Влияние концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на заболеваемость яблок, вызванную *Penicillium expansum*, после хранения в течение 30 суток при температуре $2\pm 1^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 %

Из данных рисунка 20 видно, что для яблок, обработанных *Bacillus subtilis* ИПМ 215 с концентрацией инокулята 1×10^7 КОЕ/мл и зараженных *Penicillium expansum*, заболеваемость по сравнению с контролем и в зависимости от сорта составила: Голден Делишес – 54,2 %, Флорина – 52,0 %, Айдаред – 44,0 %, Гала – 42,5 %, Интерпрайс – 41,5 %, Ренет Симиренко – 40,1 %.

При повышении концентрации инокулята с 1×10^7 КОЕ/мл до 1×10^8 КОЕ/мл степень заболеваемости в зависимости от сорта снижается по убыванию: Голден Делишес – 29,8 %, Флорина – 27,6 %, Айдаред – 18,3 %, Гала – 17,5 %, Интерпрайс – 17,0 %, Ренет Симиренко – 16,0 %.

Результаты по влиянию концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на заболеваемость яблок, вызванную *Botrytis cinerea*, после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % в виде диаграмм приведены на рисунке 21.

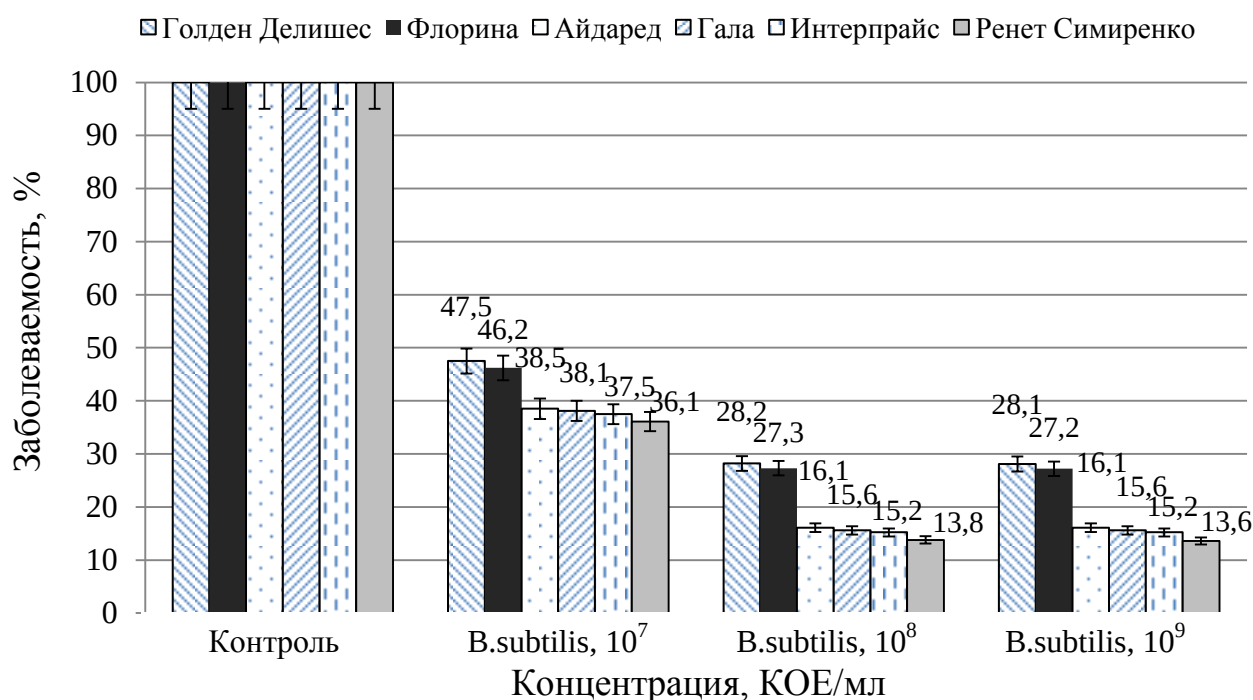


Рисунок 21 – Влияние концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на заболеваемость яблок, вызванную *Botrytis cinerea*, после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 %

Анализ диаграмм, представленных на рисунке 21, выявил аналогичную зависимость влияния концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на заболеваемость яблок, вызванную *Botrytis cinerea*.

Установлено, что для яблок, обработанных *Bacillus subtilis* ИПМ 215 с концентрацией инокулята 1×10^7 КОЕ/мл и зараженных *Botrytis cinerea*,

заболеваемость в зависимости от сорта варьирует от 36,1 % (Ренет Симиренко) до 47,5 % (Голден Делишес).

При повышении концентрации инокулята с 1×10^7 КОЕ/мл до 1×10^8 КОЕ/мл заболеваемость яблок снижается и в зависимости от сорта варьирует от 13,8 % (Ренет Симиренко) до 28,2 % (Голден Делишес). Заболеваемость яблок сортов Флорина, Айдаред, Гала и Интерпрайс составила 27,3 %, 16,1 %, 15,6 % и 15,2 % соответственно.

Данные по влиянию концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на диаметр поражения поверхности яблок *Penicillium expansum* после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % представлены на рисунке 22.

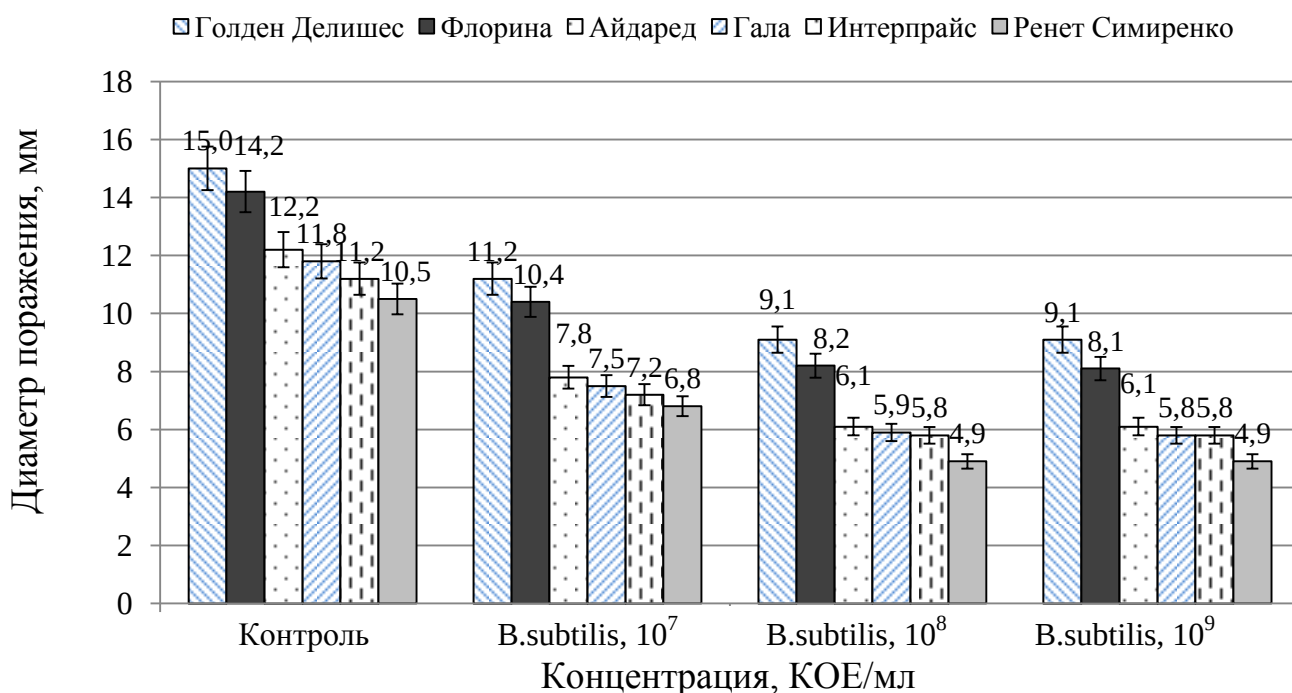


Рисунок 22 – Влияние концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на диаметр поражения поверхности яблок *Penicillium expansum* после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 %

Следует отметить, что данные по влиянию концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на снижение диаметра поражения поверхности яблок согласуются с

данными по влиянию концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на степень снижения заболеваемости и с данными полученными в опытах *in vitro*.

Из представленных на рисунке 22 данных следует, что диаметр поражения поверхности яблок *Penicillium expansum*, обработанных *Bacillus subtilis* ИПМ 215 с концентрацией инокулята 1×10^7 КОЕ/мл, в зависимости от сорта составляет: Голден Делишес – 11,2 мм, Флорина – 10,4 мм, Айдаред – 7,8 мм, Гала – 7,5 мм, Интерпрайс – 7,2 мм, Ренет Симиренко – 6,8 мм.

При концентрации инокулята 1×10^8 КОЕ/мл диаметр поражения снижается и в зависимости от сорта составляет: Голден Делишес – 9,1 мм, Флорина – 8,2 мм, Айдаред – 6,1 мм, Гала – 5,9 мм, Интерпрайс – 5,8 мм, Ренет Симиренко – 4,9 мм.

Установлено, что увеличение концентрации инокулята с 1×10^8 КОЕ/мл до 1×10^9 КОЕ/мл практически не влияет на снижение диаметра поражения поверхности яблок *Penicillium expansum*.

Результаты по влиянию концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на диаметр поражения поверхности яблок *Botrytis cinerea* после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % представлены на рисунке 23.

Из представленных на рисунке 23 данных установлена аналогичная зависимость влияния концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на диаметр поражения поверхности яблок плесенью *Botrytis cinerea*.

Так, при концентрации инокулята 1×10^7 КОЕ/мл наибольший диаметр поражения отмечен у яблок сорта Голден Делишес – 11,5 мм, наименьший у яблок сорта Ренет Симиренко – 4,4 мм. Диаметр поражения поверхности яблок сортов Флорина, Айдаред, Гала, и Интерпрайс составил 9,8 мм, 5,6 мм 5,2 мм и 4,8 мм соответственно.

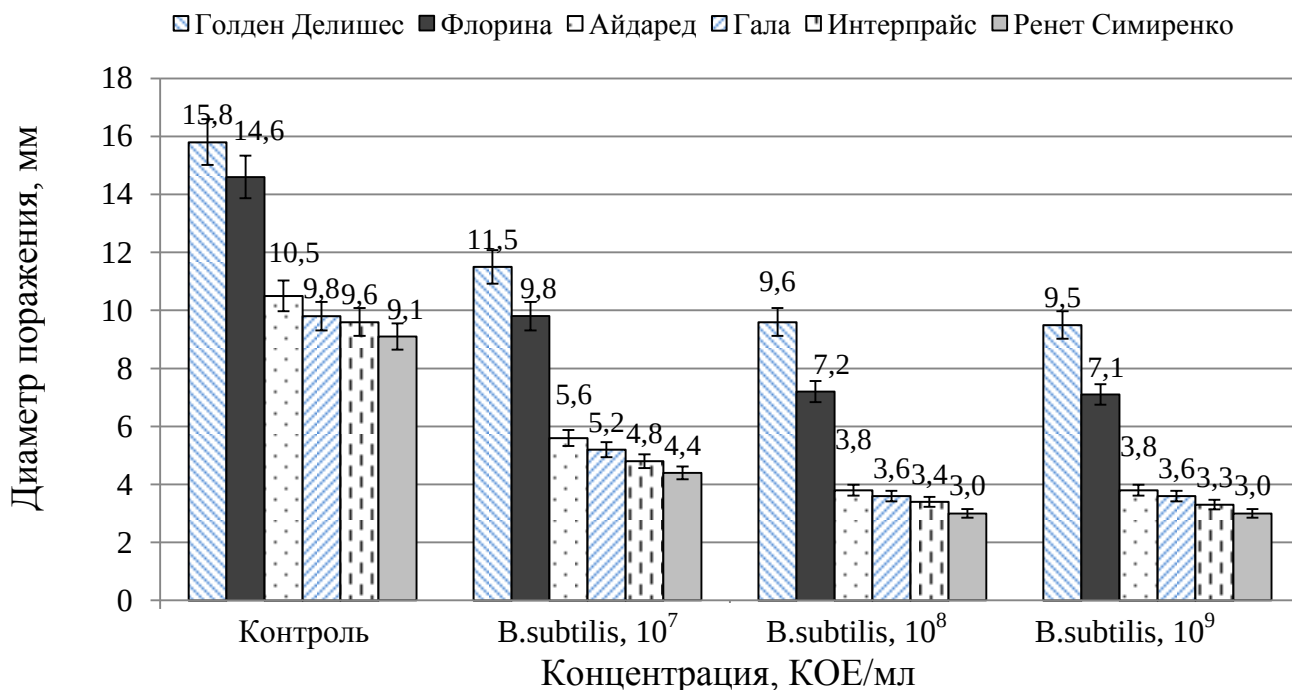


Рисунок 23 – Влияние концентрации *Bacillus subtilis* ИПМ 215 на диаметр поражения поверхности яблок *Botrytis cinerea* после хранения в течение 30 суток при температуре 2 ± 1 °С и относительной влажности воздуха 95 %

При концентрации инокулята 1×10^8 КОЕ/мл диаметр поражения значительно снизился и в зависимости от сорта составляет: Голден Делишес – 9,6 мм, Флорина – 7,2 мм, Айдаред – 3,8 мм, Гала – 3,6 мм, Интерпрайс – 3,4 мм, Ренет Симиренко – 3,0 мм.

Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод о том, что штамм *Bacillus subtilis* ИПМ 215 ингибирует развитие заболеваний яблок, вызываемых фитопатогенными микроорганизмами *Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*, при этом степень подавления заболеваний яблок, вызванных *Botrytis cinerea*, несколько выше, что согласуется с результатами опытов *in vitro*.

Установлено, что эффективность подавления фитопатогенных микроорганизмов, вызывающих заболевания яблок и поражение их поверхности, зависит от концентрации инокулята *Bacillus subtilis* ИПМ 215 и сорта яблок.

Установлена эффективная концентрация инокулята *Bacillus subtilis* ИПМ 215, соответствующая 1×10^8 КОЕ/мл, обеспечивающая при обработке яблок

максимальное снижение их заболеваемости и снижение диаметра поражения поверхности яблок.

Таким образом, в опытах *in vivo* установлено, что:

– исследуемые штаммы *Bacillus subtilis* снижают заболеваемость и диаметр поражения поверхности яблок, вызванных *Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*, при этом штаммы *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D наиболее эффективно подавляют развитие фитопатогенного микроорганизма *Penicillium expansum*, а штамм *Bacillus subtilis* ИПМ 215 наиболее эффективно подавляет развитие *Botrytis cinerea*, что согласуется с опытами *in vitro*;

– эффективной концентрацией инокулята для всех сортов яблок является концентрация *Bacillus subtilis*, соответствующая 1×10^8 КОЕ/мл;

– наиболее эффективное подавление указанных фитопатогенных микроорганизмов, вызывающих заболевания яблок, отмечено при температуре хранения 2 ± 1 °С и относительной влажности воздуха 95 % в течение 30 суток.

На следующем этапе работы разрабатывали состав и технологию производства комплексного биопрепарата на основании выявленных эффективных штаммов *Bacillus subtilis*, обеспечивающего максимальную устойчивость яблок к микробиологической порче в процессе хранения.

3.5 Разработка состава и технологии комплексного биопрепарата, обеспечивающего устойчивость яблок к микробиологической порче в процессе хранения и оценка его эффективности

Учитывая выявленную в опытах *in vivo* высокую антагонистическую эффективность штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D, *Bacillus subtilis* ВКМ В-2605 D и *Bacillus subtilis* ИПМ 215 по отношению к фитопатогенным микроорганизмам *Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*, вызывающим заболеваемость яблок в процессе хранения, с концентрацией микробных клеток 1×10^8 КОЕ/мл, при разработке состава комплексного биопрепарата указанные штаммы были приняты за основу при их соотношении, равном 1:1:1.

В качестве исходных штаммов бактерий *Bacillus subtilis* были взяты лиофильно высушенные бактериальные концентраты с исходным титром микробных клеток штаммов ВКМ В-2604D и ВКМ В-2605 D – 1×10^{10} КОЕ/г и штамма ИПМ 215 – 1×10^9 КОЕ/г, которые доводили до концентрации микробных клеток – 1×10^8 КОЕ/мл путем разведения их водой при температуре 20 ± 1 °C.

Для обеспечения стабильности биомассы указанных штаммов *Bacillus subtilis*, а именно, сохранения исходного титра бактерий, в качестве целевого компонента был выбран глицерин.

Предварительными опытами была установлена эффективная дозировка глицерина, обеспечивающая максимальную стабилизацию титра бактерий в составе комплекса штаммов бактерий в процессе его хранения в течение 6 месяцев при температуре 20 ± 1 °C, соответствующая 15 %.

Кроме этого, для создания однородной суспензии биомассы бактерий в процессе хранения биопрепарата в его состав была включена гуаровая камедь, представляющая собой вещество растительного происхождения, разрешенная к применению в пищевой промышленности.

Предварительными опытами была установлена эффективная дозировка гуаровой камеди, обеспечивающая стабильность суспензии и препятствующая осаждению компонентов в процессе ее хранения в течение 6 месяцев при температуре 20 ± 1 °C, соответствующая 1,5 %.

С целью обеспечения необходимых технологических свойств биопрепарата, а именно, его высокой прилипаемости к поверхности яблок в процессе их обработки, в качестве эффективного прилипателя был выбран Твин-80, проявляющий высокие поверхностно-активные свойства.

Кроме этого, применение Твин-80 в составе комплексного биопрепарата позволяет создать на поверхности обрабатываемых яблок тонкую защитную пленку, которая снижает потери массы яблок, связанные с процессами дыхания и испарения влаги в процессе хранения.

Предварительными опытами была установлена эффективная дозировка Твин-80, соответствующая 5,5 %.

В таблице 7 приведен состав компонентов разработанного комплексного биопрепарата.

Таблица 7 – Состав компонентов комплексного биопрепарата

Наименование компонента	Содержание компонента, %:
Суспензия биомассы штамма <i>Bacillus subtilis</i> ВКМ В-2604 D с титром клеток 1×10^8 КОЕ/мл	26,0
Суспензия биомассы штамма <i>Bacillus subtilis</i> ВКМ В-2605 D с титром клеток 1×10^8 КОЕ/мл	26,0
Суспензия биомассы штамма <i>Bacillus subtilis</i> ИПМ 215 с титром клеток 1×10^8 КОЕ/мл	26,0
Глицерин	15,0
Твин-80	5,5
Гуаровая камедь	1,5

Для получения комплексного биопрепарата на первом этапе смешивали суспензию биомассы штамма *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D с титром клеток 1×10^8 КОЕ/мл, суспензию биомассы штамма *Bacillus subtilis* ВКМ В-2605 D с титром клеток 1×10^8 КОЕ/мл и суспензию биомассы штамма *Bacillus subtilis* ИПМ 215 с титром клеток 1×10^8 КОЕ/мл в соотношении 1:1:1 при температуре подготовленных суспензий 20 ± 1 °С.

Затем в смесь, состоящую из биомассы штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D, *Bacillus subtilis* ВКМ В-2605 D и *Bacillus subtilis* ИПМ 215, добавляли гуаровую камедь и перемешивали в смесителе в течение 10 минут при частоте вращения мешалки 20 с^{-1} .

На втором этапе в полученную смесь последовательно добавляли глицерин и Твин-80, тщательно перемешивали в смесителе в течение 10 минут при частоте вращения мешалки 20 с^{-1} .

Разработанный комплексный биопрепарат представлен в форме водосодержащей суспензии, которая обеспечивает сохранность биологической

активности штаммов - продуцентов биопрепарата в течение 6 месяцев при температуре хранения 20 ± 1 °C (рисунок 24).

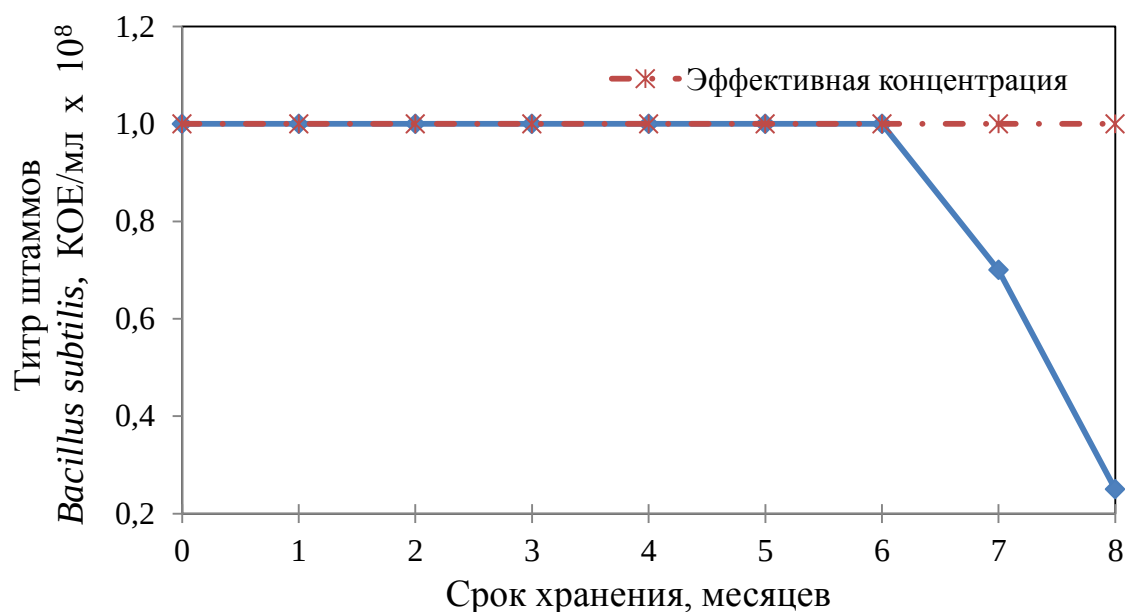


Рисунок 24 – Влияние срока хранения на изменение титра клеток штаммов бактерий *Bacillus subtilis* в комплексном биопрепарате

Из данных рисунка 24 видно, что титр клеток штаммов бактерий *Bacillus subtilis*, обеспечивающий максимальное снижение заболеваемости и диаметра поражения поверхности яблок фитопатогенными микроорганизмами, в комплексном биопрепарате сохраняется в течение 6 месяцев при температуре хранения 20 ± 1 °C.

Для подтверждения эффективности разработанного комплексного биопрепарата на следующем этапе исследовали его антагонистическую активность по отношению к фитопатогенным микроорганизмам, наиболее часто вызывающим микробиологическую порчу яблок в процессе хранения, в опытах *in vitro* и *in vivo*.

Исследования антагонистической активности разработанного комплексного биопрепарата в сравнении с существующими аналогами в опытах *in vitro* проводили методом агаровых блоков.

Для этого суспензию спор тест–культур фитопатогенных микроорганизмов с концентрацией 10^5 спор/мл вносили в расплавленный питательный агар, затем подготовленную смесь разливали в чашки Петри. После застывания агара на его поверхность помещали агаровые блоки, вырезанные из газона исследуемых штаммов *Bacillus subtilis*. Предварительно, для получения суспензий бактерий *Bacillus subtilis* биопрепаратов Витаплан и Бактофит, сухие порошки доводили до концентрации 1×10^8 КОЕ/мл путем разведения их водой при температуре $20 \pm 1^\circ \text{C}$.

Агаровые блоки размещали ростом (газоном) вверх на равном расстоянии друг от друга, плотно прижимая к агаровой пластинке. Подготовленные чашки Петри инкубировали при температуре 27°C . Зоны задержки роста фитопатогенных микроорганизмов контролировали через 7 суток.

В таблице 8 представлена оценка эффективности разработанного комплексного биопрепарата в сравнении с существующими аналогами в опытах *in vitro*.

Таблица 8 – Оценка эффективности разработанного комплексного биопрепарата в сравнении с существующими аналогами в опытах *in vitro*

Наименование фитопатогенного микроорганизма	Зона задержки роста фитопатогенного микроорганизма (мм) при обработке биопрепаратом		
	Комплексный биопрепарат (ВКМ В-2604 D, ВКМ В-2605 D и ИПМ 215) 10^8 КОЕ/мл	Витаплан (ВКМ В-2604D, ВКМ В-2605 D) 10^8 КОЕ/мл	Бактофит (ИПМ 215) 10^8 КОЕ/мл
<i>Botrytis cinerea</i>	4,9±0,04	4,1±0,07	4,5±0,05
<i>Penicillium expansum</i>	4,8±0,08	4,2±0,04	3,8±0,05
<i>Monila fructigena</i>	3,3±0,06	3,0±0,04	2,5±0,07
<i>Alternaria alternata</i>	3,5±0,08	3,2±0,11	2,6±0,10
<i>Gloeosporium album</i>	3,0±0,05	2,6±0,05	2,8±0,05

Из данных, приведенных в таблице 8, следует, что разработанный комплексный биопрепарат обладает более высокой антагонистической

активностью по отношению к фитопатогенным микроорганизмам, вызывающим микробиологическую порчу яблок, в сравнении с существующими аналогами.

Эффективность разработанного комплексного биопрепарата в опытах *in vivo* оценивали по степени снижения заболеваемости и диаметра поражения поверхности яблок, вызванных *Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*.

Для этого на поверхности яблок стерильной иглой делали проколы и затем вносили суспензию комплексного биопрепарата в количестве 1 мкл. В контрольные образцы яблок вносили дистиллированную воду. Затем в этот же прокол вносили 1 мкл подготовленной суспензии фитопатогенных микроорганизмов (*Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*) с концентрацией 1×10^5 спор/мл. Опытные и контрольные образцы яблок хранили при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % в течение 30 суток.

Данные по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на заболеваемость яблок, вызванную *Penicillium expansum*, представлены на рисунке 25.

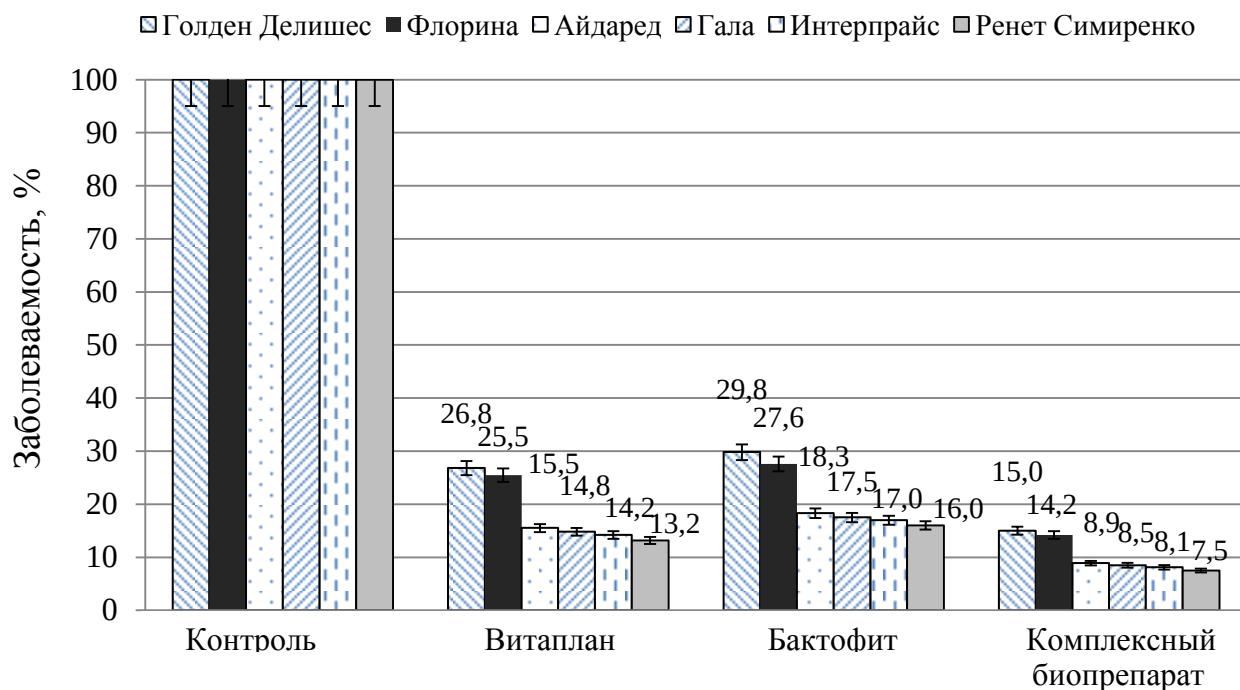


Рисунок 25 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на заболеваемость яблок, вызванную *Penicillium expansum*, после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 %

Для сравнения на рисунке 25 также приведены данные, установленные нами ранее, по влиянию биопрепаратов Витаплан (*Bacillus subtilis* ВКМ В-2604D, ВКМ В-2605 D) и Бактофит (*Bacillus subtilis* ИПМ 215) с концентрацией штаммов бактерий – 1×10^8 КОЕ/мл, на заболеваемость яблок, вызванную *Penicillium expansum*.

Из данных рисунка 25 видно, что снижение заболеваемости яблок, обработанных разработанным комплексным биопрепаратом, по сравнению с контролем составило от 85,0 % (Голден Делишес) до 92,5 % (Ренет Симиренко). Установлено, что для яблок сортов Флорина, Айдаред, Гала и Интерпрайс заболеваемость, вызванная *Penicillium expansum*, снизилась на 85,8 %, 91,1 %, 91,5 % и 91,9 % соответственно.

Результаты по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на заболеваемость яблок, вызванную *Botrytis scinerea*, в сравнении с влиянием биопрепаратов Витаплан и Бактофит, а также в сравнении с контролем, в виде диаграмм приведены на рисунке 26.

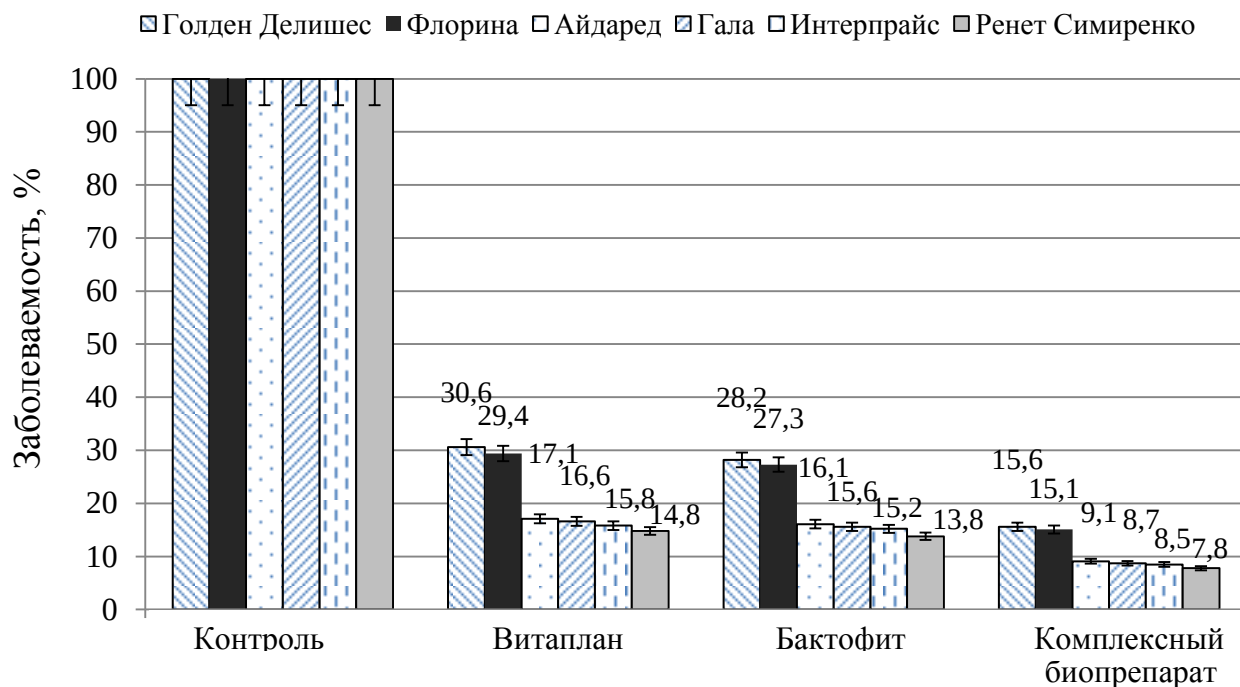


Рисунок 26 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на заболеваемость яблок, вызванную *Botrytis scinerea*, после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 %

Анализ диаграмм, представленных на рисунке 26, показал аналогичную зависимость влияния разработанного комплексного биопрепарата на заболеваемость яблок, вызванную *Botrytis scinerea*, а именно, в результате обработки снижение заболеваемости яблок по сравнению с контролем составило от 84,4 % (Голден Делишес) до 92,2 % (Ренет Симиренко).

Данные по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на диаметр поражения поверхности яблок, вызванного *Penicillium expansum*, в сравнении с контролем и биопрепаратами Витаплан и Бактофит (при концентрации штаммов 1×10^8 КОЕ/мл), ранее нами исследованными, после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % представлены на рисунке 27.

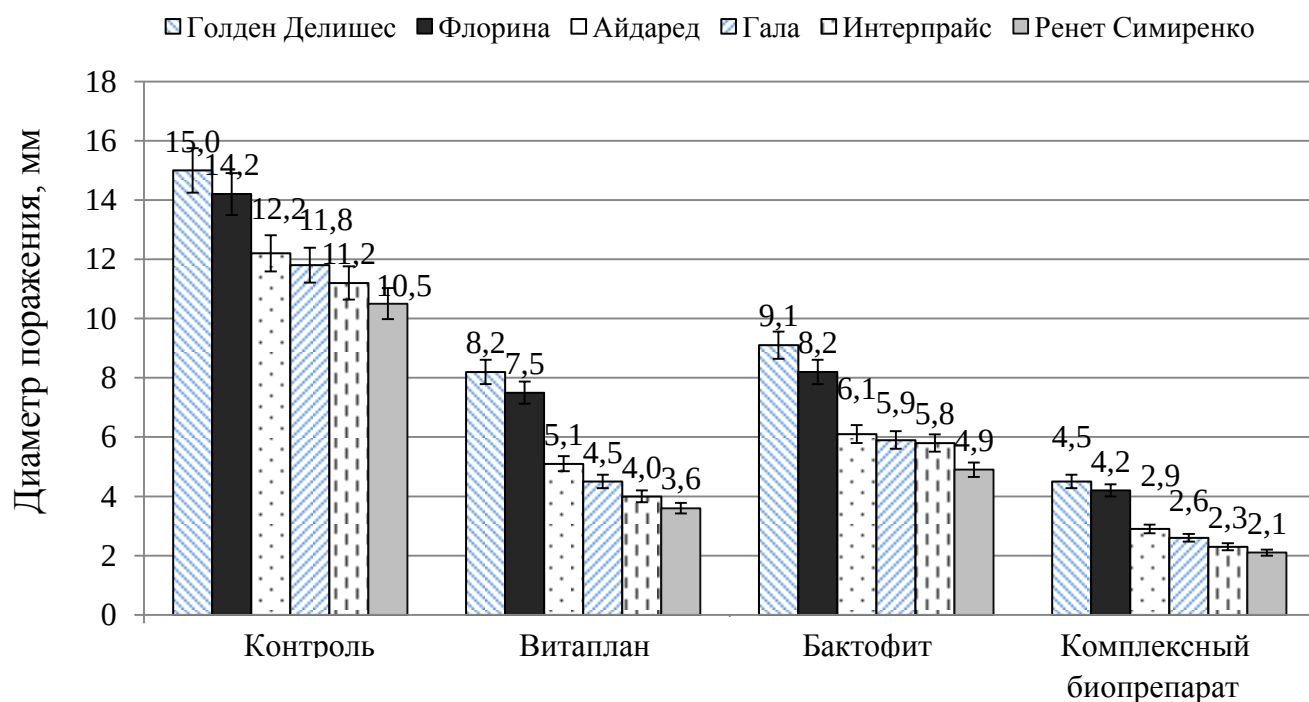


Рисунок 27 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на диаметр поражения поверхности яблок *Penicillium expansum* после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95%

Следует отметить, что данные по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на диаметр поражения поверхности яблок согласуются с данными

по его влиянию на степень снижения заболеваемости, а также с данными, полученными в опытах *in vitro*.

Из данных рисунка 27 видно, что при обработке поверхности яблок разработанным комплексным биопрепаратом диаметр поражения *Penicillium expansum* значительно снижается по сравнению с контролем: для яблок сорта Голден Делишес на 70,0 % мм, Флорина на 70,4 %, Айдаред на 76,2 %, Гала на 78,0 %, Интерпрайс на 79,5 % и Ренет Симиренко на 80,0 %.

На рисунке 28 приведены в виде диаграмм данные по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на диаметр поражения поверхности яблок, вызванного *Botrytis cinerea*, в сравнении с контролем и биопрепаратами Витаплан и Бактофит (при концентрации штаммов 1×10^8 КОЕ/мл), исследованными нами ранее, после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 %.

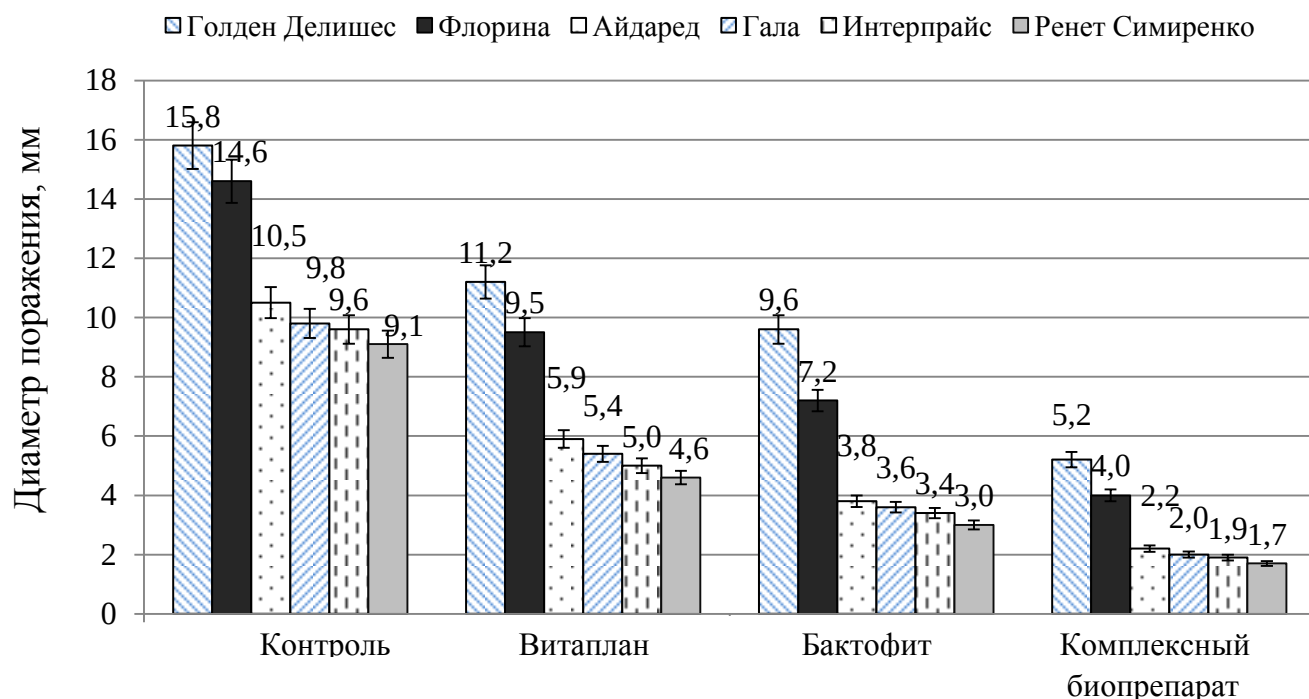


Рисунок 28 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на диаметр поражения поверхности яблок *Botrytis cinerea* после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 %

Анализ диаграмм, представленных на рисунке 28, показывает, что при обработке поверхности яблок разработанным комплексным биопрепаратом диаметр поражения *Botrytis cinerea* по сравнению с контролем значительно снижается по сравнению с контролем: для яблок сорта Голден Делишес на 67,1 %, Флорина на 72,6 %, Айдаред на 79,1 %, Гала на 80,0 %, Интерпрайс на 80,2 % и Ренет Симиренко на 81,3 %.

Таким образом, по результатам оценки эффективности разработанного комплексного биопрепарата в опытах *in vitro* и *in vivo*, установлено, что разработанный комплексный биопрепарат обладает более высокой антагонистической активностью по отношению к фитопатогенным микроорганизмам, вызывающим микробиологическую порчу яблок, по сравнению с биопрепаратами Витаплан и Бактофит. Разработанному комплексному биопрепарату присвоено наименование «Стабилактив».

На следующем этапе работы изучали влияние разработанного комплексного биопрепарата на биохимические и микробиологические показатели, а также на величину потерь яблок в процессе хранения.

3.6 Исследование влияния разработанного комплексного биопрепарата на биохимические, микробиологические показатели и величину потерь яблок в процессе хранения

Результаты исследований по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на биохимические показатели яблок сорта Ренет Симиренко после хранения в течение 30 суток, 2-х и 3-х месяцев при температуре $2 \pm 1^{\circ} \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % приведены в таблице 9.

Из данных таблицы 9 следует, что после хранения яблок в течение 30 суток изменения биохимических показателей незначительны, как для обработанных яблок, так и для контрольных образцов. Основные потери в данный период хранения приходятся на витамины – Р и С, содержание которых в обработанных яблоках снизилось на 1,2 % и 2,6 % соответственно, а в контроле – на 4,8 % и 6,4 %.

Обработка яблок перед закладкой на хранение разработанным комплексным биопрепаратом обеспечивает сохранность витаминов после хранения в течение 3-х месяцев на 95,7 % (Р) и 89,7 % (С), что, соответственно, выше на 13,9 % и 15,3 % по сравнению с контролем.

Таблица 9 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на биохимические показатели яблок сорта Ренет Симиренко

Наименование показателя	Перед закладкой на хранение	Хранившиеся					
		30 суток		2 месяца		3 месяца	
		без обработки (контроль)	после обработки	без обработки (контроль)	после обработки	без обработки (контроль)	после обработки
Массовая доля, %:							
-сухих веществ	14,3±0,07	14,5±0,07	14,4±0,07	14,9±0,07	14,6±0,07	15,4±0,07	14,8±0,07
-общих сахаров	9,2±0,03	9,3±0,03	9,2±0,03	9,5±0,03	9,3±0,03	9,8±0,03	9,5±0,03
Витамины, мг/100 г:							
Р	115,5±1,2	110,0±1,1	114,1±1,1	103,5±1,0	112,5±1,1	94,5±1,0	110,5±1,1
С	7,8±0,23	7,3±0,22	7,6±0,23	6,7±0,20	7,4±0,22	5,8±0,17	7,0±0,21
Общая кислотность, %	0,90±0,02	0,86±0,02	0,90±0,02	0,82±0,02	0,89±0,02	0,77±0,02	0,88±0,02

Увеличение сухих веществ и общих сахаров после хранения в течение 2-х и 3-х месяцев, по сравнению с контролем, незначительны, что свидетельствует о положительном влиянии входящего в состав комплексного биопрепарата поверхностно-активного вещества – Твин-80, который способствует замедлению интенсивности протекания биохимических процессов.

Показатель общей кислотности, от значения которого зависит устойчивость яблок по отношению к фитопатогенным микроорганизмам, для яблок, обработанных разработанным комплексным биопрепаратом, после хранения в течение 30 суток не изменяется (в контроле снижается на 4,44 %), после 2-х месяцев хранения снижается на 1,11 %, после 3-х месяцев – на 2,22 %, а в контроле снижается на 8,89 % и 14,44 % соответственно.

Данные по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на биохимические показатели яблок сорта Интерпрайс после хранения в течение 30 суток, 2-х и 3-х месяцев при температуре $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на биохимические показатели яблок сорта Интерпрайс

Наименование показателя	Перед закладкой на хранение	Хранившиеся					
		30 суток		2 месяца		3 месяца	
		без обработки (контроль)	после обработки	без обработки (контроль)	после обработки	без обработки (контроль)	после обработки
Массовая доля, %:							
-сухих веществ	12,8 $\pm$ 0,06	13,0 $\pm$ 0,07	12,9 $\pm$ 0,07	13,4 $\pm$ 0,07	13,1 $\pm$ 0,07	14,0 $\pm$ 0,70	13,4 $\pm$ 0,07
-общих сахаров	8,8 $\pm$ 0,03	9,0 $\pm$ 0,03	8,8 $\pm$ 0,03	9,2 $\pm$ 0,03	8,9 $\pm$ 0,03	9,6 $\pm$ 0,03	9,1 $\pm$ 0,03
Витамины, мг/100 г:							
Р	124,0 $\pm$ 1,2	119,0 $\pm$ 1,2	122,5 $\pm$ 1,2	111,8 $\pm$ 1,1	120,3 $\pm$ 1,2	101,6 $\pm$ 1,0	117,1 $\pm$ 1,2
С	6,7 $\pm$ 0,20	6,2 $\pm$ 0,19	6,6 $\pm$ 0,20	5,6 $\pm$ 0,17	6,4 $\pm$ 0,19	4,8 $\pm$ 0,14	6,0 $\pm$ 0,18
Общая кислотность, %	0,70 $\pm$ 0,01	0,68 $\pm$ 0,01	0,70 $\pm$ 0,01	0,64 $\pm$ 0,01	0,69 $\pm$ 0,01	0,60 $\pm$ 0,01	0,67 $\pm$ 0,01

Аналогичная зависимость по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на биохимические показатели яблок сорта Интерпрайс установлена на основании данных таблицы 10.

В таблице 11 приведены результаты исследования влияния разработанного комплексного биопрепарата на биохимические показатели яблок сорта Гала после хранения в течение 30 суток, 2-х и 3-х месяцев при температуре $2\pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 %.

Таблица 11 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на биохимические показатели яблок сорта Гала

Наименование показателя	Перед закладкой на хранение	Хранившиеся					
		30 суток		2 месяца		3 месяца	
		без обработки (контроль)	после обработки	без обработки (контроль)	после обработки	без обработки (контроль)	после обработки
Массовая доля, %:							
-сухих веществ	13,5 $\pm$ 0,07	13,7 $\pm$ 0,07	13,6 $\pm$ 0,07	14,1 $\pm$ 0,07	13,8 $\pm$ 0,07	14,6 $\pm$ 0,07	14,1 $\pm$ 0,07
-общих сахаров	10,1 $\pm$ 0,03	10,2 $\pm$ 0,03	10,1 $\pm$ 0,03	10,3 $\pm$ 0,03	10,2 $\pm$ 0,03	10,6 $\pm$ 0,03	10,3 $\pm$ 0,03
Витамины, мг/100 г:							
Р	105,4 $\pm$ 1,1	100,2 $\pm$ 1,0	104,0 $\pm$ 1,0	93,7 $\pm$ 0,9	102,0 $\pm$ 1,0	85,2 $\pm$ 0,9	98,6 $\pm$ 1,0
С	6,3 $\pm$ 0,19	5,8 $\pm$ 0,17	6,1 $\pm$ 0,18	5,2 $\pm$ 0,16	5,7 $\pm$ 0,17	4,3 $\pm$ 0,13	5,2 $\pm$ 0,16
Общая кислотность, %	0,62 $\pm$ 0,01	0,58 $\pm$ 0,01	0,60 $\pm$ 0,01	0,52 $\pm$ 0,01	0,56 $\pm$ 0,01	0,44 $\pm$ 0,01	0,50 $\pm$ 0,01

Из данных, приведенных в таблице 11, следует отметить, что после хранения в течение 30 суток яблок сорта Гала, обработанных разработанным

комплексным биопрепаратом, показатели общих сахаров и общей кислотности остались неизменными, содержание витаминов снизилось на 1,3 % и 0,97 % соответственно, а в контроле на 4,9 % (Р) и 7,94 % (С).

После хранения в течение 3-х месяцев содержание общих сахаров увеличилось на 1,98 %, а общая кислотность снизилась на 19,4 % по сравнению с содержанием общих сахаров и общей кислотности яблок перед закладкой на хранение. Для контрольных образцов яблок количество общих сахаров увеличилось на 4,95 %, а показатель общей кислотности снизился на 29,0 %, что подтверждает высокую восприимчивость контрольных образцов яблок к развитию на их поверхности фитопатогенных микроорганизмов.

Результаты исследования влияния разработанного комплексного биопрепарата на биохимические показатели яблок сорта Айдаред после хранения в течение 30 суток, 2-х и 3-х месяцев при температуре $2\pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на биохимические показатели яблок сорта Айдаред

Наименование показателя	Перед закладкой на хранение	Хранившиеся					
		30 суток		2 месяца		3 месяца	
		без обработки (контроль)	после обработки	без обработки (контроль)	после обработки	без обработки (контроль)	после обработки
1	2	3	4	5	6	7	8
Массовая доля, %:							
-сухих веществ	15,4±0,08	15,7±0,08	15,5±0,08	16,1±0,08	15,7±0,08	16,7±0,08	16,1±0,08
-общих сахаров	10,8±0,03	11,0±0,03	10,9±0,03	11,4±0,03	11,1±0,03	12,0±0,04	11,5±0,04

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8
Витамины, мг/100 г:							
Р	112,2±1,1	106,0±1,1	110,4±1,1	99,0±1,0	108,8±1,1	90,4±0,9	106,3±1,1
С	6,8±0,20	6,3±0,19	6,6±0,20	5,7±0,17	6,3±0,19	5,0±0,15	5,9±0,18
Общая кислот- ность, %	0,60±0,01	0,55±0,01	0,60±0,01	0,50±0,01	0,57±0,01	0,42±0,01	0,53±0,01

Аналогичная зависимость влияния комплексного биопрепарата на биохимические показатели для яблок сорта Айдаред установлена на основании данных таблицы 12.

Следует отметить, что после хранения в течение 30 суток для яблок сорта Айдаред, обработанных разработанным комплексным биопрепаратом, потери витаминов Р и С составили 1,6 % и 2,9 % соответственно, что на 3,9 % (Р) и на 4,45 % (С) ниже по сравнению с контролем. Изменение содержания массовой доли сухих веществ и общих сахаров в обработанных яблоках составило меньше 1 %.

Данные по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на биохимические показатели яблок сорта Флорина после хранения в течение 30 суток, 2-х и 3-х месяцев при температуре $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % приведены в таблице 13.

Из данных, приведенных в таблице 13, следует отметить, что после хранения в течение 30 суток для яблок сорта Флорина, обработанных разработанным комплексным биопрепаратом, изменения биохимических показателей незначительны.

После хранения в течение 2-х и 3-х месяцев наблюдали положительное влияние комплексного биопрепарата на динамику изменения указанных показателей.

Так, после хранения в течение 3-х месяцев содержание общих сахаров увеличилось на 5,36 % (в контроле на 9,82 %), а общая кислотность снизилась на 12,0 % (в контроле на 28,0 %), по сравнению с содержанием общих сахаров и общей кислотности перед закладкой на хранение. Содержание витаминов Р и С снизилось на 5,56 % (в контроле на 15,81 %) и 12,16 % (контроле на 28,40 %).

Таблица 13 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на биохимические показатели яблок сорта Флорина

Наименование показателя	Перед закладкой на хранение	Хранившиеся					
		30 суток		2 месяца		3 месяца	
		без обработки (контроль)	после обработки	без обработки (контроль)	после обработки	без обработки (контроль)	после обработки
Массовая доля, %:							
-сухих веществ	16,8±0,08	17,1±0,09	16,9±0,09	17,5±0,09	17,1±0,09	18,1±0,09	17,5±0,09
-общих сахаров	11,2±0,03	11,4±0,03	11,3±0,03	11,8±0,04	11,5±0,04	12,3±0,04	11,8±0,04
Витамины, мг/100 г:							
Р	140,4±1,4	134,0±1,3	138,5±1,4	127,0±1,3	136,1±1,4	118,2±1,2	132,6±1,3
С	7,4±0,22	6,8±0,20	7,2±0,22	6,1±0,18	6,9±0,21	5,3±0,16	6,5±0,20
Общая кислотность, %	0,50±0,01	0,47±0,01	0,49±0,01	0,42±0,01	0,47±0,01	0,36±0,01	0,44±0,01

Результаты исследования влияния разработанного комплексного биопрепарата на биохимические показатели яблок сорта Голден Делишес после хранения в течение 30 суток, 2-х и 3-х месяцев при температуре 2±1° С и относительной влажности воздуха 95 % приведены в таблице 14.

Из данных, приведенных в таблице 14, видно, что для яблок сорта Голден Делишес наблюдается аналогичная зависимость по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на изменение биохимических показателей.

Таблица 14 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на биохимические показатели яблок сорта Голден Делишес

Наименование показателя	Перед закладкой на хранение	Хранившиеся					
		30 суток		2 месяца		3 месяца	
		без обработки (контроль)	после обработки	без обработки (контроль)	после обработки	без обработки (контроль)	после обработки
Массовая доля, %:							
-сухих веществ	16,2±0,08	16,5±0,08	16,3±0,08	16,7±0,08	16,5±0,08	17,3±0,09	16,8±0,08
-общих сахаров	12,5±0,04	12,7±0,04	12,6±0,04	13,2±0,04	12,8±0,04	13,8±0,04	13,1±0,04
Витамины, мг/100 г:							
Р	135,4±1,4	129,2±1,3	133,5±1,3	120,8±1,2	131,2±1,3	109,7±1,1	128,0±1,3
С	7,9±0,24	7,7±0,23	7,6±0,23	6,6±0,20	7,3±0,22	5,7±0,17	6,8±0,20
Общая кислотность, %	0,38±0,01	0,35±0,01	0,37±0,01	0,31±0,01	0,35±0,01	0,26±0,01	0,31±0,01

Таким образом, установлено, что обработка яблок разработанным комплексным биопрепаратом замедляет биохимические процессы яблок в период хранения, так как накопление сухих веществ и общих сахаров, а также снижение общей кислотности в обработанных яблоках ниже, по сравнению с контролем, что подтверждает их устойчивость к воздействию фитопатогенных микроорганизмов в процессе хранения.

Кроме этого, обработка яблок разработанным комплексным биопрепаратом снижает потери витаминов Р и С, после хранения как в течение 30 суток, так и в течение 2-х и 3-х месяцев хранения по сравнению с контролем.

Таким образом, обработка яблок разработанным комплексным биопрепаратом перед закладкой на хранение позволяет сохранить показатели качества яблок и, тем самым, обеспечить их устойчивость к развитию фитопатогенной микрофлоры.

На следующем этапе изучали влияние разработанного комплексного биопрепарата на микробиологические показатели поверхности яблок в процессе хранения.

Влияние разработанного комплексного биопрепарата на микробиологические показатели определяли по изменению количества плесеней на поверхности яблок, вызывающих потери в результате микробиологической порчи, по сравнению с известными биопрепаратами Витаплан и Бактофит, в динамике в течение 3 месяцев хранения при температуре $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 %.

Предварительно сухие порошки биопрепаратов Витаплан и Бактофит доводили до концентрации бактерий *Bacillus subtilis* 1×10^8 КОЕ/мл путем разведения их водой при температуре $20\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Данные по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на изменение количества плесеней на поверхности яблок сорта Ренет Симиренко в течение 3-х месяцев хранения при температуре $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % представлены на рисунке 29.

Из данных рисунка 29 видно, что значительное снижение количества плесеней на поверхности яблок приходится на первый месяц хранения: так комплексный биопрепарат ингибирует развитие плесеней на поверхности яблок сорта Ренет Симиренко на 80,0 %, что на 13,6 % выше, чем биопрепарат Витаплан и на 19,3 % выше, чем биопрепарат Бактофит.

Установлено, что через 2 и 3 месяца хранения подавление роста и развития плесеней на поверхности яблок при их обработке разработанным комплексным

биопрепаратом составило 86 % и 91 %, в сравнении с показателями перед закладкой на хранение.

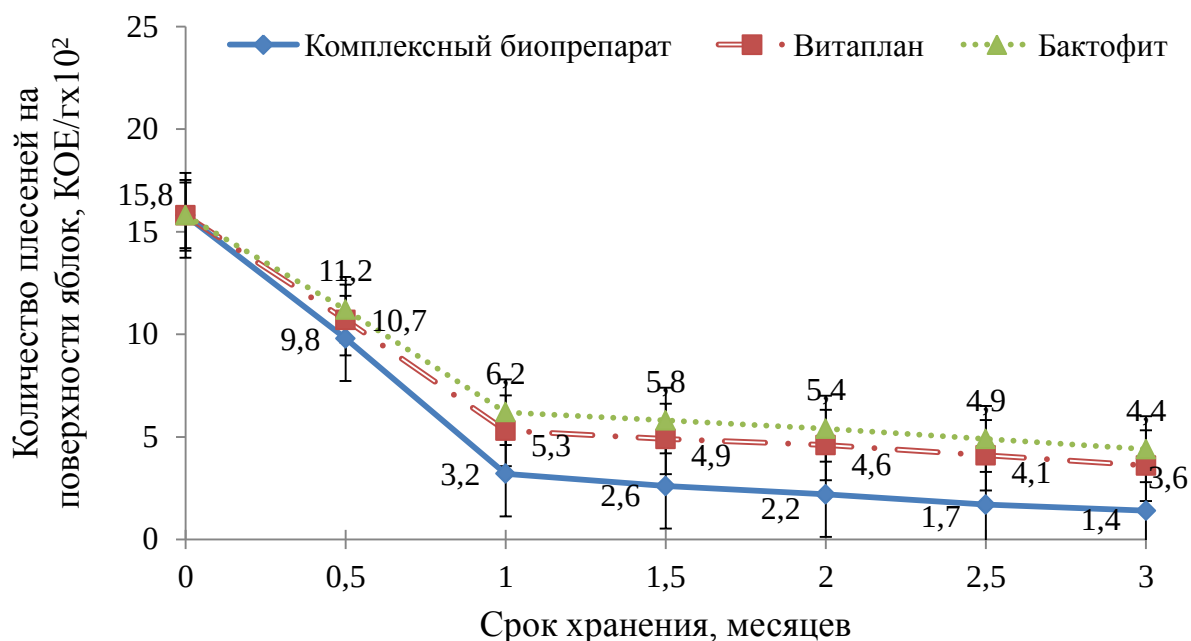


Рисунок 29 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на изменение количества плесеней на поверхности яблок сорта Ренет Симиренко в процессе хранения

Результаты по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на изменение количества плесеней на поверхности яблок сорта Интерпрайс в течение 3-х месяцев хранения при температуре $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % в виде графика приведены на рисунке 30.

Анализ графика, представленного на рисунке 30, показал аналогичную зависимость влияния комплексного биопрепарата на ингибирование роста и развития плесеней на поверхности яблок сорта Интерпрайс.

Так, через 1, 2 и 3 месяца яблок хранения подавление роста плесеней комплексным биопрепаратом составило 79,6 %, 85,8 % и 90,7 % соответственно.

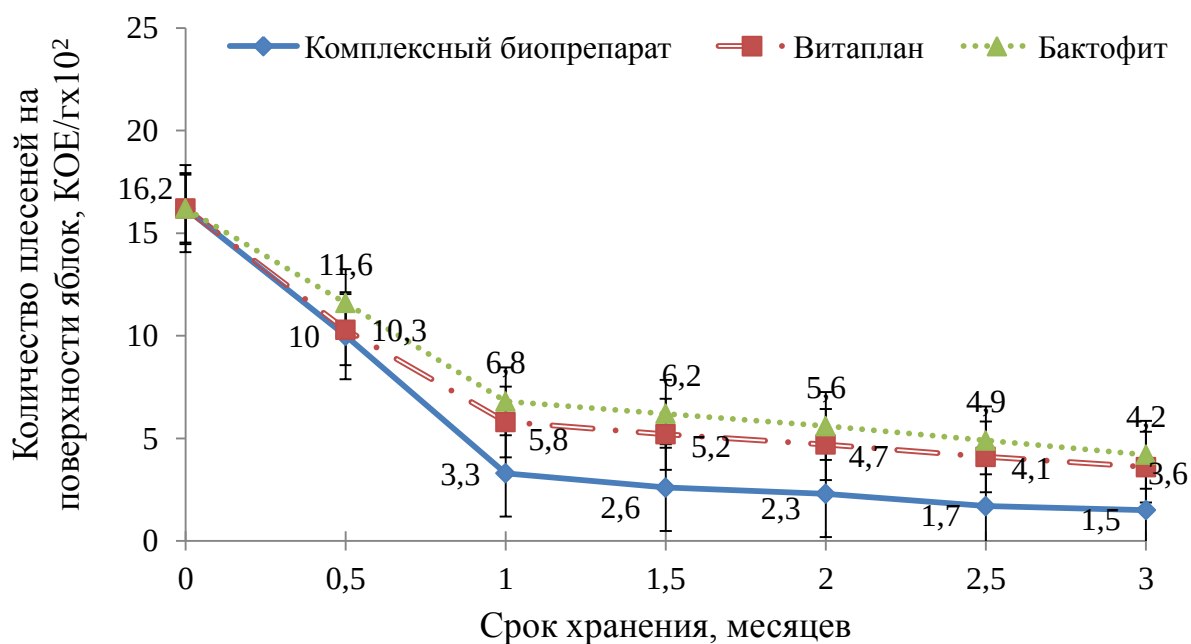


Рисунок 30 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на изменение количества плесеней на поверхности яблок сорта Интерпрайс в процессе хранения

Данные по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на изменение количества плесеней на поверхности яблок сортов Гала и Айдаред в течение 3-х месяцев хранения при температуре $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % представлены на рисунках 31 и 32.

Из данных рисунка 31 следует, что при обработке разработанным комплексным биопрепаратом ингибирование роста и развития плесеней на поверхности яблок сорта Гала при хранении в течение 1 месяца составило 78,0 %, что в сравнении с влиянием биопрепаратов Витаплан и Бактофит выше на 15,6 % и 20,0 % соответственно.

По истечению срока хранения (через 3 месяца) ингибирование роста плесеней на поверхности яблок разработанным комплексным биопрепаратом составило 90,0 %, что на 15,4 % и на 21,0 % выше, чем у биопрепаратов – аналогов.

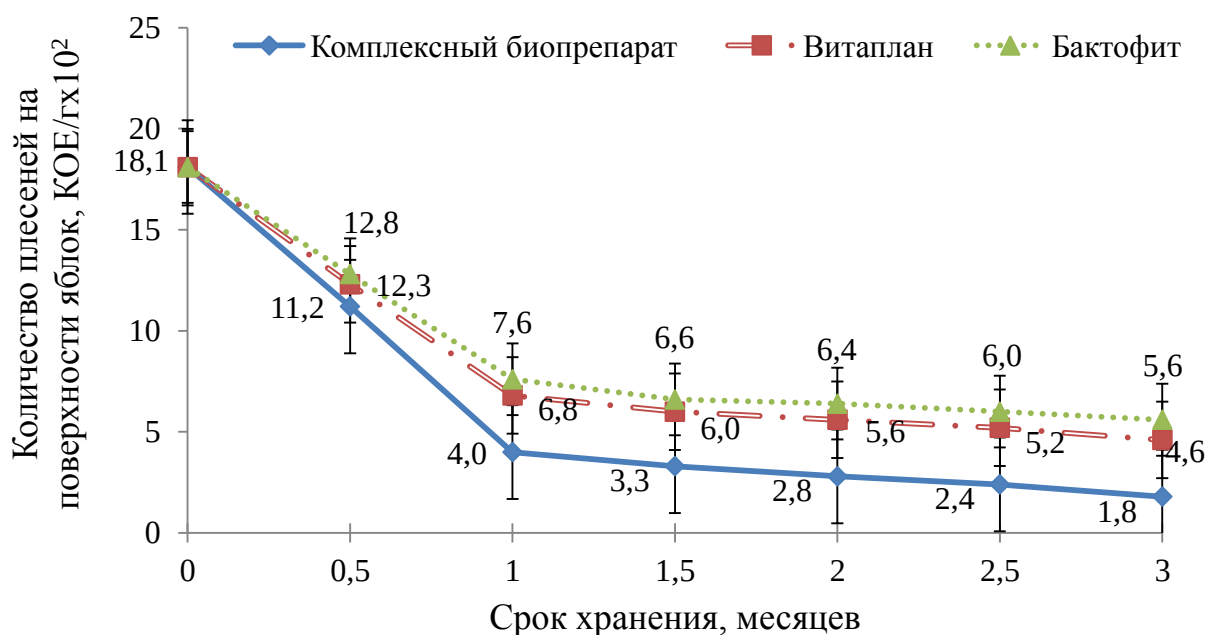


Рисунок 31 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на изменение количества плесеней на поверхности яблок сорта Гала в процессе хранения

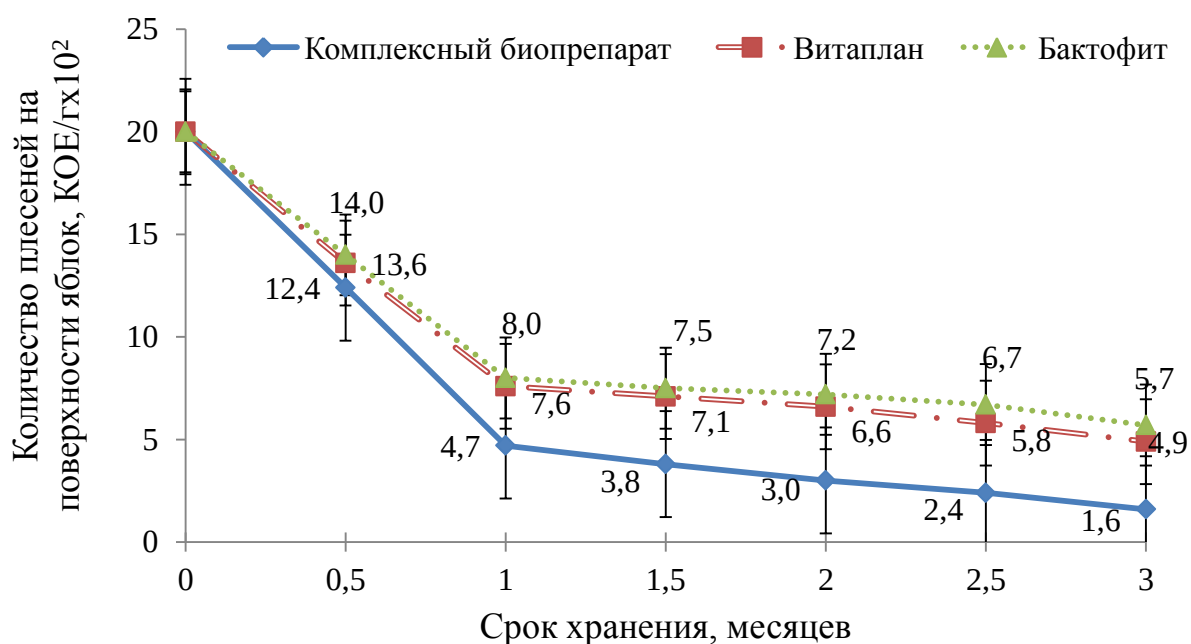


Рисунок 32 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на изменение количества плесеней на поверхности яблок сорта Айдаред в процессе хранения

Анализ данных, представленных на рисунке 32, показал аналогичную зависимость влияния разработанного комплексного биопрепарата на ингибирование роста и развития плесеней на поверхности яблок сорта Айдаред.

Результаты по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на изменение количества плесеней на поверхности яблок сортов Флорина и Голден Делишес в течение 3-х месяцев хранения при температуре $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % приведены на рисунках 33 и 34.

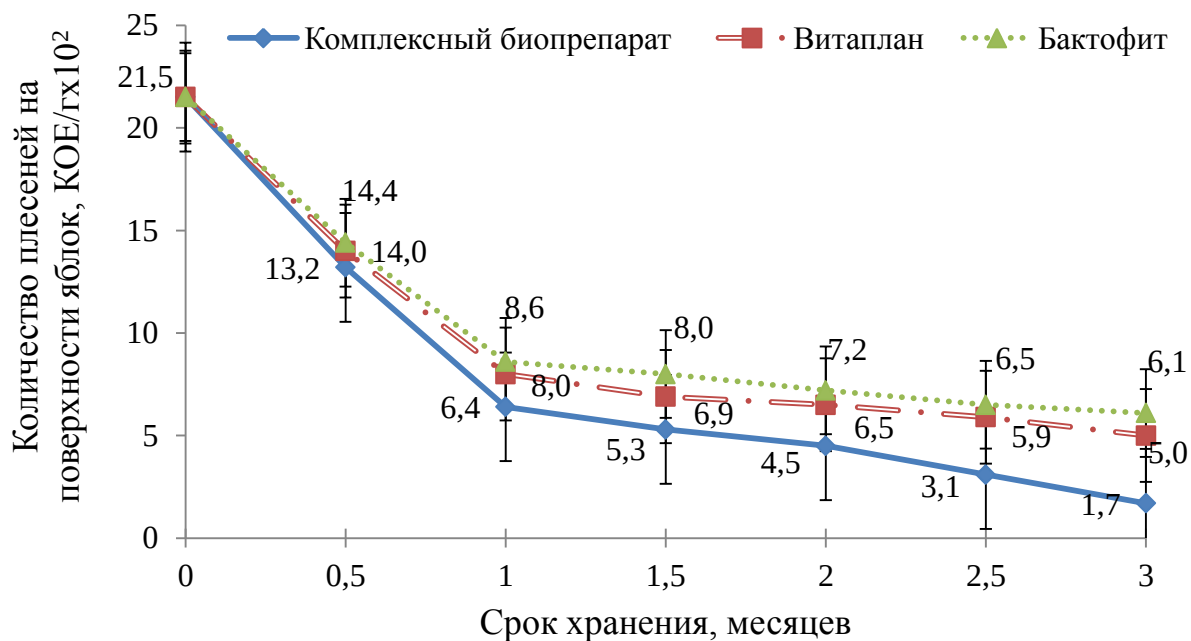


Рисунок 33 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на изменение количества плесеней на поверхности яблок сорта Флорина в процессе хранения

Из представленных на рисунке 33 данных следует, что ингибирование роста плесеней на поверхности яблок сорта Флорина разработанным комплексным биопрепаратом через 1 месяц составило 70,4 %, через 2 месяца – 79,0 %, а через 3 месяца – 92 %.

Из данных рисунка 34, видно, что ингибирование роста плесеней на поверхности яблок сорта Голден Делишес разработанным комплексным биопрепаратом через 1 месяц составило 70,0 %, через 2 месяца – 80,0 %, а через 3 месяца – 92,0 %.

Значительное подавление роста плесеней обусловлено высокой ингибирующей активностью выбранных штаммов бактерий *Bacillus subtilis* по отношению к фитопатогенным микроорганизмам.

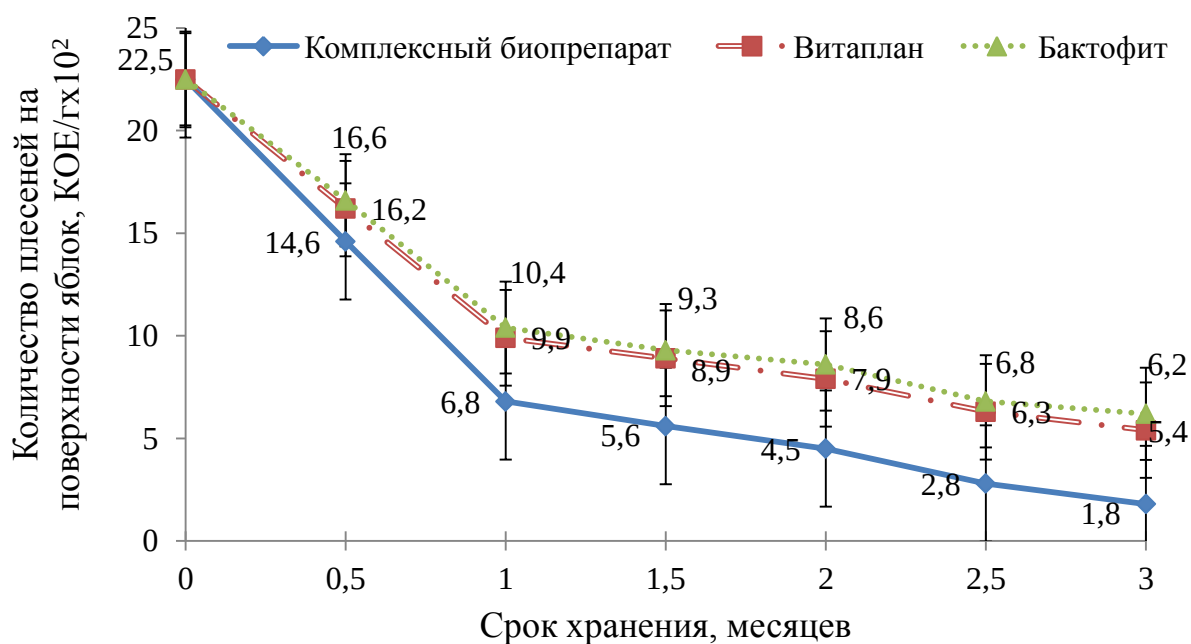


Рисунок 34 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на изменение количества плесеней на поверхности яблок сорта Голден Делишес в процессе хранения

Таким образом, по результатам исследования изменений микробиологических показателей, установлено, что значительное ингибирование роста плесеней разработанным комплексным биопрепаратом на поверхности яблок приходится на первый месяц хранения – до 80 %, в последующий период хранения количество бактерий-антагонистов стабилизируется, препятствуя росту оставшейся фитопатогенной микрофлоры, и по истечению периода хранения (через 3 месяца) ингибирование плесеней составляет от 90,0 % до 92,0 %, в сравнении с показателями перед закладкой на хранение.

На следующем этапе исследовали влияние разработанного комплексного биопрепарата на величину потерь яблок в процессе хранения.

Результаты исследования влияния разработанного комплексного биопрепарата на величину потерь яблок после хранения в течение 30 суток при температуре $2 \pm 1^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на величину потерь яблок после хранения в течение 30 суток

Наименование сорта	Вид обработки	Общие потери, %	Естественная убыль массы, %	Потери в результате микробиологической порчи, %
Ренет Симиренко	контроль (без обработки)	3,03±0,05	1,30±0,03	1,73±0,02
	комплексный биопрепарат	1,01±0,03	0,72±0,02	0,29±0,01
Интерпрайс	контроль (без обработки)	3,25±0,05	1,44±0,01	1,81±0,04
	комплексный биопрепарат	1,08±0,06	0,78±0,04	0,30±0,02
Гала	контроль (без обработки)	3,47±0,08	1,57±0,04	1,90±0,04
	комплексный биопрепарат	1,24±0,05	0,90±0,03	0,34±0,02
Айдаред	контроль (без обработки)	3,65±0,08	1,70±0,04	1,95±0,04
	комплексный биопрепарат	1,33±0,05	0,93±0,04	0,40±0,01
Флорина	контроль (без обработки)	4,08±0,13	1,83±0,07	2,25±0,06
	комплексный биопрепарат	1,51±0,07	1,03±0,04	0,48±0,03
Голден Делишес	контроль (без обработки)	4,7±0,13	2,10±0,05	2,60±0,08
	комплексный биопрепарат	1,72±0,11	1,16±0,06	0,56±0,05

Из данных, приведенных в таблице 15, видно, что для яблок, обработанных комплексным биопрепаратом, при хранении в течение 30 суток общие потери незначительны и их значение варьирует от 1,01 % (Ренет Симиренко) до 1,72 % (Голден Делишес), при этом общие потери яблок, не обработанных перед

закладкой на хранение, составили от 3,03 % (Ренет Симиренко) до 4,70 % (Голден Делишес).

Кроме этого, выявлено, что для яблок, обработанных разработанным комплексным биопрепаратом, потери в результате микробиологической порчи не превышают 0,56 %.

Потери в результате естественной убыли массы обработанных яблок составляют от 0,72 % (Ренет Симиренко) до 1,16 % (Голден Делишес), что в среднем в 1,8 раза ниже по сравнению с контролем. Сокращение естественной убыли массы достигается за счет целевых компонентов, включенных в состав комплексного биопрепарата, которые образуют на поверхности яблок защитную биопленку, препятствующую испарению влаги.

Данные по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на величину потерь яблок после хранения в течение 2-х месяцев при температуре $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на величину потерь яблок после хранения в течение 2-х месяцев

Наименование сорта	Вид обработки	Общие потери, %	Естественная убыль массы, %	Потери в результате микробиологической порчи
1	2	3	4	5
Ренет Симиренко	контроль (без обработки)	$6,33\pm 0,04$	$2,00\pm 0,01$	$4,33\pm 0,03$
	комплексный биопрепарат	$2,08\pm 0,04$	$1,44\pm 0,03$	$0,64\pm 0,01$
Интерпрайс	контроль (без обработки)	$6,63\pm 0,09$	$2,10\pm 0,06$	$4,53\pm 0,03$
	комплексный биопрепарат	$2,22\pm 0,05$	$1,56\pm 0,04$	$0,66\pm 0,01$
Гала	контроль (без обработки)	$7,08\pm 0,07$	$2,35\pm 0,03$	$4,73\pm 0,04$
	комплексный биопрепарат	$2,46\pm 0,04$	$1,70\pm 0,02$	$0,76\pm 0,02$

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
Айдаред	контроль (без обработки)	7,37±0,12	2,50±0,07	4,87±0,05
	комплексный биопрепарат	2,62±0,07	1,76±0,04	0,86±0,03
Флорина	контроль (без обработки)	8,22±0,13	2,70±0,08	5,52±0,05
	комплексный биопрепарат	3,00±0,10	2,00±0,06	1,00±0,04
Голден Делишес	контроль (без обработки)	9,28±0,12	3,00±0,04	6,28±0,08
	комплексный биопрепарат	3,5±0,09	2,25±0,03	1,25±0,06

Анализ данных, приведенных в таблице 16, показал аналогичную зависимость влияния разработанного комплексного биопрепарата на изменение величины потерь яблок после хранения в течение 2-х месяцев.

Так, общие потери яблок, обработанных разработанным комплексным биопрепаратом, составили от 2,08 % (Ренет Симиренко) до 3,5 % (Голден Делишес), при этом потери в результате микробиологической порчи не превышают 1,25 %, что на 5,03 % ниже, по сравнению с контролем.

Результаты исследования влияния разработанного комплексного биопрепарата на величину потерь яблок после хранения в течение 3-х месяцев, при температуре $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 % приведены в таблице 17.

Из данных, приведенных в таблице 17, видно, что по истечению срока хранения (через 3 месяца) общие потери яблок, обработанных разработанным комплексным биопрепаратом, составили от 4,0 % (Ренет Симиренко) до 6,4 % (Голден Делишес), что более чем в 2 раза ниже по сравнению с контролем.

Таблица 17 – Влияние разработанного комплексного биопрепарата на величину потерь яблок после хранения в течение 3-х месяцев

Наименование сорта	Вид обработки	Общие потери, %	Естественная убыль массы, %	Потери в результате микробиологической порчи
Ренет Симиренко	контроль (без обработки)	9,5±0,07	3,0±0,04	6,5±0,03
	комплексный биопрепарат	4,0±0,04	2,6±0,02	1,4±0,02
Интерпрайс	контроль (без обработки)	9,9±0,06	3,1±0,03	6,8±0,03
	комплексный биопрепарат	4,2±0,06	2,8±0,04	1,4±0,02
Гала	контроль (без обработки)	10,5±0,10	3,4±0,04	7,1±0,06
	комплексный биопрепарат	4,6±0,04	3,0±0,03	1,6±0,01
Айдаред	контроль (без обработки)	10,8±0,10	3,5±0,04	7,3±0,06
	комплексный биопрепарат	4,9±0,07	3,1±0,03	1,8±0,04
Флорина	контроль (без обработки)	11,8±0,12	3,8±0,04	8,0±0,08
	комплексный биопрепарат	5,6±0,08	3,5±0,05	2,1±0,03
Голден Делишес	контроль (без обработки)	13,0±0,14	4,2±0,06	8,8±0,08
	комплексный биопрепарат	6,4±0,09	3,9±0,05	2,5±0,04

Общие потери обработанных яблок сортов Интерпрайс, Гала, Айдаред и Флорина составили 4,2 %, 4,6 %, 4,9 % и 5,6 % соответственно.

При этом потери в результате микробиологической порчи яблок, обработанных разработанным комплексным биопрепаратом, не превышают 2,5 %, что по сравнению с контролем ниже более чем в 3,5 раза.

Таким образом, обработка яблок разработанным комплексным биопрепаратом позволяет значительно сократить общие потери яблок в период хранения, во-первых, в результате снижения потерь от микробиологической порчи (за счет высокой антагонистической активности эффективных штаммов *Bacillus subtilis*, входящих в состав комплексного биопрепарата), а, во-вторых, в результате снижения естественной убыли массы за счет образования на поверхности яблок защитной биопленки, которую создают целевые компоненты комплексного биопрепарата.

4 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ К ХРАНЕНИЮ И ХРАНЕНИЯ ЯБЛОК С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗРАБОТАННОГО КОМПЛЕКСНОГО БИОПРЕПАРАТА

На основании проведенных исследований по влиянию разработанного комплексного биопрепарата на биохимические, микробиологические показатели и величину потерь яблок в процессе хранения усовершенствована технология подготовки к хранению и хранения яблок на предприятиях оптовой и розничной торговли, реализующих яблоки в краткосрочный период.

Основой усовершенствованной технологии является способ подготовки яблок, которые обрабатывают водосодержащей суспензией разработанного комплексного биопрепарата, с концентрацией эффективных штаммов *Bacillus subtilis* 1×10^8 КОЕ/мл.

Предварительными опытами был установлен расход разработанного комплексного биопрепарата «Стабилактив» в зависимости от размера яблок: для сортов с крупными плодами (Ренет Симиренко и Интерпрайс) – 12 мл на 1 кг яблок, а для сортов с размерами плода средней величины (Гала, Айдаред, Флорина и Голден Делишес) – 15 мл на 1 кг яблок.

По результатам исследований установлены технологические режимы подготовки яблок к хранению на предприятиях оптовой и розничной торговли с использованием разработанного комплексного биопрепарата.

В таблице 18 приведены режимы подготовки яблок сортов Ренет Симиренко и Интерпрайс к хранению на предприятиях оптовой и розничной торговли, а в таблице 19 – режимы подготовки яблок сортов Гала, Айдаред, Флорина и Голден Делишес к хранению на предприятиях оптовой и розничной торговли.

Таблица 18 – Технологические режимы подготовки к хранению яблок сортов Ренет Симиренко и Интерпрайс

№ п/п	Наименование технологической операции и технологического режима	Параметры технологического режима
1	Сортировка яблок – массовая доля плодов, не соответствующих требованиям данного сорта, но соответствующих требованиям более низких сортов (для первого сорта наличие яблок второго сорта), %, не более Калибровка яблок – по массе плода, г, не менее	10 160,0
2	Обработка яблок комплексным биопрепаратом: – концентрация, КОЕ/мл – расход, л/т	1×10^8 12,0
3	Обсушивание обработанных яблок: – температура воздуха, °C	24±1
4	Упаковывание яблок: – гофрированные ящики, масса нетто, кг – сетка-мешок из полимерных материалов, масса нетто, кг – флоу-пак (flow-pack) с подложкой, подложка в термоусадочной пленке, в стретч-пленке, масса нетто, кг – полиэтиленовые пакеты, масса нетто, кг – полипропиленовые контейнеры, масса нетто, кг	5,0 – 15,0 0,5 – 3,0 0,5 – 2,0 0,5 – 2,0 0,5 – 2,0
5	Хранение упакованных яблок в условиях искусственного охлаждения: - температура в холодильной камере, °C: - относительная влажность воздуха, %	2±1 90-95
6	Срок хранения упакованных яблок, месяцев, не более	3

Яблоки сортируют с использованием сортировочного конвейера. При сортировке удаляют яблоки, не соответствующие требованиям ГОСТ 34314-2017 [12].

Таблица 19 – Технологические режимы подготовки к хранению яблок сортов Гала, Айдаред, Флорина и Голден Делишес

№ п/п	Наименование технологической операции и технологического режима	Параметры технологического режима
1	Сортировка яблок – массовая доля плодов, не соответствующих требованиям данного сорта, но соответствующих требованиям более низких сортов (для первого сорта наличие яблок второго сорта), %, не более Калибровка яблок – по массе плода: не менее, г не более, г	10 130,0 160,0
2	Обработка яблок комплексным биопрепаратом: – концентрация, КОЕ/мл – расход, л/т	1×10^8 15,0
3	Обсушивание обработанных яблок: – температура воздуха, °C	24±1
4	Упаковывание яблок: – гофрированные ящики, масса нетто, кг – сетка-мешок из полимерных материалов, масса нетто, кг – флоу-пак (flow-pack) с подложкой, подложка в термоусадочной пленке, в стретч-пленке, масса нетто, кг – полиэтиленовые пакеты, масса нетто, кг – полипропиленовые контейнеры, масса нетто, кг	5,0 – 15,0 0,5 – 3,0 0,5 – 2,0 0,5 – 2,0 0,5 – 2,0
5	Хранение упакованных яблок в условиях искусственного охлаждения: – температура в холодильной камере, °C: – относительная влажность воздуха, %	2±1 90-95
6	Срок хранения упакованных яблок, месяцев, не более	3

Отсортированные яблоки по ленточному конвейеру поступают в калибровочную машину, где их калибруют по массе плода.

Подготовленные (отсортированные и откалиброванные) яблоки обрабатывают разработанным комплексным биопрепаратом с помощью душирующего устройства на ленте конвейера.

Затем по конвейеру яблоки поступают на следующий технологический этап: обработанные разработанным комплексным биопрепаратом яблоки подсушивают с помощью сушилки с вентиляторами.

Сухие яблоки поступают на упаковочный стол и упаковывают в зависимости от назначения от 0,5 до 15,0 кг в один из видов упаковки: гофрированные ящики, сетку-мешок из полимерных материалов, флоу-пак (flow-pack) с подложкой, подложка в термоусадочной пленке, в стретч-пленке, полиэтиленовые пакеты или контейнеры.

Обработанные и упакованные яблоки хранят в охлаждаемых хорошо вентилируемых камерах не более 90 суток при температуре $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 90-95%.

На основе результатов исследований получен патент РФ на изобретение № 2689649 «Биологический препарат для защиты яблок от фитопатогенных микроорганизмов при хранении» от 28.05.2019 г.

На рисунке 35 приведена блок-схема подготовки яблок к хранению на предприятиях оптовой и розничной торговли с применением разработанного комплексного биопрепарата «Стабилактив».

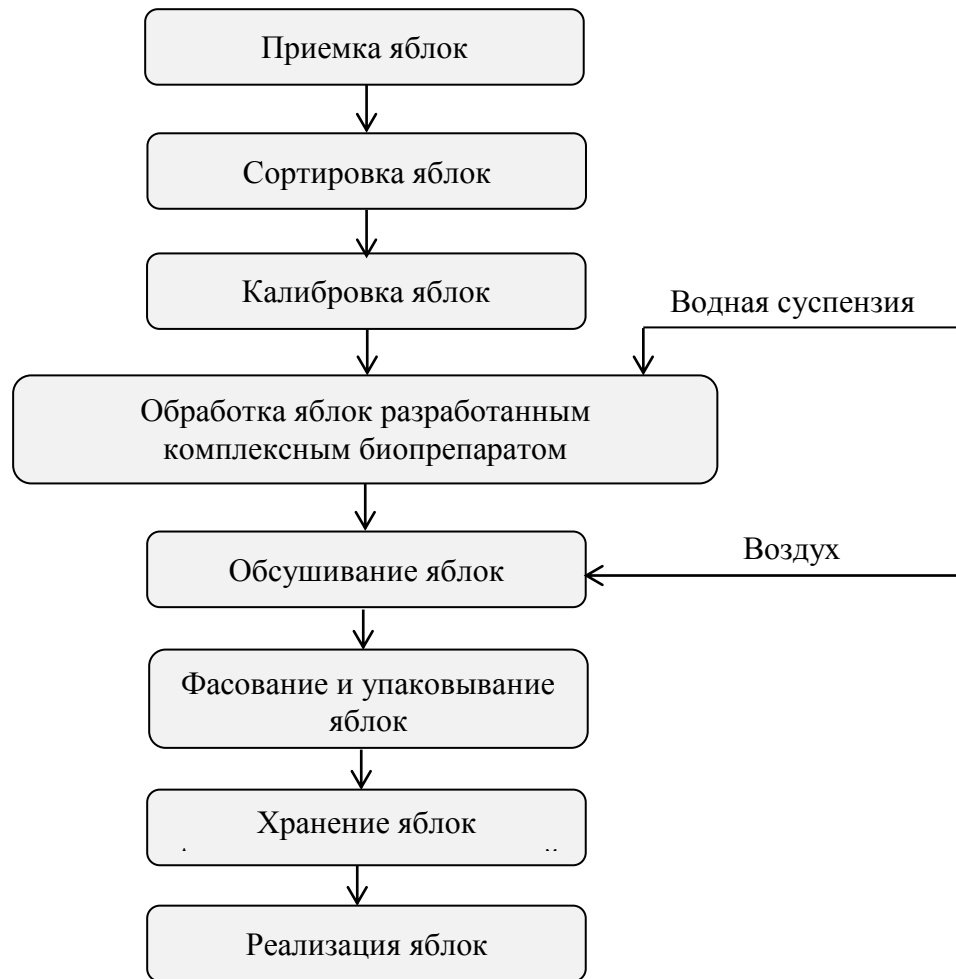


Рисунок 35 – Блок-схема подготовки яблок к хранению на предприятиях оптовой и розничной торговли с применением разработанного комплексного биопрепарата «Стабилактив»

5 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ АПРОБАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Усовершенствованная технология подготовки яблок к хранению с применением разработанного комплексного биопрепарата была апробирована на сельскохозяйственном предприятии оптово-розничной торговли ЗАО «Плодовод». Обработка яблок разработанным комплексным биопрепаратом обеспечивает устойчивость яблок к поражению фитопатогенными микроорганизмами, снижает потери от микробиологической порчи и позволяет сохранить показатели качества яблок в период хранения и реализации на предприятиях оптовой и розничной торговли.

Апробацию усовершенствованной технологии подготовки к хранению и хранения свежих яблок сортов – Ренет Симиренко, Интерпрайс, Гала, Айдаред, Флорина и Голден Делишес проводили поэтапно с соблюдением следующих технологических процессов: 25 кг яблок каждого сорта, поступивших на хранение, подвергали сортировке, калибровке, затем обрабатывали методом опрыскивания разработанным комплексным биопрепаратом. Обработанные яблоки обсушивали и упаковывали по 5 кг в гофрированные ящики и хранили в течение 90 суток при температуре $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 90-95 %.

Расчет экономического эффекта от внедрения усовершенствованной технологии подготовки к хранению яблок с применением разработанного комплексного биопрепарата приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет экономического эффекта от внедрения технологии подготовки к хранению яблок с применением комплексного биопрепарата

Показатель	Технология	
	традиционная	разработанная
Закупочная цена 1 тонны яблок, тыс. руб.	43,0	43,0
Сумма затрат на обработку 1 тонны яблок, тыс. руб.	-	1,8
Общая сумма затрат торговой организации на реализацию 1 тонны яблок, тыс. руб.	5,8	5,8
Величина потерь, тыс. руб. на тонну яблок	4,3	1,7
Полная себестоимость тонны реализуемой продукции, тыс. руб.	53,1	52,3
Розничная цена тонны, тыс. руб.	74,0	78,5
Прибыль до налогообложения	20,9	26,2
Экономический эффект, тыс. рублей на 1 тонну	-	5,3

Из данных, приведенных в таблице 20, видно, что экономический эффект от внедрения усовершенствованной технологии при хранении одной тонны яблок составит 5,3 тыс. руб. Такой экономический эффект достигнут за счет сокращения величины потерь яблок от микробиологической порчи, обработанных в соответствии с разработанной технологией, на 1,8 тыс. рублей и повышения розничной цены реализации за счет сохранения качества яблок.

Применение усовершенствованной технологии обеспечивает эффективное хранение яблок на предприятиях оптовой и розничной торговли за счет сокращения издержек предприятия в результате снижения величины потерь яблок в процессе хранения и реализации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании анализа научно-технической литературы и патентной информации установлена перспективность применения биопрепаратов на основе активных штаммов бактерий *Bacillus subtilis* для обеспечения устойчивости яблок к микробиологической порче в процессе хранения.

1. На основании исследования качества, безопасности и биохимических показателей свежих яблок сортов Ренет Симиренко, Интерпрайс, Гала, Айдаред, Флорина и Голден Делишес, установлено, что яблоки сортов Голден Делишес и Флорина отличаются высоким содержанием сухих веществ (Голден Делишес – 16,2 %, Флорина – 16,8 %), общих сахаров (Голден Делишес – 12,5 %, Флорина – 11,2 %) и низкой общей кислотностью (Голден Делишес – 0,38 %, Флорина – 0,50 %), в отличие от яблок сортов Ренет Симиренко, Интерпрайс, Гала и Айдаред, в которых содержание сухих веществ находится в интервале от 12,8 % до 15,4 %, содержание общих сахаров в интервале от 8,8 % до 10,8 %, а общая кислотность – в интервале от 0,60 % до 0,90 %.

2. Установлено, что наибольшее количество плесеней находится на поверхности яблок сортов Голден Делишес ($22,5 \times 10^2$ КОЕ/г) и Флорина ($20,5 \times 10^2$ КОЕ/г), что связано с особенностями биохимического состава, а именно, с высоким содержанием общих сахаров и низкой общей кислотностью, а также с особенностями анатомического строения плодов.

3. Установлено, что степень поражаемости поверхности яблок фитопатогенными микроорганизмами зависит от их сортовых особенностей: наиболее подвержена поражению фитопатогенными микроорганизмами поверхность яблок сортов Голден Делишес и Флорина, менее интенсивно развиваются фитопатогенные микроорганизмы на поверхности яблок сорта Айдаред, Гала и Интерпрайс, а яблоки сорта Ренет Симиренко являются наиболее устойчивыми к воздействию фитопатогенных микроорганизмов. Кроме этого, установлено, что наибольший диаметр поражения поверхности яблок, независимо от сорта, вызывают плесени *Botrytis cinerea* и *Penicillium expansum*.

4. В опытах *in vitro* и *in vivo* установлена высокая антагонистическая активность штаммов бактерий *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D, ВКМ В-2605 D и *Bacillus subtilis* ИПМ 215 по отношению к фитопатогенным микроорганизмам, наиболее часто вызывающим заболеваемость яблок в процессе хранения, при этом штаммы бактерий *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D и ВКМ В-2605 D наиболее эффективно ингибируют развитие *Penicillium expansum*, а штамм бактерий *Bacillus subtilis* ИПМ 215 наиболее эффективно ингибирует развитие *Botrytis cinerea*. Установлена эффективная концентрация инокулята для всех сортов яблок, соответствующая 1×10^8 КОЕ/мл.

5. На основании проведенных исследований разработан состав комплексного биопрепарата, включающий водную суспензию штаммов бактерий *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604 D, ВКМ В-2605 D и ИПМ 215 с концентрацией микробных клеток 1×10^8 КОЕ/мл, при соотношении, равном 1:1:1, стабилизатор титра бактерий – глицерин, стабилизатор суспензии биомассы бактерий – гуаровую камедь и прилипатель – Твин-80, для обработки яблок перед закладкой на хранение. Установлено, что разработанный состав обеспечивает эффективный титр бактерий *Bacillus subtilis* в комплексном биопрепарате в течение 6 месяцев хранения. Кроме этого, установлено, что разработанный комплексный биопрепарат снижает заболеваемость яблок, вызванную *Penicillium expansum* и *Botrytis cinerea*, до 92,5 %.

6. Установлено, что обработка яблок перед закладкой на хранение разработанным комплексным биопрепаратом обеспечивает максимальное сохранение качества, содержания биологически активных веществ и минимальные потери яблок в процессе хранения. Так, обработка яблок разработанным комплексным биопрепаратом по истечению срока хранения (через 3 месяца) обеспечивает: сохранность витаминов Р и С, в среднем по сортам, на 94,6 % и на 87,1 % соответственно, ингибирование плесеней на 90,0 - 92,0 % и снижение потерь в результате микробиологической порчи по сравнению с контролем более чем в 3,5 раза.

7. Разработаны технологические режимы подготовки к хранению и хранения яблок на предприятиях оптовой и розничной торговли, реализующих яблоки в краткосрочный период. Установлен расход разработанного комплексного биопрепарата на 1 кг яблок: для сортов Ренет Симиренко и Интерпрайс 12 мл, а для сортов Гала, Айдаред, Флорина и Голден Делишес – 15 мл.

8. Разработан комплект технической документации, включающий технические условия на комплексный биопрепарат «Стабилактив» (ТУ 21.10.60-017-17021101-2018) и технологическая инструкция по его производству (ТИ 21.10.60-017-17021101-2018). Разработана технологическая инструкция по подготовке яблок к хранению и хранения с применением комплексного биопрепарата «Стабилактив» (ТИ 10.39.91-034-17021101-2019).

9. Технология подготовки к хранению и хранения яблок с применением разработанного комплексного биопрепарата апробирована в условиях сельскохозяйственного предприятия оптово-розничной торговли ЗАО «Плодовод». Ожидаемый экономический эффект от внедрения усовершенствованной технологии подготовки к хранению и хранения составит 5,3 тыс. руб. на 1 т яблок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://www.gks.ru/compendium/document/13277>
2. Кабалина, Д.В.. Определение биологической эффективности обработки яблок биопрепаратами / Д.В., Кабалина, Т.В. Першакова, В.В. Лисовой // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2020. – № 1. – С. 81-87.
3. Медведева, З.М. Технология хранения и переработки продукции растениеводства: учебное пособие / З.М. Медведева, Н.Н. Шипилин, С.А. Бабарыкина. – Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2015. – 340 с.
4. Иванова, Т.Н. Технология хранения плодов, ягод и овощей: учебное пособие / Т.Н. Иванова, В.С. Житникова, Н.С. Левгерова. – Орел: ОрелГТУ, 2009. – 203 с.
5. Дрофичева, Н.В. Особенности биохимического состава плодов яблонь, произрастающих в Краснодарском крае // Известия вузов. Пищевая технология. – 2012. – № 4. – С. 39-41.
6. Кабалина, Д.В. Изучение показателей качества и безопасности яблок, районированных в Краснодарском крае /Д.В. Кабалина, Т.В. Першакова, В.В. Лисовой, Л.В. Михайлюта // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – № 5 (19). – С.20-27.
7. Ahmadi-Afzadi, M. Impact of harvesting time and fruit firmness on the tolerance to fungal storage diseases in an apple germplasm collection / M.Ahmadi-Afzadi, I.Tahir, H.Nybom // Postharvest Biology and Technology. – 2013. – Vol. 82. – P. 51-58.
8. Причко, Т.Г. Изменение качественных показателей плодов яблони в процессе выращивания и хранения / Т.Г. Причко, Л.Д. Чалая, М.В. Карпушина // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2011. – № 1 (7). – С. 11-21.

9. Pavicich, M.A. From field to process: How storage selects toxigenic *Alternaria* spp. causing mouldy core in Red Delicious apples / M.A.Pavicich, P. Cárdenas, G.N. Pose, V.F. Pinto, A. Patriarca // *International Journal of Food Microbiology*. – 2020. – Vol. 322. – A. 108575.
10. Zhou, T. Postharvest control of blue mold and gray mold on apples using isolates of *Pseudomonas syringae* / T. Zhou, C.-L. Chu, W.T. Liu, K.E. Schaneider // *Canadian Journal of Plant Pathology*. – 2001. – Vol. 23. – P. 246-252.
11. Madbouly, A.K. Biocontrol of *Monilinia fructigena*, causal agent of brown rot of apple fruit, by using endophytic yeasts / A.K. Madbouly, K.A.M. Abo Elyousr, I. MohamedIsmail // *Biological Control*. – 2020. – Vol. 144. – A. 104239.
12. Patriarca, A. Fungi and mycotoxin problems in the apple industry // *Current Opinion in Food Science*. – 2019. – Vol. 29. – P. 42-47.
13. Причко, Т.Г. Влияние особенностей анатомического строения яблок на устойчивость к развитию заболевания горькой ямчатости // Т.Г. Причко, Л.Д. Чалая, Т.Л. Смелик // *Новые технологии*. – 2015. – № 1. – С. 129-136.
14. ГОСТ 34314-2017. Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия. – Введ. 01.07.2018. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 48 с.
15. Причко, Т.Г. Оптимальные сроки уборки поздних сортов яблок юга России / Т.Г. Причко, Л.Д. Чалая // *Агропромышленная газета юга России*. – 2015. – № 29-30. – С. 5-6.
16. Причко, Т.Г. Уборка, хранение и товарная обработка яблок. Рекомендации / СКХНИИ садоводства и виноградарства. – Краснодар, 2015. – 122 с.
17. ГОСТ 21122-75. Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия. – Введ. 01.07.1976. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 16 с.
18. ГОСТ 16270-70. Яблоки свежие ранних сроков созревания. Технические условия. – Введ. 01.01.1971. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 10 с.

19. ГОСТ 27572-2017. Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия. – Введ. 01.01.2018. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 18 с.
20. ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». – Введ. 01.07.2013. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 288 с.
21. Неменушая, Л.А. Современные технологии хранения и переработки плодовоовощной продукции: науч. аналит. обзор / Л.А. Неменушая, Н.М. Степанищева, Д.М. Соломатин – Москва: Росинформагротех, 2009. – 172 с.
22. Першакова, Т.В. Анализ способов обеспечения качества растительной продукции в процессе хранения / Т.В. Першакова, В.В. Лисовой, Г.А. Купин, В.Н. Алешин // Сборник трудов XIII междунар. науч.-практ. конф. «Пища. Экология. Качество». – г. Красноярск, 18-19 марта 2016 г. – С. 38-42.
23. ГОСТ 27819-88. Яблоки свежие. Хранение в холодильных камерах. – Введ. 01.01.1991. – Москва: Издательство стандартов, 2004. – 21 с.
24. ГОСТ Р 50528-93. Яблоки свежие. Хранение в контролируемой атмосфере. – Введ. 01.01.1994. – Москва: Издательство стандартов, 2004. – 26 с.
25. Пугач, С.Г. Применение озона в хранении овощей и фруктов // Овощи и фрукты. – 2014. – № 12. – С. 56-60.
26. Пат. 2204924, Российская Федерация, МПК A23L, A01F, A23B. Способ предотвращения от порчи пищевых продуктов / Гаспарян А.Р., Горелик С.Л.; заявитель и патентообладатель Гаспарян А.Р., Горелик С.Л. – № 2000124370/13; заявл. 25.09.2000; опубл. 27.05.2003.
27. 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>
28. Пат. 2525722, Российская Федерация, МПК A01F, A23B. Способ хранения сельскохозяйственной продукции / Ханикян В.Л.; заявитель и

патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «АлХиТех» (ООО «АлХиТех») – № 2013108726/13; заявл. 28.02.2013; опубл. 20.08.2014.

29. Пат. CN100337552, Китай, МПК A23В. Способ консервирования и хранения плодов мушмулы / Chong C., Kunsong C.; заявитель и патентообладатель Zhejiang Univ. – № 200510050200.9; заявл. 22.06.2005; опубл. 21.12.2005.

30. Пат. 2325810, Российская Федерация, МПК A23В. Способ хранения урожая плодовоовощной и растениеводческой продукции / Швец В.Ф., Гудковский В.А., Козловский Р.А., Кустов А.В.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Фито-Маг» – №2006123022/13; заявл. 28.06.2006; опубл. 10.06.2008.

31. Пат. 2400965, Российская Федерация, МПК A01F. Способ хранения растительных продуктов / Жиляков Е.В., Голубева О.А.; заявитель и патентообладатель Жиляков Е.В. – № 2009104264/12; заявл. 09.02.2009; опубл. 10.10.2010.

32. Пат. CN204439139, Китай, МПК G01. Устройство мониторинга окружающей среды для хранения плодов / Jun L., Fang Y., Yan X., Dongle Z., Yue S., заявитель и патентообладатель Beijing Wuzi University. – № 201520167886.9; заявл. 24.03.2015; опубл. 01.07.2015.

33. Jurick, W.M. Characterization of Postharvest Fungicide-Resistant *Botrytis cinerea* Isolates From Commercially Stored Apple Fruit / W.M. Jurick, O. Macarisin, V.L. Gaskins, E. Park, J. Yu, W. Janisiewicz, K.A. Peter // *Phytopathology*. – 2016. – Vol. 107, № 3. – P. 362-368.

34. Pershakova, T.V. Studying the antagonistic properties of *Bacillus subtilis* bacteria to pathogens of fruits in in vitro and in vivo experiments / T.V. Pershakova, G.A. Kupin, D.V. Kabalina, L.V. Mikhailyuta, S.M. Gorlov, M.V. Babakina // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2018. – Vol. 10, № 4. – P. 920-925.

35. Romanazzi, G. Integrated management of postharvest gray mold on fruit crops / G. Romanazzi, J.L. Smilanick, E. Feliziani, S. Droby // *Postharvest Biology and Technology*. – 2016. – Vol. 113. – P. 69-76.

36. Першакова, Т.В. Современные технологии хранения фруктов / Т.В. Першакова, Д.В. Кабалина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2017. – № 131 (07). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/87.pdf>
37. Лисовой, В.В. Технологии хранения сельскохозяйственной продукции растительного происхождения, разработанные учеными ФГБНУ КНИИХП / В.В. Лисовой, Е.П. Викторова, А.Н. Матвиенко // Сборник науч. трудов к 85-летию ВНИИХИ. под общей редакцией Белозерова Г. А. – г. Москва, 2015. – С. 302-305.
38. Kabelitz, T. Effects of hot water dipping on apple heat transfer and post-harvest fruit quality / T. Kabelitz, B. Schmidt, W.B. Herppich, K. Hassenberg // LWT - Food Science and Technology. – 2019. – Vol. 108. – P. 416–420.
39. Romanazzi G. Chitosan, a Biopolymer With Triple Action on Postharvest Decay of Fruit and Vegetables: Eliciting, Antimicrobial and Film-Forming Properties / G. Romanazzi, E. Feliziani, D. Sivakumar / Frontiers in Microbiology. – 2018. – Vol. 9. – A. 2745. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02745>
40. Casals, C. The combination of curing with either chitosan or *Bacillus subtilis* CPA-8 to control brown rot infections caused by *Monilinia fructicola* / C.Casals, P.A.G.Elmer, I.Viñas, N.Teixidó, M.Sisquella, J.Usall // Postharvest Biology and Technology. –2012. – Vol. 64, № 1. – P. 126-132.
41. Waewthongrak, W. Effect of *Bacillus subtilis* and chitosan applications on green mold (*Penicillium digitatum* Sacc.) decay in citrus fruit / W. Waewthongrak, S. Pisuchpen, W. Leelasuphakul // Postharvest Biology and Technology. – 2015. – Vol. 99. – P. 44-49.
42. Ncama, K. Topical procedures adopted in testing and application of plant-based extracts as bio-fungicides in controlling postharvest decay of fresh produce / K. Ncama, A. Mditshwa, S.Z. Tesfay, N.C. Mbili, L.S.Magwaza // Crop Protection. – 2019. – Vol. 115. – P. 142-151.
43. Arrebola, E. Combined application of antagonist *Bacillus amyloliquefaciens* and essential oils for the control of peach postharvest diseases /

E. Arrebola, D. Sivakumar, R. Bacigalupo, L. Korsten // Crop Protection. – 2010. – Vol. 29, № 4. – P. 369-377.

44. Sogvar, O.B. Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit / O.B.Sogvar, M.K. Saba, A. Emamifar // Postharvest Biology and Technology. –2016. – Vol. 114. – P. 29-35.

45. Sharma, R.R.Kaolin-based particle film sprays reduce the incidence of pests, diseases and storage disorders and improve postharvest quality of «Delicious» apples / R.R. Sharma, S.C.Datta, E. Varghese // Crop Protection. –2020. – Vol. 127. – A. 104950.

46. Youssef, K. Control of storage diseases of citrus by pre- and postharvest application of salts / K. Youssef, A. Ligorioa, S.M. Sanzania, F. Nigroa, A. Ippolito // Postharvest Biology and Technology. – 2012. – Vol. 72. – P. 57-63.

47. Amiri, A.Control of *Penicillium expansum* with potassium phosphite and heat treatment / A. Amiri, G. Bompeix // Crop Protection. –2011. – Vol. 30. – P. 222-227.

48. Droby, S. Influence of food additives on the control of postharvest rots of apple and peach and efficacy of the yeast-based biocontrol product Aspire / S. Droby, M. Wisniewski, A. El Ghaouth, C. Wilson // Postharvest Biology and Technology. – 2003. – Vol. 27. – P. 127-135.

49. Jabnoun-Khiareddine H. Comparative efficacy of potassium salts against soil-borne and air-borne fungi and their ability to suppress tomato wilt and fruit rots / H. Jabnoun-Khiareddine, R. Abdallah, R. El-Mohamedy, F. Abdel-Kareem, M. Gueddes-Chahed // Microbial & Biochemical Technology. – 2016. – Vol. 08 (02). – P. 45-55.

50. Janisiewicz, W.J. Control of blue mold decay of apple during commercial controlled atmosphere storage with yeast antagonists and sodium bicarbonate / W.J.Janisiewicz, R.A.Saftner, W.S.Conway,K.S.Yoder // Postharvest Biology and Technology. – 2008. – Vol. 49, №3. – P. 374-378.

51. Alvindia, D.G. Enhancing the bioefficacy of *Bacillus amyloliquefaciens* DGA14 with inorganic salts for the control of banana crown rot // *Crop Protection*. – 2013. – Vol. 51. – P. 1-6.
52. Hong, P. Combination of hot water, *Bacillus amyloliquefaciens* HF-01 and sodium bicarbonate treatments to control postharvest decay of mandarin fruit / P. Hong, W. Hao, J. Luo, S. Chen, M. Hu, G. Zhong // *Postharvest Biology and Technology*. – 2014. – Vol. 88. – P. 96–102.
53. Syed Ab Rahman, S.F. Emerging microbial biocontrol strategies for plant pathogens / S.F. Syed Ab Rahman, E.Singh, C.M.J.Pieterse, P.M.Schenk // *Plant Science*. – 2018. – Vol. 267. – P. 102–111.
54. Egbuna, C. Biopesticides, Safety Issues and Market Trends / C. Egbuna, B. Sawicka, H. Tijjani, T.L.Kryeziu, J.C. Ifemeje, D.Skiba, C.B.Lukong // *Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control*. – 2020. – Vol. 1, №4. – P. 43-53
55. Алёшин, В.Н. Перспективы применения биопрепаратов при хранении фруктов / В.Н. Алёшин, Г.А. Купин, Т.В. Першакова, Д.В. Кабалина // *Наука, питание и здоровье: сб.тр. междунар. конгресса*. – г. Минск, 8-9 июня 2017 г. – С. 452-459.
56. Сидорова, Т.М. Биологически активные метаболиты *Bacillus subtilis* и их роль в контроле фитопатогенных микроорганизмов / Т.М. Сидорова, А.М. Асатулова, А.И. Хомяк // *Сельскохозяйственная биология*. – 2018. – Т. 53, № 1. – С. 29-37.
57. Купин, Г.А. Влияние биопрепарата «Экстрасол» на изменение микробиальной обсемененности фруктов в процессе хранения / Г.А. Купин, Т.В. Першакова, В.Н. Алёшин, Л.В. Михайлюта, Д.В. Кабалина, М.В. Бабакина // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]*. – 2017. – № 131 (07). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/37.pdf>.
58. Кабалина, Д.В. Инновационные технологии хранения растительного сырья / Д.В. Кабалина, В.В. Лисовой, Т.В. Першакова // *Материалы XVI междунар. науч.-*

практич. конф. «Инновационные технологии в пищевой промышленности». – г. Минск, 05-06 октября 2017 г. – С. 11-13.

59. Wallace, R.L. Mechanisms of action of three isolates of *Pseudomonas fluorescens* active against postharvest grey mold decay of apple during commercial storage / R.L. Wallace, D.L. Hirkala, L.M. Nelson // *Biological Control*. – 2018. – Vol. 117. – P. 13-20.

60. Wallace, R.L. Postharvest biological control of blue mold of apple by *Pseudomonas fluorescens* during commercial storage and potential modes of action / R.L. Wallace, D.L. Hirkala, L.M. Nelson // *Postharvest Biology and Technology*. – 2017. – Vol. 133. – P. 1-11.

61. Mikani, A. Biological control of apple gray mold caused by *Botrytis mali* with *Pseudomonas fluorescens* strains / A. Mikani, H.R. Etebarian, P.L. Sholberg, D.T. O’Gorman, S. Stokes, A. Alizadeh // *Postharvest Biology and Technology*. – 2008. – Vol. 48. – P. 107-112.

62. Jiang, M.Y. Inhibition of postharvest gray mould decay and induction of disease resistance by *Pseudomonas fluorescens* in grapes / M.Y. Jiang, Z.R. Wang, K.W. Chen, J.Q. Kan, K.T. Wang, Zs. Zalán, F. Hegyi, K. Takács, M.Y. Du // *Acta Alimentaria*. – 2019. – Vol. 48. – P. 288-296.

63. Li, R. Biocontrol of postharvest gray and blue mold decay of apples with *Rhodotorula mucilaginosa* and possible mechanisms of action / R. Li, H. Zhang, W. Liu, X. Zheng // *International Journal of Food Microbiology*. – 2011. – Vol. 146. – P. 151-156.

64. Wang, Y. Exploring the effect of β -glucan on the biocontrol activity of *Cryptococcus podzolicus* against postharvest decay of apples and the possible mechanisms involved / Y. Wang, Y. Li, W. Xu, X. Zheng, X. Zhang, M.H. Abdelhai, L. Zhao, H. Li, J. Diao, H. Zhang // *Biological Control*. – 2018. – Vol. 121. – P. 14-22.

65. Zhao, L. Effect of β -glucan on the biocontrol efficacy of *Cryptococcus podzolicus* against postharvest decay of pears and the possible mechanisms involved / L. Zhao, Y. Wanga, Y. Wanga, B. Lib, X. Gub, X. Zhanga, N.A.S. Boatenga, H. Zhang // *Postharvest Biology and Technology*. – 2020. – Vol. 160. – P. 1-9.

66. Gholamnejad, J. Biological control of apple blue mold with *Candida membranifaciens* and *Rhodotorula mucilaginosa* / J. Gholamnejad, H.R. Etebarian, N. Sahebani // *African Journal of Food Science*. – 2010. – Vol. 4. – P. 1-7.
67. Valdivia, L.G. Identification and characterization of a new *Bacillus atrophaeus* strain B5 as biocontrol agent of postharvest anthracnose disease in soursop (*Annona muricata*) and avocado (*Persea americana*) / L.G. Valdivia, E.T. Perez, A.C. Lopez, U.L. Garcia, P.G. Martinez, S. Aguilera // *Microbiological Research*. – 2018. – Vol. 210. – P. 26-32.
68. Yu, T. Effect of *Cryptococcus laurentii* and calcium chloride on control of *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* infections in pear fruit / T. Yu, C. Yu, H. Lu, M. Zunun, F. Chen, T. Zhou, K. Sheng, X. Zheng // *Biological Control*. – 2012. – Vol. 61, № 2. – P. 169-175.
69. Fan, Q. Postharvest biological control of grey mold and blue mold on apple by *Cryptococcus albidus* (Saito) Skinner / Q. Fan, S.P. Tian // *Postharvest Biology and Technology*. – 2001. – Vol. 21, № 3. – P. 341-350.
70. Yan, Y. Control of postharvest blue mold decay in pears by *Meyerozyma guilliermondii* and it's effects on the protein expression profile of pears / Y. Yan, X. Zhang, X. Zheng, M. T. Apaliya, Q. Yang, L. Zhao, X. Gu, H. Zhang // *Postharvest Biology and Technology*. – 2018. – Vol. 136. – P. 124-131.
71. Yi, L. Genome and metabolites analysis reveal insights into control of foodborne pathogens in fresh-cut fruits by *Lactobacillus pentosus* MS031 isolated from Chinese Sichuan Paocai / L. Yi, T. Qia, J. Ma, K. Zeng // *Postharvest Biology and Technology*. – 2020. – Vol. 164. – A. 111150.
72. 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*. – 2018. – Vol. 34. – P. 390-399.
73. Cai, Z. Effect of preharvest application of *Hanseniaspora uvarum* on postharvest diseases in strawberries / Z. Cai, R. Yang, H. Xiao, X. Qin, L. Si // *Postharvest Biology and Technology*. – 2015. – Vol. 100. – P. 52-58.

74. Calvo, J. Biological control of postharvest spoilage caused by *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* in apple by using the bacterium *Rahnella aquatilis* / J. Calvo, V. Calvente, M.E. de Orellano, D. Benuzzi, M.I. Sanz de Tosetti // *International Journal of Food Microbiology*. – 2007. – Vol. 113, № 3. – P. 251–257.

75. Spadaro, D. A new strain of *Metschnikowia fructicola* for postharvest control of *Penicillium expansum* and patulin accumulation on four cultivars of apple / D. Spadaro, A. Lore, A. Garibaldi, M.L. Gullino // *Postharvest Biology and Technology*. – 2013. – Vol. 75. – P. 1-8.

76. Kinay, P. The shelf life and effectiveness of granular formulations of *Metschnikowia pulcherrima* and *Pichia guilliermondii* yeast isolates that control postharvest decay of citrus fruit / P. Kinay, M. Yildiz // *Biological Control*. – 2008. – Vol. 45, № 3. – P. 433-440.

77. Lu, L. *Rhodosporidium paludigenum* induces resistance and defense-related responses against *Penicillium digitatum* in citrus fruit / L. Lu, H. Lu, C. Wu, W. Fang, C. Yu, C. Ye, Y. Shi, T. Yu, X. Zheng // *Postharvest Biology and Technology*. – 2013. – Vol. 85. – P. 196-202.

78. Panebianco, S. Enhanced control of postharvest citrus fruit decay by means of the combined use of compatible biocontrol agents / Panebianco, A. Vitale, G. Polizzi, F. Scala, G. Cirvilleri // *Biological Control*. – 2015. – Vol. 84. – P. 19-27

79. Mahunu, G.K. Improving the biocontrol efficacy of *Pichia caribbica* with phytic acid against postharvest blue mold and natural decay in apples / G.K. Mahunu, H. Zhang, Q. Yang, X. Zhang, D. Li, Y. Zhou // *Biological Control*. – 2016. – Vol. 92. – P. 172-180.

80. Xu, B. Biocontrol of Postharvest *Rhizopus* Decay of Peaches with *Pichia caribbica* / B. Xu, H. Zhang, K. Chen, Q. Xu, Y. Yao, H. Gao // *Curr Microbiol*. – 2013. – Vol. 67. – P. 255-261.

81. Zhang, D. Potential biocontrol activity of a strain of *Pichia guilliermondii* against grey mold of apples and its possible modes of action / D. Zhang, D. Spadaro, A. Garibaldi, M.L. Gullino // *Biological Control*. – 2011. – Vol. 57, № 3. – P. 193-201.

82. El Ghaouth, A. Control of postharvest decay of apple fruit with *Candida saitoana* and induction of defense responses / A. El Ghaouth, C.L. Wilson, M. Wisniewski // *Phytopathology*. – 2003. – Vol. 93. – P. 344-348.
83. Ippolito, A. Control of postharvest decay of apple fruit by *Aureobasidium pullulans* and induction of defense responses / A. Ippolito, A. El Ghaouth, C.L. Wilson, M. Wisniewski // *Postharvest Biology and Technology*. – 2000. – Vol. 19. – P. 265-272.
84. Zhang, H. Biocontrol of major postharvest pathogens on apple using *Rhodotorula glutinis* and its effects on postharvest quality parameters / H. Zhang, L. Wang, L. Ma, Y. Dong, S. Jiang, B. Xu, X. Zheng // *Biological Control*. – 2009. – Vol. 48, № 1. – P. 79-83.
85. Batta, Y.A. Postharvest biological control of apple gray mold by *Trichoderma harzianum* Rifai formulated in an invert emulsion // *Crop Protection*. – 2004. – Vol. 23. – P. 19-26.
86. Li, Q. The biocontrol effect of *Sporidiobolus pararoseus* Y16 against postharvest diseases in table grapes caused by *Aspergillus niger* and the possible mechanisms involved / Q. Li, C. Li, P. Li, H. Zhan, X. Zhang, X. Zheng, Q. Yang, M.T. Apaliya, N.A.S. Boateng, Y. Sun // *Biological Control*. – 2017. – Vol. 113. – P. 18-25.
87. Parafati, L. Biocontrol ability and action mechanism of food-isolated yeast strains against *Botrytis cinerea* causing post-harvest bunch rot of table grape / L. Parafati, A. Vitale, C. Restuccia, G. Cirvilleri // *Food Microbiology*. – 2015. – Vol. 47. – P. 85-92.
88. Mari, M. Biocontrol of apple postharvest decay by *Aureobasidium pullulans* / M. Mari, C. Martini, A. Spadoni, W. Rouissi, P. Bertolini // *Postharvest Biology and Technology*. – 2012. – Vol. 73. – P. 56-62.
89. Liu, Y. Enhancing bioefficacy of *Bacillus subtilis* with sodium bicarbonate for the control of ring rot in pear during storage / Y. Liu, Z. Chen, Y. Liu, X. Wang, C. Luo, Y. Nie, K. Wang // *Biological Control*. – 2011. – Vol. 57, № 2. – P. 110-117.
90. Zhang, J. Inhibitory effect of *Pichia membranaefaciens* and *Kloeckera apiculata* against *Monilinia fructicola* and their biocontrol ability of brown rot in

postharvest plum / J. Zhang, J. Xie, Y. Zhou, L. Deng, S. Yao, K. Zeng // *Biological Control*. – 2017. – Vol. 114. – P. 51-58.

91. Xu, X. Effect of microbial biocontrol agents on alleviating oxidative damage of peach fruit subjected to fungal pathogen / X. Xu, G. Qin, S. Tian // *International Journal of Food Microbiology*. – 2008. – Vol. 126. – P. 153-158.

92. Пат. 2362295, Российская Федерация, МПК A01F. Способ хранения растительных сельскохозяйственных продуктов и продуктов их переработки / Белозеров Г.А., Волкова Г. С., Галкина Г. В., Грызунов А.А., Илларионова В.И., Каухчешвили Н.Э., Куксова Е.В., Мучкин Е.В.; заявитель и патентообладатель Гос. науч. уч. Всеросс. науч.-исслед. ин-т холод. пром. (ГНУ ВНИХИ Россельхозакадемии). – № 2007148134/12; заявл. 26.12.2007; опубл. 27.07.2009.

93. Lahlali, R. Biocontrol activity and putative mechanism of *Bacillus amyloliquefaciens*(SF14 and SP10), *Alcaligenes faecalis*ACBC1, and *Pantoea agglomerans*ACBP1 against brown rot disease of fruit / R. Lahlali, W. Aksissou, N. Lyousfi, S. Ezrari, A. Blenzar, A. Tahiri, S. Ennahli, J. Hrustić, D. MacLean, S. Amiri // *Microbial Pathogenesis*. – 2020. – Vol. 139. – A. 103914.

94. Calvo, H. Potential of a new strain of *Bacillus amyloliquefaciens* BUZ-14 as a biocontrol agent of postharvest fruit diseases / H. Calvo, P.Marco, D.Blanco, R.Oria, M.E.Venturini // *Food Microbiology*. – 2017. – Vol. 63. – P. 101-110.

95. Aiello, D. Postharvest biocontrol ability of *Pseudomonas synxantha* against *Monilinia fructicola* and *Monilinia fructigena* on stone fruit / D. Aiello, C. Restuccia, E. Stefani, A. Vitale, G. Cirvilleri // *Postharvest Biology and Technology*. – 2019. – Vol. 149. – P. 83-89.

96. Tontou, R. Molecular characterisation of an endophyte showing a strong antagonistic activity against *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* / R. Tontou, F. Gaggia, L. Baffoni, G. Devescovi, V. Venturi, D. Giovanardi, E. Stefani // *Plant and Soil*. – 2015. – Vol. 1. – P. 1-10.

97. Spadaro, D. Development of biocontrol products for postharvest diseases of fruit: The importance of elucidating the mechanisms of action of yeast antagonists /

D. Spadaro, S. Droby // Trends in Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 47. – P. 39-49.

98. Usall, J. Biological control of postharvest diseases on fruit: a suitable alternative? / J. Usall, R. Torres, N. Teixidó // Current Opinion in Food Science. – 2016. – Vol. 11. – P. 51-55.

99. Кабалина, Д.В. Антагонистическая активность биопрепаратов в отношении фитопатогенов бактериальной и грибковой природы / Д.В. Кабалина, Т.В. Першакова, С.М. Горлов, Л.В. Михайлюта, М.В. Бабакина // Новые технологии. – 2018. – № 2. – С. 36-41.

100. Пашкевич, Е.Б. Биологическое обоснование создания и особенности применения биопрепаратов, содержащих *Bacillus subtilis*, для защиты растений от фитопатогенов // Проблемы агрохимии и экологии. – 2009. – № 2. – С. 41-47.

101. Fira, D. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species / D. Fira, I. Dimkić, T. Berić, J. Lozo, S. Stanković // Journal of Biotechnology. – 2018. – Vol. 285. – P. 44-55.

102. Биопрепараты на основе бактерий рода *Bacillus* для управления здоровьем растений: монография / М.В. Штерншис, А.А. Беляев, В.П. Цветкова [и др.]. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отделение РАН, 2016. – 284 с.

103. Zalila-Kolsi, I. Antagonist effects of *Bacillus* spp. strains against *Fusarium graminearum* for protection of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum) / I. Zalila-Kolsi, A.B. Mahmoud, H. Ali, S. Sellami, Z. Nasfi, S. Tounsi, K. Jamoussi // Microbiological Research. – 2016. – Vol. 192. – P. 148-158.

104. Cho, S.-J. Detection and characterization of the *Gloeosporium gloeosporioides* growth inhibitory compound iturin A from *Bacillus subtilis* strain KS03 / S.-J. Cho, S. K. Lee, B. J. Cha, Y. H. Kim, K. S. Shin // FEMS Microbiology Letters. – 2003. – Vol. 223, № 1. – P. 47-51.

105. 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.

106. Jiang, C. Inhibition of *Aspergillus carbonarius* and fungal contamination in table grapes using *Bacillus subtilis* / C. Jiang, J. Shi, Y. Liu, C. Zhu // *Food Control*. – 2014. – Vol. 35. – P. 41-48.

107. Siahmoshteh, F. Unraveling the mode of antifungal action of *Bacillus subtilis* and *Bacillus amyloliquefaciens* as potential biocontrol agents against aflatoxinogenic *Aspergillus parasiticus* / F. Siahmoshteh, Z. Hamidi-Esfahani, D. Spadaro, M. Shams-Ghahfarokhi, M. Razzaghi-Abyaneh // *Food Control*. – 2018. – Vol. 89. – P. 300-307.

108. Ambrico, A. Efficacy of cell free supernatant from *Bacillus subtilis* ET-1, an Iturin A producer strain, on biocontrol of green and gray mold / A. Ambrico, M. Trupo // *Postharvest Biology and Technology*. – 2017. – Vol. 134. – P. 5-10.

109. Пат. 2538157, Российская Федерация, МПК C12N, A01 N, C12N. Штамм Бактерий *Bacillus subtilis* Б 93 ВИЗР для защиты картофеля от болезней при хранении / Новикова И.И., Бойкова И.В., Павлюшин В.А., Зейрук В.Н.; заявитель и патентообладатель Гос. науч. уч. Всерос. науч.-исслед. Ин-т защиты раст. Рос. академ. сельскохозяйств. наук - № 2013152716/10; заявл. 27.11.2013; опубл. 10.01.2015.

110. Пат. 2495119, Российская Федерация, МПК C12N, C12R, A01 N. Штамм Бактерий *Bacillus subtilis* 8А в качестве средства повышения продуктивности растений и их защиты от фитопатогенных микроорганизмов / Чеботарь В.К., Михеева М.А., Чижевская Е.П., Щербаков А.В., Петров В.Б., Быкова Н.В., Орлова Н.А., Темнова О.В.; заявитель и патентообладатель Гос. науч. уч. Всерос. науч.-исслед. Ин-т защиты раст. Рос. академ. сельскохозяйств. наук - № 2012151104/10; заявл. 29.11.2012; опубл. 10.10.2013.

111. Dimkic, I. Characterization and evaluation of two *Bacillus* strains, SS-12.6 and SS-13.1, as potential agents for the control of phytopathogenic bacteria and fungi / I. Dimkic, S. Zivkovic, T. Beric, Z. Ivanovic, V. Gavrilovic, S. Stankovic, D. Fira // *Biological Control*. – 2013. – Vol. 65. – P. 312-321.

112. Cozzolino, M.E. Control of postharvest fungal pathogens in pome fruits by lipopeptides from a *Bacillus* sp. isolate SL-6 / M.E. Cozzolino, J.S. Distel, P.A. Garcia,

M.L.Mascotti, M. Juri Ayub, L.M. Benazzi, S.N. Di Masi, P.G.Silva // *Scientia Horticulturae*. – 2020. – Vol. 261. – P. 1-9.

113. Wang, X. Investigating the efficacy of *Bacillus subtilis* SM21 on controlling *Rhizopus* rot in peach fruit / X. Wang, J. Wang, P. Jin, Y. Zheng // *International Journal of Food Microbiology*. – 2013. – Vol. 164, № 2-3. – P. 141-147.

114. Пат. 2019966, Российская Федерация, МПК A01N, C12N, C12R. Препарат для защиты растений от болезней / Галкина Н.Н., Тур А.И., Дорогойченко Н.И., Жиглецова С.К.; заявитель и патентообладатель Гос. науч.-исслед. ин-т прикладной микробиолог. – № 5013323/13; заявл. 24.07.1991; опубл. 30.09.1994.

115. Лисовой, В.В. Российский и зарубежный опыт применения биопрепаратов при хранении фруктов / В.В. Лисовой, Д.В. Кабалина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2017. – № 134 (10). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/10/pdf/17.pdf>.

116. Пат. 2294618, Российская Федерация, МПК A01F, A01N. Способ подготовки плодов или овощей к хранению / Яковлева Л.А., Великанова Е.В., Торбин А.С., Квасенков О.И.; заявитель и патентообладатель Квасенков О.И. – № 2005122601/12; заявл. 18.07.2005; опубл. 10.03.2007.

117. Березина, Н. В. Механизм защитного действия современных препаративных форм биопрепаратов ЗАО «Агробиотехнология» / И.В. Березина, Д.О. Морозов // *Теплицы России*. – 2006. – № 2. – С. 33-35.

118. Пат. 259397, Российская Федерация, МПК C12N, A01C, C12N. 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.

119. Чеботарь, В.К. Эффективность применения биопрепарата экстрасол / В.К. Чеботарь, А.А. Завалин, Е.Н. Кипрушкина. – Москва: Издательство ВНИИА, 2007. – 216 с.

120. Кабалина, Д.В. Биопрепараты как фактор повышения экспортного потенциала растениеводческой продукции / Д.В. Кабалина, В.В. Лисовой, Т.В. Першакова // Экспортный потенциал АПК России: состояние и перспективы: сб. тр. междунар. науч.-практич. конф. в рамках XXII Никоновских чтений. – г. Москва, 23-24 октября 2017 г. – С. 262-263.

121. Хомяк, А.И. Разработка технологии получения новых бактериальных биофунгицидов для защиты растений / А.И. Хомяк, А.М. Асатурова, Т.М. Сидорова, А.А. Цыгичко // Современные решения в развитии сельскохозяйственной науки и производства: сб.тр. междунар.саммита молод. уч. – г. Краснодар, 26-30 июля 2016 г. – С. 225-229.

122. Yanez-Mendizabal, V. Production of the postharvest biocontrol agent *Bacillus subtilis* CPA-8 using low cost commercial products and by-products / V. Yanez-Mendizabal, I.Viñas, J.Usall, R.Torres, C.Solsona, N.Teixidó // Biological Control. – 2012. – Vol. 60, № 3 – P. 280-289.

123. Пат. 2571945, Российская Федерация, МПК C12N, C12N. Питательная среда для культивирования бактерий *Bacillus subtilis* BN-135 – продуцента пектат-лиазы / Бравова Г.Б., Ларина Л.Н., Петрова Н.Т., Козлов И.М.; заявитель и патентообладатель Фед. гос. бюдж. уч. «Всерос. науч.-ислед. и испыт. ин-т мед.тех» – № 2014145805/10; заявл. 17.11.2014; опубл. 27.12.2015.

124. Саламатова Ю.А. Эффективность хранения бактериальных препаратов в жидкой форме / Ю.А. Саламатова, О.М. Минаева, Е.Е. Акимова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2010. – № 1 (9) – С. 20-28.

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

126. ГОСТ 26930-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения мышьяка. – Введ. 01.01.1987. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 6 с.

127. ГОСТ 26933-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия. - Введ. 01.12.1986. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 10 с.

128. ГОСТ 26927-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути. – Введ. 01.07.1989. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 12 с.

129. ГОСТ 28038-2013. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения микотоксина патулина (с Поправкой). – Введ. 01.07.2014. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 29 с.

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

131. ГОСТ ISO 2173-2013 Межгосударственный стандарт. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. Москва: Стандартинформ, 2014. – 7 с.

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

133. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.Е. Арасимович, М.И. Смирнова – Иконникова; под общ.ред. А.И. Ермакова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, 1972. – 456 с.

134. ГОСТ ISO 750-2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности. – Введ. 01.07.15. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 12 с.

135. Вигоров, Л.И. Метод определения Р-активных веществ / Л.И. Вигоров // Труды III семинара по БАВ. – Свердловск, 1972. – 362 с.

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

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

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ А

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2689649

**Биологический препарат для защиты яблок от
фитопатогенных микроорганизмов при хранении**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства, виноделия"*
(ФГБНУ СКФНЦСВВ) (RU)

Авторы: *Кабалина Дарья Валериевна (RU), Першакова Татьяна
Викторовна (RU), Михайлюта Лариса Васильевна (RU),
Бабакина Мария Владимировна (RU)*

Заявка № 2018129813

Приоритет изобретения 15 августа 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 28 мая 2019 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 15 августа 2038 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

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)

ОКПД2 21.10.60.194

ОКС 07.100.99



УТВЕРЖДАЮ
Директор КНИИХП-
филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ
С.М. Горлов
« 02 » октябрь 2018 г.

БИОПРЕПАРАТ «СТАБИЛАКТИВ»
(МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС)

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ТУ 21.10.60-017-17021101-2018

Дата введения « ____ » _____ 2018 г.

РАЗРАБОТАНО:

Вед.науч. сотрудник отдела хранения и
комплексной переработки
сельскохозяйственного сырья КНИИХП –
филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ

д-р техн. наук, доцент

_____ Т.В. Першакова

аспирант очной формы обучения

ФГБНУ СКФНЦСВВ

Васильева Д.В. Кабалина

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)



УТВЕРЖДАЮ
Директор КНИИХП-
филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ
С.М. Горлов
« 16 » *сентября* 2018 г.

ТИ 21.10.60-017-17021101-2018

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
ПО ПРОИЗВОДСТВУ КОМПЛЕКСНОГО БИОПРЕПАРАТА
«СТАБИЛАКТИВ»

Дата введения « ____ » _____ 2018 г.

РАЗРАБОТАНО:

Вед.науч. сотрудник отдела хранения и
комплексной переработки
сельскохозяйственного сырья КНИИХП –
филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ,

Д-р техн. наук, доцент

Т.В. Першакова
Т.В. Першакова
аспирант очной формы обучения
ФГБНУ СКФНЦСВВ

Д.В. Кабалина
Д.В. Кабалина

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)



УТВЕРЖДАЮ
Директор КНИИХП-
филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ
 С.М. Горлов
«30» апреля 2020 г.

ТИ 10.39.91-034-17021101-2020

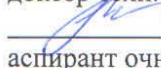
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
ПО ПОДГОТОВКЕ ЯБЛОК К ХРАНЕНИЮ И ХРАНЕНИЮ С
ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО БИОПРЕПАРАТА «СТАБИЛАКТИВ»

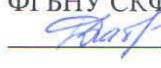
Дата введения «___» _____ 2020 г.

РАЗРАБОТАНО:

Вед. науч. сотрудник отдела хранения и
комплексной переработки
сельскохозяйственного сырья КНИИХП –
филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ.

доктор техн. наук, доцент

 Т.В. Першакова
аспирант очной формы обучения
ФГБНУ СКФНЦСВВ

 Д.В. Кабалина

Краснодар
2020

ПРИЛОЖЕНИЕ Д



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)

Д.В. Кабалина, Т.В. Першакова, С.М. Горлов

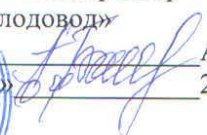
**ЯБЛОКИ СВЕЖИЕ:
УБОРКА И ХРАНЕНИЕ
В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ**
Методические рекомендации



Краснодар – 2020

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

СОГЛАСОВАНО:
 Директор КНИИХП-
 филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ
 « 29 » 04 2020 г. 
 С.М. Горлов

УТВЕРЖДАЮ:
 Генеральный директор
 ЗАО «Плодовод»
 « 29 » 04 2020 г. 
 А.П. Бацко



Акт внедрения

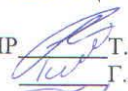
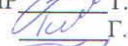
результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ Краснодарского научно-исследовательского института хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр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

Заказчик: ЗАО «Плодовод», Бацко Алефтина Петровна

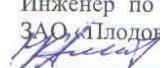
Настоящим актом подтверждается, что результаты работы по теме № 0689-2019-0009.03 «Выявить закономерности влияния биологических, физических и химических методов воздействия на биохимические физиологические процессы при хранении плодов, овощей и ягодных культур и разработать на основе выявленных закономерностей инновационные ресурсосберегающие технологии их хранения», выполненной отделом хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья, реализованной в срок с «15.01.2020» по «10.04.2020» при организации процессов хранения внедрены в организацию работы ЗАО «Плодовод».

1. **Вид внедренных результатов:** технология хранения яблок
2. **Форма внедрения:** научно-практические рекомендации «Яблоки свежие: уборка и хранение в условиях юга России»
3. **Новизна результатов НИР:** модификация технологии хранения
4. **Внедрены в производство:** хранение семечковых культур (яблок)
5. Объем внедрения: 1500 кг
6. Социальный и научно-технический эффект: сохранение товарных свойств яблок, снижение потерь на 12%.

**От КНИИХП-
филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ**

Руководитель НИР  Т.В. Першакова
 Зав. отделом  Г.А. Купин
 Аспирант  Д.В. Кабалина

От предприятия

Инженер по холодильному оборудованию
 ЗАО «Плодовод»
 Клешунов А.И.