

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

На правах рукописи

Шматова Анастасия Ивановна

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ
САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПУТЕМ ПОДАВЛЕНИЯ
МИКРОФЛОРЫ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ САХАРОЗЫ ИЗ СВЕКЛЫ**

Специальность 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов
и биологически активных веществ

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук,
доцент Кульнева Н.Г.

Воронеж – 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	13
1.1 Факторы, обеспечивающие микробиологическую безопасность свекло- сахарного производства	13
1.1.1 Требования к микробиологическим показателям белого сахара в соот- ветствии с международными и отечественными нормативными документа- ми.....	13
1.1.2 Микрофлора свеклосахарного производства	20
1.2 Основные объекты инфицирования в свеклосахарном производстве ...	22
1.2.1 Слизеобразующие микроорганизмы (<i>Leuconostoc mesenteroides</i>).....	28
1.3. Бактерицидные препараты, применяемые в пищевых производствах..	31
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	39
2.1 Характеристика объектов исследований.....	39
2.2 Методы исследований.....	40
2.2.1 Общие микробиологические методы исследования	41
2.2.2 Определение общих физико-химических показателей	42
2.3 Определение функционально-технологических свойств.....	44
2.3.1 Микробиологические методы исследования	44
2.3.2 Определение технологических показателей	46
2.4 Статистическая обработка экспериментальных данных.....	46
ГЛАВА 3. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА БАКТЕРИЦИДНОГО РЕАГЕНТА ДЛЯ СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	49
3.1 Оценка микробиологической обсемененности продуктов свеклосахар- ного производства.....	49
3.2 Функционально-технологические свойства хлорсодержащего бактери- цидного препарата.....	54
3.3 Механизм действия хлорсодержащего препарата ДХЦН.....	57
3.4 Подбор концентрации реагента на основе определения бактериостати- ческой активности на модельных средах.....	59
3.5 Оценка бактерицидных свойств препарата на производственных сахар- ных растворах.....	64
ГЛАВА 4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ ПРО-	

ЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ПУТЕМ ОБРАБОТКИ ЭКСТРАГЕНТА...	68
4.1 Выбор параметров бактерицидного реагента для обработки экстрагента	70
4.2 Изучение целесообразности ошпаривания свекловичной стружки перед экстрагированием сахарозы при использовании ДХЦН.....	81
4.3 Применение ДХЦН при переработке стружки обсемененной <i>Leuconostoc mesenteroides</i>	85
4.4 Оптимизация параметров процесса извлечения сахарозы с использованием ДХЦН для обработки экстрагента.....	87
ГЛАВА 5. СНИЖЕНИЕ МИКРОБНОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ ПЕРЕД ЭКСТРАГИРОВАНИЕМ САХАРОЗЫ.....	98
5.1 Выбор концентрации бактерицидного агента для обработки стружки..	98
5.2 Выбор температуры раствора ДХЦН для обработки стружки.....	106
5.3 Сравнение способов обработки стружки раствором ДХЦН перед экстрагированием с предварительным ошпариванием и без ошпаривания.....	109
5.4 Определение бактерицидного действия раствора ДХЦН при обработке стружки перед экстрагированием сахарозы	112
5.5 Выбор оптимальных параметров предварительной обработки стружки бактерицидным реагентом на основе математических методов планирования эксперимента.....	114
ГЛАВА 6. ПРОМЫШЛЕННАЯ АПРОБАЦИЯ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ И РАСЧЕТ ОЖИДАЕМОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА.....	126
6.1 Промышленные испытания способа получения диффузионного сока с обработкой свекловичной стружки бактерицидным агентом.....	126
6.2 Расчет ожидаемого экономического эффекта способа получения диффузионного сока с обработкой экстрагента раствором ДХЦН перед извлечением сахарозы.....	129
6.3 Расчет ожидаемого экономического эффекта способа получения диффузионного сока с обработкой стружки раствором ДХЦН перед экстрагированием.....	132
ВЫВОДЫ	135
РЕКОМЕНДАЦИИ.....	136
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	137
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	148

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Сахар – один из основных продуктов питания, являющийся важным источником энергии. Более 20 % энергетических затрат организма человека восполняется сахаром и сахаристыми продуктами. Он широко используется в качестве сырья для кондитерской, хлебопекарной, консервной, молочной промышленности, в производстве напитков и других отраслях [45,74]. Это накладывает жесткие требования к качеству сахара с точки зрения микробиологической чистоты производства.

Производство сахара из отечественного сырья - сахарной свеклы – является одним из факторов, обеспечивающих продовольственную безопасность России.

Актуальность данных утверждений базируется на основных положениях документов РФ:

- «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации» (утв. Указом Президента РФ от 30 января 2010 г. N 120) - «Пороговые значения доли продуктов отечественного производства для обеспечения продовольственной безопасности: сахара - не менее 80 %» [49];

- «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года» (утв. распоряжением Правительства РФ от 25 октября 2010 г. N 1873-р) – «Расширение отечественного производства основных видов продовольственного сырья, отвечающего современным требованиям качества и безопасности. От 80 до 95 % ресурсов внутреннего рынка основных видов продовольственного сырья и пищевых продуктов обеспечит отечественная промышленность» [50];

- «Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года» (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 апреля 2012 г. № 559-р) – «Стратегическая цель - обеспечение гарантированного и устойчивого снабжения населения страны безопасным и качественным продовольствием; гарантия достижения - стабильность внутренних источников продовольственных и сырьевых ресурсов» [83,48].

Сахарная свекла является одной из стратегических культур и единственной сельскохозяйственной культурой в России для производства сахара.

Ежегодная потребность России в сахаре составляет 5,4-5,6 млн. тонн. Ресурсы этого продукта складываются на 65-75 % из собственного производства сахара из сахарной свеклы, на 25-30 % из переработки импортного сахара-сырца и на 5 % из импорта сахара. Обеспечение населения России качественными продовольственными товарами является одной из основных задач АПК на современном этапе, что делает актуальными научные исследования, направленные на решение этих проблем.

Производственные мощности действующих сахарных заводов не позволяют обеспечить переработку всего объема корнеплодов в оптимальные сроки. Это приводит к увеличению продолжительности хранения сахарной свеклы и, как следствие, повышению потерь сахарозы, которые составляют 0,45 % к массе свеклы [2, 29]. При хранении свеклы портится под воздействием патогенных микроорганизмов при неблагоприятных условиях внешней среды и значительных механических повреждениях. В процессе жизнедеятельности микроорганизмы выделяют комплекс соединений - токсинов. Токсины способствуют растворению клеточных стенок, распаду тканей и отравлению протоплазмы. Ферменты микроорганизмов вызывают гидролиз сахарозы, пектиновых веществ, клетчатки клеточных стенок. Продукты гидролитической активности ферментов и продукты автолиза отмирающей ткани свеклы стимулируют проницаемость протопласты, снижают гидрофильность коллоидов, рН клеточного сока. В результате метаболизма микроорганизмов выделяются органические кислоты, спирты, альдегиды и другие вещества, вредные для пораженного растения и процесса его переработки [90].

В соответствии с отраслевой целевой программой «Развитие свеклосахарного подкомплекса России на 2013-2015 годы» предполагается достижение следующих целевых показателей:

- обеспечение объемов производства к 2015 году: сахарной свеклы до 37,04 млн. т; сахара из свеклы до 4,6 млн. т;
- сокращение потерь сахарной свеклы при хранении и переработке до 3 %;
- уменьшение потерь сахара при переработке сахарной свеклы до 2,45 % к массе перерабатываемой свеклы [52].

Повышение эффективности сахарного производства должно быть обеспечено не только строительством новых заводов, но и снижением потерь качества сырья при заготовке, хранении и переработке сахарной свеклы [33].

Свеклосахарное производство является хорошим объектом для развития различных групп микроорганизмов. Основными источниками инфицирования продуктов сахарного производства могут быть почва, вода, воздух, тара, упаковочные материалы, транспортные средства, спецодежда, инвентарь. Постоянной сопутствующей микрофлорой являются *Bacillus subtilis*, *Clostridium perfringens*, *Leuconostoc dextranicum*, *Torula alba*, *Pseudomonas fluorescens*, *Sarcina lutea* и другие виды микроорганизмов, приводящие к проблемной переработке свекловичного корня и снижению качества сахара–песка. Известно, что в 1 г здоровой свеклы количество микроорганизмов колеблется от 1 до 6 млн., в замороженной и хранившейся около $25 \cdot 10^6$ внутри корня, $9 \cdot 10^7$ на поверхности [50,57,29].

Основные бактерии, обнаруженные в кагатной гнили, относятся к кислотообразующим и слизиобразующим видам, вызывающим брожение сахара и пектиновых веществ с образованием кислот, спирта, продуктов гидролиза пектиновых веществ и декстранов. В кагатной гнили обнаружены следующие бактериальные группы: микроорганизмы гетероферментативного молочнокислого брожения, сбраживающие сахарозу с образованием молочной и других кислот и выделением газов; маслянокислые бактерии *Bacillus pastinovorum*, разлагающие пектиновые вещества свеклы; слизиобразующие бактерии *Leuconostoc mesenteroides*, вызывающие ослизнение за счет превращения сахарозы в полисахарид декстран, и другие виды.

На сахарных заводах используют различные препараты, подавляющие рост патогенной микрофлоры. Применение в течение продолжительного времени одних и тех же препаратов вызывает привыкание микроорганизмов и необходимость увеличения их концентрации. Это приводит к превышению ПДК реагентов, что неблагоприятно отражается на протекании технологического процесса производства и здоровье персонала предприятия.

Разработка и поиск новых бактерицидных препаратов приобретают особую актуальность в современном мире. Их применение представляет большой интерес и открывает перспективы в создании рациональных, экологически чистых технологий производства качественного белого сахара из сахарной свеклы.

В России пристальное внимание к проблеме переработки инфицированной свеклы и применению новых бактерицидных препаратов обратили Апасов И.В., Лосева В.А., Милькевич В.М., Подпоринова Г.К., Путилина Л.Н., Рева Л.П., Сапронов А.Р., Спичак В.В., Хелемский М.З., Хомичак Л.М. и другие. Все авторы внесли существенный вклад в изучение данной проблемы.

Однако возможность использования хлорсодержащего бактерицидного препарата в виде натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты в свеклосахарном производстве не рассматривалась.

В соответствии с вышеизложенным исследование и апробация препаратов с хорошими бактерицидными свойствами и высоким значением ПДК остаются актуальными.

Основной целью работы является разработка способов обработки сырья и полупродуктов сахарного производства хлорсодержащим препаратом, обеспечивающим высокую бактерицидную эффективность.

В соответствии с поставленной целью определены **основные задачи исследования:**

- обоснование выбранных объектов и направления исследований на основе патентно-информационного поиска;

- оценка микробиологической чистоты полупродуктов и кристаллического белого сахара отечественных сахарных заводов;
- изучение влияния хлорсодержащего препарата на микрофлору свеклосахарного производства;
- разработка и обоснование способов обработки свекловичной стружки и экстрагента перед диффузионным процессом хлорсодержащим бактерицидным препаратом;
- построение математических моделей и расчет оптимальных параметров при обработке полупродуктов сахарного производства бактерицидным препаратом;
- научное обоснование и получение патента РФ на способ применения нового бактерицидного препарата в сахарном производстве;
- проведение производственной апробации и предложение промышленности способов получения диффузионного сока с применением нового бактерицидного препарата.

Научная новизна работы.

Результаты информационно-патентного поиска показали целесообразность использования нового для свеклосахарного производства хлорсодержащего препарата на основе натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты (ДХЦН) в качестве препарата, позволяющего снизить микробиологическую обсемененность полупродуктов и готового продукта – белого сахара.

Впервые теоретически и экспериментально обоснованы способы использования ДХЦН для подавления микрофлоры в свеклосахарном производстве. На модельных культурах *L.mesenteroides* исследована интенсивность накопления биомассы, которая в контрольном образце в 1,6 раза превышала значения с минимальной концентрацией реагента и в 9,7 раза по сравнению с максимальной концентрацией.

Установлены количественные характеристики влияния параметров процесса на микробиологические и качественные показатели полупродуктов. Лучшие каче-

ственные показатели и бактерицидный эффект достигаются при использовании раствора ДХЦН концентрацией 0,075 % при температуре 70-72 °С в количестве 10%.

При использовании методов математического моделирования и оптимизации в программе Stat-Ease Design-Expert® V 9.0 подтверждены условия проведения технологических процессов с применением ДХЦН для предлагаемых способов проведения диффузионного процесса (обработка стружки и экстрагента перед извлечением сахарозы).

Разработанные способы обработки экстрагента и стружки бактерицидным препаратом способствуют подавлению посторонней микрофлоры в диффузионном аппарате и на последующих этапах производства, что в дальнейшем позволяет повысить качественные показатели полупродуктов за счет предупреждения разложения сахарозы под действием микроорганизмов.

Практическая значимость. Разработаны способы обработки свекловичной стружки и экстрагента бактерицидным препаратом на основе ДХЦН перед экстрагированием сахарозы, обеспечивающие снижение микробиологической активности и потерь сахарозы в процессе диффузии и на последующих этапах производства.

Экспериментально установлено, что применение ДХЦН позволяет:

- снизить микробную обсемененность полупродуктов сахарного производства в 100 раз;
- уменьшить микробиологическое разложение сахарозы;
- интенсифицировать процесс экстрагирования;
- снизить содержание белков и продуктов их разложения в диффузионном соке на 35 %;
- улучшить качественные показатели диффузионного и очищенного соков, повысить чистоту соков на 0,8-1,2 %;
- повысить качество и выход готовой продукции на 0,2-0,3 %. Проведена промышленная апробация способа получения диффузионного сока с обработкой

свекловичной стружки перед экстрагированием раствором ДХЦН на ООО «Хохольский сахарный комбинат» в сезон 2014 года, подтвердившая положительные результаты исследований.

Методология и методы диссертационного исследования.

Методологическая основа диссертационного исследования включает в себя комплекс общенаучных и специальных методов. Основой диссертационной работы является повышение эффективности свеклосахарного производства, в частности, решение проблемы переработки свеклы, инфицированной слизистым бактериозом. Научные исследования базируются на методах подавления микрофлоры путем использования бактерицидного препарата на основе ДХЦН для обработки стружки и экстрагента в процессе экстрагирования сахарозы из свеклы и направлены на совершенствование технологии производства белого сахара.

Научные положения, выносимые на защиту

1. Результаты микробиологических исследований полупродуктов и готовой продукции отечественных сахарных заводов.

2. Обоснование возможности использования ДХЦН для снижения бактерицидных, спороцидных и фунгицидных свойств микрофлоры полупродуктов сахарного производства.

3. Математические модели способов подавления микрофлоры при получении диффузионного сока с предварительной обработкой свекловичной стружки или экстрагента бактерицидным препаратом.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация соответствует пунктам 1, 12, 13 паспорта специальности 05.18.07 – «Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ».

Степень достоверности

Достоверность полученных результатов научных исследований основывается на строгих доказательствах и использовании математических методов. Науч-

ные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы обоснованы и подтверждены экспериментальными исследованиями, патентом РФ № 2552036.

Апробация результатов работы.

Основные положения и результаты диссертационной работы доложены и обсуждены в период 2012 – 2015 гг. на внутривузовских конференциях ВГУИТ, Международной конференции “Создание центров аттестации и сертификации кадров в сфере торговой политики, урегулирования споров и защиты интересов предприятий в условиях членства в ВТО”, г. Москва, 2012 г.; Международной научно-технической конференции “Производство продуктов для здоровья человека – как составная часть наук о жизни”, Воронеж, 2012 г.; I Международной научно-практической конференции “Инновационные технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности”, Краснодар, 2012 г.; 2nd International Scientific Conference European Applied Sciences: modern approaches in scientific researches Papers of the 1st International Scientific Conference, Stuttgart, Germany, 2013 г.; III Международной научно-технической конференции “Новое в технике и технологии функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений”, Воронеж, 2013 г.; IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji “Perspektywiczne opracowania są nauką i technikami”, Przemysł, 2013 г.; Международной научно-технической конференции “Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство”, Воронеж, 2013 г.; Всероссийской научно-практической конференции “Методы и средства управления качеством в нанобиотехнологиях”, Воронеж, 2013 г.; Международной научно-практической конференции “Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья”, Воронеж, 2014 г.; I Международной научно-практической конференции “Инновации в индустрии питания и сервисе”, Краснодар, 2014 г.; III Международной конференции “Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса”, Ставрополь, 2014 г.; IV Международной научной конференции “The priorities of the world science: experiments and scientific debate”, North Charleston, SC, USA, 2014 г.; IV Междуна-

родной научно-технической конференции “Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений”, Воронеж, 2014 г.; III Международной научно-практической конференции “Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности”, Воронеж, 2015 г.

В производственных условиях ООО «Хохольский сахарный комбинат» в сезон 2014 года проведены испытания способа подавления микрофлоры при получении диффузионного сока путем предварительной обработки свекловичной стружки перед экстрагированием сахарозы раствором ДХЦН.

Публикации.

По результатам исследования опубликованы 32 работы, из них 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 3 статьи в зарубежных сборниках. Получен патент РФ № 2552036 “Способ получения диффузионного сока”.

Структура и объем диссертации.

Диссертация включает: введение, 6 глав, включающих литературный обзор, методы исследований и 4 главы собственных экспериментальных исследований, выводов, библиографического списка литературы, содержащего 109 источников отечественных и зарубежных авторов. Работа изложена на 156 страницах машинописного текста, иллюстрирована 61 рисунком и 41 таблицей. Приложения содержат акт производственных испытаний, патент и сертификаты.

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.

1.1 Факторы, обеспечивающие микробиологическую безопасность свеклосахарного производства

1.1.1 Требования к микробиологическим показателям белого сахара в соответствии с международными и отечественными нормативными документами

Для укрепления международного сотрудничества и повышения конкурентоспособности на мировом рынке резко возрастают требования к готовой продукции, чем объясняется ориентир показателей качества в ГОСТ 31895-2012 «Сахар белый. Технические условия» [10]. При том, что наша страна входит в составы таких сообществ как ШОС (Шанхайская организация сотрудничества), БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай, Южно-Африканская Республика), Таможенный союз ЕАЭС, необходимо обеспечить качество стратегически важных продуктов на уровне международных стандартов [27, 30].

Главной задачей отечественного сахарного производства является увеличение выхода сахара стандартного качества в соответствии с международными требованиями и выпуск безопасного продукта, не оказывающего токсического, канцерогенного, мутагенного или другого неблагоприятного воздействия на организм человека. Отклонение хотя бы по одному из параметров приводит к несоответствию партии сахара требованиям стандарта и переводит продукт в категорию некондиционного [60, 89].

С 1 июля 2013 года введен в действие новый ГОСТ 31895-2012 «Сахар белый. Технические условия», который распространяется на сахар белый – кристаллизованную сахарозу без вкусоароматических добавок с поляризацией не менее 99,7 градусов сахарной шкалы ($^{\circ}Z$), полученный в результате первичной или вторичной переработки растительного сырья – сахарной свеклы или тростникового сахара-сырца [10]. Для обеспечения производства высококачественных продуктов питания, содержащих сахар, необходимо, чтобы последний соответствовал всем требованиям ГОСТ 31895-2012 «Сахар белый. Технические условия» и СанПиН

2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» [10,67].

При разработке нового ГОСТ 31895-2012 «Сахар белый. Технические условия» в качестве нормативных показателей категорирования приняты показатели Codex Alimentarius и Директивы Совета Европейского Союза 2001/111/ЕС «О некоторых видах сахара, предназначенных для питания».

Международные стандарты на сахар регламентируют практически те же показатели, что и ГОСТ 21-94 «Сахар-песок. Технические условия», но ряд показателей отличаются (таблица 1) [26].

Таблица 1 – Требования стандартов к кристаллическому сахару

Показатели*	ГОСТ 21-94	Стандарт ЕС			ГОСТ 31895-2012	
	сахар-песок	сахар А белый экстра	сахар В белый	сахар С полу-белый	категория «экстра»	первая категория
Массовая доля сахарозы, (в пересчете на сухое вещество), %, не менее	99,7	99,7	99,7	99,5	99,8	99,7
Массовая доля редуцирующих веществ (в пересчете на сухое вещество), %, не более	0,05	0,04	0,04	0,10	0,03	0,04
Массовая доля золы (в пересчете на сухое вещество), %, не более	0,04	0,0108	0,04	0,10	0,027	0,036
Массовая доля влаги, %, не более	0,14	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Цветность, ед. ICUMSA, не более	104	22,5	45	-	45,00	65,00

Примечание: в таблице указаны максимальные значения, кроме поляризации.

Сахар, как готовый продукт питания, должен соответствовать требованиям международного стандарта ФАО/ВОЗ «Сахар. Стандарт Кодекса Алиментариус 212-1999» (поправка 1-2001) таблица 2 [71].

Таблица 2 – Требования международного стандарта ФАО/ВОЗ

Показатели	Требование
Массовая доля сахарозы, (в пересчете на сухое вещество), %, не менее	не менее 99,7
Массовая доля редуцирующих веществ (в пересчете на сухое вещество), %, не менее	не более 0,04
Массовая доля золы (в пересчете на сухое вещество), %, не менее	не более 0,04
Цветность, ед. ICUMSA	не более 60,0
Массовая доля влаги, %	не более 0,10
Содержание двуокиси серы, мг/кг	не более 15,0
Содержание мышьяка, мг/кг	не более 1,0
Содержание меди, мг/кг	не более 2,0
Содержание свинца, мг/кг	не более 2,0

В странах Европейского Союза (ЕС) применяется обобщенная оценка качества сахара. Критерии качества содержат показатели в баллах, кроме показателей в абсолютных единицах [92]. Сумму баллов определяют по трем основным показателям: цветность сахара, определенная в растворе; цветность сахара в кристаллическом виде по отношению к стандартным Брауншвейгским образцам сахара; содержание кондуктометрической золы. Кристаллы сахара-песка, выработанного из сахарной свеклы, представлены на рисунке 1



Рисунок 1 - Изображение кристаллов сахара-песка

На один балл при определении цветности в растворе приходится 7,5 ед. оптической плотности (ед. ICUMSA); кондуктометрической золы – 0,0018 %, определение цветности в кристаллическом виде – 0,5 эталона.

Предполагается, что на смену существующим требованиям к качеству промышленной продукции должна появиться новая система стандартов, предусмотренная Федеральным законом № 184-ФЗ «О техническом регулировании» от 01.07.2003 г. В законе изложена принципиально новая система установления и применения требований к безопасности продукции, процессам производства и услугам [25]. Для введения в действие этой системы требуется развитие доказательной базы путем гармонизации с международными требованиями Кодекса Алиментариус, европейским законодательством национальных стандартов на продукцию сахарного производства.

Для многих производств показатель «микробиологическая зараженность» является одним из определяющих показателей качества сахара [10]. В кристаллическом сахаре микроорганизмы находятся как внутри кристаллов сахара, куда они попадают с капельками межкристалльного раствора, так и на их поверхности в пленке маточного раствора [30].

Допустимый уровень микробиологической обсемененности сахара в соответствии с требованиями ГОСТ 31895-2012 “Сахар белый. Технические условия” представлен в таблице 3

Таблица 3 – Микробиологические показатели белого сахара

Наименование показателя	Допустимый уровень
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ в 1 г, не более	1,0x10 ³
Плесневые грибы, КОЕ в 1 г, не более	1,0x10
Дрожжи, КОЕ в 1 г, не более	1,0x10
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), в 1 г	Не допускаются
Патогенные микроорганизмы, в том числе бактерии рода <i>Salmonella</i> , в 25 г	Не допускаются

Согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 в пищевых продуктах не допускается наличие патогенных микроорганизмов и возбудителей паразитарных заболеваний, их токсинов, вызывающих инфекционные и паразитарные болезни или представляющих опасность для здоровья человека и животных [69].

В 1 г сахара-песка обычно содержится от 10 до 1000 клеток микроорганизмов. Качественный состав микрофлоры сахара представлен дрожжами, микроскопическими грибами, бактериями.

В настоящее время существуют дополнительные требования к качеству сахара, установленные отдельными отраслями пищевой промышленности или фирмами, использующими сахар в качестве сырья. Для производства напитков и кондитерских изделий проверяют на содержание флоккулированных осадков – хлопьев, азотсодержащих органических соединений, солей железа, углекислых солей щелочных металлов, по гранулометрическому составу кристаллов, цветности, мутности, состоянию микрофлоры и буферности раствора [74, 32]. В производстве безалкогольных напитков к нормируемым показателям относится содержание SO_2 , нерастворимых веществ и сапонины [97]. Например, сахар, используемый для приготовления напитков длительного хранения (1 год), должен соответствовать требованиям, предъявляемым компанией Кока-кола к этому продукту (таблица 4) [30].

Таблица 4 – Требования к качеству сахара фирмы Кока-Кола

Показатель	Требование
1	2
Массовая доля сахарозы, (в пересчете на сухое вещество), %	Не менее 99,9
Массовая доля влаги, %	Менее 0,04
Массовая доля золы (в пересчете на сухое вещество), %,	Не более 0,015
Содержание: SO_2 , мг/кг	Менее 6,0
взвешенных частиц, мг/кг	Не более 2,0
Запах и привкус	Отсутствие постоянных запахов и привкусов

1	2
Цветность, ед.РВU	Не более 35,0
Мутность	Отсутствует
Мышьяк, мг/кг	Менее 1,0
Медь, мг/кг	Менее 2,0
Свинец, мг/кг	Менее 0,5
Железо, мг/кг	Не более 3,0
Мезофильные бактерии, шт. на 10 г	Менее $2 \cdot 10^2$
Дрожжи, шт. на 10 г	Менее 1·10
Плесневые грибы, шт. на 10 г	Менее 1·10

Для изготовления сахара в РФ основным сырьем служит сахарная свекла, качество которой регламентируется требованиями ГОСТ Р 52647-2006 «Свекла сахарная. Технические условия» [19]. Корнеплоды сахарной свеклы должны быть типичными для ботанического вида формой и окраской, с удаленными листьями и черешками, не увядшими. Наличие мумифицированных и загнивших корнеплодов не допускается. По физико-химическим показателям корнеплоды сахарной свеклы должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 5.

Таблица 5 – Физико-химические показатели сахарной свеклы

Наименование показателя	Норма
Сахаристость, %, не менее	14
Загрязненность, %, не более	15
Содержание зеленой массы, %, не более	3
Содержание увядших корнеплодов, %, не более	5
Содержание корнеплодов с сильными механическими повреждениями, %, не более	12
Содержание цветущих корнеплодов, %, не более	1

Содержание токсичных элементов, пестицидов, нитратов и радионуклидов не должно превышать допустимые уровни, указанные в таблице 6.

Таблица 6 – Допустимый уровень токсичных элементов, пестицидов, нитратов и радионуклидов

Показатель	Допустимый уровень
Токсичные элементы, мг/кг, не более:	
свинец	0,50
мышьяк	0,20
кадмий	0,03
ртуть	0,02
Пестициды, мг/кг, не более:	
ДДТ и его метаболиты	0,10
гексахлорциклогексан (α, β, γ изомеры)	0,10
Нитраты, мг/кг, не более	1400
Радионуклиды, Бк/кг, не более:	
цезий-137	120
стронций-90	40

Содержание посторонних веществ: тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути), мышьяка и пестицидов (гексахлорана, ДДТ, фостоксина) контролируют обязательно и относят к объектам строгого контроля в соответствии с медико-биологическими требованиями и санитарными нормами качества продовольственного сырья и пищевых продуктов № 5061 от 01.08.1989 г. [24, 73].

Сырье, применяемое для производства сахара-песка, должно соответствовать требованиям нормативных документов и действующей технической документации, утвержденных в установленном порядке, по критериям безопасности для жизни и здоровья населения согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» [69].

Таким образом, качество белого сахара обусловлено содержанием и химическим составом примесей (несахаров), присутствующих в нем, и микробиологической обсемененностью. Деятельность микрофлоры существенно изменяет качественные показатели белого сахара в процессе хранения, затрудняет его переработку.

1.1.2 Микрофлора свеклосахарного производства

Микроорганизмы распространены в природе повсюду: в почве, воде, воздухе и при различных климатических условиях. Повсеместному распространению микроорганизмов способствуют их разнообразная потребность в пище, легкая приспособляемость к условиям существования, высокая выносливость в отношении тепла, холода и недостатка влаги, способность к исключительно быстрому размножению.

Микроорганизмы активно участвуют в изменении и превращении веществ в природе. Великий преобразователь природы И. В. Мичурин придавал исключительно большое значение микроорганизмам в повышении урожайности сельскохозяйственных культур.

Многие микроорганизмы являются возбудителями различных болезней растений, животных и человека. Поэтому результаты микробиологических исследований постоянно используются в области медицины, ветеринарии и фитопатологии - науке, изучающей болезни растений. С помощью микроорганизмов получают в настоящее время витамины, аминокислоты, ферменты и ценные лечебные препараты – антибиотики.

Наряду с огромной положительной ролью в природе и народном хозяйстве микроорганизмы могут иметь отрицательное значение, так как многие из них вызывают порчу и разрушение различных продуктов и материалов [93].

Свеклосахарное производство не является исключением. Сахарная свекла служит прекрасной питательной средой для вредных микроорганизмов. Не только почва, прилегающая к корням свеклы, но и клетки паренхимы корнеплодов содержат большое количество микроорганизмов, размножающихся как в процессе роста растения, так и при хранении.

Наиболее распространены бактерии, вызывающие болезни сахарной свеклы в период вегетации:

Phoma betae Frank - фомоз (поражение листьев, затем корнеплодов);

Phytophthora megasperma Dreschler – фитофтороз (мокрая гниль);
Fusarium oxysporum Shl., *F. solani* – фузариоз (корневая гниль);
Streptomyces scabies Thaxter, *Actinomyces* – парша прыщеватая (поражение корнеплода);
Rhizoctonia violacea Tul – ризоктониоз (красная гниль);
Rhizoctonia solani Kuhn – бурая гниль.

Дуплистость - заболевание, вызванное большим разнообразием микроорганизмов: бактерий и грибов *Erwinia carotovora*, *Fusarium oxysporum*, *Mucor flavus*, *Actinomyces repens*, *Melanospora betae*, *Gliocladium zaleskii*, *Aspergillus niger* путем проникновения их в полости разрыва корнеплода, которые образуются при резких колебаниях влажности почвы.

Наибольший вред при хранении приносят плесневые грибы, дрожжи и, во вторую очередь, бактерии. Кагатную гниль вызывают фитопатогенные грибы, способные самостоятельно разрушать ткани корнеплода: *Botrytis cinerea* Pers, *Phoma betae* Sclerotinia *intermedia* Ramsey, *Fusarium culmorum* Sacc и другие.

Облигатные паразиты относятся к менее активным возбудителям, развиваются только после поражения свеклы фитопатогенными микроорганизмами: *Rhizopus nigricans* Erenb, *Fusarium solani* Kuhn, *Penicillium expansum* [31].

Сапрофиты развиваются только после поражения свеклы фитопатогенными грибами и облигатными паразитами, когда ткань корнеплодов становится мертвой. К ним относятся *Aspergillus niger* V. Tiegh, *Penicillium solitum* Westl, *Penicillium citrinum* Thom, *Penicillium luteum* Zukab, *Penicillium viridicatum* Westl, *Gliocladium beticola* Pidopl, *Sphaeronaema beticola* Morocz, *Fusarium scirpi* Lamb.

Облигатные паразиты и сапрофиты проявляют активность, характерную для полупаразитов, и вызывают кагатную гниль даже здоровой свеклы. В ранний осенний период хранения в кагатах корнеплоды часто поражает термофильный микромицет *Rhizopus nigricans* Erenb. Развиваясь в анаэробных условиях, он получает энергию в результате спиртового брожения, разлагая сахарозу до этанола и выделяя при этом ферменты амилазу и пектолазу. На поверхности свеклы микро-

мицет формирует пушистый мицелий, который быстро заражает большое количество корнеплодов. Obligатные паразиты и сапрофиты обладают мощным мультиэнзимным комплексом, который разлагает биомолекулы корнеплодов свеклы, подготавливая этим условия для развития бактерий [31].

Отмечено, что развитию бактериоза всегда сопутствуют дрожжи из рода *Saccharomyces*, которые развиваются в симбиозе с бактериями. Дрожжи вызывают брожение сахарозы с образованием этилового спирта и диоксида углерода. В результате этого заболевания свекла превращается в сплошную слизистую бродящую массу с неприятным запахом. Такое сырье совершенно непригодно для переработки на сахар.

Бактерии, являющиеся возбудителями гниения при хранении свеклы, по ряду биохимических признаков можно разделить на следующие группы:

- бактерии, ферменты которых расщепляют углеводы с образованием ряда кислот и выделением углекислоты и водорода;
- бактерии молочнокислого брожения;
- бактерии, разлагающие пектиновые вещества.

Гибельное воздействие бактерий на свекловичный корень определяется тем, что они, растворяя пектиновые вещества и мацерируя ткани, отравляют выделениями паренхимные клетки и, проникая в ткани, ослизняют их, образуя полости, заполненные прозрачной или мутноватой слизью [58].

1.2 Основные объекты инфицирования в свеклосахарном производстве

Первичными источниками инфицирования вредными микроорганизмами для всех пищевых производств являются сырье, вода, воздух, почва, вторичными – технологическое оборудование.

Сырье. Сахарная свекла является источником множества микроорганизмов, развивающихся как в процессе роста, так и при хранении. Механизированный

способ уборки и транспортировки свеклы способствует множественному механическому повреждению корнеплодов [88, 89].

Использование гибридов зарубежной селекции, не пригодных даже для среднесрочного хранения, несбалансированное применение минеральных удобрений, система севооборотов с короткой ротацией, технология обработки почвы без оборота пласта также являются причинами значительных потерь и снижения качества свекловичного сырья при хранении [2, 88].

Один из видов порчи сахарной свеклы представлен на рисунке 2.

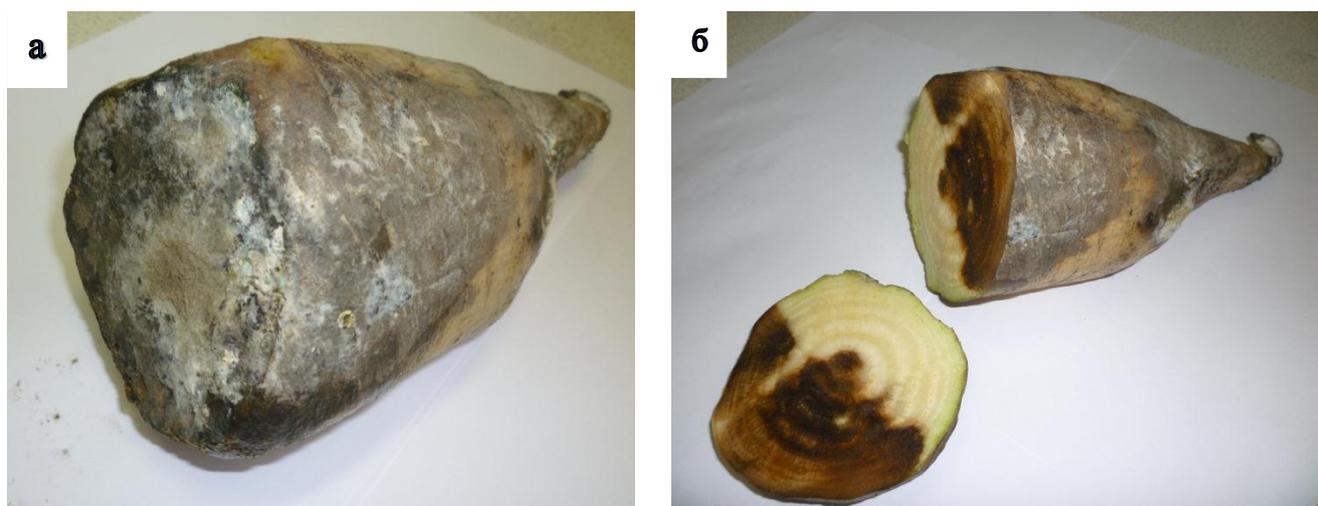


Рисунок 2 - Сахарная свекла, испорченная в процессе хранения: а – целый корнеплод; б - корнеплод в разрезе

Качество свеклы снижается за счет теплофизических процессов, протекающих при хранении ее в кагатах. Установлено, что при тепловом повреждении происходят коллоидно-химические превращения, приводящие к необратимым процессам нарушения обмена веществ. При этом разрушается структура коллоидов плазмы, что повышает проницаемость тканей для микроорганизмов. Противоположное состояние - подмораживание, которое усиливает гидролитическую активность ферментов, возрастает инверсия сахарозы, разрушается белковый азот, увеличивается содержание в соках растворимого азота, возрастает микробиологическая активность, что объясняется нарушением структуры протоплазмы, коагуляцией коллоидов и переходом в раствор гидролитических ферментов. Эти дан-

ные получены Н. А. Максимовым, который на основе микроскопических наблюдений утверждает, что причиной гибели растения от мороза является не разрыв клеточных стенок, а коагуляция протоплазмы. Она происходит в результате того, что в межклетниках кристаллы льда оттягивают воду из клеток. При этом клеточный сок концентрируется, а протоплазма обезвоживается. Кроме того, протоплазма испытывает сжатие со стороны увеличивающихся кристаллов льда, вследствие чего наблюдается необратимое свертывание коллоидов плазмы [96, 88, 90].

Вода. На технологические нужды используют воду из разных водоемов и возвратную (компрессную). Как правило, вода из водоемов не подвергается микробиологическому анализу и может содержать большое количество микроорганизмов, а при повторном ее употреблении количество микроорганизмов значительно возрастает. Барометрическую и конденсатную воду температурой 40–45 °С используют для мойки оборудования, что дает возможность экономить пар, однако в этой воде содержится до 10 млн. и более различных бактерий, главным образом слизиобразующих, способных выдерживать высокую температуру и размножаться при температуре 50–60 °С.

Почва. В труднодоступных для мойки местах корнеплода частички почвы содержат огромное количество микроорганизмов - гнилостных, маслянокислых бактерий и др. Они легко приспосабливаются к различным условиям технологического процесса и представляют опасность для производства.

Аппаратура. На стенках аппаратов, особенно диффузионных, изгибах трубопроводов, мезголовушках, мерниках, кранах, салфетках, осях центрифуг при недостаточной мойке и дезинфекции могут оставаться частички мезги, сока, сиропа, и вместе с ними устойчивые к неблагоприятным факторам микроорганизмы. Это, главным образом, спорообразующие: *Bac. subtilis - mesentericus*, *Bac. megatherium*, *Clostridium gelatinosum*, слизиобразующие: *Leuconostoc mesenterioides*, термофильные кислотообразующие бактерии *Bac. stearothermophilus*. Все эти микроорганизмы, оставаясь жизнеспособными, попадают в све-

жие соки и сироп и быстро начинают размножаться, что приводит к потерям сахарозы, различным нарушениям в технологическом процессе [29,4].

Особенно благоприятные условия для размножения многих видов и групп бактерий создаются во время диффузии, но отдельные, особенно устойчивые виды бактерий, проходят через весь процесс и обнаруживаются в готовой продукции – сахаре [58]. Бактерии попадают в головную часть диффузионного аппарата со стружкой, частичками неотмытой почвы и транспортерно-моечной водой, а в хвостовую часть с питающей водой. Часто наблюдается появление пены в соке в результате образования газов, иногда взрывоопасных, подкисление (изменение pH) сока, увеличение вязкости и разложение сахаров с образованием инвертного сахара, кислот, спирта, диоксида углерода.

Температура среды в процессе диффузии (от 30 до 70-75 °С) является благоприятной для развития различных групп микроорганизмов. Количество их в диффузионном соке не постоянно и зависит от многих факторов, таких как качество сырья, качество его отмывки, степень обсемененности барометрической и транспортерно-моечной воды, температура диффузии, быстрота движения сока и т. д. Количество микроорганизмов в 1 см³ диффузионного сока колеблется от 6 тыс. до 40 млн.

К микроорганизмам, часто встречающимся в диффузионном соке и нарушающим процесс диффузии, относятся:

- *Bacillus subtilis* и *Bacillus mesentericus* - группа спорообразующих бактерий, очень распространенная в природе (рисунок 3). Это вредители многих производств. Развиваясь в соке при температуре 10-35 °С, они образуют слизь, разлагают сахарозу с образованием кислот и иногда газа. Бактерии и их споры остаются жизнеспособными в условиях производства и часто обнаруживаются в сиропе, утфеле, сахаре;

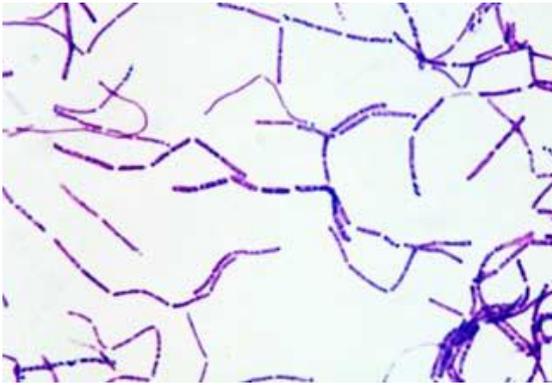


Рисунок 3 - Спорообразующие бактерии *Bacillus subtilis*

- *Bac. megatherium* - спорообразующая крупная палочка, широко распространена в природе, часто переходит в мелассу, так как споры устойчивы к высокой температуре. Размножаясь в соке, инвертирует сахарозу с образованием органических кислот;

- *Leuconostoc mesenterioides* и *Leuconostoc dextranicum* – очень опасный вредитель в сахарном производстве (рисунок 4). Размножаясь в соке, он превращает сахарозу в полисахарид декстран, что приводит к образованию «клека» или ослизнению соков. Ослизневший сок имеет высокую вязкость и плохо перемещается в процессе непрерывной диффузии. Эти бактерии являются сильными кислотообразователями, нарушающими весь процесс диффузии. Устойчивы к высокой температуре - погибают только при температуре выше 100 °С, в сухом состоянии могут сохранять жизнеспособность несколько лет. Могут развиваться при концентрации сахара до 50 % и в щелочной среде до рН 11,0. При этих условиях они быстро образуют слизистые капсулы, вызывая значительные потери сахарозы [7, 109, 104];

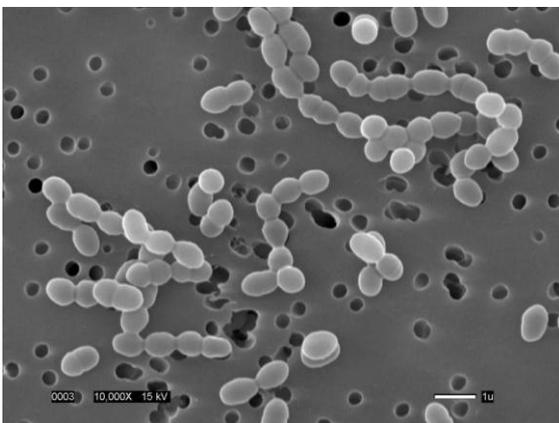


Рисунок 4 - Слизеобразующие бактерии *Leuconostoc mesenterioides*

- бактерии *Aerobacter aerogenes* и бактерии группы кишечной палочки (*Escherichia coli*) являются сильными газообразователями (рисунок 5). Размножение их может привести даже к остановке диффузионного аппарата. Газы, образуемые этими бактериями, горючи и взрывоопасны;

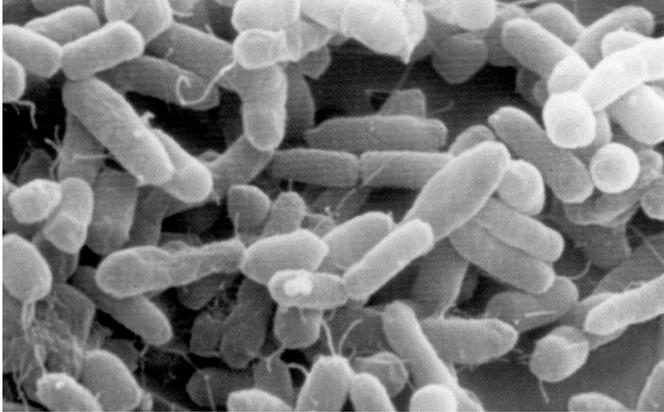


Рисунок 5 - Бактерии группы кишечной палочки

- термофильные бактерии *Bacillus stearothermophilus* – подвижные палочки размером 1x3 мкм, единичные, иногда в виде цепочек (рисунок 6). Споры овальные, образуются на одном конце, при этом клетка имеет вид теннисной ракетки. Сильные кислотообразователи, хорошо развиваются при температуре 65 °С, опасные вредители производства, так как расщепляют сахарозу с образованием инвертного сахара, органических кислот, уксусного альдегида, нитритов, диоксида углерода и водорода. Устойчивы ко всем специфическим условиям технологического процесса производства сахара и переходят в готовый продукт [107].

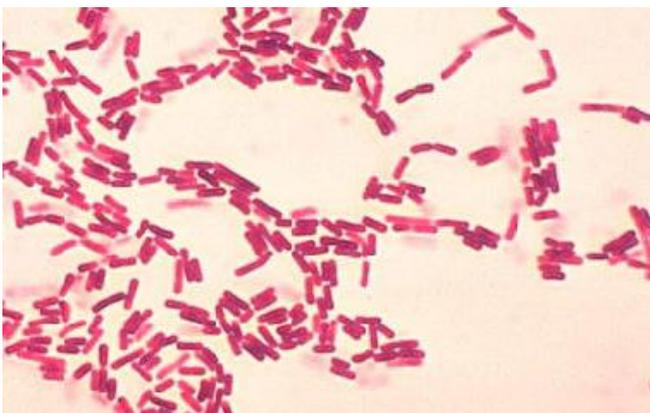


Рисунок 6 - Термофильные бактерии *Bacillus stearothermophilus*

Кроме выше перечисленных микроорганизмов в соке встречаются осмофильные дрожжи – сахаромицеты, вызывающие спиртовое брожение, инверсию сахарозы и подкисление сока.

Размножение микроорганизмов может наблюдаться в преддефекаторах, когда рН сока около 9: при повышении щелочности (рН 10 и более) размножение большинства бактерий не происходит.

На последующих стадиях производственного процесса создаются неблагоприятные условия для размножения микроорганизмов, но некоторые из них, большей частью в форме спор (*Bac. subtilis - mesentericus*, *Bac. megatherium*, *Bac. stearothermophilus*), могут сохраняться. Остаются жизнеспособными и бактерии, образующие капсулу (*Leuconostoc mesenteroides*) [58, 31, 103].

1.2.1 Слизеобразующие микроорганизмы (*Leuconostoc mesenteroides*)

Leuconostoc mesenteroides относится к микроорганизмам вторичной инфекции и поражает свеклу, если клеточная ткань уже разрушена активными фитопатогенными бактериями. Бактериальное заболевание, вызванное этой культурой, называется слизистый бактериоз [71, 108]. Оно вызвано гетероферментативными кокками рода лейконосток (*Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc dextransicum*). Продуктом жизнедеятельности микроорганизмов является декстран, который синтезируется в результате деструкции сахарозы в процессе декстранного или слизистого брожения. Декстран накапливается на поверхности микроорганизмов, образуя защитный слой (капсулу), которая позволяет выдерживать температуру 85-90 °С, а при температуре 43- 45 °С - размножаться [100, 102].

Leuconostoc mesenteroides – грамположительные, каталазонегативные, неспорообразующие, неподвижные, гетероферментативные факультативно-анаэробные кокки (рисунок 7) [101, 106, 86]. Эти микроорганизмы обнаруживаются в основном на овощах, фруктах и в бродящих овощных материалах. Образуют, кроме молочной кислоты, этиловый спирт, уксусную кислоту, глицерин, уг-

лекислый газ. Кроме глюкозы и фруктозы, ферментируют лишь немногие сахара, иногда мальтозу и сахарозу. Яблочную кислоту сбрасывают при низком pH 3,0, всегда разлагают лимонную кислоту. Очень чувствительны к сернистому ангидриду (при 25-30 мг/дм³ свободного SO₂ развитие бактерий задерживается). Чистые культуры этих видов используют в виноделии для проведения биологического кислотопонижения [6, 104, 105].

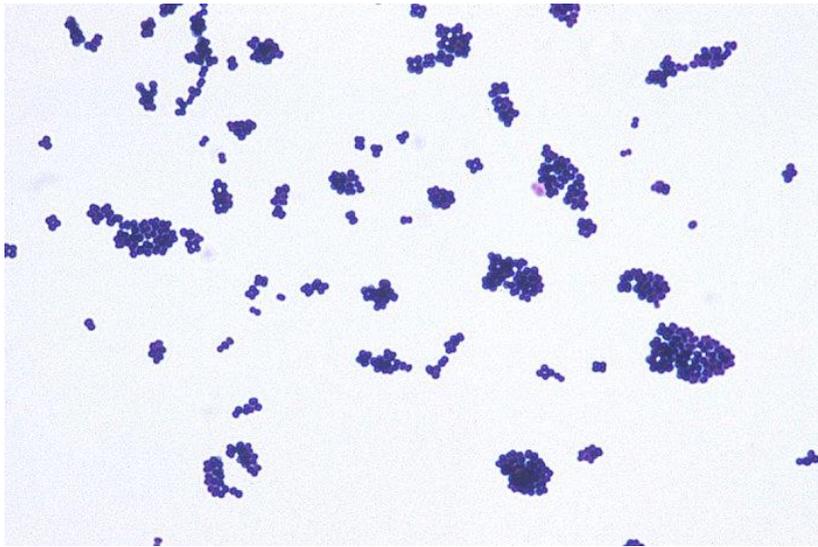


Рисунок 7 - *Leuconostoc mesenteroides* под микроскопом, увеличение 1050×699

При воздействии на сахарозу *Leuconostoc mesenteroides* (семейство стрептококковых Streptococcaceae) образует полисахарид – декстран (C₆H₁₀O₅)_n. Биосинтез декстрана осуществляется путем расщепления сахарозы с последующим переносом остатка глюкозы на акцептор. Реакция катализируется ферментом декстрансахаразой. Осуществлен синтез простейшего линейного α-1-6-глюкана полимеризацией 1,6-ангидро-2,3,4-три-О-бензил-α-D-глюкопиранозы в присутствии кислых катализаторов с удалением защитных групп.

По химическому составу является полимером глюкозы, состоящим в основном из прямых цепей, связанных по α-1-6 связи остатков глюкозы и небольшого количества боковых ветвей со связью α-1-3 или α-1-4 (в некоторых редко встречающихся декстранах обнаружены чередующиеся (1-6) и (1-3) связи). Разветвления в молекуле декстрана образуются с помощью (1-2), (1-3) или (1-4) связей. В

индивидуальном декстрани обычно имеются один или два типа связей ветвления. Боковые ветви молекулы состоят из одного или двух остатков глюкозы, реже встречаются более длинные боковые цепи (рисунок 8). Молекулярная масса декстрана колеблется от 10^5 до 10^7 . Свойства полисахарида зависят от его структуры и молекулярной массы [60].

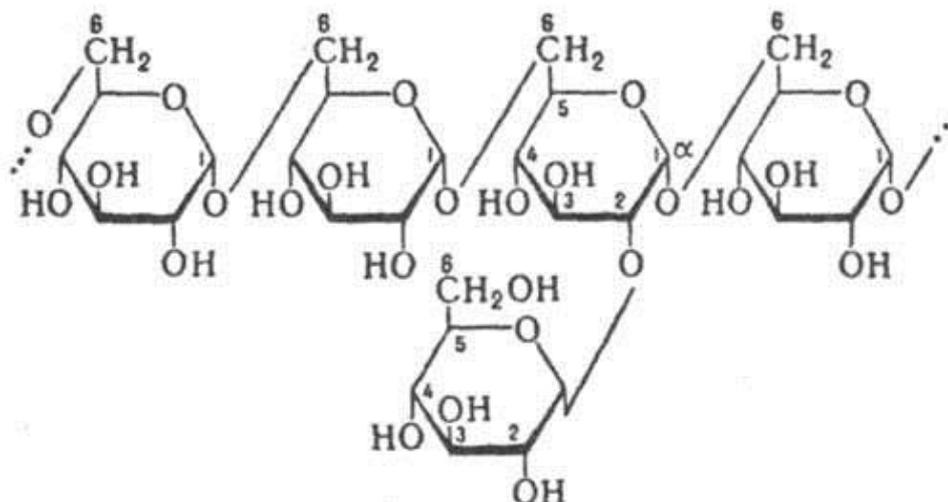


Рисунок 8 - Строение молекулы декстрана

Декстран представляет собой слизеобразную массу, хорошо растворим в воде, давая даже при низких концентрациях очень вязкие растворы, и не растворим в 50 %-ном водном растворе этилового спирта, в котором образует тонкую муть. Гидролизуется трудно, распадаясь на глюкозу; относительно устойчив при воздействии щелочей; известью осаждается незначительно. Оптически активен, вращает плоскость поляризованного света вправо в 3 раза интенсивнее по сравнению с глюкозой [96, 40].

Попадая с сырьем на сахарный завод, декстран повышает вязкость соков, сиропа и мелассы. Из-за увеличения вязкости межкристальных оттеков замедляется кристаллизация сахарозы в утфелях. При более высокой концентрации декстрана происходит деформация кристаллов сахара, они приобретают иглообразную форму. Утфель с такими кристаллами плохо центрифугируется, возрастают потери сахарозы в мелассе.

С увеличением содержания декстрана ухудшается равномерность кристаллов сахара и растет количество конгломератов. Ухудшение гранулометрического

состава кристаллов и увеличение количества конгломератов повышают гигроскопичность сахара, в связи с этим повышается опасность его порчи при хранении.

При попадании *Leuconostoc mesenteroides* вместе с сырьем на верстат завода важнейшей задачей является не допустить его дальнейшего развития в соках, так как это может привести к затруднению процессов фильтрования, кристаллизации и центрифугирования полупродуктов [94].

1.3 Бактерицидные препараты, применяемые в пищевых производствах

В соответствии с Федеральным законом № 52-ФЗ от 30.03.1999 г. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения (с изменениями на 13 июля 2015 года) все дезинфицирующие средства должны проходить государственную регистрацию, быть внесены в реестр и разрешены для использования в пищевой промышленности Роспотребнадзором, зарегистрированы на территории РФ и Таможенного союза [84]. Любое дезинфекционное средство должно сопровождаться Инструкцией по применению на предприятиях пищевой промышленности, а также необходимым комплектом документов (копии Свидетельства о государственной регистрации и Сертификата соответствия ГОСТ Р).

В последние 10 лет происходит замена традиционно применяемых дезинфицирующих препаратов (хлорной извести, гипохлоритов, формалина, Нобак, Ардон, Бетасепт и др.) на более совершенные и технологичные.

Особенно выделяются препараты, выпускаемые в таблетированной форме, так как они обладают высокой стабильностью при хранении (до 5 лет) и позволяют достаточно точно дозировать и подпитывать рабочие растворы.

При выборе химического средства нужно учитывать многие факторы, так как некачественная продукция может привести к печальным последствиям, таким как сбой в технологическом процессе и даже эпидемия, а так же к финансовым

убыткам. Современные химические средства должны соответствовать следующим требованиям:

- соответствие нормам по микробиологическому действию;
- хорошая растворимость в воде;
- эффективное действие в небольших концентрациях;
- хорошая смываемость;
- высокая эффективность при наличии органических веществ;
- стойкость при хранении и длительное обеззараживающее действие;
- безопасность для людей, находящихся в зоне применения;
- низкая стоимость и удобство в транспортировке.

Дезинфекция на пищевом производстве направлена на уничтожение или предупреждение распространения возбудителей инфекционных заболеваний и вредной микрофлоры в помещениях, на поверхностях и внутри технологического оборудования [28].

Подавление жизнедеятельности микроорганизмов в диффузионном аппарате возможно за счет действия температуры, химических реагентов или совместного их действия. Наибольшего эффекта подавления жизнедеятельности микроорганизмов можно достичь, поддерживая температуру около 74 °С в течение всего процесса экстрагирования. Однако такая высокая температура недопустима с технологической точки зрения, так как в соке увеличивается содержание пектиновых веществ, которые отрицательно влияют на фильтрацию сока. Для подавления микрофлоры на сахарных заводах в диффузионные аппараты вводят дезинфицирующие средства, осуществляют физическую или химическую обработку [82]:

- применение формалина в качестве дезинфектанта;
- применение хлор- и магнийсодержащих дезинфицирующих препаратов;
- использование соединений полигуанидина;
- использование ультрафиолетового излучения и озона;
- использование электролитов для обработки стружки и подготовки питающей воды [38].

В качестве дезинфицирующего средства для подавления жизнедеятельности микроорганизмов в диффузионных аппаратах в сахарной промышленности широко применяют формалин. Количество добавляемого формалина и частота его добавления устанавливаются исходя из микробиологической зараженности диффузионного сока. Расход формалина колеблется от 0,015 до 0,100 % к массе свеклы. Установлено, что для снижения количества микроорганизмов на 90 % к 1 кг сока необходимо добавить 800-1000 мг формальдегида.

Применение формалина в качестве дезинфицирующего средства вызывает настороженность со стороны медиков и потребителей жома, используемого в качестве корма животных. Формалин отрицательно влияет на окружающую среду и здоровье человека, так как является активным аллергеном и вызывает сильное токсическое действие на слизистые оболочки человека. Наличие повышенного содержания формалина в жоме может привести к его порче из-за подавления молочнокислых бактерий, играющих важную роль при хранении жома.

В настоящее время применение на сахарных заводах РФ формалина в качестве дезинфицирующего средства обусловлено низкой его стоимостью по сравнению с другими препаратами. Однако эти затраты касаются только стоимости применяемого препарата без учета потерь сахара и других технологических аспектов.

Считается, что затраты на дезинфицирующие средства составляют примерно 10-15 % от стоимости сахара, теряемого в результате его микробиологического разложения. Поэтому правильный выбор и применение дезинфицирующих средств является эффективным мероприятием по снижению неучтенных потерь сахарозы [80].

К наиболее распространенным дезинфицирующим средствам окислительного характера относятся хлор и хлорсодержащие препараты. Их бактерицидное действие заключается во взаимодействии кислорода и хлора с ненасыщенными соединениями ферментной системы клетки микроорганизмов. Дезинфицирующая способность этих препаратов обусловлена количеством активного хлора, которое

может быть получено при действии кислоты на препарат. В сахарном производстве из неорганических хлорсодержащих препаратов широко применяют хлорную известь и гипохлорит натрия.

На сахарных заводах применяют ополаскивание мытых корнеплодов свеклы водой, содержащей бактерицидный агент - хлорную известь. Недостатком способа является то, что используемый бактерицидный агент не обеспечивает инактивацию ферментов, вызывающих образование красящих веществ, что приводит к интенсивному окрашиванию сока. При этом в диффузионном аппарате не обеспечивается стерильность, не предотвращается пенообразование [4, 70].

Обеззараживание диффузионного сока предусматривается добавлением к свекловичной стружке соединений магния, преимущественно MgO или $4MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 4H_2O$ в количестве $0,08 \text{ г } Mg^{2+}$ на 100 г стружки с последующей экстракцией подкисленной до pH 5,8-6,2 водой [57]. Для реализации указанного способа требуется большой расход дорогостоящего реагента - магния, что для завода суточной производительности 3,0 тыс. т переработки свеклы составит 2,4 т в сутки.

Широким спектром биоцидной активности обладают соединения полигуанидина - антибактериальной, фунгицидной. Они малотоксичны, отличаются пролонгированным эффектом и не являются аллергенами.

В качестве соединений полигуанидина используют хлорид полигексаметиленгуанидина (ПГМГ) - «БИОПАГ», фосфат ПГМГ - «ФОСФОПАГ», цитрат ПГМГ, хлорид поли-(4,9-диоксадодекан гуанидина) (ПДДГ) - «ЭКОСЕПТ», фосфат ПДДГ - «ЭКОСЕПТ».

Водный раствор соединений полигуанидина имеет концентрацию 0,5-1,5 %. В случае, если концентрация раствора будет менее 0,5 %, снижается эффект дезинфекции. Увеличение количества полигуанидина выше 1,5 % не приводит к увеличению положительного эффекта и поэтому нецелесообразно.

Механизм действия полигуанидинов на микроорганизмы можно представить следующим образом: гуанидиновые поликатионы адсорбируются на отрица-

тельно заряженной поверхности бактериальной клетки, блокируя тем самым дыхание, питание, транспорт метаболитов через клеточную стенку бактерий. Макромолекулы полигуанидина диффундируют через стенку клетки, вызывая необратимые структурные повреждения на уровне цитоплазматической мембраны, нуклеотида, цитоплазмы. Полигуанидины связываются с кислотными фосфолипидами, белками цитоплазматической мембраны, что приводит к ее разрыву. Результатом этого является блокада гликолитических ферментов дыхательной системы, потеря патогенных свойств и гибель микробной клетки.

Кроме того, при получении диффузионного сока в диффузионном аппарате в результате действия микроорганизмов могут образовываться газы (CO_2 , CH_4 , H_2). Газы создают опасность взрыва в диффузионном аппарате. Применение дезинфицирующих растворов на основе соединений полигуанидина устраняют возможность газообразования.

Проведенные испытания разработанного в Московском институте эколого-технологических проблем биоцидного препарата «Биопаг», представляющего 20 %-ный водный раствор полигексаметиленгуанидина гидрохлорида, подтвердили его эффективность. В качестве объектов исследования были использованы со-костружечная смесь и диффузионный сок. В результате исследований выявлено снижение количества плесневых грибов и мезофилов в 5,8 раза по сравнению с классическими антисептиками. Благодаря высоким бактерицидным свойствам препарата «Биопаг» содержание сахарозы на 0,4 %, а чистота диффузионного сока на 1,1 % оказались выше по сравнению с вариантом без обработки. При этом содержание коллоидов на 0,8 % и редуцирующих веществ на 1,4 % было меньше в сравнении с тем же вариантом [79].

Исследовано использование ультрафиолетового излучения и озона для снижения содержания микроорганизмов в сахаре и промежуточных продуктах его переработки.

Озон – мощный и коммерчески доступный асептик и оксидант, способный уничтожать практически все биологические, органические и неорганические со-

единения. Такое действие основано на высокой окислительной способности, обусловленной легкостью отдачи озоном активного атома кислорода, что приводит к фактически полному уничтожению микрофлоры, присутствующей в свеклосахарном сырье и развивающейся во время технологического процесса. Среди причин бактерицидного эффекта озона отмечается нарушение целостности оболочек бактериальных клеток, вызываемое окислением фосфолипидов и липопротеидов. Отмечено, что вирусы в виде капсул более чувствительны к действию озона, чем некапсулированные. Это объясняется тем, что капсула, представляющая собой слизистый слой, содержащий полисахариды и полипептиды, легко разрушается озоном.

Озон не только уничтожает микрофлору, но и разрушает продукты жизнедеятельности микроорганизмов. Озон фактически полностью разлагает декстран, что приводит к увеличению скорости фильтрации соков, содержащих декстран и леван.

Способ с применением озона предусматривает ополаскивание мытых корнеплодов свеклы и проведение экстрагирования водой, содержащей бактерицидный агент. Способ обеспечивает улучшение качества диффузионного сока, снижает неучтенные потери сахарозы путем обеспечения стерильных условий протекания процесса экстракции [84].

Эффективными являются способы экстрагирования сахарозы с применением электрохимически активированных жидкостей. В процессе получения стружки используют анолит с рН 3,2...3,8, а в качестве экстрагента – католит с рН 6,0...6,5. Анолит и католит получают обработкой суспензии бентонитовой глины в диафрагменном электролизере.

Обработка стружки анолитом ингибирует клеточное дыхание свекловичной массы и подавляет активность сопутствующей микрофлоры. Эффективность этого воздействия такова, что позволяет обходиться без операции ошпаривания стружки и проводить экстрагирование при более низкой температуре (62...68°C) [69].

При подготовке экстрагента с кислой реакцией среды использовали электрохимическую активацию водной суспензии фосфогипса. Установлено наличие в фосфогипсе фосфора, остатков серной кислоты, фтора и кальция, присутствие которых в ионной форме в экстрагенте придает ему полифункциональные свойства. Ионы фосфорной и серной кислот обеспечивают повышение эффекта очистки соков и буферности растворов; ионы кальция способствуют закреплению в поверхностном слое стружки пектиновых веществ и веществ коллоидной степени дисперсности, что увеличивает модуль упругости свекловичной стружки; ионы фтора обладают антисептическим действием; ионы фосфорной кислоты способствуют повышению кормовой ценности свекловичного жома.

Эффективное антисептическое воздействие ионов фтора на микроорганизмы подтвердили микробиологические исследования проб диффузионного сока: общая обсеменённость проб сока, полученного с использованием анолита, в 5-7 раз меньше, чем в контрольных образцах.

Раствор анолита может применяться для подкисления жомопрессовой воды при использовании ее в качестве экстрагента [70].

В настоящее время существует большое разнообразие химических препаратов, обладающих антисептическими свойствами и применяемых в качестве дезинфектантов при переработке свеклы на сахарных заводах. Применение этих препаратов на предприятиях отрасли показывает высокую обеззараживающую эффективность по отношению к большинству микроорганизмов, но только в концентрациях, сравнимых с таковой для формалина. Если учитывать более высокую стоимость этих препаратов по сравнению с формалином, их использование становится нецелесообразным.

Таким образом, наиболее востребованными из всех групп дезинфектантов остаются хлорсодержащие препараты.

Эти препараты относятся к 3-му классу умеренно опасных веществ, равно как альдегидсодержащие и фенолсодержащие дезинфектанты. Агрессивность

хлорсодержащих препаратов не превышает таковую, и даже ниже, чем у кислородсодержащих средств дезинфекции.

По спектру антимикробной активности хлорсодержащие дезинфектанты являются наиболее эффективными средствами, обладая бактерицидными, вирулицидными, фунгицидными свойствами.

Широкое их применение в качестве дезинфектантов обусловлено относительной дешевизной их рабочих растворов и быстротой их действия (в среднем экспозиция составляет 30-60 минут).

Таким образом, в обзоре литературы систематизированы результаты анализа научно-технической информации, показана актуальность проблемы поиска новых бактерицидных препаратов для свеклосахарного производства, решение которой обеспечит повышение сохранности сахарной свеклы и качества готового продукта – сахара, значимость которого на мировом рынке играет значительную роль.

Изучены факторы, влияющие на качество сахара и сохранность свеклы, а именно: микробиологическое состояние сахарного производства, препараты, применяемые для подавления роста и развития посторонней микрофлоры.

Рассмотрены основные представители микроорганизмов, приводящих к порче сахарной свеклы, а, следовательно, к нарушению технологического процесса и снижению качества готовой продукции. Более подробно изучено бактериальное заболевание – слизистый бактериоз, вызванное культурой *Leuconostoc mesenteroides*.

На основе анализа и обобщения имеющейся информации сформулированы задачи и цели диссертационной работы.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Характеристика объектов исследований

Натриевая соль дихлоризоциануровой кислоты (ДХЦН) – составное действующее вещество исследуемого препарата, содержащееся в количестве 99,4 %. Это белый кристаллический порошок с запахом хлора. Температура плавления 240-250 °С. Содержание активного хлора от 56 до 60 %. Растворяется в воде без осадка. Растворы натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты стабильны при хранении и сохраняют свою активность в течение 3 суток. Растворы не вызывают коррозии металлических изделий, обладают отбеливающим действием, не изменяют цвет яркоокрашенных тканей. При наличии органических примесей активность препарата снижается незначительно, активность не меняется в интервале рН 5–12. Растворы натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты обладают высокими бактерицидными, фунгицидными, вирулицидными и спороцидными свойствами. [43].

Чистая культура бактерий *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* штамм В-4177, полученная из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ, г. Москва).

Продукты сахарного производства заводов Воронежской области:

- сахарная свекла (ГОСТ Р 52647-2006) [9],
- диффузионный сок,
- очищенный сок,
- сироп,
- 1 оттек I кристаллизации,
- меласса,
- сахар-песок (ГОСТ 21-94) [20].

Последовательность этапов проведения экспериментальных исследований представлены на схеме (рисунок 9)

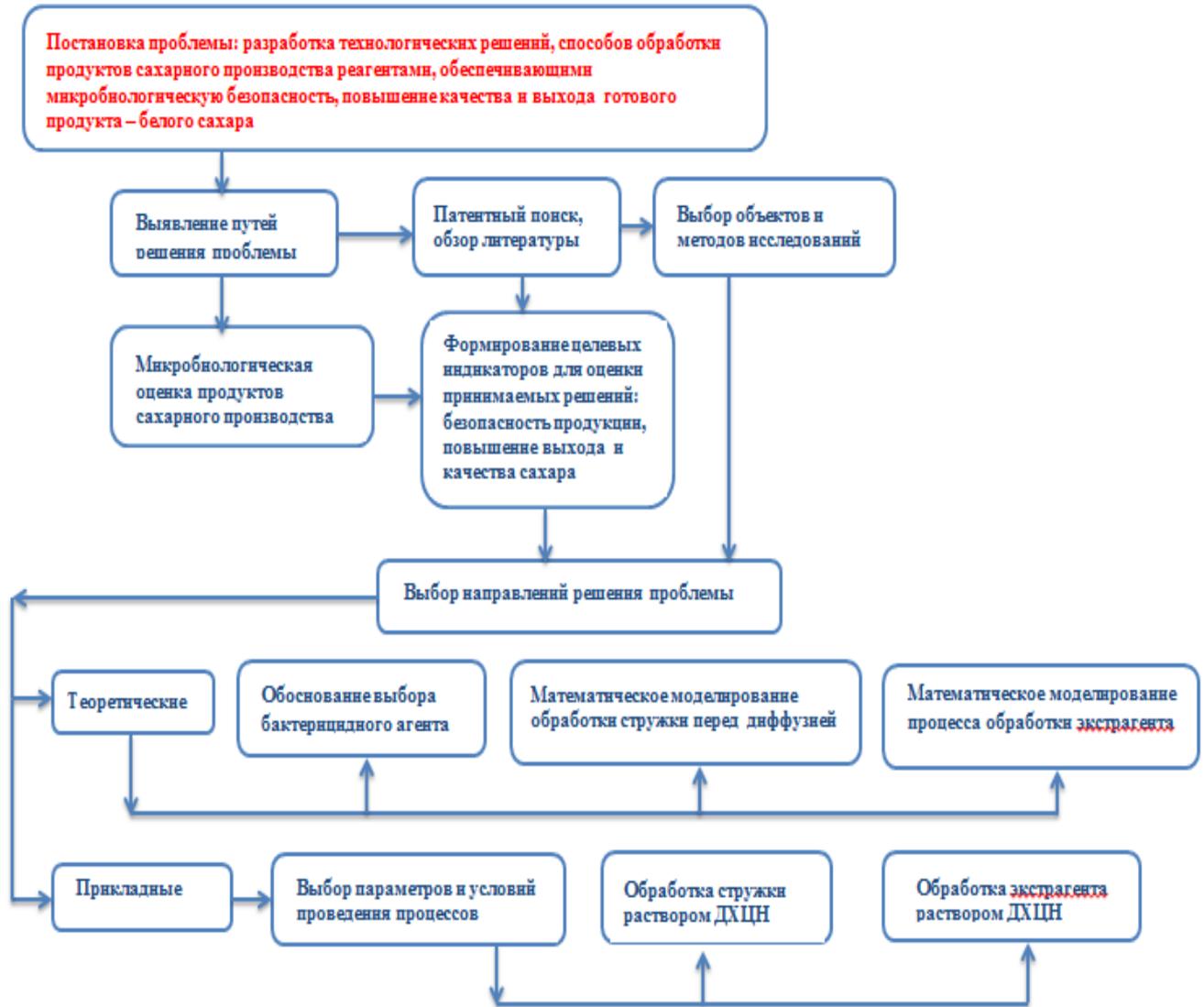


Рисунок 9 - Схема проведения теоретических и экспериментальных исследований

2.2 Методы исследований

Методы исследований включали определение микробиологических показателей, массовых долей сухих веществ, сахарозы, белка, солей кальция, редуцирующих веществ, цветности, значения рН, содержание золы, α -аминного азота и математической обработки.

2.2.1 Общие микробиологические методы исследования

Основным объектом исследования служила чистая культура бактерий *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* штамм В-4177, полученная из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ, г. Москва). Процесс получения исследуемой культуры включает приготовление посевного материала и выращивание на питательной среде.

Активация чистой культуры бактерий. Используемые в работе бактерии *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* штамм В-4177 были лиофильно высушены. Культура хранилась в запаянных ампулах при температуре 4-5 °С.

Активацию чистой культуры *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* штамм В-4177 проводили по методу Коха [77, 64]. Мясопептонный агар, содержащий 10 % сахарозы (МПА 10 % сахарозы), расплавляли на водяной бане, охлаждали до 48-50 °С и разливали в чашки Петри, чтобы дно чашки было покрыто полностью. Накопительную культуру, находящуюся в запаянных ампулах, заливали стерильным водным раствором и вносили в центр застывшей среды, равномерно распределяя в чашке.

После засева чашки переворачивали вверх дном и выдерживали в течение 4-6 суток в термостате при температуре 35 ± 2 °С. Выросшие колонии просматривали сначала невооруженным глазом, затем под микроскопом. Колонии бактерий извлекали стерильной петлей и переносили в заранее подготовленную чашку Петри с МПА 10 % сахарозы, распределяя культуру зигзагообразными штрихами по всей поверхности чашки. По истечении 4-6 суток бактерии переносили на скосы с МПА 10 % сахарозы.

Культивирование бактерий *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* штамм В-4177. Глубинное культивирование бактерий проводили в пробирках, содержащих питательную среду исследуемого состава, в термостате в течение 48-72 ч при температуре 35 ± 2 °С.

Для культивирования бактерий *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* штамм В-4177 использовали селективную питательную среду, рекомендованную ВКПМ, г. Москва (MRS (г/дм³): бактопептон – 10,0; мясной экстракт – 10,0; дрожжевой экстракт – 5,0; глюкоза – 20,0; твин 80 – 1,0; аммоний лимоннокислый – 2,0; натрий уксуснокислый – 5,0; MgSO₄·7H₂O – 0,1; MnSO₄·5H₂O – 0,05; Na₂HPO₄ – 2,0; агар – 20,0). Среды стерилизовали в течение 30 мин под давлением 0,05 МПа, охлаждали до 30 °С и засеивали суспензией бактерий.

Условия культивирования варьировали в зависимости от задач и условий эксперимента.

Количественный анализ накопления биомассы бактерий проводили на фиксированных мазках по методу Виноградского-Шульгиной-Брида [64, 38]. Метод предназначен для определения численности микроорганизмов в различных естественных субстратах [46, 3].

Компьютерно-оптическое микроскопирование. Микроскопирование культур проводили с помощью светового микроскопа Микромед-3. Фотографии получали с использованием цифровой камеры – окуляра DCM-300 (1300K pixels, USB 2). Программное обеспечение анализа изображения для микроскопа «ScopePhoto» [55].

Методы определения основных групп микроорганизмов основаны на определении общего количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), количества дрожжей, слизиобразующих бактерий и плесневых грибов [21, 12, 11].

2.2.2 Определение общих физико-химических показателей

Для обеспечения точности и воспроизводимости результатов экспериментальной части работы основные физико-химические показатели в исследуемых образцах определяли в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53396-2009 и ГОСТ 21-94 [10, 20].

Массовую долю сухих веществ в сахаросодержащих растворах определяли методом непосредственного рефрактометрирования на приборах УРЛ-1, АТАГО РАЛ-а. Измерения проводили при температуре жидких растворов 20 °С. Точность измерений составляет 0,1 %.

Значение pH_{20} определяли лабораторным рН-метром рН-150МИ. Погрешность измерений $\pm 0,05$.

Массовую долю сахарозы определяли поляриметрическим методом на приборе марки СУ-4, АТАГО АР-300. Погрешность измерений приборов 0,05 °S и 0,02 °Z соответственно.

Массовую долю белков определяли в соке фотоколориметрическим методом, основанным на биуретовой реакции, которая обусловлена наличием в молекуле белка пептидных (кислотоамидных) связей. Благодаря этому в щелочной среде с катионом меди белок образует окрашенные комплексные соединения [61].

Массовую долю солей кальция определяли методом комплексонометрии [80, 15].

Цветность сахаросодержащих растворов в единицах оптической плотности определяли фотоэлектрическим колориметром КФК-2 при длине волны 540 нм. Погрешность измерений 1,1 % [16].

Массовую долю редуцирующих веществ определяли методом Мюллера и ускоренным методом [18, 84].

Массовую долю золы определяли методом прямой кондуктометрии [17, 64, 5].

Содержание α -аминного азота в полупродуктах сахарного производства (диффузионный, очищенный сока): навеску 26 г переносили в мерную колбу вместимостью 100 см³, раствор осветляли свинцовым уксусом, доводили до метки и фильтровали, отбрасывая первые порции фильтрата. Далее 25 см³ фильтрата пипеткой переносили в коническую колбу вместимостью 100 см³, добавили в нее пипеткой 5 см³ медьсодержащего реактива. Смесь перемешивали, выдерживали в течение 1 ч и затем измеряли оптическую плотность при D 623 нм в кювете длиной

5 см. В качестве раствора сравнения использовали раствор, получаемый путем смешивания 25 см³ дистиллированной воды и 5 см³ медьсодержащего реактива.

Зная величину оптической плотности, по калибровочной кривой находили содержание α -аминного азота (в мг/см³) и затем рассчитывали его содержание в продукте [5].

2.3 Определение функционально-технологических свойств

В методы определения функционально-технологических свойств входят микробиологические методы, с помощью которых определяли накопление биомассы *L. mesenteroides*, количественный и видовой состав микрофлоры свекловичной стружки, антимикробное действие УФ-облучателя, определение электрокинетического потенциала, массовой доли активного хлора, молочной кислоты.

2.3.1 Микробиологические методы исследования

Накопление биомассы *Leuconostoc mesenteroides* контролировали нефелометрическим методом путем измерения оптической плотности питательной среды на разных этапах процесса культивирования. Физиологически активную культуру *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* штамм В-4177 вносили в селективную питательную среду. Культуру инкубировали в термостате при температуре 35±2 °С в анаэробных условиях. Показания оптической плотности определяли на фотоэлектроколориметре по истечении каждого часа.

Рабочая длина волны была выбрана в соответствии с положениями закона Ламберта – Бэра, справедливость которого подтверждена рядом опытов, утверждающих, что для измерения светорассеяния выбирают светофильтр, обеспечивающий максимум пропускания света данной суспензии. В нашем случае рабочая длина волны – 560 нм [73].

Данный метод основан на том, что микроорганизмы в большинстве случаев не окрашены и почти прозрачны, поэтому суспензия клеток поглощает свет в видимой области спектра незначительно. Уменьшение интенсивности света после прохождения через суспензию связано, главным образом, с его рассеянием. В определенных пределах количество света, рассеиваемого суспензией микроорганизмов, пропорционально содержанию клеток [64].

Для исследования количественного и видового состава микрофлоры свекловичной стружки использовали метод смыва: 10 г стружки заливали 100 см³ стерильной воды и в течение 5 мин содержимое колбы Эрленмейера с водой и стружкой тщательно взбалтывали. Готовили разведения с учетом степени обсемененности стружки сахарной свеклы. Подготовленные пробы высевали в среды, соответствующие видовому составу определяемой микрофлоры. Продолжительность и температуру культивирования поддерживали в зависимости от состава определяемой микрофлоры [31, 11, 10].

Обработка УФ-облучателем. Антимикробное действие УФ-излучения проявляется в деструктивно модифицирующих фотохимических повреждениях ДНК в клеточном ядре микроорганизмов, что приводит к гибели микробной клетки в первом или последующем поколении. Микроорганизмы относятся к кумулятивным фотобиологическим приемникам, следовательно, результат взаимодействия бактерицидного УФ-излучения и микроорганизмов зависит от их видов и энергии излучения, поглощенной клеткой, т.е. пропорционален бактерицидной дозе. Значение поверхностной и объемной бактерицидной дозы для разных типов микроорганизмов отличаются и определяются эффективностью обеззараживания J. Наиболее приемлемыми уровнями бактерицидной эффективности являются 90, 95, 99, 99,9 % при облучении микроорганизмов излучением с длиной волны 254 нм от ртутной лампы низкого давления.

Нами был использован облучатель ультрафиолетовый бактерицидный передвижной ОБН-450 3×30 УФИК.

2.3.2 Определение технологических показателей

Определение электрокинетического потенциала суспензий основано на «суспензионном эффекте», обусловленном ионизацией частиц дисперсионных фаз и адсорбцией на их поверхности ионов, присутствующих в растворе [87].

Измерение массовой доли активного хлора проводили методом йодометрического титрования. Массовую долю активного хлора в % вычисляли по формуле:

$$X=0,00355 \cdot V \cdot 100/V_p, \% \quad (2.1)$$

где 0,00355 – масса активного хлора, соответствующая 1 см³ раствора тиосульфата натрия концентрацией 0,1 моль/дм³, г; V – израсходованный на титрование объем раствора тиосульфата натрия концентрацией 0,1 моль/дм³, см³; V_p – объем рабочего раствора средства, взятый для анализа, см³ [61, 13].

Содержание молочной кислоты определяли экспресс-методом с использованием рефрактометра RQflex 10 [56].

2.4 Статистическая обработка экспериментальных данных

Обработку данных проводили с целью математического моделирования процесса бактерицидной обработки свекловичной стружки и питающей воды (экстрагента) перед проведением экстрагирования сахарозы. Постановку эксперимента и обработку полученных данных проводили в соответствии с общеизвестными статистическими методами [8, 23].

При проведении экспериментов применяли ротатабельное центральное композиционное планирование (ЦКП), позволяющее получить экспериментально-статистическую модель исследуемых процессов в виде многочлена второй степени.

При использовании ротатабельного ЦКП для расчета коэффициентов регрессии и соответствующих оценок дисперсий находили вспомогательные коэффициенты:

$$B = \frac{n N}{(n+2)(N-N_0)}, \quad (2.2)$$

$$A = \frac{1}{2B[B(n+2)-n]}, \quad (2.3)$$

$$C = \frac{N}{N-N_0}, \quad (2.4)$$

где n – число факторов; N – общее количество точек ротатабельного ЦКП; N_0 – число опытов в центре плана.

На основании результатов экспериментов вычисляли вспомогательные суммы:

$$S = \sum_{j=1}^N y_j, \quad (2.5)$$

$$S_i = \sum_{j=1}^N x_{ji} y_j (i = 1, 2 \dots n), \quad (2.6)$$

$$S_{ik} = \sum_{j=1}^N x_{ji} x_{jk} y_j (i \neq k), \quad (2.7)$$

$$S_{ii} = \sum_{j=1}^N x_{ji}^2 y_j, \quad (2.8)$$

Коэффициенты регрессии:

$$b_0 = \frac{2AB}{N} [S_0 B(n+2) - C \Sigma S_{ii}], \quad (2.9)$$

$$b_i = \frac{C S_i}{N}, \quad (2.10)$$

$$b_{ik} = \frac{C^2 S_{ik}}{BN}, \quad (2.11)$$

$$b_{ii} = \frac{2AC}{N} [S_{ii} C(B(n+2) - n) + C(1 - B) \Sigma S_{ii} - 2BS_0]. \quad (2.12)$$

Среднее значение выходного параметра в центре плана

$$\bar{y} = \frac{1}{N_0} \sum_{j=1}^N y_j, \quad (2.13)$$

Оценка дисперсии воспроизводимости:

$$S_y^2 = \frac{1}{N_0 - 1} \sum_{j=1}^N (y_j - \bar{y})^2. \quad (2.14)$$

Число степеней свободы:

$$f = N_0 - 1. \quad (2.15)$$

Оценки дисперсий в определении коэффициентов регрессии:

$$S_{b_0}^2 = \frac{2AB(n+2)}{N} S_y^2, \quad (2.16)$$

$$S_{b_i}^2 = \frac{S_y^2}{N - N_0}, \quad (2.17)$$

$$S_{b_{ik}}^2 = \frac{C^2 S_y^2}{N}, \quad (2.18)$$

$$S_{b_{ii}}^2 = \frac{AC^2 S_y^2}{N} [B(n+1) - n + 1], \quad (2.19)$$

Для проверки значимости рассчитанных коэффициентов регрессии использовали критерий Стьюдента. Условие значимости коэффициентов регрессии:

$$|b| > s_b t, \quad (2.20)$$

Оценка дисперсий адекватности:

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (y_j - y_j^p) - s_y^2 f}{f_{ad}}, \quad (2.21)$$

где f_{ad} – число степеней свободы.

$$F_{ad} = N - \frac{(n+2)(n+1)}{2} - f, \quad (2.22)$$

Математическая модель представляется в виде полинома второй степени:

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ik} x_i x_k + \sum b_{ii} x_i^2, \quad (2.23)$$

где b_0 – свободный член уравнения, равный средней величине отклика при условии, что рассматриваемые факторы находятся на средних “нулевых” уровнях; i , k – индексы факторов; b_i – коэффициенты при линейных членах; b_{ik} – коэффициенты двухфакторных взаимодействий, показывающие, насколько изменяется степень влияния одного фактора при изменении величины другого; b_{ii} – коэффициенты квадратичных эффектов, определяющие нелинейность выходного параметра от рассматриваемых факторов.

Для перехода к физическим переменным использовали уравнение:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (2.24)$$

где x_{i0} – основной уровень варьирования; Δx_i – шаг варьирования.

Полученные экспериментально-статистические модели позволяют количественно определить значения функций отклика при заданном режиме ведения процесса, дают информацию о влиянии факторов, могут применяться для оптимизации процессов.

ГЛАВА 3. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА БАКТЕРИЦИДНОГО РЕАГЕНТА ДЛЯ СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

На сахарных заводах используют различные препараты, подавляющие рост патогенной микрофлоры. Использование в течение продолжительного времени одних и тех же препаратов вызывает привыкание микроорганизмов и необходимость в увеличении их количества. Это приводит к повышению концентрации реагентов, превышению их ПДК, что неблагоприятно отражается на протекании технологического процесса производства.

При переработке свекловичной стружки диффузионный сок из-за высокого содержания сахаров является хорошим питательным субстратом для роста и развития посторонней микрофлоры. При дальнейшей переработке сахарной свеклы «микробная загрязненность» проходит через все стадии технологического процесса и оказывает влияние на основные технологические показатели диффузионного, очищенного соков, качество всех полупродуктов сахарного производства и готовой продукции. Решение данной проблемы имеет особую значимость, а поиск препаратов с хорошими бактерицидными свойствами и высоким значением ПДК является актуальным.

Целью данных исследований является обоснование возможности применения хлорсодержащего препарата в свеклосахарном производстве. Задачами данного исследования являются оценка бактерицидных свойств хлорсодержащего препарата на основе ДХЦН и определение оптимальных параметров применения данного реагента в условиях свеклосахарного производства.

3.1 Оценка микробиологической обсемененности продуктов свеклосахарного производства

Сахарная свекла является не только источником множества вредных для производства микроорганизмов, но и сама в процессе хранения легко подвергает-

ся микробиологической порче. На поверхности свеклы содержится большое количество микроорганизмов, размножающихся как в процессе роста растения, так и при хранении корнеплодов.

Все эти микроорганизмы вместе с пораженной свеклой, а далее свекловичной стружкой и диффузионным соком попадают в технологическую линию производства сахара. Количество их в диффузионном соке колеблется и зависит от многих факторов, таких как качество сырья, обсемененность барометрической и транспортерно-моечной воды, температура диффузии и качество отмывки свекловичного корня. В диффузионном аппарате создаются самые благоприятные условия для развития микроорганизмов. Некоторые из них, особенно устойчивые термофильные бактерии и их споры, или бактерии, образующие капсулу, защищающую от внешних воздействий, встречаются в готовой продукции – белом сахаре. При попадании в свежие порции продукта (сок, сироп) микроорганизмы начинают быстро размножаться, что приводит к различным отклонениям в технологическом процессе [34].

Исходя из этого решалась задача исследования - проследить микробиологическое состояние производства сахара по технологической линии свеклосахарного завода и доказать целесообразность использования препарата ДХЦН.

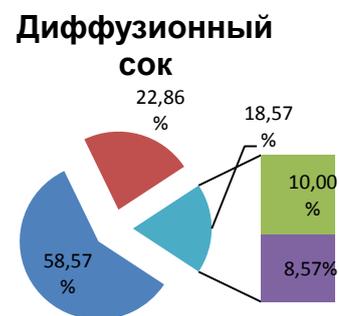
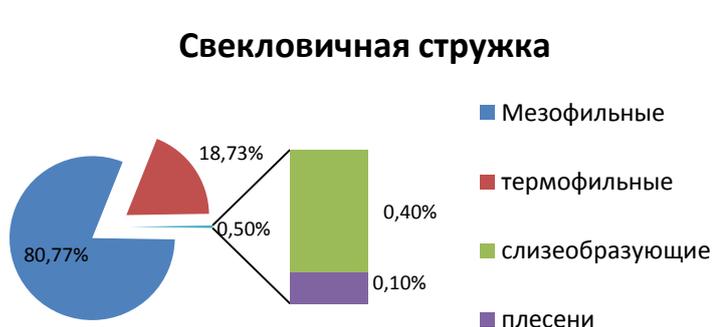
На ООО «Хохольский сахарный комбинат» Воронежской области в производственный сезон 2014 года были отобраны пробы сырья, полупродуктов и готовой продукции: свекловичная стружка, диффузионный, преддефекованный, очищенный соки, сироп, 1 оттек I кристаллизации, меласса, сахар-песок. В пробах определяли количество мезофильных, термофильных, слизиобразующих групп микроорганизмов и плесеней (таблица 7, рисунок 10) [31, 21].

Установлено, что количественный и качественный состав микрофлоры варьируется на различных стадиях технологического процесса. Наблюдается значительная динамика мезофильных и термофильных групп микроорганизмов. Это обусловлено жесткими режимами технологического процесса, где часть микрофлоры погибает под действием высоких значений рН, температуры, concentra-

ции веществ, а часть адаптируется и проходит через все стадии технологического процесса.

Таблица 7 – Динамика микрофлоры в условиях технологического процесса свеклосахарного производства (ООО «Хохольский сахарный комбинат»)

Продукты	Мезофильные, КОЕ в 1 г	Термофильные, КОЕ в 1 г	Слизеобразующие, КОЕ в 1 г	Плесени, КОЕ в 1 г
Свекловичная стружка	$5,52 \cdot 10^6$	$1,28 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^3$
Диффузионный сок	$3,76 \cdot 10^5$	$2,6 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$
Преддефекованный сок	$8 \cdot 10^3$	$5,8 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$
Очищенный сок	$6 \cdot 10^2$	$2,04 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$
Сироп	$5,1 \cdot 10^3$	$2,88 \cdot 10^4$	$3,3 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10$
1 оттек I кристаллизации	$5 \cdot 10^3$	$4,4 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$
Меласса	$9 \cdot 10^4$	$9,6 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10$	$1 \cdot 10^2$
Сахар-песок	$1,44 \cdot 10^3$	$1,25 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10$	$1 \cdot 10^3$



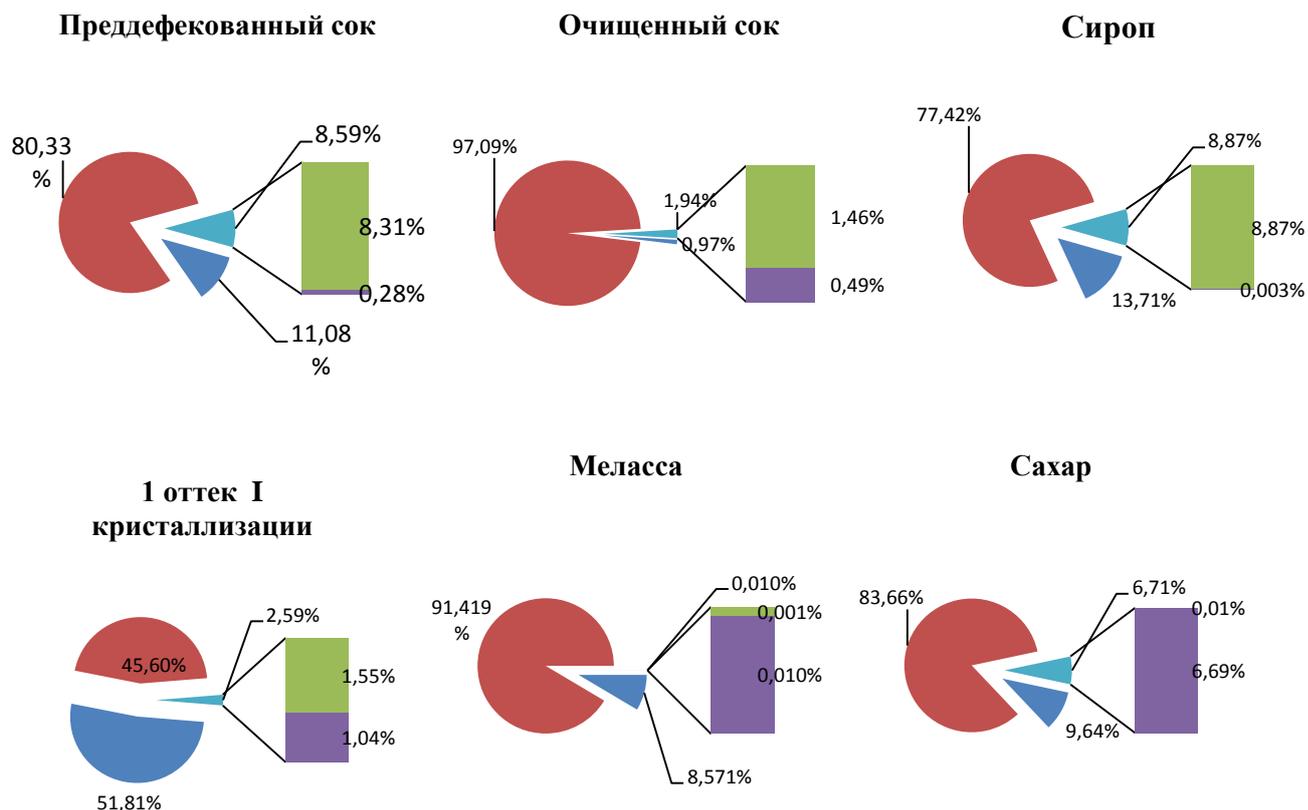


Рисунок 10 - Качественный анализ микрофлоры по верстату свеклосахарного завода

Определены микробиологические показатели сахара-песка сахарных заводов Центрально-Черноземного региона. Посевы образцов проводили в соответствии с ГОСТ 26968-86 «Сахар. Методы микробиологического анализа» [77]. Патогенные группы микроорганизмов и бактерии группы кишечной палочки не исследовали (таблица 8).

Анализ исследуемых образцов показал, что качество сахара-песка некоторых сахарных заводов не соответствует микробиологическим нормам ГОСТ 21-94 «Сахар-песок. Технические условия»: есть превышение по содержанию мезофильных аэробных и факультативно анаэробных групп микроорганизмов (КМА-ФАНМ), содержанию плесневых грибов и дрожжей на ЗАО «Колпнянский сахарный комбинат» [20, 38].

Таблица 8 – Результаты определения микробиологических показателей сахара-песка для сахарных заводов ЦЧР

Заводы - производители	КМАФАнМ, КОЕ в 1 г продукта	Дрожжи, КОЕ в 1 г продукта	Плесневые грибы, КОЕ в 1 г продукта
ЗАО “Колпнянский сахарный комбинат”	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$
ООО “Садовский сахарный завод”	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
ЗАО “Кшенский сахарный завод”	$1 \cdot 10^3$	Не обнаружено	Не обнаружено
ОАО “Хохольский сахарный комбинат”	$1 \cdot 10^3$	Не обнаружено	Не обнаружено
ОАО “Валуйский сахарный комбинат”	$1 \cdot 10^3$	Не обнаружено	$1 \cdot 10^3$

На рисунке 11 представлены фотографии образцов с посевами сахара-песка, подтверждающие его высокую микробиологическую обсемененность.

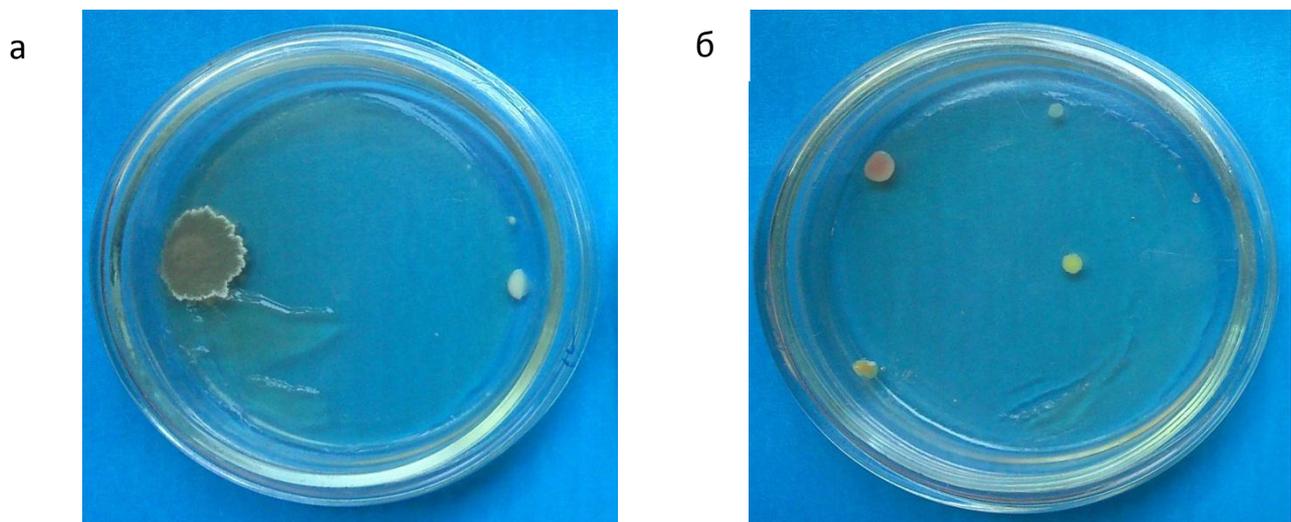


Рисунок 11 - Результаты микробиологического обследования сахара-песка: а – колонии плесени на солодовом сусле - агаре; б – слизеобразующие колонии на МПА с 10 % глюкозы

Полученные результаты свидетельствуют, что бактерицидные препараты, применяемые в настоящее время в свеклосахарном производстве, не обеспечивают требуемой микробиологической чистоты готовой продукции.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о необходимости применения новых бактерицидных препаратов, способных предотвращать рост и развитие различных групп микроорганизмов в условиях производства, обеспечивающих стандартное качество готового продукта – сахара-песка и безопасность его для потребителей.

3.2 Функционально-технологические свойства хлорсодержащего бактерицидного препарата

Предлагаемый нами препарат – дезинфицирующее средство на основе натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты.

Натриевая соль дихлоризоциануровой кислоты (ДХЦН) при концентрации 99,4 % выделяет 60 % активного хлора. Рабочие водные растворы ДХЦН прозрачны, со слабым запахом хлора. Показатель активности водородных ионов 0,3 % водного раствора (по активному хлору) $6,9 \pm 0,5$; массовая доля влаги ($1,6 \pm 0,8$) %; время распада ($2,0 \pm 0,5$) мин. Препарат растворим без осадка, растворимость ДХЦН составляет до 24 % [44].

ДХЦН является стабильным соединением. Микробицидная активность растворов средства обоснована тем, что в соли ДХЦН лишь 50 % доступного хлора приходится на свободный хлор (HOCl и OCl^-), остальной связан в виде монохлоризоцианурата или дихлоризоцианурата. При недостатке свободного доступного хлора связанный хлор высвобождается, восстанавливая равновесие. Растворы ДХЦН проявляют кислотные свойства в сравнении с растворами гипохлоритов, которые являются щелочными и содержат такое же количество свободного хлора [66]. Эти свойства обеспечивают препарату противомикробное действие в течение всего технологического процесса.

Препарат является эффективным дезинфектантом в отношении санитарно-показательных грамотрицательных и грамположительных бактерий, в том числе бактерий группы кишечной палочки, стафилококков, стрептококков, синегнойной палочки, сальмонелл и плесневых грибов.

Средство не горючее, не взрывоопасное, совместимо с мылами, сульфированными маслами, анионными и катионными поверхностно-активными веществами, с амфотерными и неионогенными веществами, солями щелочных металлов неорганических и органических кислот [83].

По параметрам токсичности препарат по ГОСТ 12.1.007-76 относится к 4 классу малоопасных веществ при нанесении на кожу и к 3 классу умеренно опасных веществ при введении в желудок, оказывает слабое сенсibiliзирующее действие (действие, вызванное явлением повышенной чувствительности организма человека к воздействию химических веществ и ведущее к развитию аллергических заболеваний). При непосредственном контакте вызывает выраженное раздражение кожи и слизистых оболочек глаз, при ингаляционном воздействии в насыщающих концентрациях (пары) относится ко 2 классу высоко опасных веществ, кумулятивные свойства не выражены [14].

Растворы с рабочей концентрацией 0,015 % (по активному хлору) могут вызывать сухость кожи при многократных аппликациях и не вызывают при ингаляционном воздействии раздражения верхних дыхательных путей. ПДК для хлора в воздухе рабочей зоны – 1 мг/м³.

В сахарном производстве традиционно используют хлорную известь, которую по степени воздействия на организм при попадании в желудок оценивают DL₅₀=850 мг/кг. Хлорная известь относится умеренно опасным веществам 3 класса опасности и 2 класса опасности по гигиеническим нормативам, что немного опаснее в сравнении с ДХЦН. ПДК в воздухе рабочей зоны составляет - 1 мг/м³ [14].

Хлорная известь - негорючее вещество, но при контакте может вызывать возгорание и усиление горения многих горючих веществ и материалов.

Формалин – дезинфицирующее средство, широко применяемое в свеклосахарном производстве для подавления микроорганизмов. Количество добавляемого формалина устанавливается исходя из микробиологической зараженности диффузионного сока. Расход колеблется от 0,015 % до 0,100 % к массе свеклы. По степени воздействия на организм человека формальдегид относится к высоко опасным веществам (2-й класс опасности). Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны - 0,5 мг/м³, что в 2 раза меньше в сравнении с хлорсодержащими препаратами, а, следовательно, опаснее. Применение его на производстве должно быть ограничено в целях обеспечения безопасности рабочего персонала и повышения качества вторичных продуктов производства – меласса, жом [14, 15]. Кроме того, формалин ухудшает технологические показатели: снижает чистоту сахарных растворов, повышает содержание солей кальция и цветность сахара.

Для комплексного антисептирования технологических потоков свеклосахарного производства используют “Бетасепт”. В состав препарата входят антибиотические вещества, нацеленные на уничтожение всего спектра микроорганизмов с усиленным действием к мезофильным и термофильным молочнокислым бактериям. Препарат с необходимой концентрацией вводится в 1, 2 и 3 зоны диффузионного аппарата и в сборник жомопрессовой воды. Действие препарата, с учетом экспериментальных данных, позволяет эффективно предотвратить бактериальное инфицирование только диффузионного сока. Особенностью данного препарата является узкий диапазон действия: рН 5,3 при температуре 70 °С, что препятствует использованию препарата на различных стадиях технологического процесса [75].

В сахарном производстве используется препарат “Нобак” на основе цитросайд - (2S,5R,6R)-3,3-диметил-7-оксо-6-[(фенилацетил)амино]-4-тиа-1-азабицикло [3,2,5] гептан-2-карбоксилат натрия и C₇H₅O₂Na. Значение рН 10 % водного раствора 7,5 ± 0,3. Нобак обладает антисептическими свойствами в отношении групп микроорганизмов: мезофилов, термофилов и слизиобразующих мезофилов, инфи-

цирующих сокостружечную смесь в диффузионном аппарате. Температурные условия среды применения должны быть в пределах +10...+80 °С, при этом препарат теряет свою активность при снижении значения рН ниже 3,0 или повышении рН выше 8,0, а также при кипячении [22, 67].

Актуальность применения хлорсодержащего препарата ДХЦН обусловлена его широким бактерицидным эффектом по отношению к мезофильным, термофильным, слизиобразующим группам микроорганизмов и плесневым грибам, низким значением ПДК для хлора в воздухе рабочей зоны – 1 мг/м³, относительной дешевизной, умеренной опасностью и активностью при технологических параметрах различных стадий процесса производства.

Данный препарат широко применим в различных сферах: в медицинских и образовательных учреждениях для обработки инвентаря и помещений; в пищевой промышленности в качестве дезинфицирующего средства при обработке внутренних поверхностей оборудования.

3.3 Механизм действия хлорсодержащего препарата ДХЦН

Рассматриваемый реагент является хлорсодержащим препаратом, оказывающим бактерицидное, фунгицидное, спороцидное действие, то есть способен вызывать гибель микроорганизмов, в том числе грибов и споровых форм.

Механизм действия препарата основан на высокой химической активности и высокой окислительной способности активного хлора, который образуется в водных растворах реагента. Биологические катализаторы (энзимы) являются наиболее чувствительной частью клетки. Они находятся внутри микробной клетки и защищены клеточной мембраной, поэтому биоциду необходимо проникнуть сквозь мембрану для проявления окислительных свойств.

Растворяясь в воде, хлор образует хлористоводородную и хлорноватистую кислоты. Вступая в реакцию с белковыми соединениями, они образуют соединения типа хлораминов и легко отдают атомарный хлор, который денатурирует бел-

ки и разрушает клеточные мембраны микробной клетки. Кроме этого, хлорноватистая кислота, разлагаясь, выделяет атомарный кислород, который окисляет ряд жизненно важных ферментов микробной клетки, приводящих к ее гибели [31].

При взаимодействии хлора с органическими веществами возможны реакции окисления (гуминовых веществ, спиртов и др.) и замещения (хлорирование фенолов и др.). Взаимодействие хлора с азотистыми органическими соединениями зависит от их природы. Хлор быстро взаимодействует с аминокислотами, медленнее с протеинами, пептонами, мочевиной и совсем не реагирует с гаптуровой кислотой. Соединения, содержащие аминогруппы (аминокислоты, протеины и др.), образуют с хлором органические хлорамины.

Химизм, связанный с проявлением окислительной способности ДХЦН, проявляется в водных растворах, после чего образуется натрия монохлоризоцианурат и хлорноватистая кислота ($HClO$) (рисунок 12).

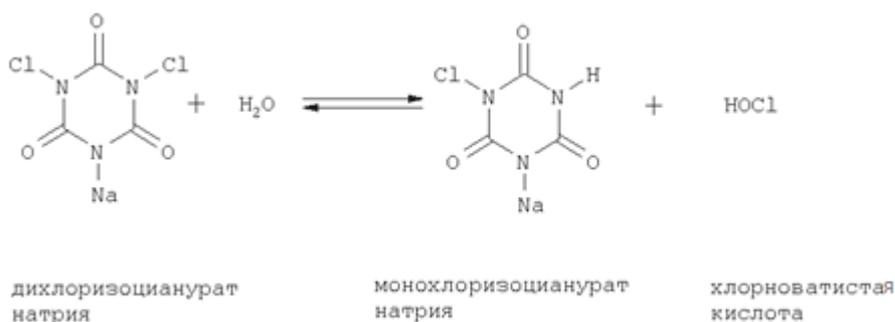
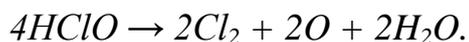


Рисунок 12 - Химизм взаимодействия ДХЦН с водой

Кислота неустойчива. Скорость и направление распада хлорноватистой кислоты зависит от условий.

В кислой среде при комнатной температуре идет медленная реакция:



В слабощелочных средах, особенно при повышенной температуре, идет реакция диспропорционирования с образованием хлорат-ионов:



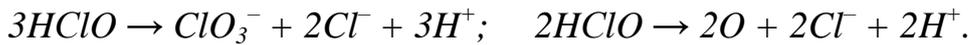
В сильнощелочной среде ($pH > 10$), когда гидролиз гипохлорит-иона подавлен, разложение происходит следующим образом:



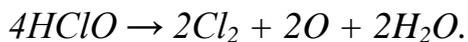
В среде со значением pH от 5 до 10, когда концентрация хлорноватистой кислоты в растворе заметно выше, разложение идет по следующей схеме:



При дальнейшем снижении pH, когда в растворе уже нет ионов ClO^- , разложение идет следующим путем:



В конце, когда pH раствора ниже 3, разложение будет сопровождаться выделением молекулярного хлора:



На обосновании вышеизложенного можно утверждать, что данное средство, благодаря содержанию активных окислителей, препятствует обмену веществ в микроорганизмах за счет осаждения протеинов, разрушения мембран клетки и ферментных систем. Это создает условия для быстрой гибели грибов, бактерий, плесени, что является предпосылкой для дальнейшего исследования с целью использования в сахарном производстве [33]. Используемые в настоящее время препараты не позволяют предотвратить проблемы в ходе технологического процесса, обусловленные неблагоприятным микробиологическим состоянием свеклосахарного производства.

3.4 Подбор концентрации реагента на основе определения бактерицидной активности на модельных средах

Микробная загрязненность сахарной свеклы способствует накоплению биомассы микроорганизмов при хранении и переработке и является причиной многих проблем при производстве сахара. Необходимо обеспечить подавление активной микрофлоры на начальном этапе свеклосахарного производства, чтобы избежать ее развития в свеклоперерабатывающем отделении завода и дальнейшего накопления на верстате завода.

При подборе рабочей концентрации необходимо учитывать не только бактерицидную способность реагента, но и его свойства, влияющие на качество соков и полупродуктов свеклосахарного производства.

Механизм действия ДХЦН состоит в том, что при ее растворении в воде образуется хлорноватистая кислота, которая затем разлагается в зависимости от среды на активный кислород или хлор. Эти вещества губительно действуют на клетки микроорганизмов: хлор является сильным окислителем и отнимает электролиты от органических веществ, в том числе входящих в бактериальную клетку. В результате воздействия хлорсодержащего дезинфицирующего вещества денатурируют белки бактериальной клетки, что вызывает ее гибель [1].

Для подбора рабочей концентрации хлорсодержащего реагента, позволяющей проявлять бактерицидные свойства и улучшать показатели полупродуктов, проводили параллельные исследования с трехкратными повторами.

Объектом исследования служила чистая культура бактерий *Leuconostoc mesenteroides* штамм В-4177, полученная из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ, г. Москва). Физиологически активную культуру *L. mesenteroides* вносили в селективную питательную среду, рекомендованную ВКПМ, инкубировали в термостате при температуре 37 °С в анаэробных условиях в течение 5 сут. Хлорсодержащий препарат вносили в питательную среду в количестве 10 % от общего объема среды с концентрациями 0,0375 – 0,0150 % к массе раствора. В качестве контроля использовали питательную среду без добавления препарата.

Эксперименты проводили в стерильных условиях, растворы реагента с разными концентрациями были обработаны УФ-облучателем.

Накопление биомассы *L. mesenteroides* контролировали нефелометрическим методом путем измерения оптической плотности питательной среды на разных этапах процесса культивирования. Рабочая длина волны (560) была выбрана в соответствии с положениями закона Ламберта – Бэра [63, 73]. Количественный анализ накопления биомассы бактерий проводили на фиксированных мазках по ме-

туду Виноградского-Шульгиной-Брида [31]. Метод предназначен для определения численности микроорганизмов в различных естественных субстратах.

Отбор суспензии биомассы производили по истечении 24 ч – время, когда было достигнуто максимальное количество клеток в питательной среде. Для подсчета клеток отбирали фиксированное количество исследуемой суспензии, наносили микропипеткой на обезжиренное сухое предметное стекло. К капле суспензии добавляли стерильный водный раствор агар-агара массовой долей 0,03 %, быстро перемешивали стерильной бактериологической петлей и равномерно распределяли по отмеченной на бумаге площади. Мазок высушивали на воздухе, фиксировали 20-30 мин 96 % спиртовым раствором и окрашивали красителем в течение определенного времени, препарат промывали водой. Подсчет клеток микроорганизмов проводили с иммерсионным объективом ($n \times 90$) и рассчитывали по формуле (3.1):

$$N = \frac{x \cdot 4 \cdot 10^8 \cdot K}{0,05 \cdot S}, \quad (3.1)$$

где x - число клеток в поле зрения, шт.; K – степень разведения суспензии; S - площадь поля зрения, $S = 0,02 \text{ мм}^2$; 0,05 - объем суспензии, см^3 ; $4 \cdot 10^8$ - площадь мазка, мкм^2 .

Результаты проведенных экспериментов представлены в таблице 9 и на рисунке 13 [35, 95].

Таблица 9 – Результаты накопления биомассы *L. mesenteroides* при различной концентрации бактерицидного агента

Массовая концентрация реагента, %	Количество клеток в 1 см^3 , шт.
0 (контроль)	$1,70 \cdot 10^{16}$
0,0325	$1,45 \cdot 10^{16}$
0,0750	$5,80 \cdot 10^{14}$
0,1500	$6,00 \cdot 10^{13}$

Экспериментально установлено, что в контрольном опыте содержание клеток составило $1,70 \cdot 10^{16}$, в опыте с введением ДХЦН в среду культивирования на два порядка ниже - $5,8 \cdot 10^{14}$.

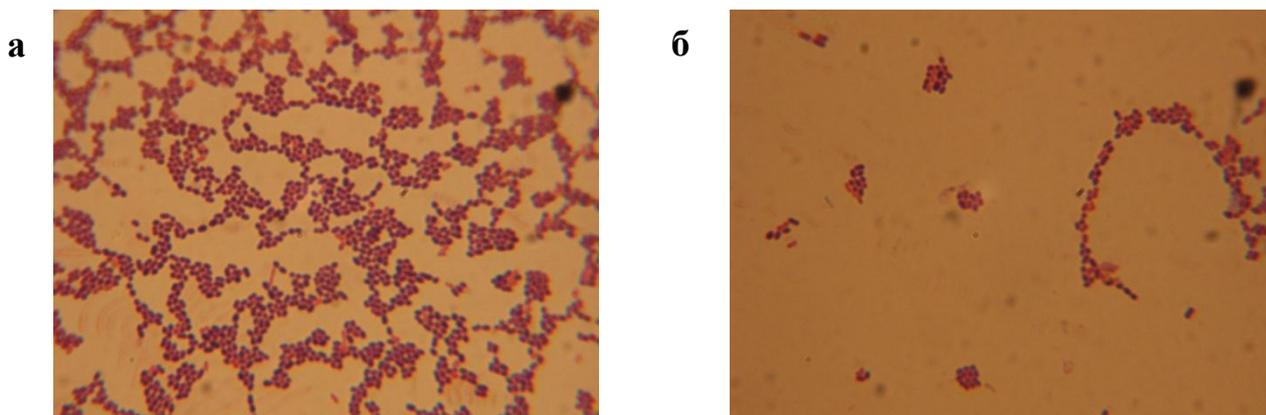


Рисунок 13 - Интенсивность роста бактерий *L.mesenteroides* штамм В-4177 (X1000): а – контроль, б – с введением раствора ДХЦН

Значения оптической плотности суспензий микроорганизмов приведены графически на рисунках 14, 15. Анализ полученных результатов показал, что увеличение биомассы микроорганизмов при введении хлорсодержащего препарата протекает с меньшей скоростью по сравнению с контролем. Так, через 24 ч культивирования оптическая плотность биомассы в контрольном образце в 1,6 раза превышала значения с минимальной концентрацией реагента и в 9,7 раза по сравнению с максимальной концентрацией [35, 95].

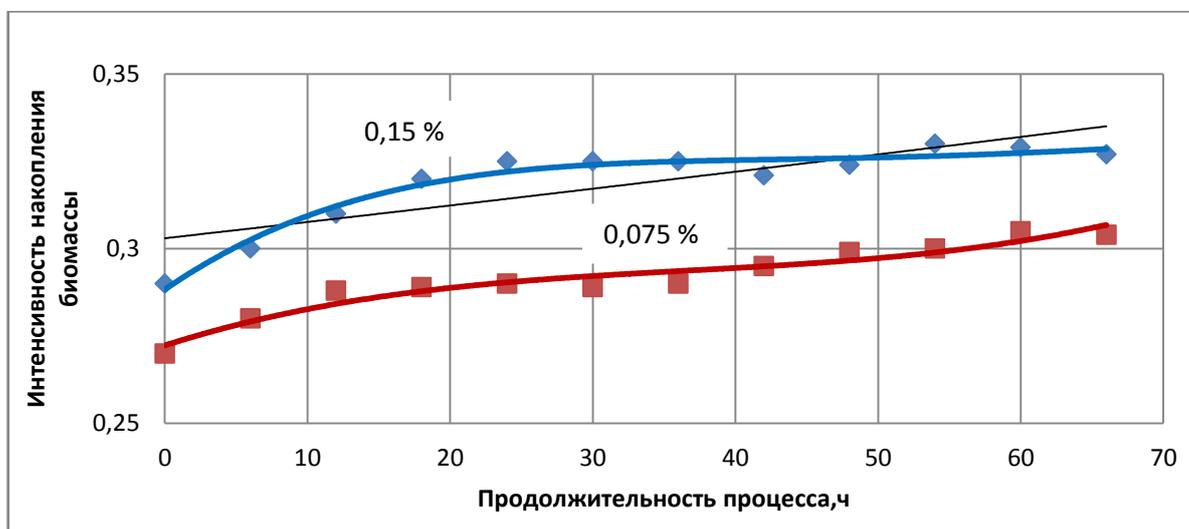


Рисунок 14 - Динамика оптической плотности суспензии микроорганизмов с концентрациями реагента 0,075 % и 0,15 %.

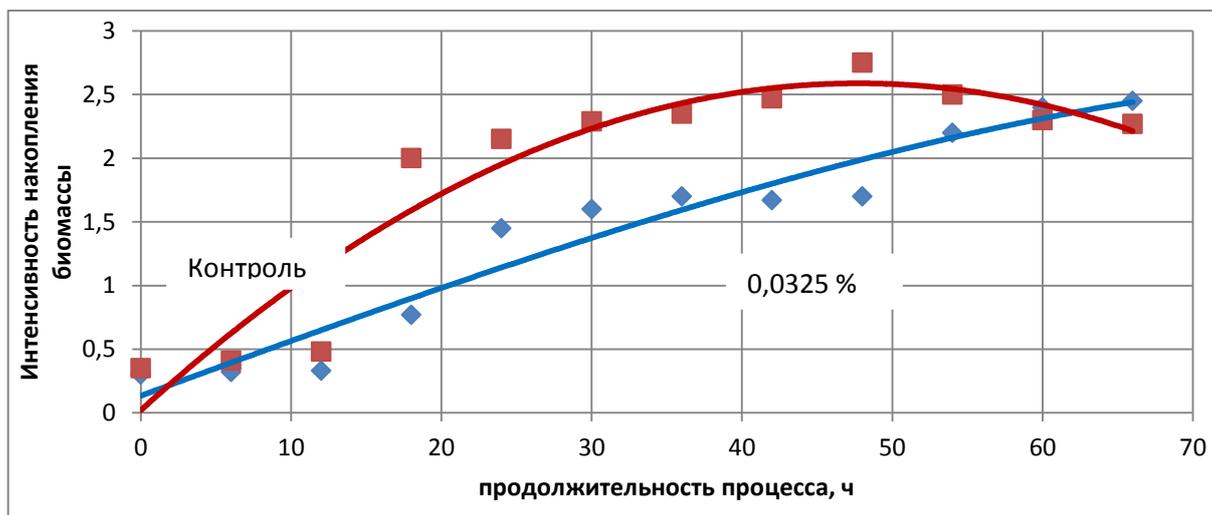


Рисунок 15 - Динамика оптической плотности суспензии микроорганизмов в контрольном образце и с концентрацией реагента 0,0325 %

Параметром, косвенно характеризующим интенсивность микробиологических процессов, служит активная кислотность суспензии, которую определяли по изменению рН среды через каждые 6 ч культивирования. Изменение рН среды является показателем трансформации сахаров в органические кислоты как конечные продукты метаболизма. В частности, *Leuconostoc mesenteroides* штамм В-4177 для синтеза декстрана выделяет ферменты, расщепляющие сахарозу.

Изучение динамики кислотообразования бактериальной культуры проводили параллельно с исследованием накопления биомассы (рисунки 16, 17)

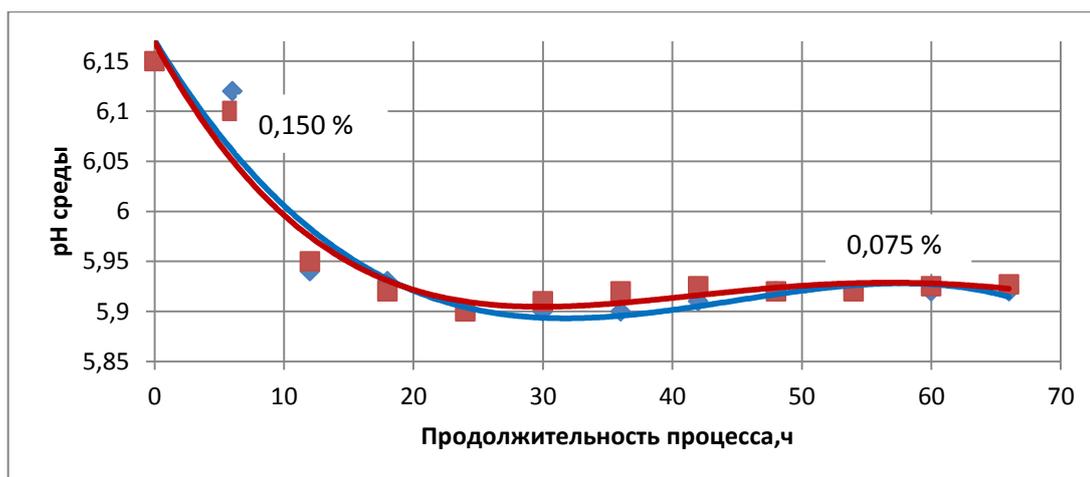


Рисунок 16 - Динамика рН среды при культивировании *L. mesenteroides* с концентрациями реагента 0,075 % и 0,150 %

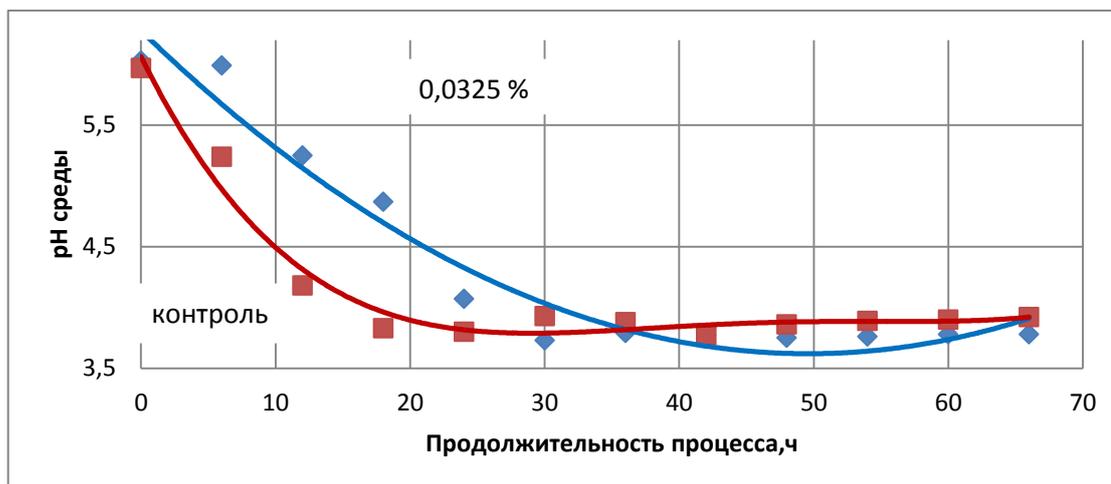


Рисунок 17 - Динамика pH среды при культивировании *L. mesenteroides* в контрольном образце и с концентрацией реагента 0,0325 %

Способность бактериальной культуры к кислотообразованию при отсутствии препарата в среде значительно выше. Это свидетельствует о снижении скорости роста и физиологических возможностей бактериальной культуры, выращенной с добавлением хлорсодержащего препарата.

Из результатов эксперимента можно сделать вывод, что хлорсодержащий препарат на основе ДХЦН в количестве 10 % обладает бактериостатическим действием в отношении грамположительных сапрофитных кокков *L. mesenteroides* и может быть рекомендован к использованию в условиях свеклосахарного производства [35]. Рациональной является концентрация рабочего раствора 0,075 %.

3.5 Оценка бактерицидных свойств препарата на производственных сахарных растворах

Бактерицидное действие препарата изучали путем определения количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМА-ФАНМ), относящиеся к группе санитарно-показательных микроорганизмов. В составе КМАФАНМ представлены различные таксономические группы микроорганизмов. Их общая численность свидетельствуют о санитарно-гигиеническом состоянии продукта, степени его обсемененности микрофлорой.

В качестве объекта исследования использовали диффузионный сок из сахарной свеклы, являющийся хорошей питательной средой для развития различных групп микроорганизмов. Диффузионный сок получали в лабораторных условиях и обрабатывали раствором реагента рабочей концентрации – 0,075 %.

Для определения бактерий, дрожжей и плесеней использовали среды: мясо-пептонный агар (МПА) с глюкозой, МПА и солодовое агаризованное сусло соответственно. Количественный подсчет выросших колоний проводили для бактерий и дрожжей после 72 ± 3 ч культивирования при температуре 30 ± 1 °С, для плесеней – через 120 ч при температуре 24 ± 1 °С (таблица 10, рисунки 18, 19) [11, 12].

Таблица 10 – Содержание различных групп микроорганизмов в диффузионном соке при использовании бактерицидного агента

Исследуемый продукт	Количество микроорганизмов, КОЕ в 1 см ³ среды		
	бактерии	дрожжи	плесени
Диффузионный сок (контроль)	$8 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^6$	$6,5 \cdot 10^5$
Диффузионный сок с реагентом	$2 \cdot 10$	Отсутствуют	$4 \cdot 10^2$

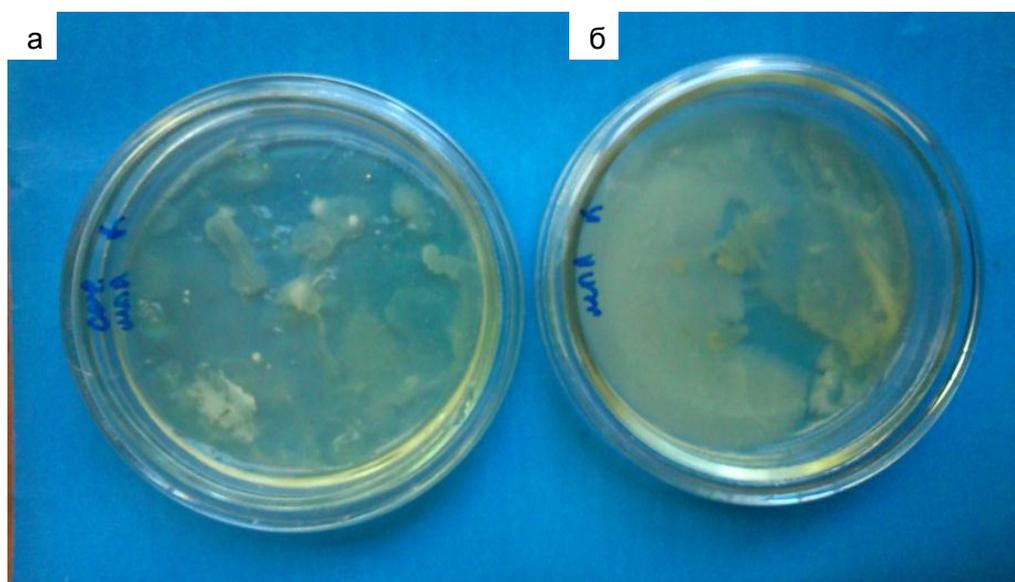


Рисунок 18 – Контрольный раствор: а) МПА с глюкозой; б) МПА

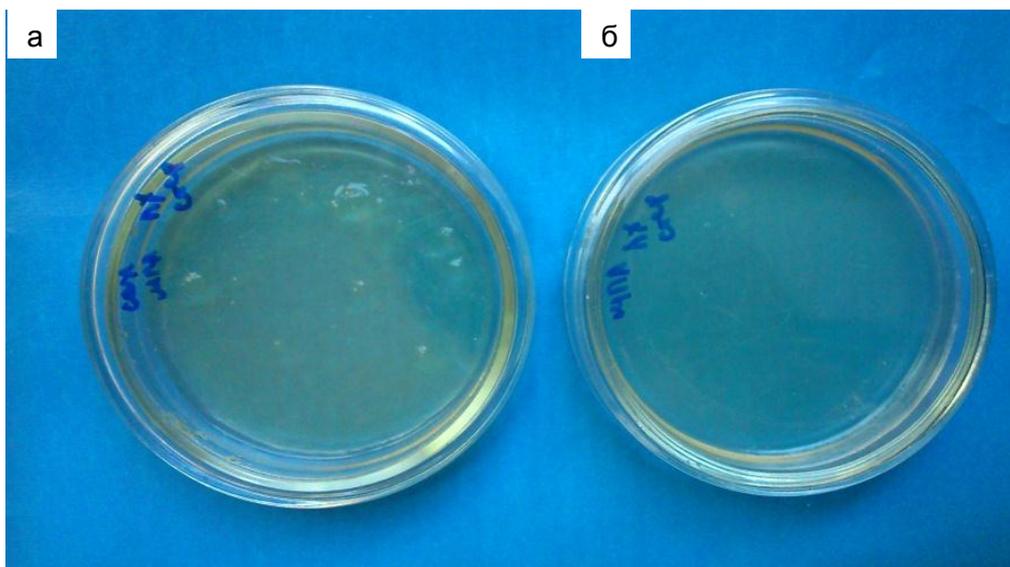


Рисунок 19 - Раствор с добавлением ДХЦН: а) МПА с глюкозой; б) МПА

Полученные результаты подтверждают бактерицидные свойства препарата, его широкий спектр действия и возможность использования в условиях свеклосахарного производства [37].

Для подтверждения бактериостатических свойств препарата исследована микробиологическая стабильность диффузионного сока, полученного из свекловичной стружки, обработанной ДХЦН с учетом подобранной по микробиологическим параметрам концентрации. Диффузионный сок получали в лабораторных условиях по 2 схемам:

1 – по типовому способу;

2 – с обработкой свекловичной стружки реагентом в количестве 10 % с концентрацией 0,075 % перед экстрагированием.

В стерильные колбы в соответствии со схемами опытов наливали диффузионный сок и выдерживали его в течение 10 ч при температуре 55-60 °С в термостате. Через каждые 2 ч отбирали пробы сока для определения рН, массовой доли сухих веществ и редуцирующих веществ (таблица 11).

Таблица 11 - Изменение показателей диффузионного сока, полученного различными способами, при термостатировании

Показатели сока	Начальные		После термостатирования 10 ч	
	без реагента	с реагентом	без реагента	с реагентом
pH ₂₀	6,69	6,50	3,82	4,87
Массовая доля сухих веществ, %	13,4	13,6	13,2	13,6
Массовая доля редуцирующих веществ, мг/см ³	0,022	0,014	0,178	0,070

Активность микроорганизмов в диффузионном соке, полученном с использованием ДХЦН при обработке стружки, в процессе термостатирования значительно ниже, чем в контрольном образце: падение рН в образце с реагентом составляет 1,63, у контрольного - 2,87; увеличение массовой доли редуцирующих веществ в диффузионном соке с реагентом 0,056 мг/см³, в контрольном образце - 0,156 мг/см³.

Повышение содержания редуцирующих веществ и падение рН свидетельствуют об увеличении разложения сахарозы с образованием продуктов, являющихся источником для образования солей кальция и красящих веществ. Соли кальция увеличивают вязкость растворов и снижают скорость кристаллизации сахарозы, увеличивая выход мелассы и потери сахарозы в производстве; красящие вещества ухудшают качество готовой продукции [42].

В данной главе обосновано и изучено влияние ДХЦН на микрофлору свеклосахарного производства с учетом подобранной концентрации и количества реагента. Определено влияние ДХЦН на накопление биомассы *L.mesenteroides* и КМАФАнМ, таким образом, исследования проведены с различными таксономическими группами микроорганизмов свеклосахарного производства.

ГЛАВА 4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ПУТЕМ ОБРАБОТКИ ЭКСТРАГЕНТА

В комплексе мер по повышению эффективности производства сахара важную роль отводят экстракции. Степень совершенствования этого процесса во многом определяет условия проведения последующих технологических операций и отражается на эффективности производства сахара в целом [62].

Сохранение качества воды при её использовании в технологических процессах предприятий пищевой промышленности является актуальной проблемой на сегодняшний день. При техническом нормировании качества воды необходимо учитывать, что она не должна нарушать санитарно-гигиеническое состояние рабочих мест и технологический регламент производства в соответствии с государственными стандартами и санитарно-эпидемиологическим контролем [47].

Решение этой задачи применительно к сахарному производству заключается в сокращении потребления природной воды для проведения диффузии за счет использования имеющихся в свеклосахарном производстве избыточных аммиачных конденсатов и организации возврата жомопрессовой воды (ЖПВ), однако все имеющиеся схемы подготовки экстрагента недостаточно эффективны и требуют больших капитальных затрат [63].

Обеспечение минимального перехода нес сахаров из свекловичной стружки в диффузионный сок в процессе экстрагирования сахарозы – один из важных способов повышения эффективности сахарного производства. Решение этой проблемы возможно путем совершенствования процесса подготовки питающей воды с учетом использования дополнительных химических реагентов.

При выборе методов обработки питающей воды для экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки необходимо решать задачу не только достижения положительного эффекта очистки сока, но и получения благополучного по микробиологическим показателям экстрагента [51].

Возможными проблемами в процессе экстрагирования являются падение рН сока в диффузионном аппарате, интенсивное развитие микрофлоры, высокие потери сахарозы в отжатом жоме, низкая степень извлечения сахарозы из стружки и др. В настоящее время существует большое количество разных вариантов подготовки питающей воды для диффузионных аппаратов. Эффективность данных способов определяется механизмом воздействия применяемых реагентов на сопутствующие загрязнения и микрофлору воды.

Питательная вода должна соответствовать следующим требованиям: реакция среды слабокислая (величина рН очищенной воды 5,7-6,0); температура не ниже 70 °С (при переработке здоровой свеклы); содержание мезги после фильтрования на мезголовушках не более 1,0-1,5 г/дм³; чистота воды не менее 65-70 %; тщательная деаммонизация аммиачных конденсатов с эффектом удаления аммиака 80–90 %. При этом вода не должна являться источником вторичного микробиологического и химического загрязнения диффузионного сока.

На сахарных заводах комбинированное подкисление и стерилизация питающей воды осуществляются сернистым ангидридом (SO₂) в оросительных или струйных инжекторных сульфитаторах. Использование инжекторов-сульфитаторов возможно только при стабильном потоке воды в инжектор, так как незначительное снижение подачи воды не позволяет добиться достаточного подкисления барометрической воды. Расход серы на обработку барометрической воды для диффузионных аппаратов составляет 10-20 кг на 100 т перерабатываемой свеклы.

Барометрическую воду для очистки перед экстрагированием сахарозы можно обрабатывать гипсом (до 50 кг на 100 т свеклы), неаммонизированным суперфосфатом (до 30-50 кг на 100 т свеклы), сернокислым глиноземом (до 30 кг на 100 т свеклы).

Аммиачная вода по своему составу наиболее пригодна для использования в качестве питательной воды для диффузионных установок, так как практически стерильна и не содержит растворимых компонентов, за исключением аммиака,

обуславливающего рН воды около 11. Наличие в питательной воде аммиака способствует переходу пектиновых веществ в диффузионный сок, что снижает чистоту диффузионного сока, ухудшает фильтрационные свойства сока на стадии дефекосатурации.

Входящая в состав экстрагента свежая вода содержит большое количество микроорганизмов, что требует применения еще одного дополнительного реагента – формалина для предотвращения инфицирования сокостружечной смеси. Обработка свежей воды сернистым ангидридом до рН 2,0–2,5 обеспечивает глубокую стерилизацию. Однако установлено повышение химической коррозионной активности среды при незначительном снижении содержания микроорганизмов в питательной воде.

Проанализировав возможные способы обработки экстрагента химическими реагентами, определено, что известные и общепринятые способы подготовки питательной воды и ЖПВ для процесса диффузии не эффективны для обеспечения хороших микробиологических показателей. При этом протекает инверсия сахарозы с образованием редуцирующих веществ, повышается содержание соединений, негативно влияющих на качество и выход готовой продукции.

4.1 Выбор параметров бактерицидного реагента для обработки экстрагента

В качестве бактерицидного препарата для обработки экстрагента предлагается использовать хлорсодержащий реагент на основе ДХЦН. В процессе исследования необходимо проанализировать действие препарата в условиях свеклосахарного производства, определить оптимальную рабочую концентрацию, температуру и количество раствора реагента, его влияние на качественные показатели диффузионного и очищенного соков.

Для выбора рациональной концентрации бактерицидного агента использовали водные растворы ДХЦН массовой долей 0,0325 - 0,1500 %. Данные значения были установлены в процессе исследования бактерицидных свойств препарата.

Растворы реагента массовой долей 0,1500; 0,100; 0,0750; 0,050; 0,0325 % смешивали с конденсатом в соотношении 10 % раствора реагента и 90 % конденсата, подогревали до температуры 70 °С. Подготовленный экстрагент использовали для извлечения сахарозы из свекловичной стружки в процессе диффузии при температуре 70-72 °С в течение 60 мин при перемешивании. Параллельно проводили диффузию с использованием конденсата при тех же условиях. Отделяли диффузионный сок, охлаждали до температуры 20 °С, определяли качественные показатели полученного сока (таблица 12, рисунок 20).

Таблица 12 – Показатели диффузионного сока при выборе концентрации раствора реагента

Показатели	Классическая диффузия	Массовая доля реагента в экстрагенте, %				
		0,00325	0,00500	0,00750	0,01000	0,01500
СХ/СВ × 100, %	87,1	87,8	88,3	89,0	88,8	88,7
Содержание несахаров, %	1,9	1,8	1,7	1,6	1,7	1,7
Массовая доля белков, мг/см ³	0,448	0,385	0,377	0,368	0,371	0,372

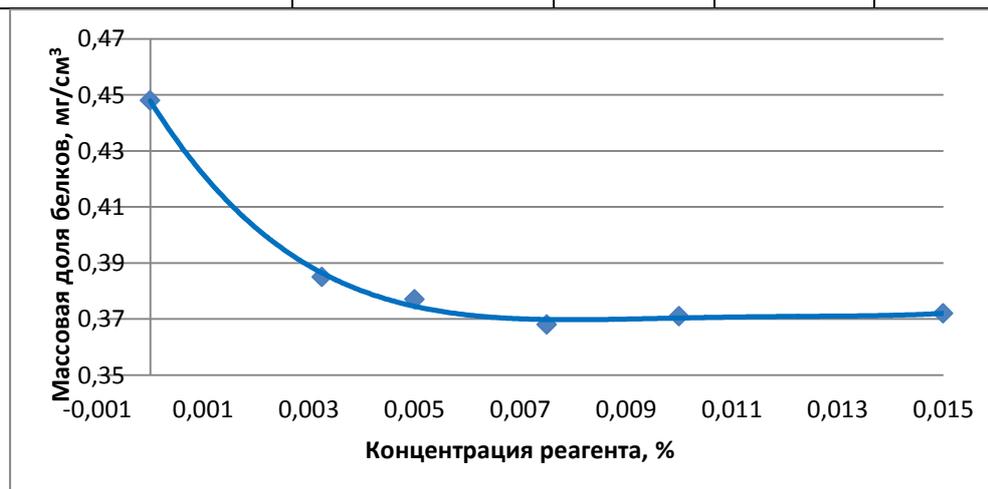


Рисунок 20 - Зависимость содержания белков в диффузионном соке от концентрации раствора ДХЦН при обработке экстрагента

Анализ полученных данных показал, что при обработке экстрагента раствором ДХЦН чистота диффузионного сока увеличивается на 1,2-1,9 %, содержание белков снижается на 18-20 %. Повышение качественных показателей диффузионного сока объясняется разложением реагента с образованием химически активных соединений, которые препятствуют развитию микрофлоры и блокируют переход несахаров из свекловичной ткани в экстрагент.

Пробы полученного диффузионного сока подвергали известково-углекислотной очистке, включающей предварительную дефекацию при температуре 55-60 °С продолжительностью 15 мин с постепенным добавлением известкового молока ($\rho=1,19 \text{ г/см}^3$) до значений pH сока 10,8-11,6. Далее проводили теплогорячую основную дефекацию с расходом оксида кальция (CaO) 2,0 % к массе диффузионного сока в течение 20 мин на теплой ступени при температуре 60 °С и 10 мин на горячей ступени при температуре 85 °С, обработку сатурационным газом при температуре 90 °С до pH 11,0-11,2, отделение осадка фильтрованием. Фильтрат подвергали горячей дефекации при температуре 95 °С добавлением 0,3 % CaO к массе сока в течение 5 мин и обрабатывали сатурационным газом (II сатурация) до pH сока 9,0-9,5. Полученный очищенный сок фильтровали, охлаждали до температуры 20 °С, определяли чистоту, цветность и массовую долю солей кальция (таблица 13, рисунки 21-23).

Таблица 13 – Показатели очищенного сока при различных концентрациях ДХЦН в экстрагенте

Показатели	Без ДХЦН (типовая)	Концентрация ДХЦН в экстрагенте, %				
		0,00325	0,00500	0,00750	0,01000	0,01500
СХ/СВ × 100, %	90,1	91,5	91,8	92,1	92,0	91,9
Содержание несахаров, %	1,5	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2
Цветность, ед. опт. плот.	560,3	521,3	510,9	500,0	497,8	490,1
Массовая доля солей кальция, % CaO	0,046	0,044	0,041	0,034	0,037	0,038

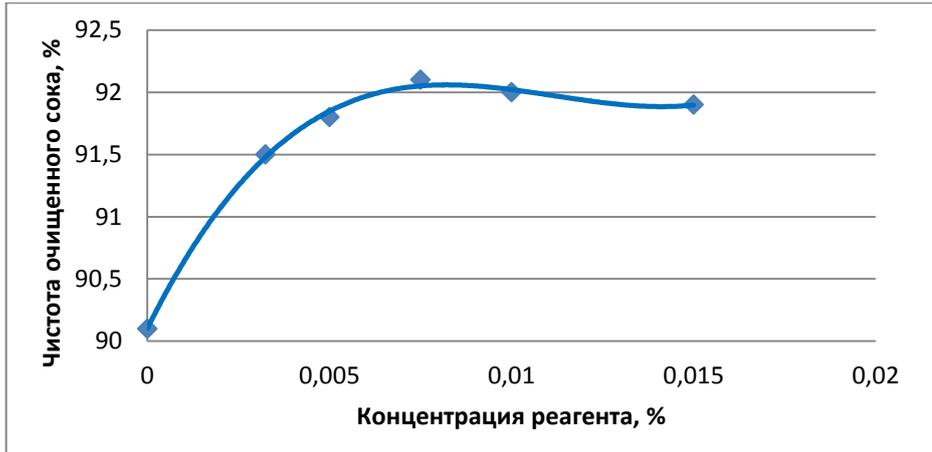


Рисунок 21 - Зависимость чистоты очищенного сока от концентрации раствора бактерицидного агента

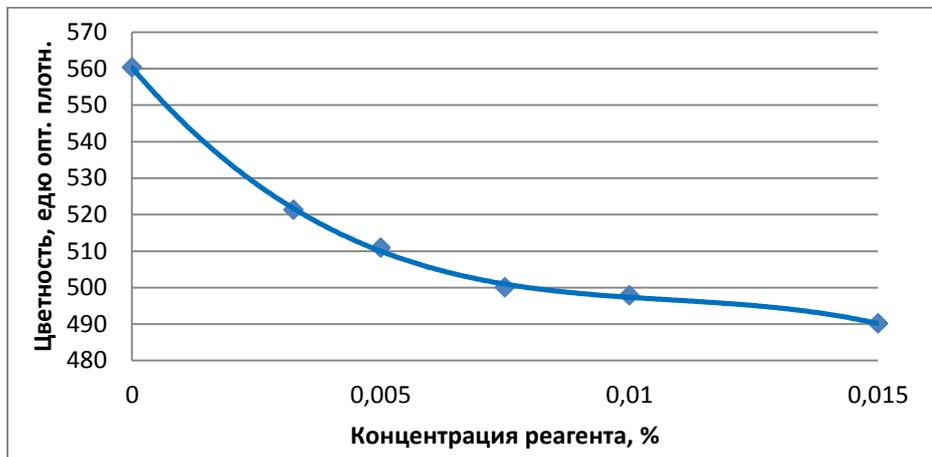


Рисунок 22 - Зависимость цветности сока от концентрации раствора ДХЦН

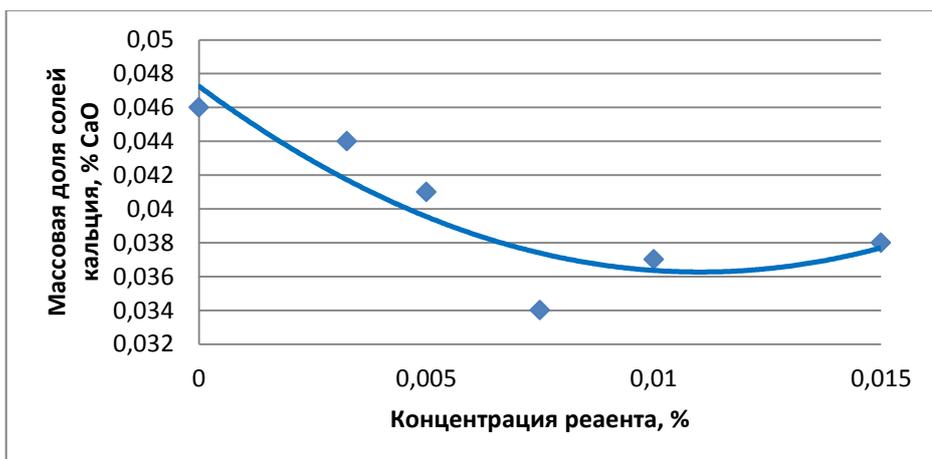


Рисунок 23 - Зависимость содержания солей кальция в очищенном соке от концентрации раствора ДХЦН, применяемого на диффузии

Анализируя полученные значения показателей очищенного сока, можно сделать вывод, что лучшие значения обеспечиваются при концентрации реагента 0,0075 %. Высокое значение чистоты очищенного сока является следствием того, что в процессе очистки диффузионного сока продолжается действие химически активных соединений, образовавшихся на диффузии. Снижение цветности очищенного сока обусловлено способностью активного хлора, как окислителя, блокировать накопление красящих веществ в процессе очистки диффузионного сока.

Учитывая вышеизложенное можно утверждать, что хлорсодержащий препарат при добавлении его в экстрагент с концентрацией раствора 0,075 % оказывает положительное влияние на качественные показатели диффузионного и очищенного соков.

Для определения рационального количества добавляемого реагента перед проведением диффузии экстрагент обрабатывали раствором ДХЦН массовой долей 0,075 % в количестве 10, 20 и 30 %. Технологическая схема проведения процессов диффузии и очистки соков аналогична вышеизложенной. Результаты проведенного исследования представлены в таблицах 14, 15 и на рисунках 24-26.

Таблица 14 – Показатели диффузионного сока при выборе количества раствора ДХЦН для обработки экстрагента

Показатели	Классическая диффузия	С обработкой экстрагента раствором ДХЦН в количестве, %		
		10	20	30
СХ/СВ × 100, %	85,8	87,1	87,3	87,4
Содержание несугаров, %	2,2	1,9	1,9	1,9
Массовая доля белков, мг/см ³	0,585	0,505	0,502	0,500
Содержание редуцирующих веществ, %	0,0978	0,031	0,035	0,036

Из полученных данных следует, что с увеличением количества реагента, используемого для подготовки питающей воды, соотношение сахара : сухие

вещества диффузионного сока увеличивается, а массовая доля белка незначительно снижается. Минимальное содержание редуцирующих веществ соответствует добавлению раствора реагента в экстрагент в количестве 10 %. Таким образом, добавление раствора реагента в количестве 10 % при обработке экстрагента достаточно для достижения хороших показателей на диффузии.

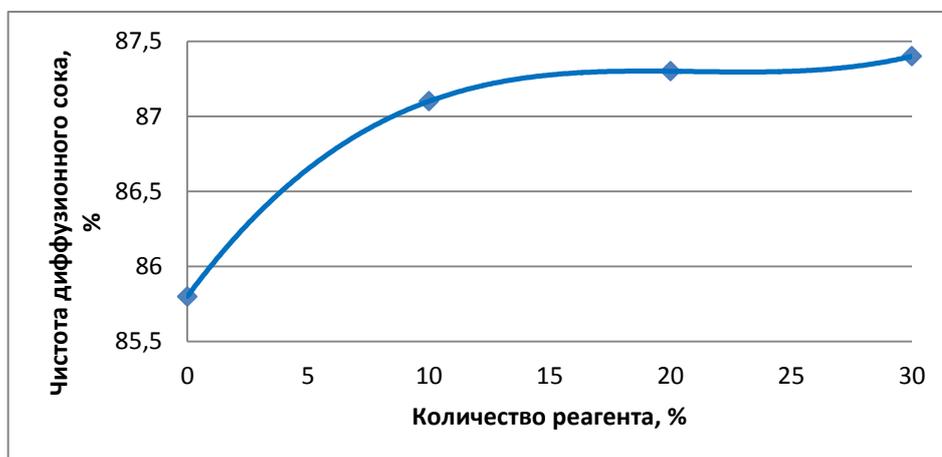


Рисунок 24 - Влияние количества раствора реагента на чистоту диффузионного сока

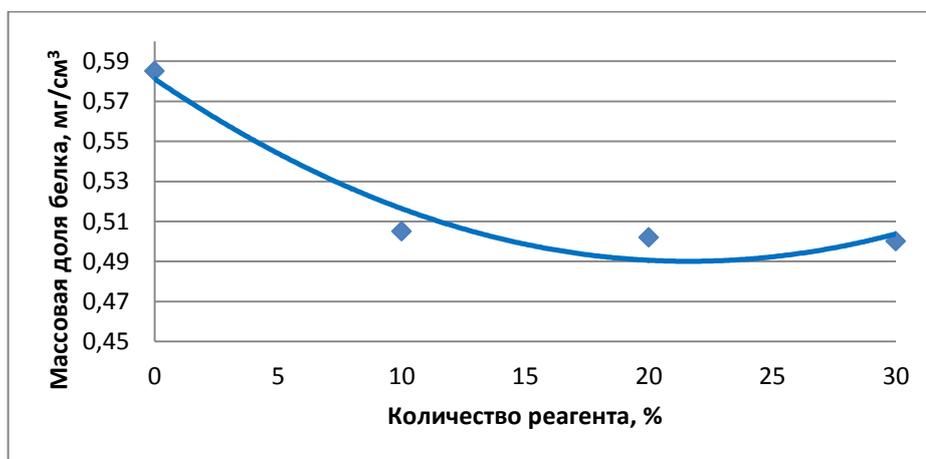


Рисунок 25 – Влияние количества раствора ДХЦН на содержание белков в диффузионном соке

В соответствии с подобранными количеством и концентрацией реагента для обработки экстрагента определяли содержание α -аминного азота в полупродуктах сахарного производства (таблица 15).

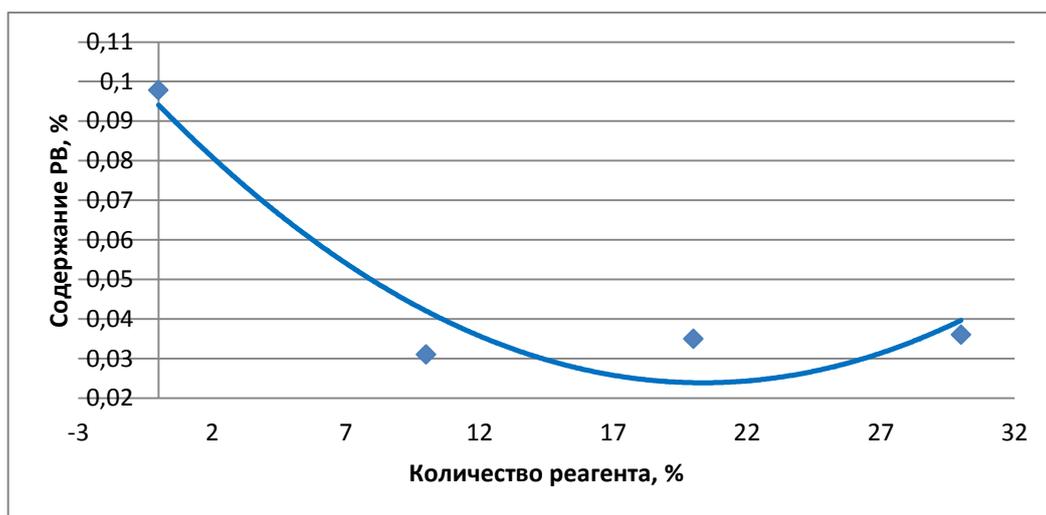


Рисунок 26 - Зависимость содержания редуцирующих веществ в диффузионном соке от количества раствора реагента

Таблица 15 – Содержание α -аминного азота в диффузионном и очищенном соках в зависимости от способа подготовки экстрагента

Полупродукт	Содержание α -аминного азота, мг/см ³	
	без обработки экстрагента	с обработкой экстрагента ДХЦН
Диффузионный сок	1,8	1,6
Очищенный сок	1,7	1,4

Анализ полученных данных свидетельствует, что происходит снижение содержания α -аминного азота при использовании ДХЦН в количестве 0,0075 %. Это обусловлено подавлением микрофлоры, продуцирующей протеолитические ферменты. В полупродуктах снижается содержание растворимых форм азота, которые повышают цветность и содержание солей кальция. Это положительно влияет на ведение технологического процесса. При повышенном содержании α -аминного азота происходит снижение щелочности в выпарной установке и повышается риск разложения сахарозы.

Важным показателем качества при производстве сахара является содержание золы в полупродуктах. Определение содержания золы в сахарных растворах проводили методом прямой кондуктометрии с использованием калибровочного графика [5]. Результаты исследований представлены на рисунке 27.

Механизм бактерицидного действия хлора и его кислородсодержащих соединений заключается во взаимодействии с составными частями микробной клетки, в первую очередь с ферментами. Потеря биологической активности ферментов может происходить в результате реакций окисления, хлорирования, замещения. Такие изменения в структуре ферментов ведут к нарушению обмена веществ в клетках микроорганизмов и их отмиранию. Результатом снижения микробиологической активности в процессе экстрагирования является снижение содержания редуцирующих веществ в диффузионном соке как продуктов разложения сахарозы, повышение его чистоты.

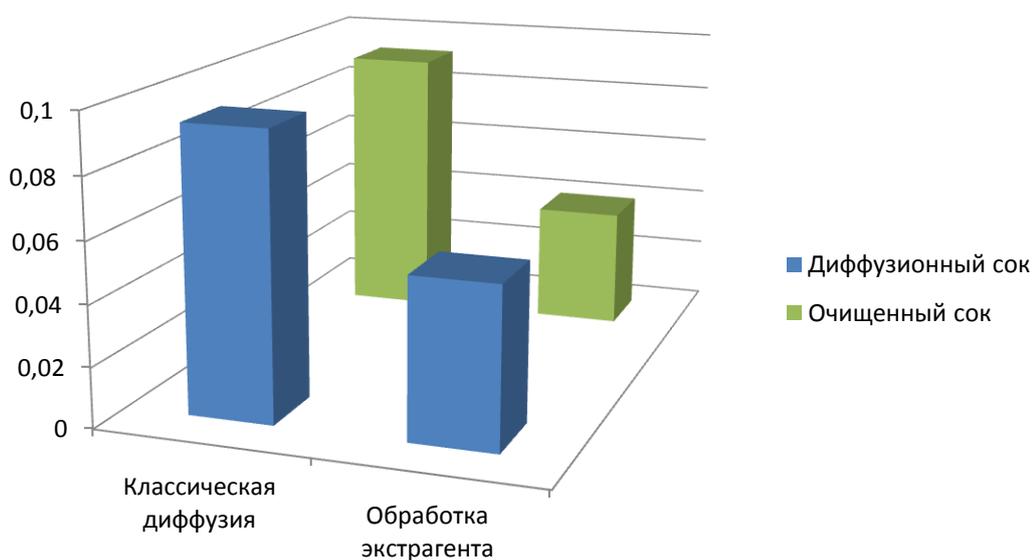


Рисунок 27 – Содержание золы кондуктометрической в соках при получении диффузионного сока по типовой схеме и с обработкой экстрагента ДХЦН

Проявление препаратом такого эффекта объясняется высокой химической активностью и окислительной способностью активного хлора, который образуется в водных растворах реагента.

На первом этапе взаимодействия ДХЦН ($C_3O_3N_3Cl_2Na$) с водой образуется натрия монохлоризоцианурат и хлорноватистая кислота ($HClO$) [57]. Кислота хлорноватистая неустойчива:



Натриевая соль монохлоризоциануровой кислоты ($C_3O_3N_3ClNa$) при дальнейшем взаимодействии с водой образует изоцианурат натрия ($C_3O_3N_3Na$) и хлорноватистую кислоту. Таким образом, происходит постепенное высвобождение активного хлора.

Выбранный нами реагент не вызывает коррозии металлических изделий, обладает отбеливающим действием [44]. Бактериостатические, спороцидные и фунгицидные свойства были подтверждены экспериментально.

Качественные показатели очищенного сока представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Показатели очищенного сока в зависимости от количества раствора ДХЦН для подготовки экстрагента

Показатели	Без обработки	С обработкой экстрагента раствором ДХЦН в количестве, %		
		10	20	30
СХ/СВ × 100, %	90,2	91,9	91,5	91,7
Содержание несахаров, %	1,4	1,1	1,2	1,1
Цветность, ед. опт. плот.	467,9	430,1	445,4	448,8

В свеклосахарном производстве очистку диффузионного сока от несахаров проводят введением известкового молока. Оптимальными условиями осаждения несахаров является значение рН 10,8-11,4 на стадии преддефекации и рН 12,3-12,4 на стадии основной дефекации, температура при этом может достигать 85-88 °С. В этих жестких условиях моносахариды, присутствующие в соке, претерпевают эпитимеризацию, а фруктоза может превращаться в глюкозу, маннозу, другие изомеры (психозу) [95]. В жестких условиях пиримидиновые соединения взаимодействуют со щелочью с образованием моноугольной кислоты, которая в щелочной среде разлагается на угольную кислоту и аммиак. Следовательно, предлагаемая нами соль в условиях известково-углекислотной очистки полностью разлагается до безвредных соединений.

Таким образом, обработка экстрагента раствором ДХЦН в количестве 10 % является рациональной и экономически целесообразной. Увеличение количества и концентрации раствора бактерицидного реагента не повышает эффективность процесса.

Для проверки соответствия результатов измерений закону нормального распределения и исключения случайных грубых погрешностей измерений проводили оценку воспроизводимости результатов опытов по критерию Кохрена. В таблицах 17–20 представлены средние значения показателей качества диффузионного и очищенного соков.

Таблица 17 – Влияние концентрации раствора реагента для обработки экстрагента на показатели диффузионного сока

Показатели	Без ДХЦН (типовая)	Концентрация ДХЦН в экстрагенте, %				
		0,00325	0,00500	0,00750	0,01000	0,01500
СХ/СВ × 100, %	90,1	91,5	91,8	92,1	92,0	91,9
Содержание несахаров, %	1,4	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1

Таблица 18 – Значения СХ/СВ (%) в зависимости от концентрации раствора ДХЦН для обработки экстрагента, полученные по результатам серий опытов

Концентрация реагента, %	Y _{j1}	Y _{j2}	Y _{j3}	\bar{y}_j	S _j ²
Типовая схема (0)	87,1	87,3	87,0	87,13	233,5 · 10 ⁻³
0,00325	87,8	87,81	87,78	87,79	30,0 · 10 ⁻³
0,00500	88,3	88,29	88,31	88,30	10,0 · 10 ⁻³
0,07500	89,3	89,39	89,41	89,36	35,0 · 10 ⁻³
0,01000	88,8	88,7	88,83	88,77	4,7 · 10 ⁻³
0,01500	88,7	88,76	88,82	88,76	36,0 · 10 ⁻³

Обработку экспериментальных данных начинали с определения для каждой серии параллельных опытов среднего арифметического значения по формуле:

$$\bar{Y}_j = 1/k \sum_{i=1}^k y_{ji} \quad (5.1)$$

где k – количество параллельных опытов, проведенных в одинаковых условиях;

j – номер опыта ($j=1,2,\dots, N$);

i – номер параллельного опыта ($i=1,2,\dots, k$).

$$\bar{Y}_1=(87,1+87,3+87,0)/3=87,13;$$

$$\bar{Y}_2=(87,8+87,81+87,78)/3=87,79;$$

$$\bar{Y}_3=(88,3+88,29+88,31)/3=88,3;$$

$$\bar{Y}_4=(89,3+89,31+89,41)/3=89,36;$$

$$\bar{Y}_5=(88,8+88,7+88,83)/3=88,77;$$

$$\bar{Y}_6=(88,7+88,76+88,82)/3=88,76.$$

Оценку дисперсии для каждой серии параллельных опытов вычисляли по формуле:

$$S_j^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{j-1}^k (y_{ji} - \bar{y}_j)^2 \quad (5.2)$$

$$S^2_1=1/2((87,1-87,13)^2+(87,3-87,13)^2+(87,0-87,13)^2)=233,5 \cdot 10^{-3};$$

$$S^2_2=1/2((87,8-87,79)^2+(87,81-87,79)^2+(87,78-87,79)^2)=30,0 \cdot 10^{-3};$$

$$S^2_3=1/2((88,3-88,3)^2+(88,29-88,3)^2+(88,31-88,3)^2)=10,0 \cdot 10^{-3};$$

$$S^2_4=1/2((89,3-89,36)^2+(89,39-89,36)^2+(89,41-89,36)^2)=35,0 \cdot 10^{-3};$$

$$S^2_5=1/2((88,8-88,77)^2+(88,7-88,77)^2+(88,83-88,77)^2)=4,7 \cdot 10^{-3};$$

$$S^2_6=1/2((88,7-88,76)^2+(88,76-88,76)^2+(88,82-88,76)^2).$$

Для проверки воспроизводимости опытов находили отношение наибольшей из оценок дисперсии к сумме всех оценок дисперсий (расчетное значение критерия Кохрена):

$$G_p = \frac{\max S_j^2}{\sum_{j-1}^N S_j^2} \quad (5.3)$$

$$G_p=233,5 \cdot 10^{-3}/(233,5 \cdot 10^{-3}+30,0 \cdot 10^{-3}+10,0 \cdot 10^{-3}+35,0 \cdot 10^{-3}+4,7 \cdot 10^{-3}+3,6 \cdot 10^{-3}) = 0,299.$$

Табличное значение критерия Кохрена $G_T=0,616$ при доверительной вероятности $P=0,95$, общем количестве оценок дисперсии $N=6$, числе степеней свободы $f=2$, ($f=k-1$). Опыты считаются воспроизводимыми, а оценки дисперсии – однородными при выполнении условия $G_p < G_T$. Так как расчетное значение критерия Кохрена меньше табличного ($0,299 < 0,616$) – опыты воспроизводимы [23].

Таблица 19– Влияние количества раствора ДХЦН для обработки экстрагента на показатели очищенного сока

Показатели	Без обработки	С обработкой раствором ДХЦН в количестве, %		
		10	20	30
СХ/СВ × 100, %	85,8	87,1	87,3	87,4
Содержание несахаров, %	2,1	1,9	1,9	1,9

Таблица 20 –Значения СХ/СВ (%) в зависимости от количества добавляемого раствора реагента, полученные по результатам серий опытов

№	Количество реагента, %	Y_{j1}	Y_{j2}	Y_{j3}	Y_{j4}	\bar{Y}_j	S_j^2
1	Типовая схема (0)	85,80	86,0	85,92	85,60	85,83	$45,40 \cdot 10^{-3}$
2	10	87,10	87,57	87,34	87,73	87,43	$113,30 \cdot 10^{-3}$
3	20	87,30	87,20	87,50	87,40	87,35	$25,00 \cdot 10^{-3}$
4	30	87,40	87,49	87,46	87,50	87,46	$3,05 \cdot 10^{-3}$

Обработку экспериментальных данных проводили по формулам 5.1–5.3.

$$G_p = 113,3 \cdot 10^{-3} / (45,40 \cdot 10^{-3} + 113,30 \cdot 10^{-3} + 25,00 \cdot 10^{-3} + 3,05 \cdot 10^{-3}) = 0,606$$

Табличное значение критерия Кохрена $G_T = 0,684$ при доверительной вероятности $P = 0,95$, общем количестве оценок дисперсии $N = 4$, число степеней свободы $f = 3$, ($f = k - 1$). Опыты считаются воспроизводимыми, а оценки дисперсии – однородными при выполнении условия $G_p < G_T$. Так как расчетное значение критерия Кохрена меньше табличного ($0,606 < 0,684$) – опыты воспроизводимы [23].

4.2 Изучение целесообразности ошпаривания свекловичной стружки перед экстрагированием сахарозы при использовании ДХЦН

Значимость ошпаривания стружки перед экстрагированием сахарозы обусловлена тем, что позволяет подогреть ее до оптимальной температуры – $70 \text{ }^\circ\text{C}$ до

поступления в диффузионный аппарат. Это исключает интенсивное развитие микроорганизмов, вызывающих разложение сахарозы, в первых секциях аппарата. С точки зрения экономии энергоносителей в аппарат поступает уже нагретая стружка, однако увеличивается расход греющего пара, направляемого на станцию экстрагирования, и расход топлива, затрачиваемого на получение греющего пара.

В экспериментах сравнивали способы с предварительным ошпариванием стружки и без ошпаривания (таблица 21, рисунки 28-29). Экспериментальная схема проведения диффузии и очистки соков, приведенная в разделе 5.1, отличается дополнением ошпаривания стружки паром температурой 100 °С.

Таблица 21 – Сравнение способов с ошпариванием и без ошпаривания стружки при использовании бактерицидного агента

Показатели	Классическая диффузия	С раствором бактерицидного агента	
		с ошпариванием	без ошпаривания
Диффузионный сок			
СХ/СВ × 100, %	87,9	89,0	89,9
Содержание несахаров, %	1,8	1,6	1,5
Массовая доля белков, мг/см ³	0,5	0,53	0,45
Очищенный сок			
СХ/СВ × 100, %	91,2	93,0	92,3
Содержание несахаров, %	1,3	1,0	1,1
Цветность, %	231,1	223,2	221,8
Соли кальция, % СаО	0,032	0,029	0,023

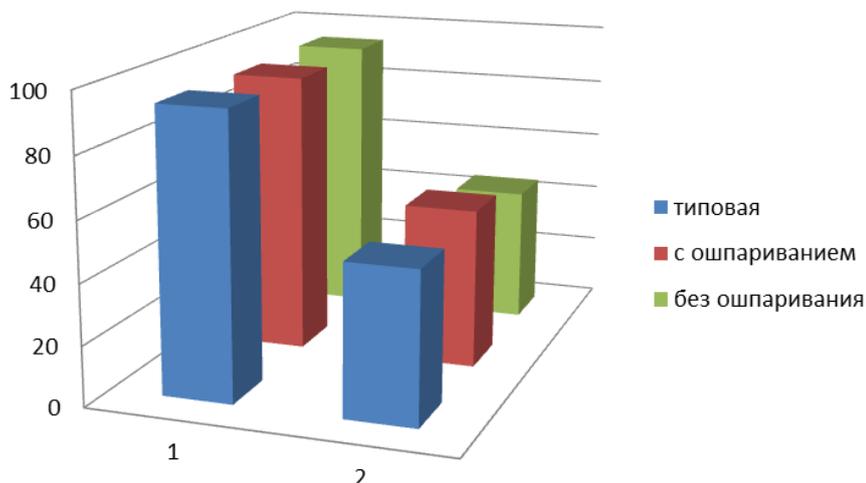


Рисунок 28 - Показатели диффузионного сока при различных способах обработки стружки перед экстрагированием: 1 – чистота, %; 2 – массовая доля белка · 10², мг/см³

Анализ полученных результатов показал, что предложенный способ с применением ошпаривания не дал значительных положительных изменений качественных показателей диффузионного и очищенного соков, поэтому применение ошпаривания с точки зрения технологического процесса при использовании бактерицидного агента для обработки стружки является нецелесообразным.

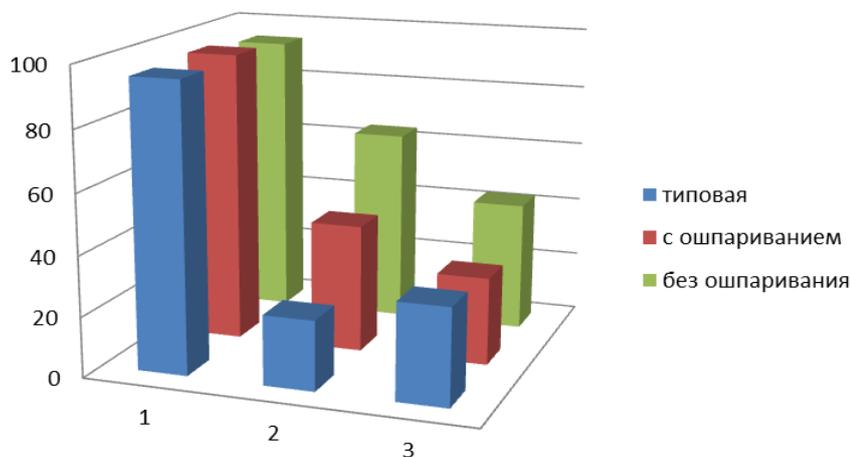


Рисунок 29 - Показатели очищенного сока в способах с ошпариванием и без ошпаривания свекловичной стружки: 1 – чистота, %; 2 - цветность · 10⁻¹, ед. опт. плот; 3 – соли кальция · 10³, % CaO

Ошпаривание свекловичной стружки целесообразно проводить в холодный период, когда в переработку поступает замороженная свекла. Быстрый предвари-

тельный нагрев свекловичной стружки посредством прямого контакта с паром способствует:

- 1) нагреванию стружки от 5-10 °С до 70-80 °С;
- 2) получению уже в диффузионном аппарате сока с повышенной чистотой, т.к. часть веществ коллоидной дисперсности, белков и других групп несугаров при интенсивном нагреве коагулирует в клетках свекловичной ткани и не успевает перейти в сок;
- 3) происходит стерилизация поверхности стружки, т.к. при температуре более 70 °С жизнедеятельность всех групп микроорганизмов (кроме термофильных) подавляется;
- 4) инактивируется фермент инвертаза;
- 5) снижается потребление пара за счет того, что в аппарате нужно поддерживать температуру, а не прогревать стружку (рисунок 30).

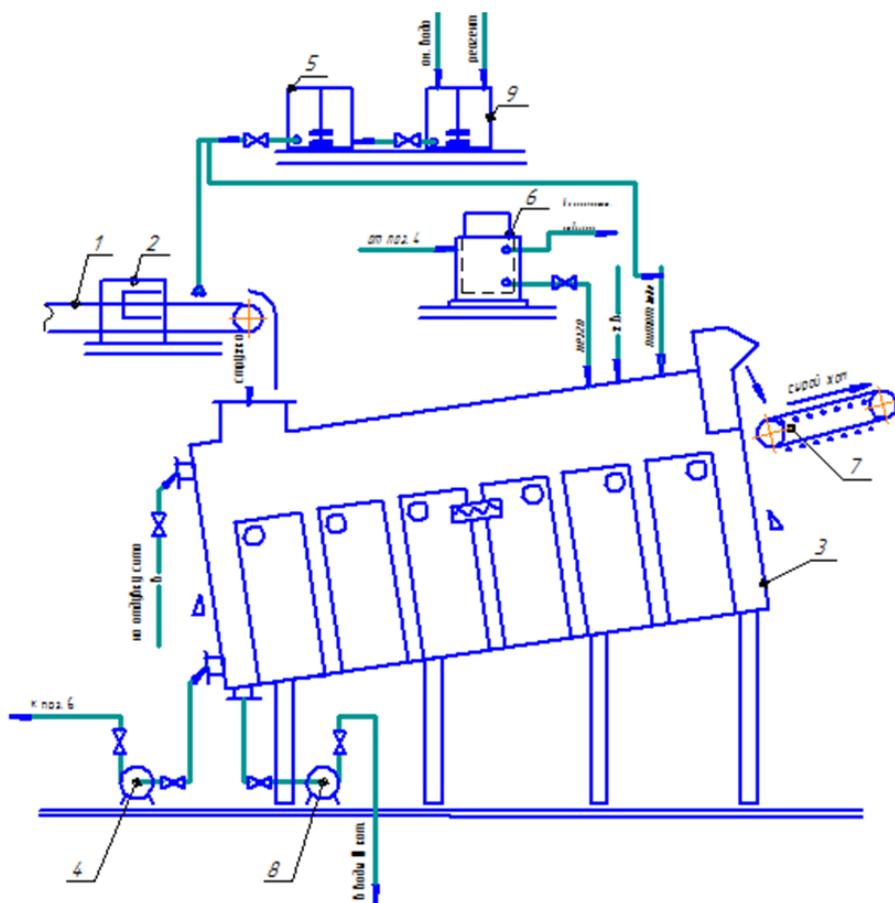


Рисунок 30 - Участок схемы получения диффузионного сока с предварительным ошпариванием свекловичной стружки и применением ДХЦН

4.3 Применение ДХЦН при переработке стружки, обсемененной *Leuconostoc mesenteroides*

Экспериментально установлено, что предлагаемый нами хлорсодержащий препарат при использовании его для обработки экстрагента повышает качественные показатели диффузионного и очищенного соков. Его эффективность проверили при переработке свеклы, пораженной слизистым бактериозом. Для этого свеклу обсеменяли чистой культурой *Leuconostoc mesenteroides* штамма В-4177.

При проведении эксперимента (рисунок 33) свеклу измельчали, обсеменяли *L. mesenteroides* и термостатировали при температуре 20 °С в течении 72 ч в закрытом контейнере. Затем обсемененную свеклу измельчали в стружку, проводили диффузию и очистку полученного сока. Концентрация и количество раствора реагента для обработки экстрагента составляют 0,075 % и 10 % соответственно. Полученные данные представлены в таблице 22 и на рисунках 31, 32

Таблица 22 – Показатели диффузионного и очищенного соков при переработке свеклы, обсемененной *L. mesenteroides*

Показатели	Классическая диффузия	С раствором ДХЦН
Диффузионный сок		
СХ/СВ × 100, %	86,7	89,2
Содержание несахаров, %	1,9	1,5
Массовая доля бел- ков · 10 ² , мг/см ³	0,695	0,450
Очищенный сок		
СХ/СВ × 100, %	90,6	92,5
Содержание несахаров, %	1,4	1,1
Цветность, усл. ед.	35,16	23,32

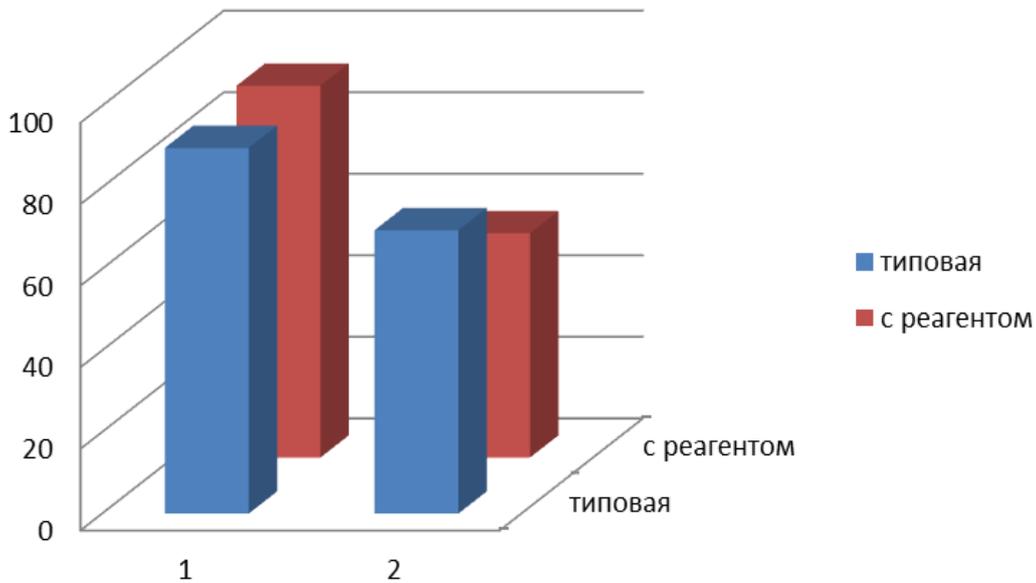


Рисунок 31 - Показатели диффузионного сока, полученного из обсемененной *L. mesenteroides* свеклы по типовой схеме и с обработкой экстрагента раствором ДХЦН: 1 – СХ/СВ, %; 2 – массовая доля белка · 10², мг/см³

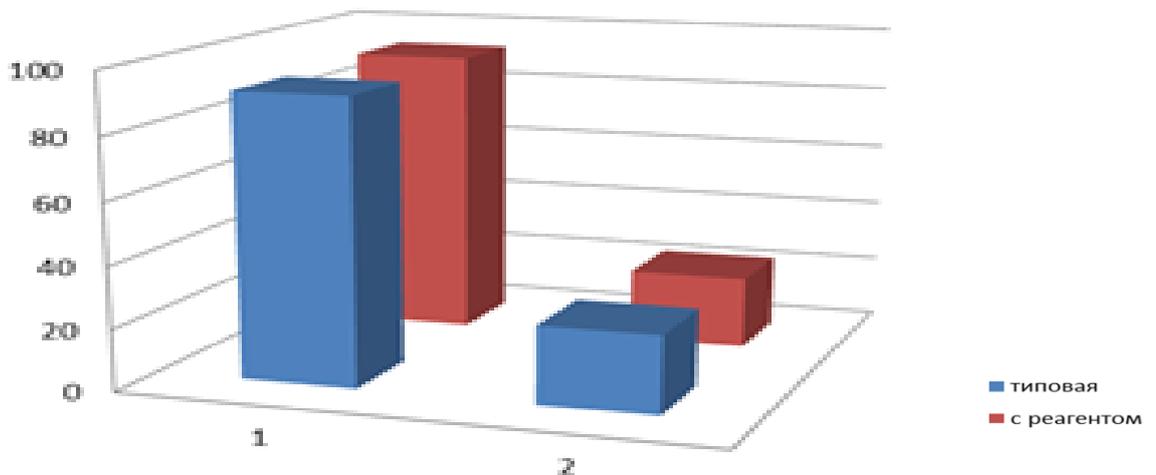


Рисунок 32 - Диаграмма качества очищенного сока, полученного из обсемененной свеклы по типовой схеме и с обработкой экстрагента раствором ДХЦН: 1 –СХ/СВ, %; 2 - цветность · 10⁻¹, ед. опт. плот.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что добавление раствора ДХЦН с концентрацией 0,075 % в количестве 10 % в экстрагент при извлечении сахарозы из свеклы, обсемененной *L. mesenteroides*, на начальной стадии развития слизистого бактериоза благоприятно сказывается на качественных показателях соков: СХ/СВ (%) сока повышается на 2,0-2,5 %, массовая доля бел-

ков снижается на 35 %, цветность на 33 %. Это связано с проявлением бактериостатического действия хлорсодержащего препарата, которое основано на реакциях окисления, хлорирования, замещения хлорноватистой кислоты (HClO) и ионов ClO^- , которые непосредственно взаимодействуют с составными частями клеток и ведут к изменениям в структуре ферментов и нарушению обмена веществ в клетке [72,82].

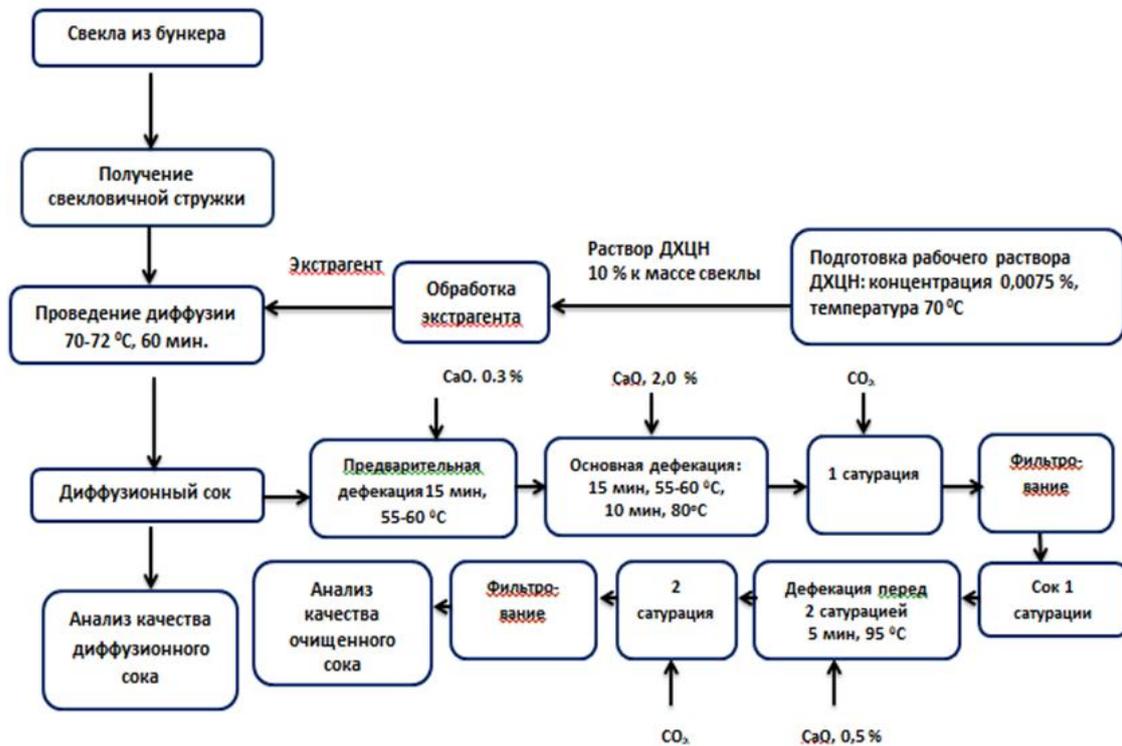


Рисунок 33 – Схема процесса экстрагирования путем обработки экстрагента раствором ДХЦН

4.4 Оптимизация параметров процесса извлечения сахарозы с использованием ДХЦН для обработки экстрагента

С целью установления оптимальных параметров извлечения сахарозы с использованием бактерицидного препарата на стадии подготовки экстрагента проведены исследования с применением математических методов планирования эксперимента [8].

В качестве основных факторов, влияющих на эффективность процесса, были выбраны:

X_1 – концентрация раствора ДХЦН, %;

X_2 – температура раствора реагента при обработке экстрагента, °С.

Выбор интервалов изменения факторов обусловлен технологическими условиями подготовки бактерицидного реагента. Критериями оценки влияния выбранных параметров на эффективность предварительной обработки экстрагента являлись:

Y_1 – чистота ($CX/CB \times 100$) диффузионного сока, %;

Y_2 – содержание белков в диффузионном соке, мг/см³;

Y_3 – чистота ($CX/CB \times 100$) очищенного сока, %;

Y_4 – цветность очищенного сока, ед. опт. плот.;

Y_5 – содержание солей кальция в очищенном соке, % СаО;

Y_6 – ЭКП преддефекованной суспензии, мВ.

Для исследования применяли центральное композиционное ротатабельное равномерное планирование и полный факторный эксперимент (ПФЭ) 2². Число опытов в матрице планирования для 2 входных параметров равно 13 (Приложение 1).

Порядок опытов рандомизировали посредством таблицы случайных чисел, что исключало влияние неконтролируемых факторов на результаты эксперимента. Пределы изменения факторов показаны в таблице 23.

Таблица 23 – Основные характеристики плана эксперимента

Условия планирования	X_1	X_2
	%	°С
Нулевой уровень (0)	0,075	70
Интервал варьирования	0,025	5
Верхний уровень (+1)	0,100	75
Нижний уровень (-1)	0,050	65
Верхняя «звездная» точка (+1,414)	0,110	77
Нижняя «звездная» точка (-1,414)	0,040	63

Выбор интервалов изменения факторов обусловлен результатами проведенных исследований процесса обработки экстрагента и технологическими условиями.

Сахарную свеклу измельчали в стружку и делили на порции по 300 г. Каждую отдельную навеску помещали в термостойкую колбу.

В разных колбах готовили растворы реагента различной концентрации, % к массе раствора: 0,04; 0,05; 0,075; 0,1; 0,11 в соответствии с матрицей планирования. Полученные растворы реагента подогревали до температуры 63; 65; 70; 75; 77 °С (в соответствии с матрицей планирования) и обрабатывали экстрагент раствором бактерицидного реагента в количестве 10 %. Полученными растворами экстрагента обрабатывали стружку и проводили диффузию при температуре 70 °С в течение 60 мин.

По окончанию процесса экстрагирования разделяли обессахаренную стружку и диффузионный сок, сок охлаждали до 20 °С. В полученном диффузионном соке определяли массовую долю сахарозы, сухих веществ, белка. Далее проводили физико-химическую очистку полученного диффузионного сока по описанной ранее типовой схеме. Экспериментальные данные использовали для получения уравнений регрессии, которые в физических переменных после удаления незначимых коэффициентов имеют вид:

для чистоты диффузионного сока, %

$$Y_1 = 87,34 + 1,4622X_1 + 0,3173X_2 + 0,0250X_1X_2 - 0,7762X_1^2 - 0,2763X_2^2;$$

для массовой доли белков в диффузионном соке, мг/см³

$$Y_2 = 0,1308 - 0,0230X_1 - 0,0218X_2 - 0,0223X_1X_2 + 0,0122X_1^2 + 0,0212X_2^2;$$

для чистоты очищенного сока, %

$$Y_3 = 91,12 + 0,9169X_1 + 0,3883X_2 + 0,8499X_1X_2 - 1,2225X_1^2 - 0,0225X_2^2;$$

для цветности очищенного сока, ед. опт. плот.

$$Y_4 = 149,24 + 15,2908X_1 + 14,7057X_2 - 0,925X_1X_2 + 9,63X_1^2 + 8,155X_2^2;$$

для массовой доли солей кальция в очищенном соке, % СаО

$$Y_5 = 0,0276 + 0,0056X_1 + 0,0088X_2 + 0,0005X_1X_2 + 0,0034X_1^2 + 0,0039X_2^2;$$

для ЭКП преддефекованного осадка, мВ

$$Y_6 = 27,80 + 5,8587X_1 + 4,5909X_2 + 2,0X_1X_2 + 3,225X_1^2 + 0,225X_2^2.$$

В результате выполнения серии опытов построена математическая модель процесса, позволяющая рассчитать выходные параметры внутри выбранных интервалов варьирования входных факторов.

Соотношение СХ/СВ диффузионного сока увеличивается при повышении концентрации и температуры раствора реагента. Это обусловлено интенсивным протеканием химических процессов разложения ДХЦН, продукты которого обеспечивают благоприятную микробиологическую обстановку в диффузионном аппарате.

Повышение температуры и концентрации раствора ДХЦН при обработке экстрагента снижают содержание белков в диффузионном соке за счет подавления активности микрофлоры, вырабатывающей протеолитические ферменты.

В очищенном соке соотношение СХ/СВ увеличивается с повышением температуры и концентрации раствора реагента, добавляемого в экстрагент, что обеспечивает снижение разложения сахарозы и накопления несхаров под действием микроорганизмов.

При повышении температуры раствора реагента цветность очищенного сока увеличивается, повышение концентрации также дает отрицательный эффект.

На величину электрокинетического потенциала и содержание солей кальция в очищенном соке отрицательно влияют увеличение концентрации и температуры раствора реагента.

На рисунках 34–39 показаны кривые равных значений выходных параметров, которые несут смысл номограмм и представляют практический интерес.

Анализ графических зависимостей показывает, что максимальное соотношение СХ/СВ, %, диффузионного сока (88,0 %) наблюдается при обработке экстрагента раствором ДХЦН температурой 70-75 °С и концентрацией 0,08-0,1 %. Увеличение чистоты диффузионного сока объясняется быстрым термическим расщеплением компонентов реагента с образованием химически активных соединений. Минимальное значение чистоты диффузионного сока отмечается при температуре ниже 70 °С, концентрации раствора реагента менее 0,04 %. Это обу-

словлено малой скоростью разложения бактерицидного реагента и низкой концентрацией химически активных соединений, имеющих высокую бактерицидную способность.

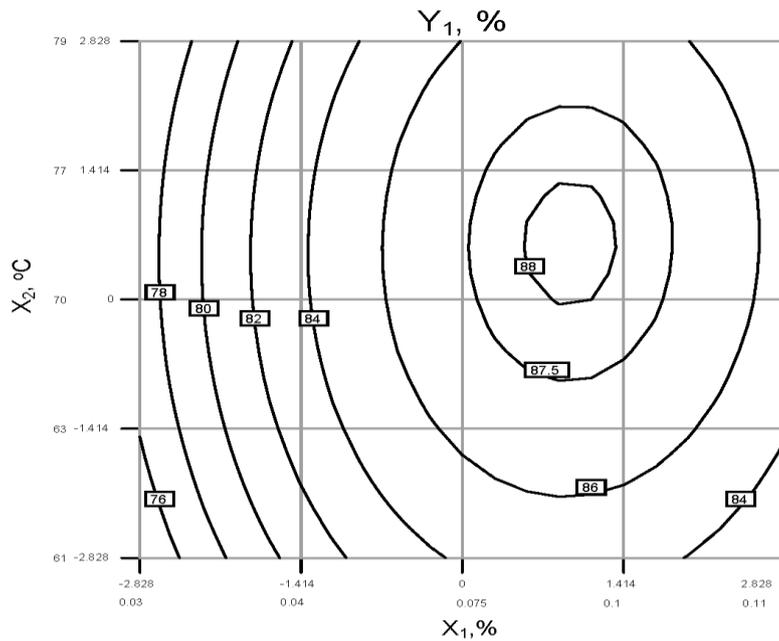


Рисунок 34 - Зависимость CX/CV диффузионного сока от концентрации и температуры реагента

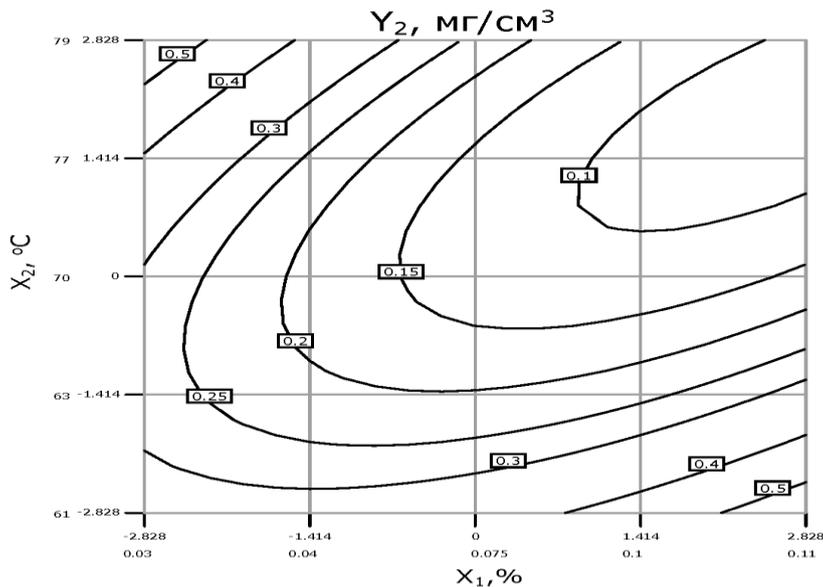


Рисунок 35 - Зависимость массовой доли белка от концентрации и температуры раствора ДХЦН для обработки экстрагента

При увеличении концентрации раствора реагента или его температуры содержание белков в диффузионном соке снижается, так как образующиеся соеди-

нения блокируют активность протеолитических ферментов и способность белков к переходу из свекловичной ткани в диффузионный сок.

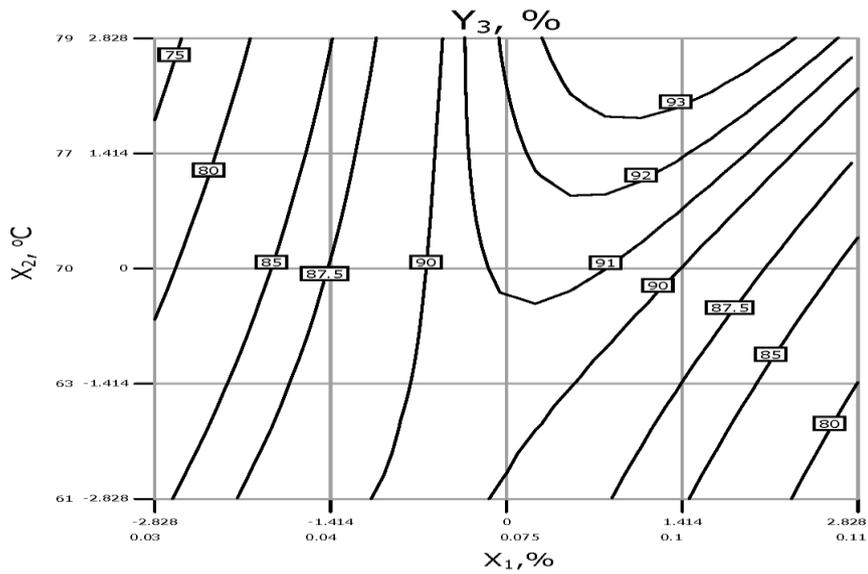


Рисунок 36 - Зависимость СХ/СВ, %, очищенного сока от концентрации и температуры раствора бактерицидного реагента

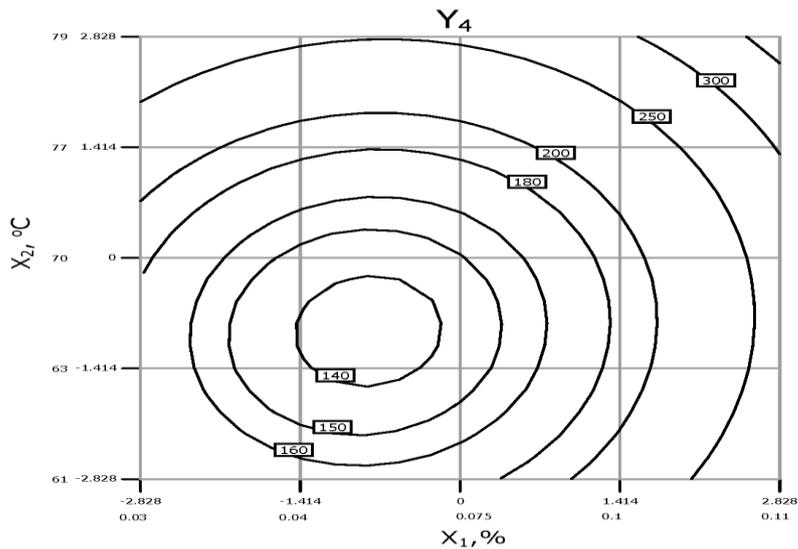


Рисунок 37 - Зависимость цветности очищенного сока от концентрации и температуры раствора ДХЦН при обработке экстрагента

Максимальная величина чистоты очищенного сока достигается при обработке экстрагента раствором ДХЦН концентрацией 0,075-0,10 %. Это свидетельствует о том, что при проведении очистки диффузионного сока продолжается

действие химически активных соединений, образовавшихся на стадии процесса экстрагирования.

Минимальное значение цветности очищенного сока достигается при обработке экстрагента раствором ДХЦН с температурой 63-70 °С, концентрацией 0,04-0,07 % , что обусловлено способностью активного хлора как окислителя блокировать накопление красящих веществ в процессе очистки диффузионного сока. Увеличение или снижение температуры и концентрации раствора реагента приводит к увеличению цветности очищенного сока.

Минимальное содержание солей кальция наблюдается при обработке экстрагента раствором ДХЦН с температурой 63-65 °С, концентрацией 0,04-0,07 %. Изменение температуры и концентрации в большую или меньшую сторону приводит к увеличению содержания солей кальция. Это обусловлено накоплением большого количества продуктов распада, способных образовывать растворимые соли кальция в процессе очистки диффузионного сока.

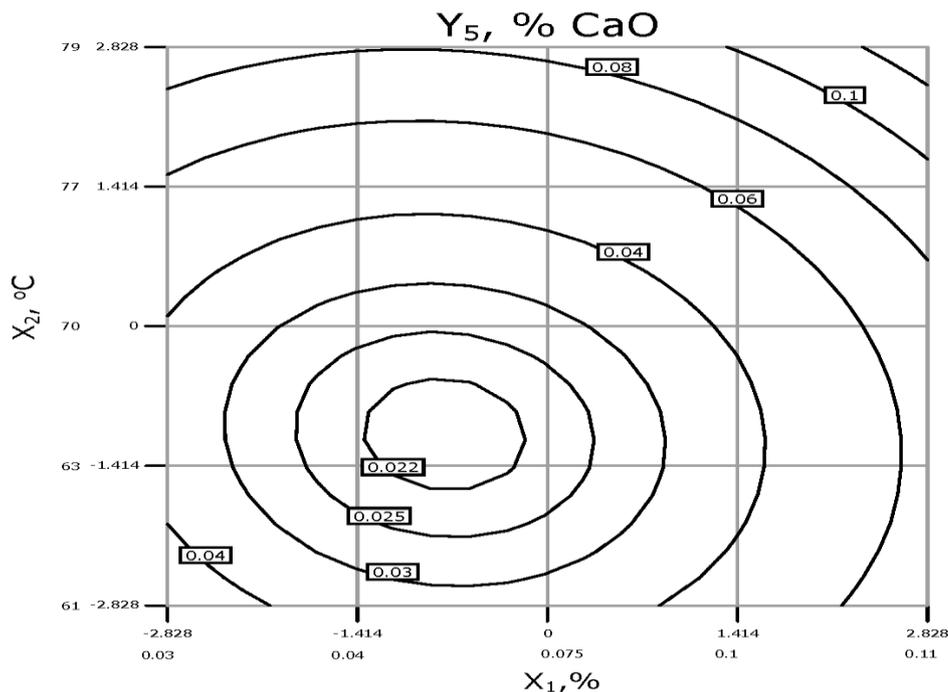


Рисунок 38 - Зависимость содержания солей кальция в очищенном соке от концентрации и температуры раствора ДХЦН при обработке экстрагента

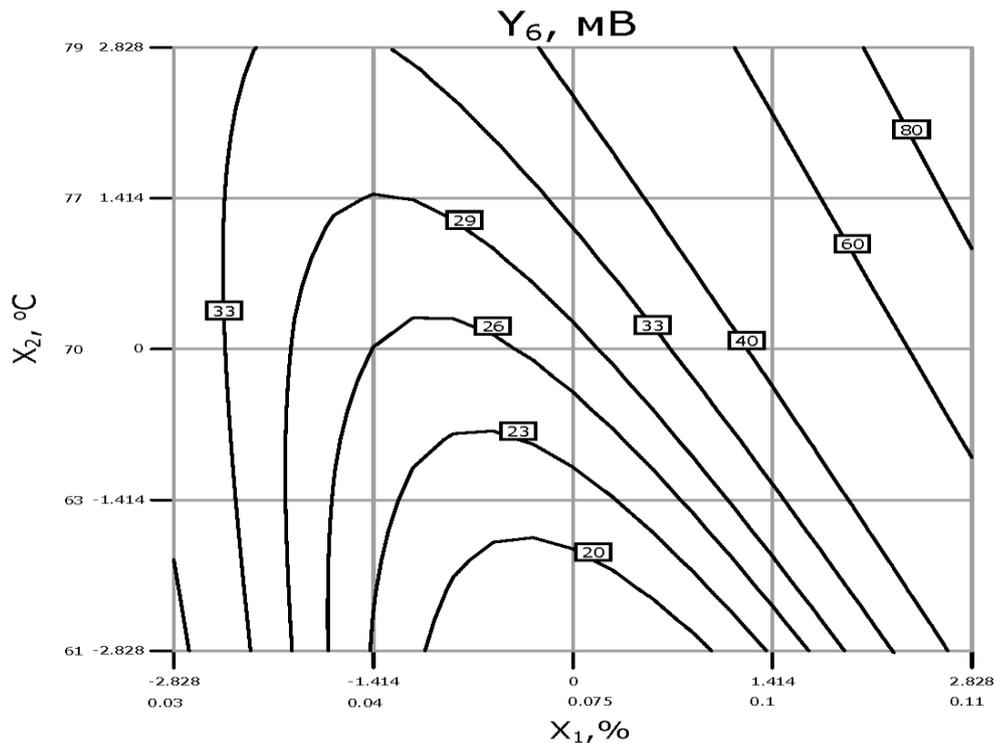


Рисунок 39 - Зависимость электрокинетического потенциала от концентрации и температуры бактерицидного реагента при обработке экстрагента

Минимальная величина электрокинетического потенциала достигается при температуре раствора реагента 62 °С и концентрации 0,05-0,075 %. При повышении концентрации раствора ДХЦН значения ЭКП увеличиваются, что свидетельствует о повышенном переходе несaxаров из свекловичной стружки в процессе экстрагирования сахарозы и их адсорбции на поверхности частиц карбоната кальция в процессе известково-углекислотной очистки.

В связи с тем, что исследуемые факторы (температура и концентрация раствора реагента) неоднозначно влияют на эффективность бактерицидной обработки и качественные показатели диффузионного и очищенного соков, был проведен выбор оптимальных условий процесса.

Задача оптимизации процесса обработки экстрагента перед экстрагированием сахарозы заключалась в поиске условий, при которых чистота диффузионного и очищенного соков максимальна, а цветность, ЭКП, массовые доли солей кальция и белков – минимальны.

В дополнении к значениям факторов из матрицы планирования использовали набор рандомизированных точек, и они проверяются на наличие наиболее удовлетворяющего решения с учётом заданных критериев оптимизации.

Пусть X - вектор x_i для $i=1\dots n$ - представляет собой переменные оптимального пространства, которое является подмножеством пространства опыта; y_i, U_j, L_j , для $j=1\dots m$ - выходные факторы с нижними и/или верхними границами; $y(X)$ - оптимизируемый выходной фактор;

тогда $f(X) = y(X)$ максимизация, $f(X) = -y(X)$ - минимизация.

Ограничения в виде разрывных функций:

$$g_j(X) = y_j(X) - U_j \text{ для } y_j > U_j,$$

$$g_j(X) = 0 \text{ для } L_j \leq y_j \leq U_j,$$

$$g_j(X) = L_j - y_j(X) \text{ для } y_j < L_j,$$

что образует систему из ограничений, которую можно решить в качестве безусловной задачи через функцию

$$\text{Minimize} \left\{ f(X) + p \sum_j g_j(X) \right\},$$

где p - параметр для $j=1\dots m$ - увеличивается с каждой итерацией с коэффициентом 100. Количество итераций ограничено 15, что даёт $p = 10^{30}$ максимум.

$$\text{Критерии оптимизации} \left\{ \begin{array}{l} Y_1 \rightarrow \max \\ Y_2 \rightarrow \min \\ Y_3 \rightarrow \max \\ Y_4 \rightarrow \min \\ Y_5 \rightarrow \min \\ Y_6 \rightarrow \min \end{array} \right.$$

$$\text{Оптимальные интервалы} \left\{ \begin{array}{l} X_1 = 0.067 \dots 0.075 \% \\ X_2 = 63 \dots 76 \text{ }^\circ\text{C} \end{array} \right.$$

Графическая интерпретация. Получили график оптимальных значений входных факторов путём наложения графиков кривых равных значений после числовой оптимизации (рисунок 40).

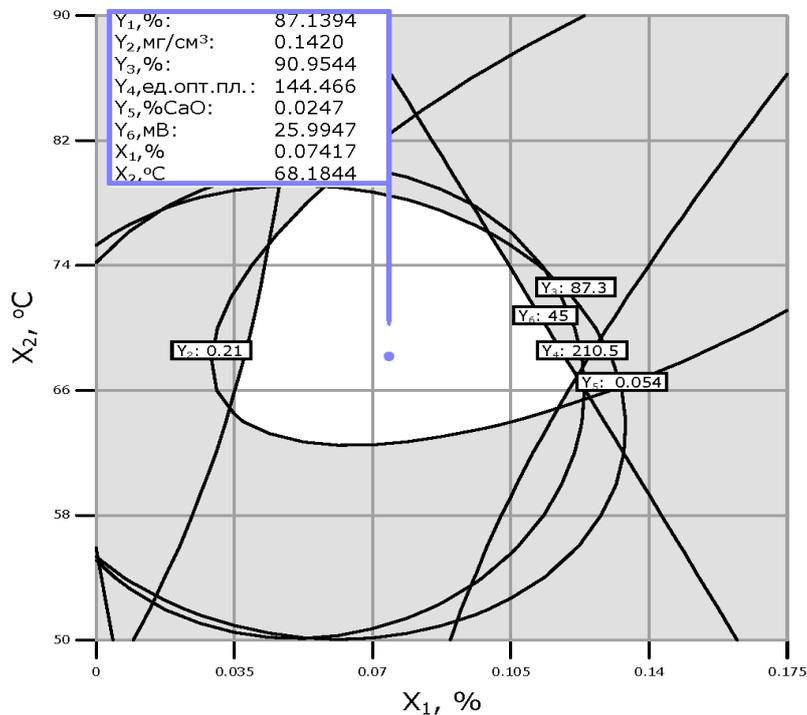


Рисунок 40 - Номограмма оптимизации для процесса обработки экстрагента раствором ДХЦН

Выделенная область отвечает заданным критериям оптимизации, также на графике отмечен оптимум значений входных факторов при соответствующих значениях выходных.

Метод «ридж – анализ» основывается на методе неопределенных множителей Лагранжа и использовался для определения оптимальных режимов. В результате применения данного метода были получены рациональные значения входных и выходных параметров раствора для обработки экстрагента: концентрация раствора бактерицидного реагента 0,07417 %; температура раствора реагента 68,18 °С; чистота диффузионного сока (соотношение $SX/SB \times 100$) 87,13 %; массовая доля белков в диффузионном соке 0,14 мг/см³; чистота очищенного сока (соотношение $SX/SB \times 100$) 90,95 %; цветность очищенного сока 144,446 ед. опт. плот.; массовая доля солей кальция в очищенном соке 0,02 % CaO; величина ЭКП преддефекованного сока 25,99 мВ.

В данной главе проанализировано действие бактерицидного препарата при обработке экстрагента в условиях свеклосахарного производства. Решена задача оптимизации, которая позволила выделить оптимальную область изменения входных факторов по двум критериям посредством компромиссных решений.

ГЛАВА 5. СНИЖЕНИЕ МИКРОБНОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ ПЕРЕД ЭКСТРАГИРОВАНИЕМ САХАРОЗЫ

5.1 Выбор концентрации бактерицидного агента для обработки стружки

В главе 4.1 отмечено, что важным фактором, влияющим на эффективность дезинфекции, является концентрация раствора бактерицидного агента. При низкой концентрации может проявляться только бактериостатический эффект, но не бактерицидный. Слишком высокая концентрация приводит к коррозии технологического оборудования и выделению ядовитых веществ, опасных для здоровья человека. Кроме того, увеличивается расход дезинфицирующих средств и связанные с этим материальные затраты. Вместе с тем концентрация должна быть выбрана таким образом, чтобы обеспечивала подавление посторонней микрофлоры [41].

Для выбора концентрации бактерицидного агента использовали водные растворы ДХЦН с концентрациями 0,00325-0,01500 %, подогревали их до температуры 70 °С. Подготовленным раствором обрабатывали свекловичную стружку в течение 1 мин. Обработанную реагентом стружку и исходную стружку смешивали с питающей водой и подвергали диффузионному извлечению сахарозы при температуре 70-72 °С в течение 60 мин при перемешивании. Далее отделяли диффузионный сок, охлаждали до температуры 20 °С, определяли качественные показатели полученного сока (таблица 24, рисунок 41).

При обработке стружки раствором реагента с концентрацией 0,0075 % показатели диффузионного сока выше: чистота увеличивается на 1,0 %, содержание белков снижается на 10 % по сравнению с минимальной и максимальной концентрациями раствора ДХЦН.

Таблица 24 – Выбор концентрации раствора ДХЦН для обработки стружки перед экстрагированием

Показатели диффузионного сока	Массовая доля ДХЦН в растворе для обработки стружки, %					
	0	0,00375	0,00500	0,00750	0,01000	0,01500
СХ/СВ × 100, %	88,6	89,4	89,6	90,4	89,8	89,5
Содержание несахаров, %	1,6	1,5	1,5	1,3	1,4	1,5
Массовая доля белка в диффузионном соке, мг/см ³	0,68	0,59	0,54	0,56	0,57	0,59

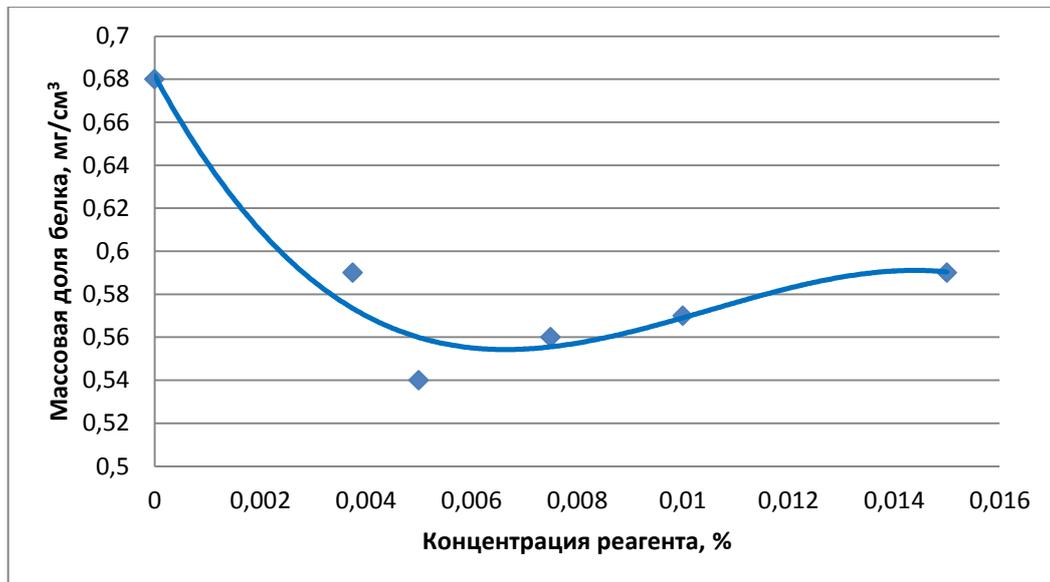


Рисунок 41 - Влияние концентрации раствора бактерицидного реактива при обработке стружки на массовую долю белков в диффузионном соке

Полученный диффузионный сок подвергали известково-углекислотной очистке по схеме, представленной в главе 4.1. Очищенный сок фильтровали, охлаждали до температуры 20 °С, определяли чистоту, цветность и массовую долю солей кальция (таблица 25, рисунки 42-44).

Таблица 25 – Показатели очищенного сока при различных концентрациях раствора ДХЦН для обработки стружки

Показатели	Концентрация раствора ДХЦН для обработки стружки, %					
	0	0,00375	0,00500	0,00750	0,01000	0,01500
СХ/СВ × 100, %	90,8	91,3	91,8	92,1	91,9	91,7
Содержание несахаров, %	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
Цветность, усл. ед.	32,1	26,1±1,3	22,9	19,2	21,7	23,7
Массовая доля солей кальция, % СаО	0,032	0,027	0,024	0,022	0,023	0,025

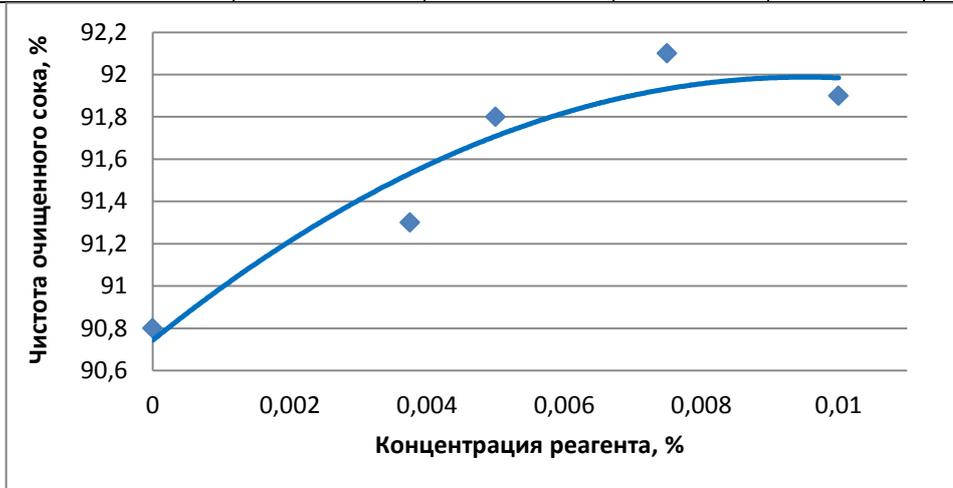


Рисунок 42 - Зависимость чистоты очищенного сока от концентрации раствора бактерицидного агента для обработки свекловичной стружки

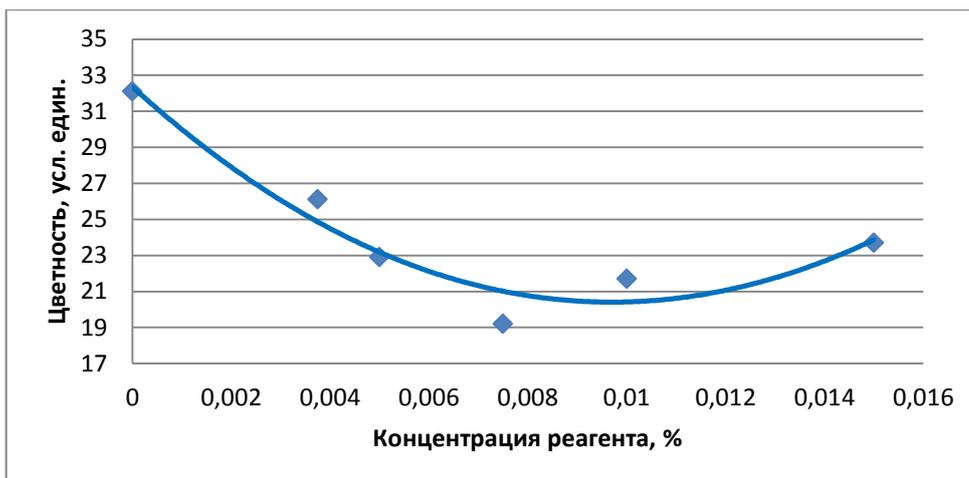


Рисунок 43 - Влияние концентрации раствора бактерицидного агента для обработки стружки на цветность очищенного сока

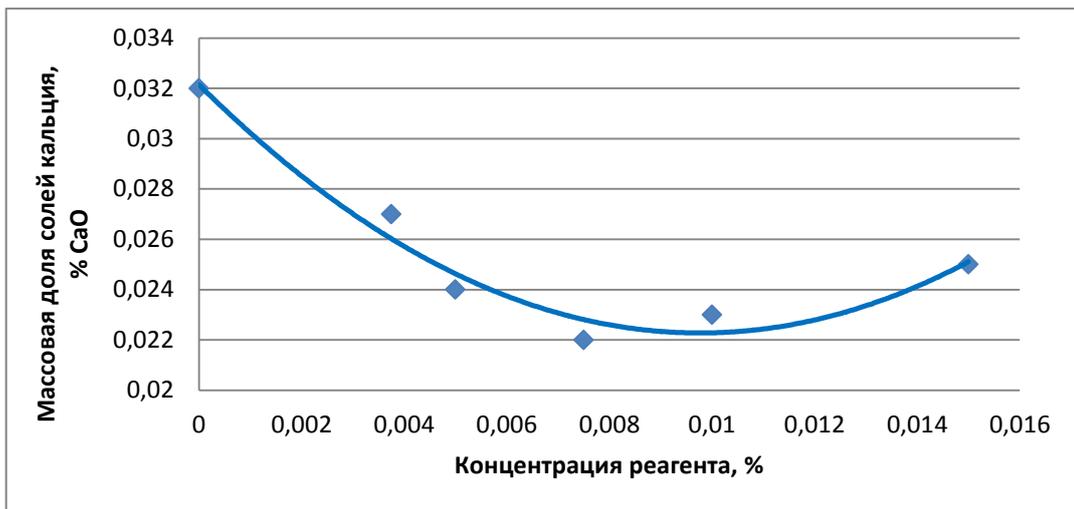


Рисунок 44 - Зависимость содержания солей кальция от концентрации раствора ДХЦН, применяемого для обработки свекловичной стружки

Показатели очищенного сока, как и качественные показатели диффузионного сока, свидетельствуют о целесообразности обработки стружки бактерицидным агентом перед экстрагированием.

Выбор количества реагента связан с количеством активного хлора в реакционной смеси, что обуславливает степень поглощения хлором воды с образованием химически активных соединений. Для достижения бактерицидного эффекта определяется оптимальная доза хлора, которая складывается из количества активного хлора, необходимого для:

- уничтожения микроорганизмов (чем выше микробное обсеменение, тем больше хлора нужно для обеззараживания стружки);
- окисления органических веществ;
- остаточного количества хлора в жидкости на поверхности стружки, что служит показателем надежности ее обработки. Это количество называется свободным остаточным хлором. Его норма $0,3-0,5 \text{ мг/дм}^3$ при остаточном связанном хлоре $0,8-1,2 \text{ мг/дм}^3$.

Необходимость нормирования количества раствора связана с тем, что при наличии свободного остаточного хлора менее $0,3 \text{ мг/дм}^3$ его может быть недостаточно для бактерицидного эффекта, а при высоких дозах продукт приобретает неприятный специфический запах хлора [69].

Для определения количества добавляемого реагента перед проведением диффузии стружку обрабатывали раствором ДХЦН массовой долей 0,075 % в количестве 10, 20 и 30 %. Технологическая схема проведения процессов диффузии и очистки соков аналогична исследованиям, изложенным выше. Результаты проведенного исследования представлены в таблицах 26, 27 и на рисунке 45.

Таблица 26 – Качественные показатели диффузионного сока, полученного с разным количеством раствора ДХЦН при обработке стружки

Показатели диффузионного сока	Количество раствора реагента, %			
	0	10	20	30
СХ/СВ × 100, %	85,0	85,9	85,6	85,1
Содержание нес сахаров, %	2,3	2,1	2,2	2,3
Массовая доля редуцирующих веществ, мг/см ³	4,61	3,10	3,39	4,00

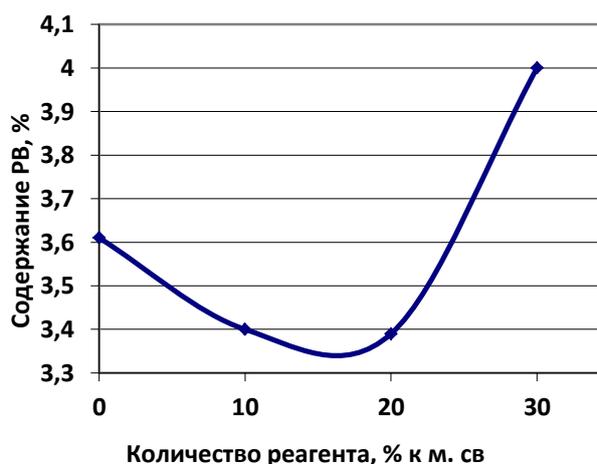
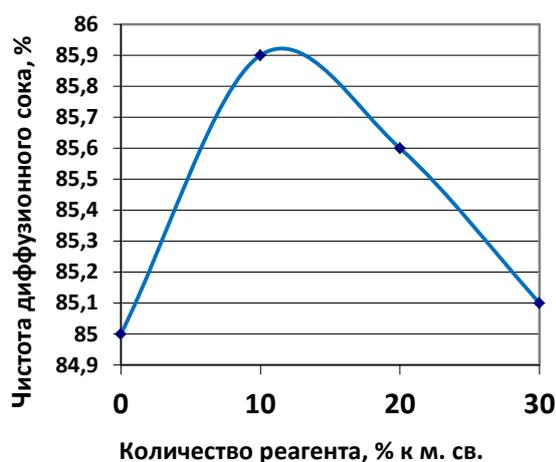


Рисунок 45 - Влияние количества раствора реагента для предварительной обработки стружки на чистоту и массовую долю РВ в диффузионном соке

Анализ полученных результатов свидетельствует, что качественные показатели диффузионного и очищенного соков, полученных при обработке стружки раствором ДХЦН с концентрацией 0,075 % в количестве 10 % выше в сравнении с типовой схемой и добавлением реагента в количестве 20, 30 %: СХ/СВ повышается на 0,8-0,9 %, массовая доля редуцирующих веществ снижается на 33 %.

Таблица 27 – Результаты анализа очищенного сока при выборе количества раствора реагента для предварительной обработки стружки

Количество реагента, %	СХ/СВ × 100, %	Содержание несахаров, %	Цветность, усл. ед.
0 (типовая схема)	91,5	1,2	42,7
10	92,7	1,0	31,5
20	92,5	1,0	35,3
30	91,9	1,1	41,6

Важной характеристикой качественных показателей соков является электрокинетический потенциал (ЭКП). Электрокинетический потенциал характеризует знак и величину заряда комплексов сахара с карбонатом кальция, находящихся в дисперсной системе. Электрокинетические явления, возникающие под влиянием электродвижущей силы в дисперсной системе, связаны с понятием о наличии двойного электрически заряженного слоя на границе двух фаз: твердое тело - жидкость. Различия по электрокинетическим потенциалам отражают закономерности процессов осаждения сахара. Сахар переходит в диффузионный сок в процессе экстрагирования: чем больше в диффузионном соке накапливается сахара, тем ниже значение ЭКП частиц (таблица 28).

Таблица 28 – Значение ЭКП частиц преддефекованного сока при различном расходе рабочего раствора реагента для обработки стружки

Количество ДХЦН, %	раствора	рН суспензии	рН фильтрата	ЭКП, мВ
Схема без обработки (0)		11,94	11,82	12
10		11,72	11,64	8
20		11,80	11,72	8
30		11,86	11,76	10

В результате эксперимента установлено, что значения ЭКП минимальны при добавлении 10 и 20 % раствора ДХЦН, что свидетельствует о снижении накопления сахара в диффузионном соке при использовании бактерицидного агента для обработки стружки перед экстрагированием сахарозы.

Для проверки соответствия результатов измерений закону нормального распределения и исключения случайных грубых погрешностей измерений проводили оценку воспроизводимости результатов опыта по критерию Кохрена. В таблицах 29, 30 представлены средние значения показателей чистоты диффузионного и очищенного соков.

Таблица 29 – Влияние концентрации раствора реагента при обработке стружки на чистоту диффузионного сока

Показатели	Массовая доля раствора реагента для обработки стружки, %					
	0	0,00375	0,00500	0,00750	0,01000	0,01500
СХ/СВ × 100, %	88,6	89,4	89,6	90,4	89,8	89,5
Содержание несахаров, %	1,7	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5

Таблица 30 – Показатели СХ/СВ диффузионного сока в зависимости от концентрации раствора ДХЦН для обработки стружки

Концентрация реагента, %	Y_{j1}	Y_{j2}	Y_{j3}	Y_{j4}	\bar{Y}_j	S_j^2
Типовая схема (0)	88,6	86,4	87,7	85,8	87,1	2,39
0,00325	89,5	87,5	88,3	86,5	87,9	2,42
0,00500	89,8	87,9	88,8	86,9	88,3	2,31
0,07500	90,4	88,6	89,5	87,6	89,0	2,16
0,01000	89,6	88,4	89,3	87,5	88,7	1,35
0,01500	89,4	88,2	89,2	87,3	88,5	1,41

Обработку экспериментальных данных проводили аналогично главе 4.1.

Табличное значение критерия Кохрена $G_T=0,532$ при доверительной вероятности $P=0,95$, общем количестве оценок дисперсии $N=6$, число степеней свободы $f=3$, ($f=k-1$). Опыты считаются воспроизводимыми, а оценки дисперсии – однородными при выполнении условия $G_p < G_T$. Так как расчетное значение критерия Кохрена меньше табличного ($0,200 < 0,532$) – опыты воспроизводимы [23].

Определено содержание α -аминного азота в диффузионном и очищенном соках при обработке свекловичной стружки бактерицидным реагентом (таблица 31).

Таблица 31 – Содержание α -аминного азота в полупродуктах

Полупродукт	Содержание α -аминного азота, мг/см ³	
	без обработки стружки	с обработкой стружки
Диффузионный сок	2,85	2,60
Очищенный сок	1,60	1,40

Экспериментально установлено, что количество α -аминного азота ниже в соках, полученных из стружки, обработанной раствором ДХЦН массовой долей 0,0075 %. Это положительно влияет на последующие стадии технологического процесса, так как при повышенном содержании α -аминного азота повышается цветность полупродуктов и готовой продукции, содержание растворимых солей кальция, что вызывает накипеобразование на поверхности теплообмена, увеличивается выход мелассы и потери в ней сахарозы.

Определение содержания золы в диффузионном и очищенном соках проводили методом прямой кондуктометрии (рисунок 46).

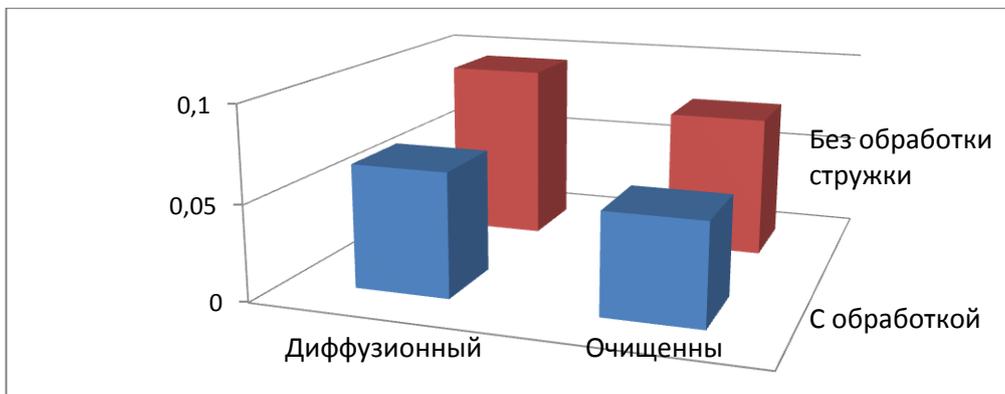


Рисунок 46 - Содержание золы кондуктометрической в соках

Содержание золы в соках, полученных из стружки, обработанной раствором ДХЦН, значительно ниже по сравнению с классической диффузией.

Состав золы продуктов сахарного производства обусловлен присутствием неорганических соединений, содержащихся в сахарной свекле, поступающих с питательной водой в диффузионный процесс и известковым молоком на очистку.

Использование раствора ДХЦН для обработки стружки перед экстрагированием снижает переход несахаров, в том числе минеральных соединений.

5.2 Выбор температуры раствора ДХЦН для обработки стружки

Проведены исследования по выбору температуры обработки свекловичной стружки водным раствором ДХЦН с концентрацией 0,0075 %. Раствор реагента нагревали до температуры, соответствующей схеме опыта, обрабатывали им предварительно ошпаренную стружку в течение 30 с, добавляли экстрагент и проводили диффузию. Результаты опытов приведены на рисунке 47 и в таблице 32.

Полученный при разной температуре обработки диффузионный сок подвергали физико-химической очистке (рисунок 48, таблицы 33-35).

Таблица 32 – Результаты анализа диффузионного сока при различной температуре раствора реагента для обработки стружки

Температура реагента, °С	СХ/СВ × 100, %	Содержание несахаров, %	Массовая доля белка, мг/см ³
Без обработки	87,9	1,8	0,115
60	88,0	1,8	0,100
65	88,2	1,7	0,095
70	88,7	1,6	0,100
75	89,2	1,6	0,085
80	88,6	1,6	0,097

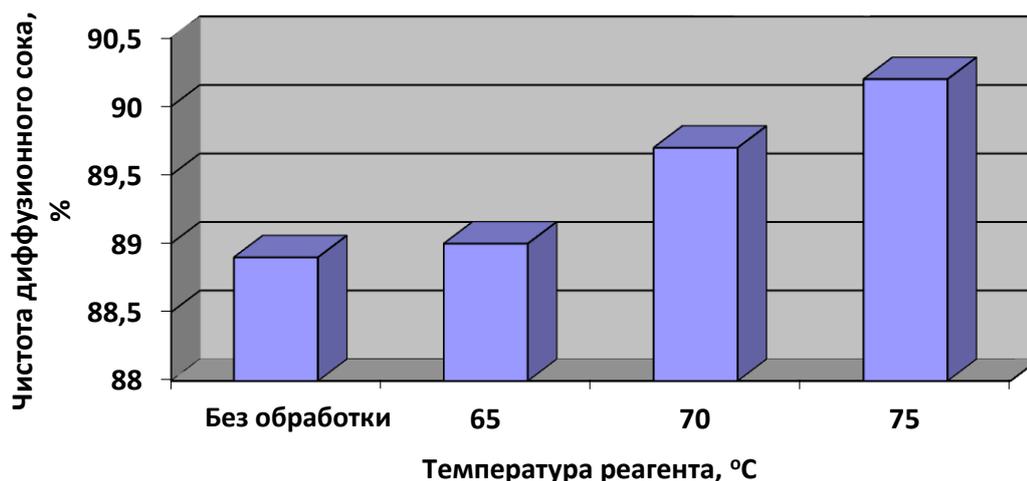


Рисунок 47 - Зависимость чистоты диффузионного сока от температуры раствора реагента для предварительной обработки стружки

Таблица 33 – ЭКП преддефекованного сока при различной температуре обработки свекловичной стружки

Показатели	Температура обработки свекловичной стружки, °С					
	Без обработки	60	65	70	75	80
рН суспензии	11,56	11,56	11,56	11,57	11,56	11,57
рН фильтрата	11,33	11,35	11,36	11,43	11,46	11,49
ЭКП, мВ	23	21	20	14	10	8

Таблица 34 – Показатели очищенного сока при различной температуре раствора ДХЦН для обработки стружки

Температура реагента, °С	СХ/СВ × 100, %	Содержание несахаров, %	Цветность, усл. ед.	Массовая доля солей кальция, % СаО
Без обработки	91,0	1,3	560,9	0,023
60	91,4	1,3	543,2	0,022
65	91,6	1,2	501,0	0,020
70	92,0	1,1	484,9	0,014
75	92,6	1,0	396,1	0,013
80	92,1	1,1	403,7	0,016

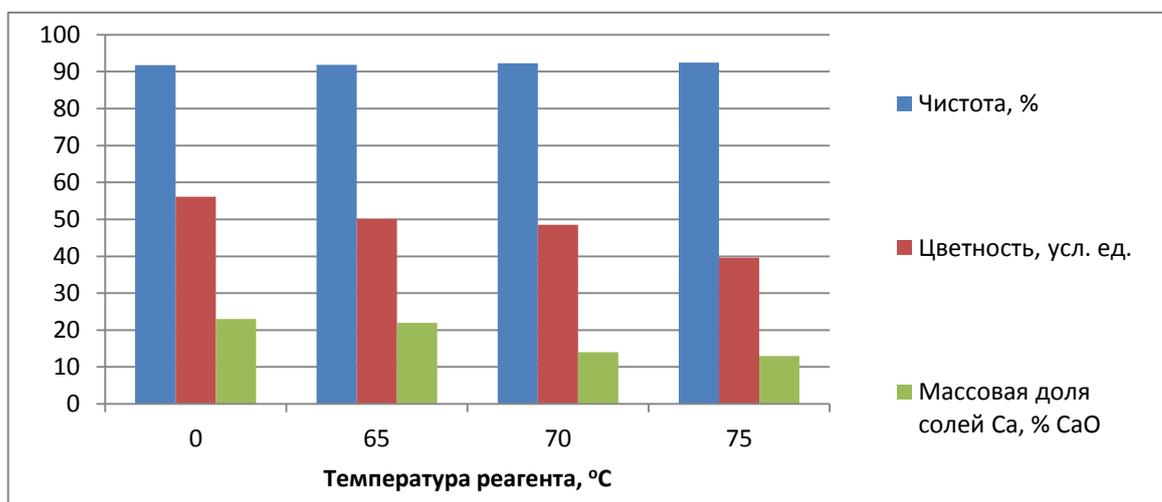


Рисунок 48 - Влияние температуры реагента для предварительной обработки стружки на качественные показатели сока II сатурации

Лучшие показатели диффузионного и очищенного соков достигаются при температуре раствора для обработки стружки 75 °С. Это обусловлено повышением активности реагента при увеличении температуры, что ускоряет протекание химических реакций и усиливает бактерицидные свойства реагента.

Таблица 35 – Сх/СВ очищенного сока в зависимости от температуры обработки свекловичной стружки перед экстрагированием

Температура обработки, °С	Y_{j1}	Y_{j2}	Y_{j3}	Y_{j4}	\bar{Y}_j	S_j^2
Без обработки	91,0	90,6	91,2	90,7	90,8	0,12
60	91,4	1,0	1,5	1,1	1,2	0,09
65	91,6	91,3	91,7	91,4	91,5	0,05
70	92,0	91,6	92,1	91,8	91,8	0,08
75	92,6	92,2	92,6	92,0	92,3	0,14
80	92,0	91,9	92,2	91,5	91,9	0,13

Табличное значение критерия Кохрена $G_T=0,532$ при доверительной вероятности $P=0,95$, общем количестве оценок дисперсии $N=4$, числе степеней свободы $f=3$, ($f=k-1$). Опыты считаются воспроизводимыми, а оценки дисперсии – однородными

при выполнении условия $G_p < G_T$. Так как расчетное значение критерия Кохрена оказалось меньше табличного 0,225 (<0,532) – опыты воспроизводимы [23].

5.3 Сравнение способов обработки стружки раствором ДХЦН перед экстрагированием с предварительным ошпариванием и без ошпаривания

Для определения более эффективного способа проведения диффузии и повышения качественных показателей соков, а, следовательно, и качества готового продукта, проводили подготовку свекловичной стружки по 3 вариантам:

- 1 – по типовому варианту (без предварительной обработки);
- 2 – без ошпаривания свекловичной стружки перед обработкой реагентом;
- 3 – с ошпариванием свекловичной стружки перед обработкой реагентом.

Свекловичную стружку ошпаривали в течение 1 мин по 3 варианту, затем обрабатывали раствором ДХЦН с концентрацией 0,0075 % в течение 1 мин по вариантам 2 и 3 при температуре реагента 75 °С. Далее во все пробы добавляли экстрагент и проводили диффузию в течение 60 мин (таблица 36, рисунок 49). Полученный диффузионный сок подвергали физико-химической очистке (рисунок 50).

Таблица 36 – Выбор схемы обработки стружки перед экстрагированием

Схема	$CX/CB \times 100, \%$	Содержание несахаров, %	Массовая доля белка, мг/см ³
Типовая	84,8	2,4	0,9
Без ошпаривания	86,6	2,0	0,83
С ошпариванием	84,9	2,3	0,86

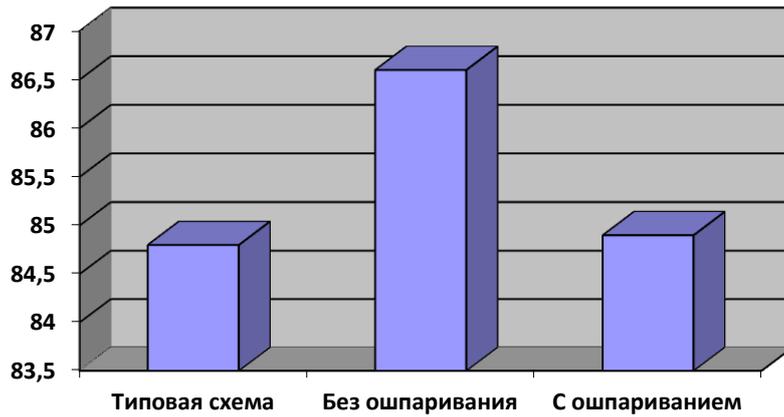


Рисунок 49 - Сравнение Сх/СВ (%) диффузионного сока при различных способах обработки стружки перед экстрагированием

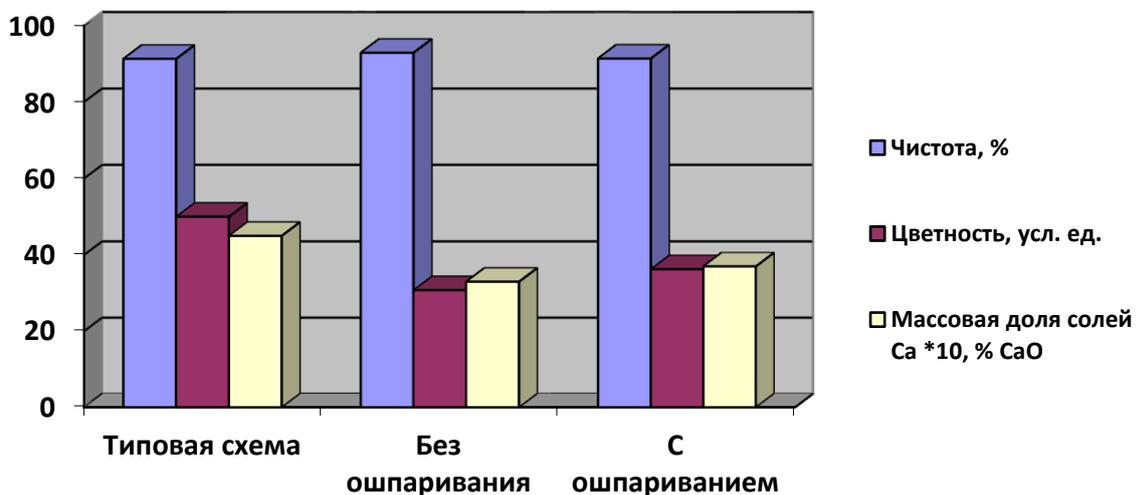


Рисунок 50 - Сравнение способов обработки свекловичной стружки перед экстрагированием сахарозы по показателям очищенного сока

В ходе исследования установлено, что лучшие качественные показатели диффузионного и очищенного соков достигаются при использовании схемы с обработкой стружки реагентом без предварительного ошпаривания.

Предварительная тепловая обработка стружки позволяет разрушить основные барьеры на пути сахарозы из вакуоли клеток к внешней поверхности стружки и тем самым увеличить глубину извлечения сахарозы.

Одним из достоинств парового ошпаривания является то, что поверхность стружки полностью стерилизуется – ошпариваются и погибают все микроорга-

низмы (как мезофиллы, так и термофилы). Это происходит из-за высокой температуры на поверхности стружки – в конце ошпаривания паром температура не отличается от температуры насыщенного пара.

Однако, согласно результатам исследований Буромского В.В. по разработке способа подготовки свекловичной стружки к экстрагированию, установлено, что при ошпаривании свекловичной стружки паром в промышленных условиях за короткий промежуток времени не удастся достичь равномерного нагрева ее массы, что приводит к уменьшению степени проницаемости свекловичной ткани. При увеличении подачи открытого пара более 2 % к массе подаваемой свеклы наблюдаются местные перегревы сокостружечной смеси, вследствие чего увеличивается гидролиз протопектина, снижается проницаемость оболочки клеток, что приводит к ухудшению качественных показателей получаемого диффузионного сока [41].

В соответствии с этим, ошпаривание стружки перед обработкой горячим раствором реагента не эффективно с точки зрения качественных показателей соков и энергосбережения.

На рисунке 51 представлена схема проведения процесса

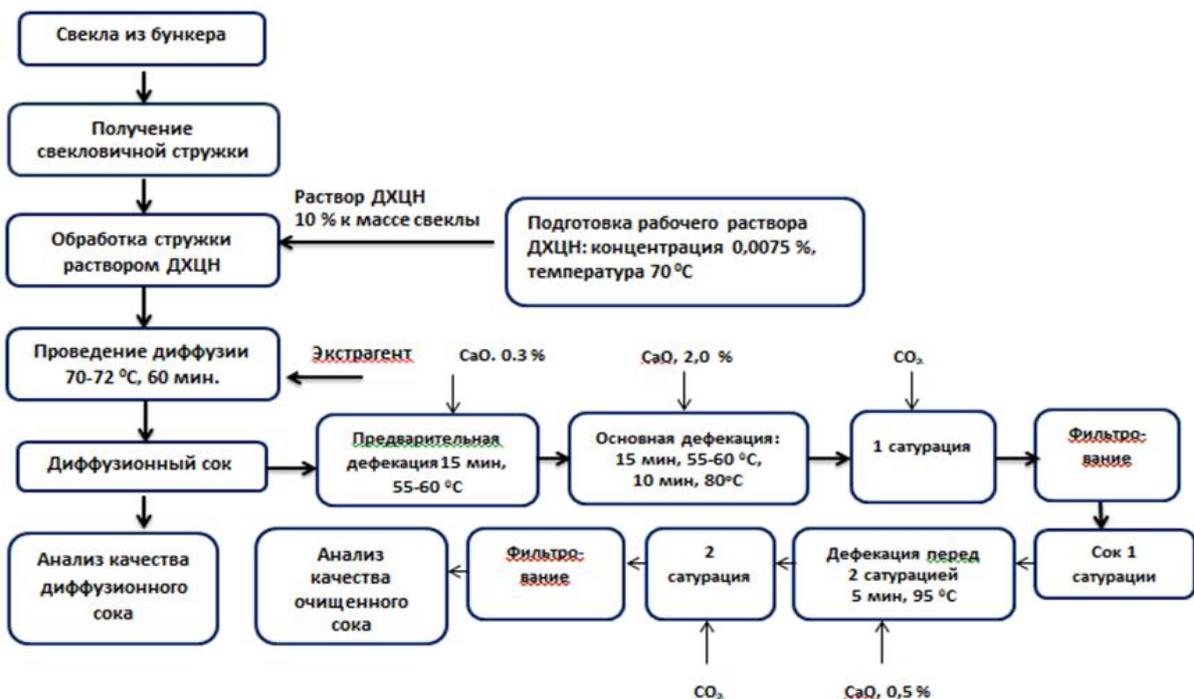


Рисунок 51 – Схема способа обработки стружки раствором ДХЦН

5.4 Определение бактерицидного действия раствора ДХЦН при обработке стружки перед экстрагированием сахарозы

Бактерицидное действие препарата при обработке стружки раствором реагента изучали путем определения плесневых грибов и количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ). В качестве объектов исследования использовали свекловичную стружку, диффузионный сок, преддефекованный сок, сок I сатурации. Свекловичную стружку получали путем измельчения сахарной свеклы на специальном устройстве. Далее ее обрабатывали раствором ДХЦН концентрацией 0,075 % в течение 10 с при температуре 70 °С, проводили диффузию. Полученный диффузионный сок подвергали предварительной дефекации, основной дефекации и I сатурации. Контрольными образцами служили полупродукты, полученные в лабораторных условиях без обработки хлорсодержащим реагентом.

Для определения КМАФАнМ и плесневых грибов использовали среды: мясопептонный агар (МПА) и солодовое агаризованное сусло соответственно. Количественный подсчет выросших колоний проводили для КМАФАнМ после 48 ч культивирования при температуре 30±2 °С, для плесеней – через 120 ч при температуре 24±1 °С (таблица 37, рисунки 52, 53) [31, 11, 12].

Таблица 37 – Содержание различных групп микроорганизмов в полупродуктах сахарного производства

Исследуемый продукт	Без обработки реагентом		С обработкой реагентом	
	КМАФАнМ, КОЕ в 1 г	Плесневые грибы, КОЕ в 1 г	КМАФАнМ, КОЕ в 1 г	Плесневые грибы, КОЕ в 1 г
Свекловичная стружка	$1,52 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^4$	$1,04 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^2$
Диффузионный сок	$2,88 \cdot 10^4$	Не обнаружено	$2,24 \cdot 10^3$	Не обнаружено
Преддефекованный сок	$1,2 \cdot 10^4$	Не обнаружено	$9,4 \cdot 10^2$	Не обнаружено
Сок I сатурации	$3,0 \cdot 10^3$	Не обнаружено	$4,0 \cdot 10^2$	Не обнаружено

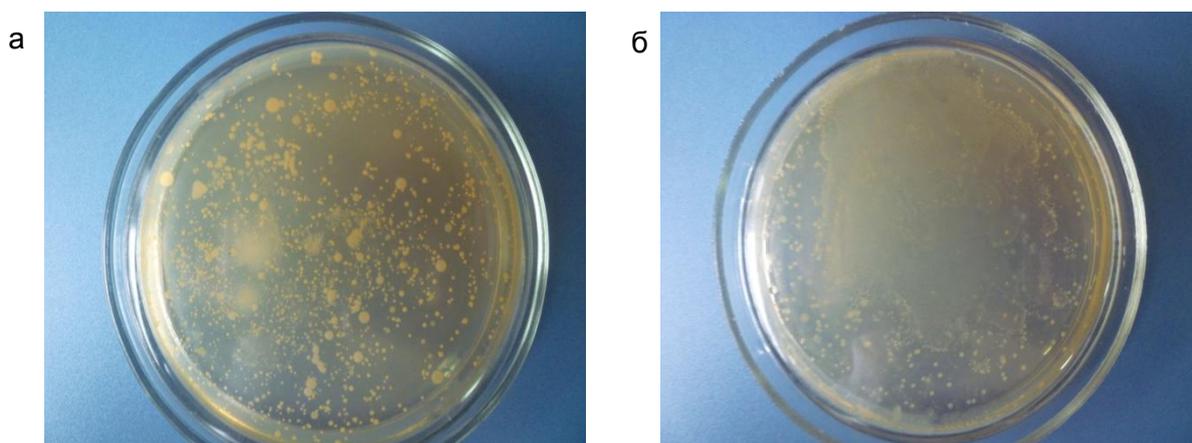


Рисунок 52 - Свекловичная стружка: а - без обработки реагентом; б - с использованием раствора ДХЦН

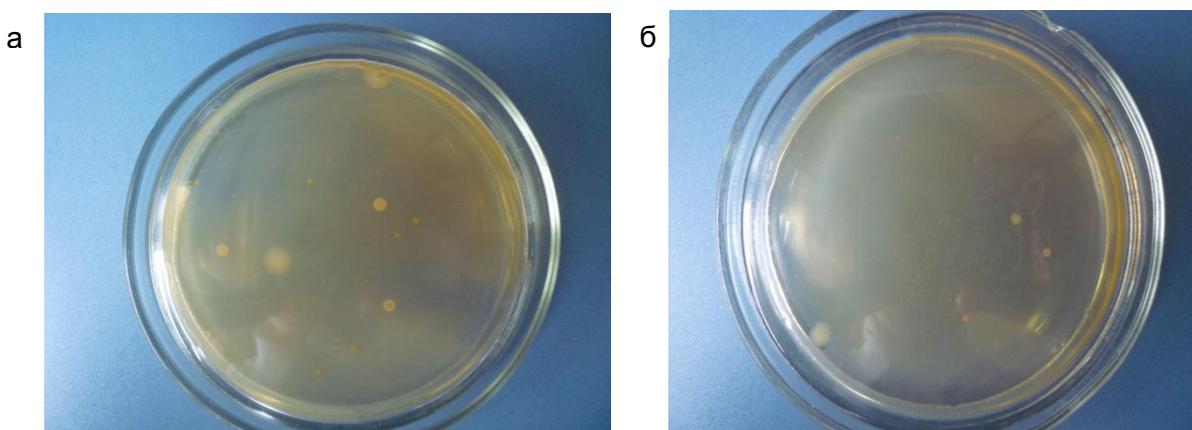


Рисунок 53 - Сок I насыщенности: а - без обработки реагентом; б - с использованием раствора ДХЦН

Механизм действия ДХЦН состоит в том, что при его растворении в воде образуется хлорноватистая кислота, которая затем разлагается в зависимости от среды на активный кислород или хлор. Эти вещества губительно действуют на клетки микроорганизмов. Хлор является сильным окисляющим веществом и отнимает электролиты от органических веществ, в том числе входящих в бактериальную клетку. В результате воздействия раствора ДХЦН денатурируют белки бактериальной клетки, и наступает ее гибель. Данный препарат эффективен против широкого спектра микроорганизмов.

Полученные результаты подтверждают бактериостатические свойства препарата, его широкий спектр действия и возможность использования в условиях свеклосахарного производства [37].

5.5. Выбор оптимальных параметров предварительной обработки стружки на основе математических методов планирования эксперимента

Для исследования взаимодействия факторов, влияющих на процесс подготовки стружки к экстрагированию сахарозы, включающий предварительную термохимическую обработку свекловичной стружки раствором ДХЦН, были применены математические методы планирования. В качестве основных факторов, влияющих на процесс предварительной обработки стружки, были выбраны:

X_1 – концентрация раствора реагента, %;

X_2 – температура раствора реагента, °С;

X_3 – длительность контакта стружки и реагента, с.

Выбор интервалов изменения факторов обусловлен технологическими условиями процесса. Критериями оценки влияния данных факторов на процесс обработки стружки были выбраны следующие показатели:

Y_1 – чистота ($CX/CB \times 100$) диффузионного сока, %;

Y_2 – массовая доля белка в диффузионном соке, % к массе продукта;

Y_3 – массовая доля солей кальция в очищенном соке, % СаО;

Y_4 – чистота ($CX/CB \times 100$) очищенного сока, %;

Y_5 – цветность очищенного сока, ед. опт. плот.

Для исследования применяли центральное композиционное ротатабельное равномерное планирование и полный факторный эксперимент (ПФЭ) 2^3 . Число опытов в матрице планирования для 3 входных параметров равно 20. Пределы изменения факторов показаны в таблице 38.

Порядок опытов рандомизировали посредством таблицы случайных чисел, что исключало влияние неконтролируемых факторов на результаты эксперимента. Опыты в каждой точке матрицы дублировали для повышения точности.

Программа исследований была заложена в матрицу планирования эксперимента (таблица 2 Приложение).

Таблица 38 – Пределы измерения входных факторов

Условия планирования	Пределы изменения факторов		
	X ₁	X ₂	X ₃
	%	°C	с
Нулевой уровень (0)	0,075	70	10
Интервал варьирования	0,025	5	5
Верхний уровень (+1)	0,100	75	15
Нижний уровень (-1)	0,050	65	5
Верхняя «звездная» точка (+1,682)	0,117	78	18
Нижняя «звездная» точка (-1,682)	0,033	62	2

Опыты проводили по следующей методике

Корнеплоды сахарной свеклы измельчали в стружку на специальной терке, делили на порции и помещали в отдельные термостойкие колбы.

В отдельных колбах нагревали 8 проб раствора реагента с концентрацией 0,05 и 0,10 % до температуры 65 и 75 °C (в соответствии с матрицей планирования эксперимента). По достижении каждой пробой раствора необходимой температуры проводили обработку свекловичной стружки раствором с выдержкой 5 и 15 с (в соответствии с матрицей планирования эксперимента).

В следующих восьми колбах нагревали пробы раствора реагента с концентрацией 0,075 % до температуры: 62, 70 и 78 °C (в соответствии с матрицей планирования эксперимента). По достижении каждой пробой раствора необходимой температуры проводили обработку навесок свекловичной стружки раствором в течение 2, 10 и 18 с (в соответствии с матрицей планирования эксперимента).

В 2 колбах нагревали пробы раствора реагента с концентрацией 0,033 % и 0,117 % до температуры 70 °C. По достижении каждой пробой раствора необходимой температуры проводили обработку навесок свекловичной стружки раствором в течение 10 с.

По истечении времени обработки в каждую колбу со стружкой приливали нагретый до температуры опыта экстрагент, проводили диффузию при температуре 70-72 °С и перемешивании в течение 60 мин.

После завершения процесса экстрагирования колбы со стружкой охлаждали, разделяли обессахаренную стружку и диффузионный сок. В полученном диффузионном соке определяли чистоту и массовую долю белка. Далее проводили физико-химическую очистку полученного диффузионного сока. Преддефекацию осуществляли в течение 15 мин при температуре 55 °С добавлением известкового молока, после чего доводили рН преддефекованного сока до 11,0. Затем проводили горячую основную дефекацию при температуре 80 °С, расход извести 2,0 % к массе сока, продолжительность процесса 10 мин. Сок подогревали до 92 °С и обрабатывали сатурационным газом до рН 10,8-11,4 (I сатурация), фильтровали, фильтрат направляли на II сатурацию и карбонизировали до рН 9,0-9,2. В фильтрованном соке II сатурации определяли чистоту, цветность и массовую долю солей кальция.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии вида:

для чистоты диффузионного сока

$$Y_1 = 88.5143 + 0.6786X_1 + 0.838X_2 + 0.4782X_3 + 0.125X_1X_2 - 0.149X_1X_3 - 0.675X_2X_3 - 0.082X_1^2 - 0.2765X_2^2 + 0.0593X_3^2;$$

для массовой доли белков в диффузионном соке

$$Y_2 = 0.0802 + 0.004X_1 + 0.0055X_2 + 0.003X_3 + 0.0003X_1X_2 - 0.0026X_1X_3 + 0.0009X_2X_3 - 0.0005X_1^2 - 0.0011X_2^2 - 0.0018X_3^2;$$

для массовой доли солей кальция в очищенном соке

$$Y_3 = 0.0157 + 0.0036X_1 + 0.0033X_2 + 0.0031X_3 + 0.0002X_1X_2 + 0.0006X_1X_3 - 0.0002X_2X_3 + 0.0001X_1^2 + 0.0007X_2^2 - 0.0003X_3^2;$$

для чистоты очищенного сока

$$Y_4 = 92.0939 + 1.2637X_1 + 0.7445X_2 + 1.1918X_3 + 0.3625X_1X_2 + 0.8875X_1X_3 + 0.0875X_2X_3 - 0.1812X_1^2 - 0.1105X_2^2 - 0.1459X_3^2;$$

для цветности очищенного сока

$$Y_5 = 184.7542 + 12.2927X_1 + 11.915X_2 + 15.6939X_3 - 0.149X_1X_2 + 4.725X_1X_3 + 8.8X_2X_3 + 6.177X_1^2 + 3.5076X_2^2 + 4.8511X_3^2.$$

Анализ данных уравнений позволяет выделить факторы, оказывающие наибольшее влияние на рассматриваемый процесс.

Чистота диффузионного сока увеличивается при повышении концентрации, температуры и длительности контакта стружки с реагентом. Состав жидкости, в которой протекает предварительная тепловая обработка, оказывает существенное влияние на изменение проницаемости свекловичной стружки. Присутствие химически активных соединений блокирует переход несахаров, находящихся в клетке и клеточных оболочках, повышая скорость экстракции сахарозы из стружки.

При повышении температуры реагента увеличивается гидролиз ДХЦН, в жидкости накапливается больше химически активных соединений.

Содержание белков в диффузионном соке повышается пропорционально увеличению концентрации, температуры и длительности обработки бактерицидным реагентом.

На содержание солей кальция в очищенном соке все факторы оказывают примерно одинаковое влияние: с их увеличением содержание солей кальция повышается.

Чистота очищенного сока (соотношение $CX/CB \times 100$) увеличивается с повышением концентрации и температуры раствора ДХЦН. Это объясняется тем, что в процессе обработки свекловичной стружки горячим бактерицидным раствором происходит денатурация молекул белка свекловичной ткани и удерживание коллоидных веществ внутри клеток. В результате в диффузионный сок переходит меньше несахаров, не удаляемых в процессе известково-углекислотной очистки, что способствует увеличению чистоты очищенного сока. На чистоту очищенного сока увеличение длительности контакта свекловичной стружки с раствором реагента оказывает наиболее значимое влияние.

На цветность очищенного сока все параметры оказывают примерно одинаковое влияние: с их повышением цветность сока увеличивается. При разложении хлорноватистой кислоты образуется атомарный кислород, в присутствии которого щелочно-термическое разложение глюкозы и фруктозы протекает иным путем, чем без него. Установлено, что в присутствии кислорода воздуха образуется больше соединений с карбоксильными группами, чем с карбонильными, которые играют важную роль в образовании красящих веществ. Вследствие этого при термическом разложении моносахаридов в присутствии кислорода воздуха растворы имеют меньшую окраску, чем без него.

Графическая интерпретация полученных результатов представлена на рисунках 54 – 58.

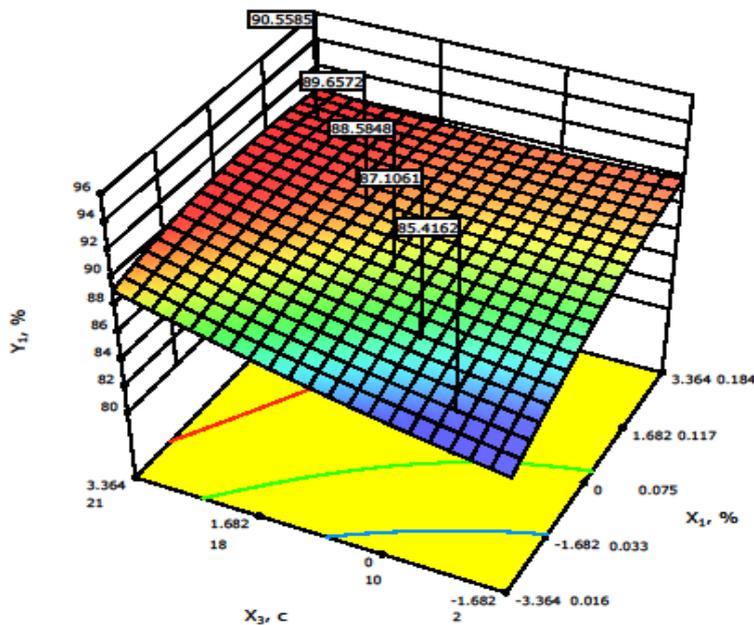


Рисунок 54 - Зависимость чистоты диффузионного сока от концентрации раствора и длительности контакта стружки и бактерицидного реагента

Максимальная чистота диффузионного сока наблюдается при длительности воздействия раствора бактерицидного реагента 18 с.

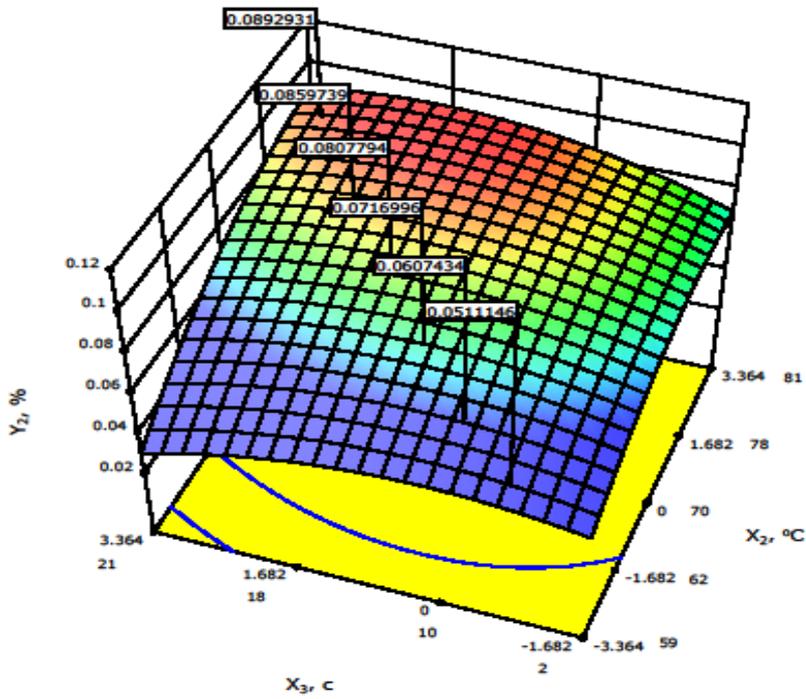


Рисунок 55 - Содержание белка в диффузионном соке в зависимости от температуры и длительности обработки стружки бактерицидным реагентом

Минимальное содержание белков в диффузионном соке наблюдается при температуре раствора бактерицидного реагента для обработки стружки 62 °С.

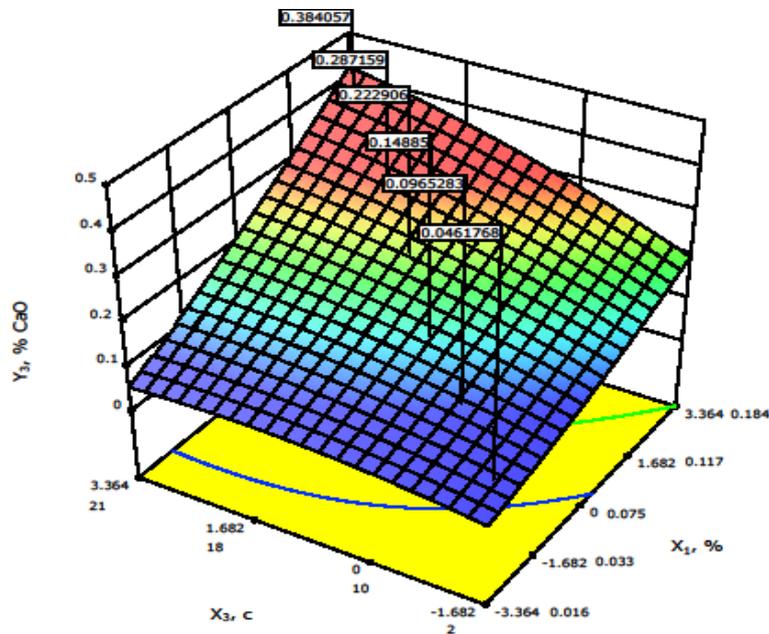


Рисунок 56 - Зависимость содержания солей кальция в очищенном соке от концентрации раствора бактерицидного реагента и длительности обработки свекловичной стружки

Минимальное содержание солей кальция наблюдается при обработке стружки раствором ДХЦН с концентрацией 0,033 %. С повышением концентрации раствора реагента происходит увеличение содержания кальциевых солей в очищенном соке, что объясняется накоплением нес сахаров, анионы которых образуют с катионами кальция растворимые соли или соединения, повышающие цветность очищенного сока.

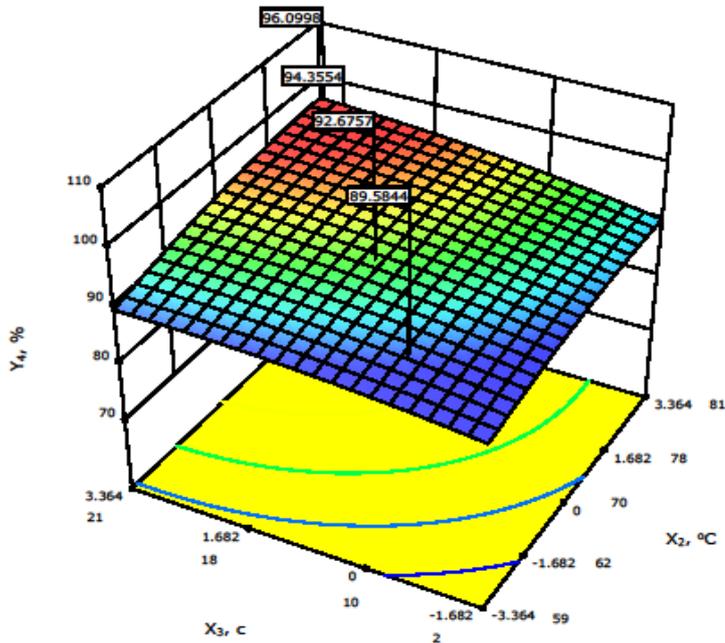


Рисунок 57 - Зависимость чистоты очищенного сока от температуры раствора ДХЦН и длительности обработки стружки

Обработка стружки растворами ДХЦН с высокой температурой в течение 10-18 с позволяет подготовить стружку к температурному воздействию в процессе диффузии. В результате в диффузионный сок переходит меньше нес сахаров, неудаляемых в процессе известково-углекислотной очистки, что способствует увеличению чистоты очищенного сока.

Низкие показатели цветности достигаются при обработке стружки раствором ДХЦН с концентрацией 0,04-0,05 % при температуре 65-70 °С.

На цветность очищенного сока в основном влияет температура обработки стружки, причем с понижением температуры цветность сока снижается. Это объясняется тем, что в ходе тепловой обработки стружки раствором с низкой темпе-

ратурой минимизируется разложение сахарозы. За счет применения раствора бактерицидного реагента при обработке стружки в процессе экстрагирования снижается количество нес сахаров в диффузионном соке, они не разлагаются на станции очистки, и повышение цветности сока II сатурации идет менее интенсивно.

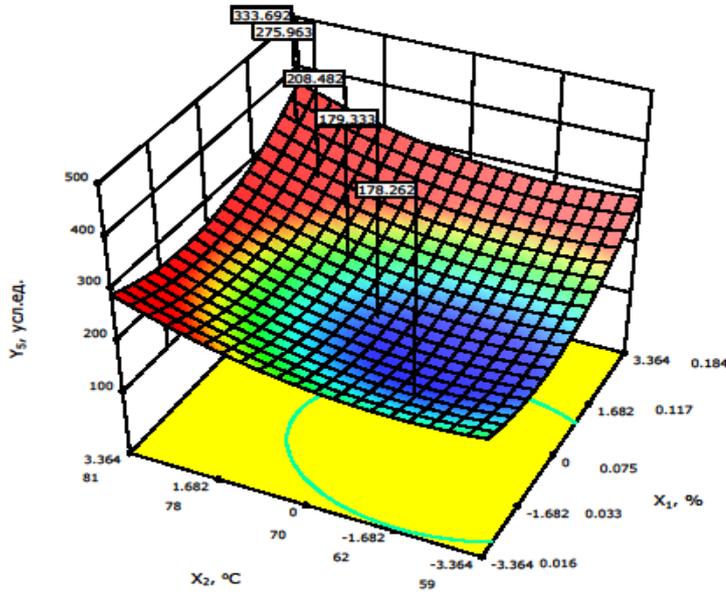


Рисунок 58 - Цветность очищенного сока в зависимости от концентрации реагента и температуры раствора ДХЦН для обработки стружки

Задача оптимизации процесса обработки стружки бактерицидным реагентом перед экстрагированием сахарозы заключалась в поиске условий, при которых чистота диффузионного и очищенного соков максимальны, а цветность, массовые доли солей кальция и белков – минимальны.

Пусть X - вектор x_i для $i = 1 \dots n$ - представляет собой переменные оптимального пространства, которое является подмножеством пространства опыта; Y_j, U_j, L_j для $j = 1 \dots m$ - выходные факторы с нижними и/или верхними границами; $Y(X)$ - оптимизируемый выходной фактор; тогда $f(X) = y(X)$ максимизация, $f(X) = -y(X)$ - минимизация.

Ограничения в виде разрывных функций:

$$g_j(X) = y_j(X) - U_j \text{ для } y_j > U_j,$$

$$g_j(X) = 0 \text{ для } L_j \leq y_j \leq U_j,$$

$$g_j(X) = L_j - y_j(X) \text{ для } y_j < L_j,$$

что образует систему из ограничений, которую можно решить в качестве безусловной задачи через функцию:

$$\text{Minimize} \left\{ f(X) + p \sum_j g_j(X) \right\},$$

где p - параметр для $j = 1 \dots m$ - увеличивается с каждой итерацией с коэффициентом 100. Количество итераций ограничено 15, что даёт $p = 10^{30}$ максимум.

$$\text{Критерии оптимизации} \begin{cases} Y_1 \rightarrow \max \\ Y_2 \rightarrow \min \\ Y_3 \rightarrow \min \\ Y_4 \rightarrow \max \\ Y_5 \rightarrow \min \end{cases} .$$

$$\text{Оптимальные интервалы} \begin{cases} X_1 = 0.067 \dots 0.075 \% \\ X_2 = 63 \dots 76 \text{ } ^\circ\text{C} \\ X_3 = 5 \dots 10.5 \text{ c} \end{cases}$$

Графическая интерпретация

Получили оптимальные значения входных факторов путём наложения графиков кривых равных значений после числовой оптимизации. Выделенные области отвечают заданным критериям оптимизации. На графиках отмечены оптимальные значения входных параметров при соответствующих значениях отклика (рисунки 59-61).

В результате применения метода «ридж – анализ», основанного на неопределенных множителях Лагранжа, получены рациональные интервалы входных и выходных параметров обработки свекловичной стружки бактерицидным реагентом: концентрация раствора бактерицидного реагента 0,05 %; температура раствора 68-70 °С; длительность обработки 5-6 с; чистота диффузионного сока 86,9-87,3 %; массовая доля белков в диффузионном соке 0,07 мг/см³; массовая доля солей кальция в очищенном соке 0,009-0,01 %CaO; чистота очищенного сока 90,3 %; цветность очищенного сока 171,7 ед. опт. плот.

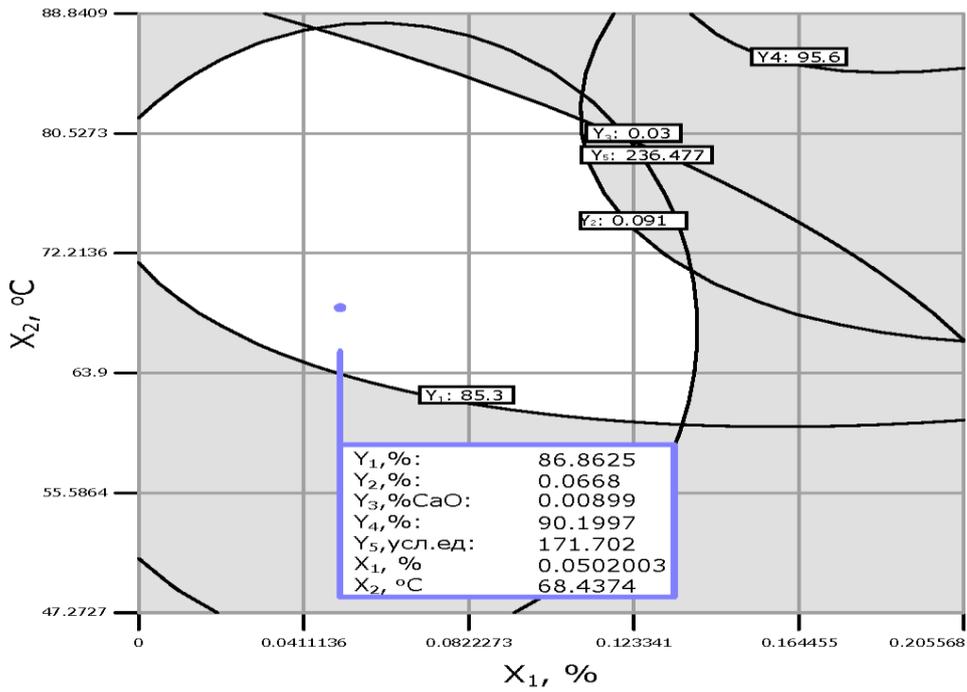


Рисунок 59 - Номограмма оптимизации процесса обработки стружки в зависимости от температуры и концентрации раствора ДХЦН

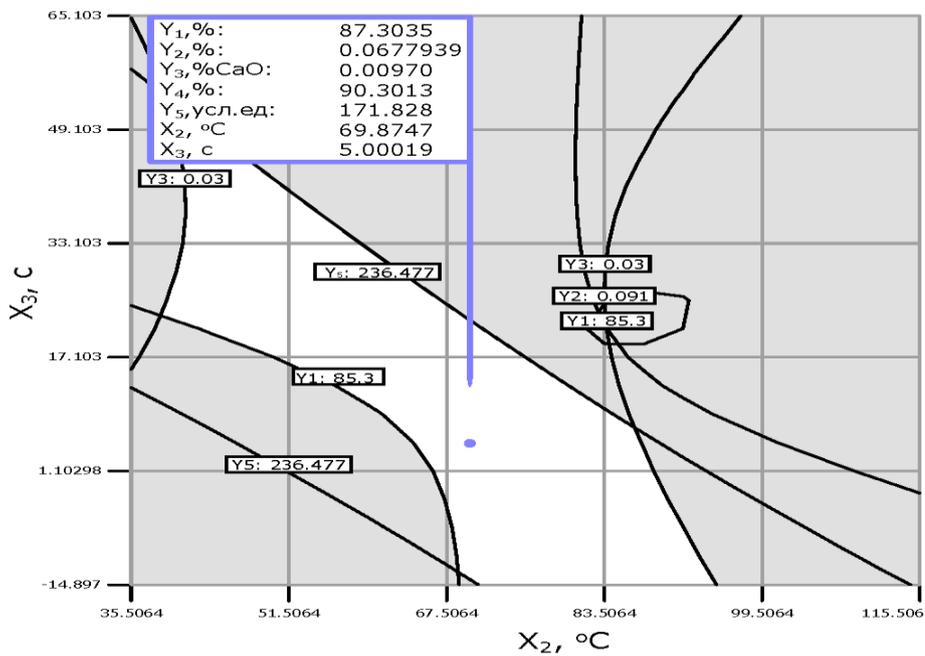


Рисунок 60 - Номограмма оптимизации обработки стружки бактерицидным реагентом в зависимости от температуры и продолжительности процесса

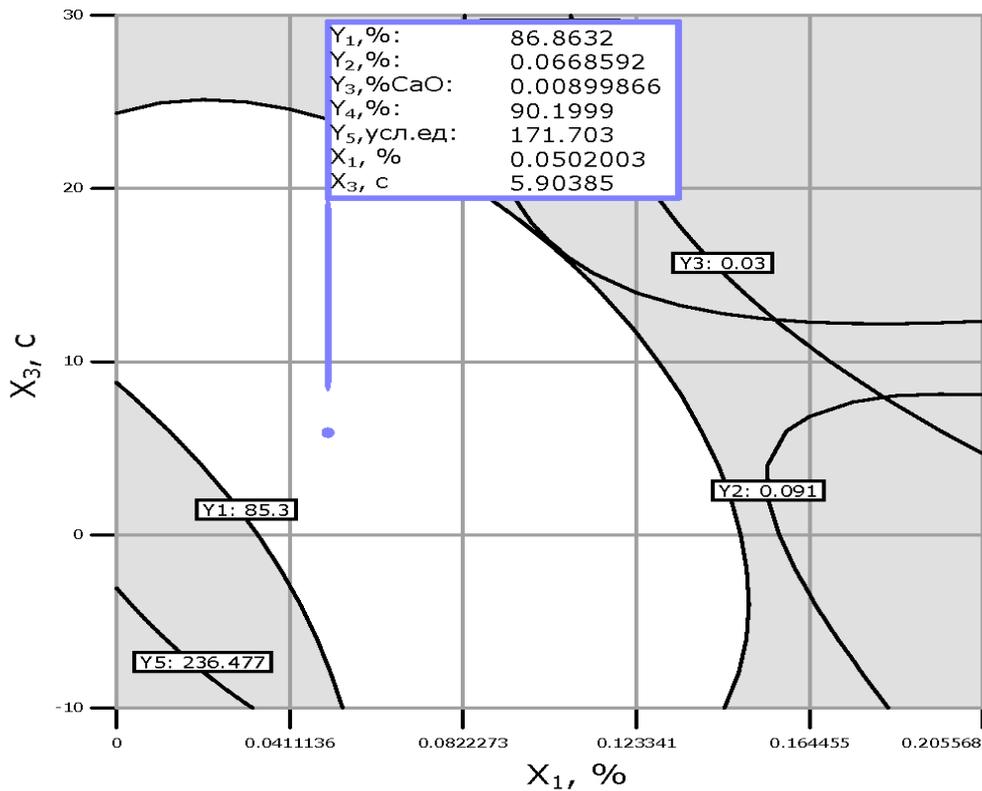


Рисунок 61 - Номограмма оптимизации обработки стружки бактерицидным реагентом в зависимости от концентрации раствора ДХЦН и продолжительности процесса

В данной главе проанализировано действие бактерицидного препарата при обработке стружки перед экстрагированием сахарозы в условиях свеклосахарного производства, определены оптимальные рабочая концентрация и количество раствора ДХЦН, температура раствора реагента длительность обработки стружки, а так же их влияние на качественные показатели диффузионного и очищенного соков. Экспериментальные данные обработаны с помощью программы Stat-Ease Design-Expert® V 9.0, что позволило дать достоверную и обоснованную оценку полученных данных, получить уравнения регрессии, построить номограммы и графические зависимости.

На основе данных экспериментальных исследований и результатов их обработки с использованием программы Stat-Ease Design-Expert® V 9.0, было подтверждено, что обработка стружки раствором ДХЦН перед экстрагированием значительно уменьшает микробиологическую обсемененность полупродуктов,

снижает содержание белков, солей кальция, золы, α – аминного азота в диффузионном и очищенном соке. При этом повышается чистота и снижается цветность очищенного сока, что способствуют повышению выхода и качества белого сахара.

Испытанный способ обработки стружки с применением ошпаривания перед обработкой раствором ДХЦН не дал положительных результатов.

6 ПРОМЫШЛЕННАЯ АПРОБАЦИЯ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ И РАСЧЕТ ОЖИДАЕМОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

6.1. Промышленные испытания способа получения диффузионного сока с обработкой свекловичной стружки бактерицидным агентом

Способ получения диффузионного сока с обработкой свекловичной стружки раствором ДХЦН перед экстрагированием был испытан в лабораторных условиях ООО «Хохольский сахарный комбинат».

Опыты проводили по следующей методике.

Свекловичную стружку отбирали с ленточного конвейера перед поступлением ее в диффузионный аппарат, делили на 2 пробы. Первую пробу обрабатывали конденсатом при температуре 70 °С в количестве 100 % к массе стружки, выдерживали в водяной бане при температуре сокостружечной смеси 70 °С в течение 60 мин при перемешивании.

Вторую пробу стружки обрабатывали раствором натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты концентрацией 0,075 % в количестве 10 % к массе стружки при температуре 70 °С в течение 30 с. Далее приливали конденсат температурой 70 °С в количестве 90 % к массе стружки и выдерживали в водяной бане при температуре сокостружечной смеси 70 °С в течение 60 мин при перемешивании.

Отделяли от сокостружечной смеси диффузионный сок, термостатировали при температуре 20 °С, определяли показатели качества (таблица 40).

Разработанный способ получения диффузионного сока предусматривает подачу свекловичной стружки и питающей воды в диффузионный аппарат для проведения процесса экстрагирования. Новым является то, что свекловичную стружку перед добавлением ее в диффузионный аппарат обрабатывают раствором натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты концентрацией 0,75 кг сухого реагента на 1 м³ воды в количестве 10 % при продолжительности процесса обработки 30–60 с и температуре раствора 70–72 °С.

Технический результат разработки заключается в увеличении выхода кристаллического сахара–песка заданного качества за счет снижения неучтенных потерь сахарозы в производстве, повышения чистоты диффузионного и очищенного соков, в снижении числа реагентов для химической обработки, интенсификации процесса.

Данный способ обработки свекловичной стружки позволяет предупредить развитие микроорганизмов, уменьшить неучтенные потери сахарозы, стабилизировать рН в диффузионном аппарате, снизить переход высокомолекулярных несахаров из свеклы в диффузионный сок.

При обработке свекловичной стружки водным раствором натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты бактерицидные свойства реагента проявляются за счет выделения активного хлора, входящего в состав реагента, повышается чистота диффузионного и очищенного соков, что способствует увеличению выхода сахара–песка и повышению его качественных показателей.

Испытания проводили в лаборатории ООО «Хохольский сахарный комбинат» 2-3 декабря 2014 года. Показатели полупродуктов производства по результатам работы лаборатории завода представлены в таблице 39.

Таблица 39 – Показатели полупродуктов на Хохольском сахарном заводе при работе по заводской схеме

Показатели полупродуктов	2 декабря	3 декабря
Сахаристость свекловичной стружки, %	19,8	19,5
Массовая доля стружки, пораженной слизистым бактериозом, %	3,3	3,8
Чистота диффузионного сока, %	87,8	87,1
Чистота очищенного сока, %	90,5	89,8
Массовая доля солей кальция в очищенном соке, % СаО	0,050	0,058
Цветность очищенного сока, ед.опт.плот.	1098	1102

1	2	3
Мутность очищенного сока, ед.опт.плот.	39,0	47,0
Чистота сиропа, %	90,4	89,6
Массовая доля солей кальция в сиропе, % СаО	0,192	0,200
Цветность сиропа, ед.опт.плот.	1857	1982
Мутность сиропа, ед.опт.плот.	227	197
Цветность белого сахара, ед.опт.плот.	62,4	70,0
Мутность белого сахара, ед.опт.плот.	19,0	21,14

Таблица 40 –Показатели качества диффузионного сока в зависимости от способа проведения диффузионного процесса

Показатели диффузионного сока	Типовая схема проведения экстрагирования	Схема с обработкой стружки перед экстрагированием бактерицидным агентом
Массовая доля сахарозы, %	10,18	9,90
Массовая доля сухих веществ, %	11,3	10,9
Чистота, %	90,08	90,85
рН	6,50	6,45
Содержание молочной кислоты, мг/дм ³	171	115

В результате лабораторных испытаний способа получения диффузионного сока с обработкой свекловичной стружки раствором ДХЦН перед экстрагированием установлено, что полученный по предлагаемому способу диффузионный сок имеет более высокие качественные показатели по сравнению с соком, полученным по классическому способу: чистота его выше на 0,7-0,8 %, содержание молочной кислоты ниже на 32-33 %.

Каждую пробу диффузионного сока подвергали термостатированию при температуре 70 °С в течение 2 ч, ежечасно отбирая пробы для анализа (таблица 41).

Таблица 41 – Динамика показателей диффузионного сока в процессе термостатирования

Показатели диффузионного сока	Типовая схема проведения экстрагирования	Схема с обработкой стружки перед экстрагированием бактерицидным агентом
рН	6,50	6,45
рН после термостатирования:		
в течение 1 ч	5,96	6,19
в течение 2 ч	4,99	5,78
Содержание молочной кислоты, мг/дм ³	171	115
Содержание молочной кислоты, мг/дм ³ после термостатирования:		
в течение 1 ч	218	145
в течение 2 ч	267	166

В процессе термостатирования при температуре 70 °С увеличение кислотности диффузионного сока, полученного с предварительной обработкой стружки раствором ДХЦН, и содержания в нем молочной кислоты происходит медленнее, чем в полученном по заводской схеме. Это свидетельствует о хороших бактерицидных свойствах используемого препарата, которые будут сохраняться и на следующих стадиях технологического процесса.

6.2. Расчет ожидаемого экономического эффекта способа получения диффузионного сока с обработкой экстрагента раствором ДХЦН перед извлечением сахарозы

Для оценки целесообразности внедрения предлагаемого способа получения диффузионного сока с обработкой экстрагента раствором ДХЦН проведем расчет экономической эффективности, которая в сравнении с типовым способом

проведения диффузионного процесса, согласно оценке, выражается в увеличении чистоты очищенного сока на 1,2 %, снижении цветности очищенного сока на 10 %.

Алгоритм расчета включает следующие этапы:

1. Расчет прироста прибыли вследствие увеличения выхода сахара. При проведении расчета учтено, что чистота очищенного сока увеличивается на 1,2 процентных пункта с 90,9 до 92,1. При условии, что увеличение чистоты очищенного сока на 1,0 % способствует увеличению выхода сахара на 0,3 %, его расчетный выход повысится на 0,36 % к массе свеклы. Отсюда дополнительная выработка сахара за рабочий период, равный 110 суток, при заданной производительности завода 2500 т свеклы в сутки составит 990 т ($0,36 \cdot 110 \cdot 2500 / 100$)

При фактических значениях отпускной цены одного килограмма сахара-песка 32 руб./кг и уровня рентабельности продукции 15 % сумма прибыли, заложенная в цене одного килограмма сахара, равна 4,17 рублей, а за одну тонну 4170 руб. Прирост прибыли составит $990 \cdot 4,170 = 4128,3$ тыс. руб.

2. Расчет прироста прибыли вследствие снижения цветности очищенного сока. Улучшение технологических параметров отраслевого производства обеспечивает выпуск сахара-песка стандартного качества в количестве не менее 97,0 % от общего объема выработки сахара за сезон. Для сравнения отметим, что согласно данным «Сахпродсервис», по традиционной схеме очистки выпуск товарного сахара составляет около 90,0 %.

При условии, что выход сахара за производственный сезон устанавливается в значении 13,28 %, выработка сахара для завода указанной мощности составит 36520 т ($2500 \cdot 110 \cdot 13,28/100$).

При внедрении способа подготовки стружки к экстрагированию увеличение выработки сахара-песка стандартного качества достигнет 7,0 %, что в пересчете на сахар равно 2556,4 т.

Выработка некондиционного сахара приводит к снижению его отпускной цены на 10,0 %. При условии производства сахара стандартного качества допол-

нительная прибыль от увеличения объема его выработки при сохранении заданного уровня рентабельности составит 8179,2 тыс. руб ($2556,4 \cdot 32 \cdot 10 / 100$)

3. Определение капитальных вложений (затраты на приобретение дополнительного оборудования, его транспортировку и монтаж).

В соответствии с технологической схемой потребуются следующее дополнительное оборудование для обработки экстрагента раствором бактерицидного реагента:

мешалка для приготовления раствора реагента – 87,620 тыс. руб;

дозатор – 28,300 тыс. руб;

смеситель – 178,280 тыс. руб;

сборник раствора – 148,800 тыс. руб.

Совокупная стоимость дополнительного оборудования составляет:

$$87620 + 28300 + 178280 + 148800 = 443,0 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость монтажных работ согласно экспертной оценке составляет 10,0 % от общих затрат или 44,3 тыс. руб.

Тогда общая сумма капитальных вложений составляет 487,3 тыс. руб.

4. Расчет дополнительных расходов на сопровождение проекта.

Дополнительные расходы на сопровождение проекта включают затраты на амортизацию $487,3 \cdot 15 / 100 = 73,1$ тыс. руб.

Затраты на приобретение реагента при заданной производительности завода и длительности сезона переработки свеклы определены при совокупном объеме переработки свеклы, равном 275000 т, удельном расходе реагента 0,05 т на 100 т свеклы и действующей цене реагента 200840 руб/т.

Общий расход ДХЦН составит: $275000 \cdot 0,05 \cdot 0,1/100 = 13,751$ т. Так как на 100 т свеклы необходимо затратить 0,05 т реагента, то

$$13,751 \cdot 200,840 = 2761,8 \text{ тыс. руб.}$$

Совокупные дополнительные текущие расходы равны

$$И = 73,1 + 2761,8 = 2834,9 \text{ тыс. руб.}$$

5. Экономический эффект равен

$$\text{Э} = 4128,3 + 8179,2 - 2834,9 = 9472,6 \text{ тыс. руб.}$$

6. Определение срока окупаемости проекта.

$$C = 487,3 / 9472,6 = 0,05 \text{ года.}$$

Таким образом, предлагаемый способ получения диффузионного сока с обработкой экстрагента раствором ДХЦН является экономически целесообразным. Капитальные вложения, необходимые для его внедрения, окупятся за 0,05 года.

6.3. Расчет ожидаемого экономического эффекта способа получения диффузионного сока с обработкой стружки раствором ДХЦН перед экстрагированием

Современным решением проблемы повышения качества очищенного сока и увеличения выхода сахара является предварительная обработка свекловичной стружки горячими жидкими реагентами.

Применение реагентов для обработки стружки перед экстрагированием позволяет снизить величину потерь сахарозы на станции экстрагирования на 0,5 %; удерживать коллоиды и высокомолекулярные соединения в свекловичной стружке, что снижает содержание белков в диффузионном соке на 16 %; уменьшить переход нес сахаров из свекловичной стружки в диффузионный сок, что повышает его чистоту на 1,1-1,2 %; повысить качественные показатели очищенных соков сахарного производства (чистота увеличивается на 0,8-1,0 %).

Алгоритм расчета включает следующие этапы:

1. Расчет дополнительного оборудования, необходимого для проведения технологического процесса при обработке свекловичной стружки раствором реагента (затраты на приобретение дополнительного оборудования, его транспортировку и монтаж). Дополнительное оборудование включает:

- мешалка для приготовления раствора реагента – 87,620 тыс. руб;
- дозатор – 28,300 тыс. руб;
- распылительное устройство – 178,280 тыс. руб;

- сборник раствора реагента – 148,800.

Следовательно, стоимость дополнительного оборудования составит:

$$87620 + 28300 + 178280 + 148800 = 443,000 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость монтажных работ от общих затрат - 10,0 % в соответствии с этим – 44,3000 тыс. руб.

Общая сумма капиталовложений будет 487,300 тыс. руб.

Затраты на амортизацию $487,300 \cdot 15 / 100 = 73,095$ тыс. руб.

2. Расчет прироста прибыли вследствие увеличения выхода сахара. Рассчитаем увеличение выхода сахара за счет предлагаемого решения. Чистота очищенного сока увеличивается на 0,8 % (91,2 – 90,4). Исходя из того что, увеличение чистоты очищенного сока ($Ч_{\text{оч.с.}}$) на 1,0 % увеличивает выход сахара на 0,3 % следовательно выход сахара увеличивается на 0,24 % к массе свеклы. Рассчитаем для Балашовского сахарного завода, работающего 110 суток, дополнительную выработку сахара $0,24 \cdot 110 \cdot 2400 / 100 = 633,6$ т.

Полученная дополнительная прибыль в рублях составит 2642,1 тыс. руб. ($633,6 \cdot 4,170$).

Снижение цветности очищенного сока, от общего объема выработки сахара за сезон, обеспечивает выпуск сахара-песка стандартного качества в количестве не менее 97,0 %. Используя традиционную схему очистки, выпуск товарного сахара будет равен 90,0 % (данные «Сахпродсервис»).

Выход сахара за производственный сезон составляет 12,8 %. Выработка сахара для завода мощностью 2400 т свёклы/сутки составляет $2400 \cdot 110 \cdot 12,8/100 = 33792,0$ т.

Увеличение выработки сахара–песка стандартного качества при внедрении способа подготовки свекловичной стружки для диффузии составляет 7,0 %, что в пересчете на сахар 2365,44 т.

При выработке некондиционного сахара отпускная цена его снижается на 10,0 %, следовательно, дополнительная прибыль от увеличения объема вырабо-

танного сахара стандартного качества составляет 7569,40 тыс. руб (2365,44 · 32000 · 10 / 100).

3. Расчет дополнительных расходов необходимых для реализации проекта. Количество перерабатываемой свеклы в сутки составляет 2400 т. Продолжительность сезона 110 сут. Количество переработанной свеклы за производственный сезон 264000 т.

Удельный расход ДХЦН на 1 т свеклы равен 0,05 кг. Стоимость реагента за килограмм 201,0 руб/кг.

Общий расход реагента за 110 суток составит 1320,0 кг (264000 · 0,05 · 0,1), так как на 1 т свеклы необходимо затратить 0,05 кг реагента при его расходе 10 % к массе стружки.

Вложения необходимые для приобретения реагента на один производственный сезон 265,32 тыс. руб. (1320,0 · 0,201).

Дополнительные текущие расходы:

$$И = 73,095 + 265,32 = 338,415 \text{ тыс. руб.}$$

4. Экономическая эффективность применения ДХЦН составит:

$$Э = 2642,1 + 7569,40 - 338,415 = 9873,085 \text{ тыс. руб.}$$

5. Срок окупаемости проекта с применением реагента для обработки стружки:

$$С = 338,415 / 9873,085 = 0,034 \text{ года.}$$

Таким образом, из проведенных промышленных испытаний и расчета ожидаемого экономического эффекта можно сделать вывод о технологической целесообразности и экономической эффективности использования раствора ДХЦН для обработки свекловичной стружки в свеклосахарном производстве.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Проведена оценка микробиологических показателей сахара-песка отечественных сахарных заводов, которая показала превышение требований стандарта по всем группам микроорганизмов, что свидетельствует о необходимости применения новых бактерицидных препаратов при переработке свеклы.

2. На модельных культурах обосновано использование хлорсодержащего бактерицидного препарата на основе натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты применительно к свеклосахарному производству. Описан механизм гидролитического разложения соли в зависимости от параметров процесса. Обосновано комплексное бактерицидное и технологическое действие продуктов разложения ДХЦН на компоненты полупродуктов свеклосахарного производства.

3. Разработаны и экспериментально обоснованы способы обработки свекловичной стружки и экстрагента для диффузионного процесса бактерицидным препаратом. Выбраны рациональные параметры процесса: концентрация раствора ДХЦН 0,05-0,075 %, температура раствора 68-70 °С, расход раствора для обработки 10 %. Проведение производственных процессов в обоснованном интервале параметров позволит повысить чистоту диффузионного и очищенного соков на 0,8-1,2 %, что обеспечит увеличение выхода сахара на 0,25-0,30 % к массе перерабатываемой свеклы. Новизна технических решений защищена патентом РФ № 2552036 “Способ получения диффузионного сока”.

4. На основе математических методов планирования эксперимента построены математические модели процессов обработки свекловичной стружки и экстрагента раствором ДХЦН. С использованием методов «ридж-анализ» и неопределенных множителей Лагранжа рассчитаны оптимальные параметры использования бактерицидного препарата при получении диффузионного сока: для обработки экстрагента – концентрация раствора ДХЦН 0,074 %, температура раствора 68 °С; для обработки стружки бактерицидным препаратом -

концентрация раствора ДХЦН 0,05 %, температура раствора 68-70 °С, длительность контакта со стружкой 5 с.

5. Проведены промышленные испытания способа получения диффузионного сока с обработкой свекловичной стружки перед экстрагированием раствором ДХЦН на ООО “Хохольский сахарный комбинат”. Установлено, что чистота диффузионного сока при использовании ДХЦН повышается на 0,7-0,8 %, содержание молочной кислоты снижается на 32-33 %.

6. Выполнен расчет ожидаемого экономического эффекта при использовании раствора ДХЦН в процессе получения диффузионного сока. Обработка стружки раствором ДХЦН перед экстрагированием позволяет получить прибыль за производственный сезон 9873 тыс. руб для сахарного завода производственной мощностью 2500 т свеклы в сутки, обработка экстрагента – 9472 тыс. руб. для сахарного завода производственной мощностью 2400 т свеклы в сутки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антисептические и дезинфицирующие средства [Электронный ресурс] // Медицинский справочник MedPuls - Режим доступа: medpuls.net\drugs\antisepticheskie-i...sredstva , свободный.
2. Апасов, И. В. Эффективность препаратов для повышения сохранности сахарной свеклы при хранении [Текст] / И. В. Апасов, Г. К. Фоменко, Л. Н. Путилина // Технология высоких урожаев. – 2011. - № 4. – С. 37-39.
3. Биология и микробиология [Текст]: учеб. пособие / Г. П. Шуваева, О. С. Корнеева, В. С. Григоров, И. Д. Руадзе. – Воронеж. – ВГТА, 2003. – С. 214-216.
4. Бугаенко, И. Ф. Повышение эффективности сахарного производства [Текст] / И. Ф. Бугаенко. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2008. С. – 180.
5. Бугаенко, И.Ф. Физико-химические методы анализа и контроля в сахарном производстве. Практикум [Текст] : учеб. пособие / И.Ф. Бугаенко, С.В. Штерман ; Московский гос. университет. пищевых технол. – Москва: МГУПП, 2006. – 126 с.
6. Бурьян, Н. И. Теория и практика виноделия. Микробиология виноделия: Перевод с французского. Т. 2 [Текст] / Бурьян Н. И., Тюрина Л. В. – М.: Москва, 1999.
7. Горчинский, Ю. Н. Технология получения особо чистого стерилизованного сахара из сахара-сырца [Текст] / Ю. Н. Горчинский, О. А. Потапов, Ф. П. Никоненко // Сахар. – 2001. - № 5. – С. 25-28.
8. Грачев, Ю. П. Математические методы планирования эксперимента [Текст] / Ю. П. Грачев, Ю. М. Плаксин. – М.: ДеЛипринт, 2005. – 296 с.
9. ГОСТ Р 52647-2006 Свекла сахарная. Технические условия [Текст]. – М.: Стандартиформ. – 2007. – С. 9.
10. ГОСТ Р 53396-2009 Сахар белый. Технические условия [Текст]. – М.: Стандартиформ. – 2010. – С. 16.

11. ГОСТ 10444.12-88 Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов [Текст]. – М.: Госстандарт России: Изд. Стандартов, 2010. – С. 6-7.
12. ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов [Текст]. – М.: Госстандарт России: Изд. Стандартов, 2010. – С. 1-3.
13. ГОСТ 11086-76 Гипохлорит натрия. Технические условия [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2006. – С. 6
14. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2008. – С. 48
15. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ Вредные вещества. Классификация и общие требования [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2007. – С. 7
16. ГОСТ 12572-93: Сахар-песок и сахар-рафинад. Методы определения цветности [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2012. – С. 81
17. ГОСТ 12574-93 Сахар-песок и сахар-рафинад. Методы определения золы. Введ. 1997-01-01. – М.: Стандартиформ, 2012. – 6 с.
18. ГОСТ 12575-2001: Сахар. Методы определения редуцирующих веществ [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2012. – С. 100
19. ГОСТ 17421 – 82 Свекла сахарная для промышленной переработки [Текст]. – М.: ИПК Изд. Стандартов, 1999.
20. ГОСТ 21-94 Сахар-песок. Технические условия [Текст]. – Минск: Изд. Стандартов, 1996. – 15 с.
21. ГОСТ 26968-86 Сахар. Методы микробиологического анализа [Текст] . – М.: Стандартиформ, 2012. – С.150
22. Дезинфектант "НОБАК" ТУ У 24.2-31339253.002-2003 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [europolimers.ru>dezinfektant_nobak_tu_u_24.2-3133](http://europolimers.ru/dezinfektant_nobak_tu_u_24.2-3133), свободный.
23. Дерканосова, М.Н. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств. Практикум [Текст] : учеб. пособие /

Н. М. Дерканосова, А. А. Журавлев, И. А. Сорокина; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж: ВГТА, 2011. – 196 с.

24. Егорова, М. И. Факторы риска и безопасности сахара [Текст] / М. И. Егорова, С. М. Казакова, Л. С. Чугунова // Сахар. – 2009. – № 2. – С. 52–54

25. Егорова, М. И. Реформа технического регулирования в России, ее последствия для сахарной промышленности [Текст] / М. И. Егорова // Сахар. – 2006. – № 4. – С. 8-13.

26. Егорова, М.И. Сахар: эволюция требований потребителей [Текст] / М. И. Егорова // Сахар. – 2014. – № 7. – С.16-17.

27. Егорова, М. И. Тенденции и перспективы сближения требований к продукции в Таможенном Союзе [Текст] / М. И. Егорова // Сахар. – 2014. – № 8. – С.23-25.

28. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Глава 2, раздел 20 Требования к дезинфицирующим средствам. – С. 1261-1266.

29. Жвирблянская, А. Ю. Основы микробиологии, санитарии и гигиены в пищевой промышленности. [Текст] / А. Ю. Жвирблянская, О. А. Бакушинская. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Легкая и пищевая промышленность, 1983. С. – 182-185.

30. Качество сахара и пути его повышения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.5fan.ru/wievjob.php?ip=3605>

31. Качественные характеристики сахара-песка для кондитерского производства [Текст] / С. В. Штерман, В. С. Штерман, Н. В. Осташенкова, М. Е. Ткешелашвили, И. А. Кондакова, О. В. Холина // Сахар. – 2009. – № 3. – С. 46-52.

32. Корнеева, О. С. Основы микробиологического и санитарно-гигиенического контроля на предприятиях свеклосахарной промышленности : учеб. пособие [Текст] / О. С. Корнеева, Л. В. Спивакова, Т. В. Мальцева. – Воронеж : ГОУВПО Воронеж. гос. технол. акад., 2006. – С. 5-22.

33. Кульнева, Н. Г. Обоснование бактерицидного эффекта нового препарата для свеклосахарного производства [Текст] / Н. Г. Кульнева, А. И. Шматова, Ю.И. Манько // Материалы III Международной конференции «Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса». – Ставрополь, 2014. – С. 147-150

34. Кульнева, Н. Г. Обеспечение сохранности сырья в свеклосахарном производстве в условиях инфицирования [Текст] / Н. Г. Кульнева, А. И. Шматова // Материалы VI Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум». – 2014.

35. Кульнева, Н. Г. Микрофлора свеклосахарного производства: проблемы и пути решения [Текст] / Н. Г. Кульнева, А. И. Шматова, Ю. И. Манько // Вестник ВГУИТ. – 2014. – № 1. – С. – 193-196.

36. Кульнева, Н. Г. Исследование бактериостатических свойств хлорсодержащего препарата для свеклосахарного производства [Текст] / Н. Г. Кульнева, О. Ю. Гойкалова, А. И. Шматова // Вестник ВГУИТ. – 2014. – №4. – С. 187-190.

37. Кульнева, Н. Г. Испытание бактерицидного препарата для свеклосахарного производства [Текст] / Н. Г. Кульнева, О. Ю. Гойкалова, А. И. Шматова, Ю. И. Манько // Актуальная биотехнология. – 2014. – № 2(9). – С.49-51.

38. Кульнева, Н. Г. Оценка микробиологического состояния сахара-песка [Текст] / Н. Г. Кульнева, О. Ю. Гойкалова, А. И. Шматова, А. А. Никифорова //: Материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технологии и организации питания «Инновации в индустрии питания и сервисе». – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2014. – С.166-167.

39. Кульнева, Н. Г. Проблемы хранения и переработки свеклы в условиях высокой инфицированности [Текст] / Н. Г. Кульнева, А. И. Шматова, А. М. Стародубцева // Актуальная биотехнология. – 2013. – № 4(7). – С.22-24.

40. Кульнева, Н. Г. Проблемы переработки сахарной свеклы [Текст] / Н. Г. Кульнева, А. И. Шматова // Актуальная биотехнология. – 2012. – № 2. – С. 32-33

41. Лекции по курсу «Неорганическая химия» для студентов инженерно-технологического факультета / З.В. Апанович. – Гродно: ГГАУ, 2012. – 146 с.

42. Лосева, В. А. Методы исследования свойств сырья и готовой продукции (теория и практика) [Текст] / В. А. Лосева, А. А. Ефремов, И. В. Квитко // Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж: ВГТА, 2008. – С. 247.

43. Методические указания по применению калиевой и натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www. URL.: http: www.lawrussia.ru/texts/legal_469/doc469a379x581.htm](http://www.lawrussia.ru/texts/legal_469/doc469a379x581.htm).

44. Методические указания по применению калиевой и натриевой солей дихлоризоциануровой кислоты для целей дезинфекции (утв. Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения СССР 23 июня 1977 г. № 1754-77). – 4 с.

45. Мойсеяк, М. Б. Сахар – традиционный, натуральный источник энергии для человека [Текст] / М. Б. Мойсеяк // Сахар. – 2014. – № 7. – С. 18.

46. Нетрусов, А. И. Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений [Текст] / А. И. Нетрусов, М. А. Егорова, Л. М. Захарчук и [др.]. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – С.103-104.

47. Нормы качества технической воды. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www. URL.: http: WWW.WOODHEAT.RU](http://WWW.WOODHEAT.RU).

48. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения [федер. закон: принят Гос. Думой 30 марта 1999 г.: ред. от 123.07.2015]. [Электрон-ный ресурс]. - Режим доступа: [www. URL.: http: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481).

49. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: указ. Президента РФ от 30 января № 120 // Собр. законодательства РФ. - 2010.

50. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года и дальнейшую перспективу

[Текст]: утв. Президентом РФ от 25.09.2010 № 1873-р-44 // Собр. Законодательства РФ. – 2008.

51. Подготовка питательной воды для диффузионных установок с использованием бисульфита кальция [Текст] / А. И. Демченко, Ю. Д. Головняк, Л. П. Пева, и [др.] // Сахарная промышленность. – 1997. – № 3. – С. 18-19.

52. Отраслевая целевая программа Развитие свеклосахарного подкомплекса России на 2013-2015 годы [Текст]: приказ Минсельхоза России от 14 июня 2013 г. № 248. – 40 с.

53. Паспорт. Руководство по эксплуатации ОКП РБ 35.10.12. Облучатель ультрафиолетовый бактерицидный передвижной ЗАО Ультрамедтех г. Минск 2001. – С. 10

54. Паспорт. Руководство по эксплуатации Йономер лабораторный И-160МИ ГРБА2.840.009 РЭ Научно-производственное объединение «Измерительная техника ИТ» – С. 80.

55. Паспорт. Руководство по эксплуатации Микроскоп для морфологических исследований Микромед 3, Санкт-Петербург.

56. Паспорт. Руководство по эксплуатации рефлектометр RQflex 10 Release / Ausgabedatum / Version du / Fecha de emisión 06/2013.

57. Пат. 2445374 Российская Федерация, МПК С13В 10/00 Способ дезинфекции диффузионного сока, получаемого из свекловичной стружки [Текст] / Ефимов К. М., Дитюк А. И., Сапронов Н. М., Бердников А. С.; заявитель и патентообладатель Региональная общественная организация Институт эколого-технологических проблем. – № 2445374 ; заявл. 10.12.2010 ; опубл. 20.03.2012, Бюл. № 8.

58. Поляков, А. И. Микрофлора, проникающая из аппаратуры [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www. URL.: [http://www.krmagazine.ru / Krahmal_med/p2_articleid/2751](http://www.krmagazine.ru/Krahmal_med/p2_articleid/2751).

59. Послеуборочное хранение сахарной свеклы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www. URL.: <http://syngenta.com>.

60. Преображенская, М. Е. Декстраны и декстраназы [Текст] / М. Е. Преображенская // Успехи биологической химии. – 1975. – Т. 16. – С. 214-235.

61. Рева, Л. П. Определение оптимальной щелочности сока предварительной дефекации [Текст] / Л. П. Рева, Р. А. Симахина // Сахарная промышленность. – 1978. – № 3. – С. 36-40.

62. Решетова, Р. С. / Интенсификация способов подготовки экстрагента к извлечению сахарозы из свекловичной стружки [Текст] / Р. С. Решетова, А. А. Игнатъев // Сахар. – 2007. – № 2. – С. 30-32.

63. Решетова, Р. С. / Флотационный способ очистки жомопрессовой воды [Текст] / Р. С. Решетова, А. А. Игнатъев // Сахар. – 2009. – № 6. – С. 57-59.

64. Руководство к практическим занятиям по микробиологии пищевых производств [Текст]: учеб. пособие / К. А. Кирова, Т. П. Слюсаренко. – М. : Пищепромиздат, 1961. – С. 280-283.

65. Руководство по эксплуатации «Кондуктометр лабораторный КЛ-С-1» [Текст] / Барнаул – 2002.

66. Руководство по дезинфекции и стерилизации в медицинских учреждениях / Под ред. А. Rutala, D. J. Weber. – Северная Каролина, 2008. – 170 с.

67. Савич, А. Н. Перспективы использования дезинфицирующего средства «Нобак» при получении сахара [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www.URL.: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/5575](http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/5575).

68. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

69. СанПин 2.3.2.560-96. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов.

70. Сапронов, А. Р. Технология сахарного производства [Текст] / А. Р. Сапронов. - 2-е изд., исправл. и доп. – М.: Колос, 1999. – 495 с.

71. Сапронов, Н. М. Хранение сахарной свеклы современных гибридов с применением полифункциональных консервантов [Текст] / Н. М. Сапронов, А. С. Бердников, Г. С. Косулин // Сахарное производство. – 2011. – № 8. – С. 26-28.

72. Серегин, С. Н. Реформирование сахарного режима Евросоюза: мотивация и цели [Текст] / С. Н. Серегин, А. Б. Бодин, О. И. Василенко // Сахар. – 2009. – № 2. – С. 20-25.

73. Силин, П. М. Химический контроль свеклосахарного производства [Текст] / П. М. Силин, Н. П. Силина. – М.: Пищепромиздат, 1977. – С. 240

74. Славянский, А. А. Сахар: назначение, свойства и производство [Текст]: учебное пособие / А. А. Славянский. – М.: МГУТУ, 2012. – 213 с.

75. Славянский, А. А. Сахар-песок как сырье для производства карамели [Текст] / А. А. Славянский, С. В. Штерман, З. Г. Скобельская // Кондитерское производство. – 2001. – № 1. – С. 14-16.

76. Славянский, А. А. Сахар и продукты на его основе [Текст] / А. А. Славянский, С. А. Макарова, Н. Н. Лебедева // Материалы Международной научно-практической конференции «Крахмал и крахмалопродукты, состояние и перспективы». – Москва, 2011. – С. 130-136.

77. Слюсаренко, Т. П. Лабораторный практикум по микробиологии и пищевых производств [Текст] / Т. П. Слюсаренко. – М.: Легкая пром-ть, 1984. – 208 с.

78. Сотников, В. А. Комплексная борьба с бактериальной микрофлорой на свеклосахарных предприятиях [Текст] / В. А. Сотников // Сахар. – № 5. – С. 58-61.

79. Спичак, В. В. «Биопак» для обработки диффузионного сока [Текст] / В. В. Спичак // Сахар. – 2012. – № 2. – С. 38-40.

80. Способ определения солей кальция в растворах сахарного производства (Патент RU 2025728) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www. URL.: http://www.dissercat.com...obosnovanie...sposoba...solei-kaltsiya](http://www.dissercat.com...obosnovanie...sposoba...solei-kaltsiya).

81. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности РФ на период до 2020 года: указ Президента РФ от 30 января 2010 г. № 559-р // Собр. Законодательства РФ. – 2012.

82. Студенческий научный форум [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www. URL.: http://www.scienceforum.ru/2014/15/6251](http://www.scienceforum.ru/2014/15/6251).

83. Таубе, П. Р. Химия и микробиология воды [Текст] / П. Р. Таубе. – Издательство Высшая школа, 1983. – 278 с.

84. Технологическая инструкция по применению средства дезинфицирующего Люмакс-Хлор для целей дезинфекции на предприятиях молочной промышленности. РАСХН ГНУ ВНИМИ. – Москва, 2003. – С.11.

85. Федосов, Л. В. Озонирование воды [Текст] / Л.В. Федосов // Сахарная промышленность.– 1995 – №5. – С. 35-37.

86. Фото лейкоцитов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: : [www. URL.: microbewiki.kenyon.edu](http://www.microbewiki.kenyon.edu).

87. Фролов, Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебник для вузов [Текст] / Ю. Г. Фролов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1988. – 464 с.

88. Хелемский, М. З. Приемка и хранение сахарной свеклы [Текст] / М. З. Хелемский. – М.: Издательство Пищевая промышленность, 1980. – С. 4-5.

89. Хелемский, М. З. Технологические качества сахарной свеклы [Текст] / М. З. Хелемский. – М.: Издательство Пищевая промышленность, 1967. – С. 249.

90. Хелемский, М. З. Хранение сахарной свеклы [Текст] / М. З. Хелемский. – М.: Издательство Пищевая промышленность, 1964. – С. 5-112.

91. Чернявская, Л. И. На пороге ВТО: качество сырья и продукции сахарного производства стран СНГ [Текст] / Л. И. Чернявская // Сахар. – 2006. – № 6. – С. 9-14.

92. Чернявская, Л. И. ВТО и проблемы качества сахара отечественных производителей [Текст] / Л. И. Чернявская // Сахар. – 2012. – № 9. – С.18-22.

93. Чистяков, Ф. М. Микробиология [Текст] / Ф. М. Чистяков, К. А. Мудрецова- Висс. – М.: Государственное издательство торговой литературы, 1962. – С. 3-5.

94. Чопик, О. В. Декстран в сырье и продуктах сахарного производства [Текст] / О. В. Чопик. – М.: Издательство «Пищевая промышленность», 1982. – С. 1-10.

95. Шматова, А. И. Изучение бактерицидного препарата для свеклосахарного производства [Текст] / А. И. Шматова, Н. Г. Кульнева // Материалы IV Международной научной конференции «The priorities of the world science: experiments and scientific debate». – USA, 2014. – С.65-69.

96. Шматова, А. И. Переработка сахарной свеклы низкого качества [Текст] / А. И. Шматова, Н. Г. Кульнева, Ю.И. Манько // Материалы II Международной научной конференции «Modern approaches in scientific researches Papers of the 1st International Scientific Conference». – Germany, 2013. –V. 3. – S. 126-129.

97. Шуман, Г. Безалкогольные напитки: сырье, технологии, нормативы [Текст] / Г. Шуман. – СПб.: Профессия, 2004. – 278 с.

98. Щербань, А. И. Химия углеводов и свеклосахарного производства [Текст]: учебное пособие / А. И. Щербань, В. М Болотов, В. А Голыбин. – Воронеж : ВГТА, 2009. – С. 90.

99. Bernardo de Quiros, J.C.L. Leuconostoc species as a cause of bacteremia: two case reports and a literature review [Text] / B. J.C.L. Quiros, P. Eur J Clin Munoz // Microbiol Infect Dis. – 1991. – P. 9.

100. Coovadia, Y. M. Meningitis caused by vancomycin-resistant Leuconostoc spp. [Text] / Y. M. Coovadia, Z. J. Solwa // Clin Microbiol. – 1987. – P.5.

101. Farias, M. E. Influence of nutritional factors on the protease production by Leuconostoc oenos from wine Rollan [Text] / M. E. Farias, M. C. De Nadra J App // Bacteriol. – 1996. – P. 398-402.

102. Friedland, I. R. Meningitis in a neonate caused by Leuconostoc spp. [Text] / I. R. Friedland, M. Snipelisky, M. Khoosal, J. Clin // Microbiol. – 1990. –P. 6.

103. Giraud, P. *Leuconostoc*: a potential pathogen in bone marrow transplantation [Text] / P. Giraud, M. Attal, J. Lemouzy. – Lancet. – 1993. – P. 2.

104. Golledge, C. L. Infection due to *Leuconostoc* species [Text] / C.L. Golledge // Rev Infect Dis. – 1991. – P.5.

105. Hardy, S. Catheter-associated infection with a vancomycin-resistant gram-positive coccus of the *Leuconostoc* sp. [Text] / S. Hardy, K.L. Ruoff, E. A. Catlin // *Pediatr Infect Dis.* – 1988. – P. 20.

106. Koneman, E.W. The Gram-positive cocci: part II: Streptococci, Enterococci, and the "streptococcus-like" bacteria. Color Atlas and textbook of diagnostic microbiology [Text] / E. W. Koneman, S. D. Allen, W. M. Janda, P. C. Schreckenberger, W. C. Winn // Philadelphia: Lippincott. – 1997. – p. 577-651.

107. Kyung, K. H. Food Isolation and characterization of bacteria resistant to the antimicrobial activity of garlic [Text] / K. H. Kyung, K.S. Park, Y.S.J. Kim // *Science.* – 1996. – P. 9.

108. Noriega, F.R. Nosocomial bacteremia caused by *Leuconostoc mesenteroides* and *Enterobacter sakazakii* resulting from extrinsic contamination of infant formula [Text] / F. R. Noriega, K. L. Kotloff, M. A. Martin // *Pediatr Infect Dis J.* – 1990. – P. 9.

109. Ruoff, K.L. *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Stomatococcus*, and miscellaneous gram-positive cocci that grow aerobically. Manual of clinical microbiology. 7th ed. [Text] / K. L. Ruoff, P. R. Murray, E. J. Baron, M. A. Tenover, F. C. Tenover, R. H. Tenover // Washington: ASM Press; 1999. – p. 306-316.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1.

Матрица планирования эксперимента при моделировании процесса обработки экстрагента для диффузионного процесса раствором ДХЦН

Входные параметры		Выходные параметры					
X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆
-1	-1	84.8	0.185	89.3	139.6	0.024	21
1	-1	87.7	0.179	89.5	157.5	0.033	27
-1	1	85.1	0.195	88.8	158.2	0.043	29
1	1	88.1	0.1	92.4	172.4	0.054	43
-1.414	0	83.6	0.184	87.3	146.7	0.022	26
1.414	0	87.7	0.125	89.8	210.5	0.04	45
0	-1.414	86	0.21	90.7	145.9	0.021	25
0	1.414	87.3	0.135	91.2	205.4	0.043	34
0	0	87.8	0.12	91.9	151.6	0.03	28
0	0	87.3	0.119	91.2	147.6	0.036	27
0	0	87.3	0.14	91.7	140.6	0.025	28
0	0	87.1	0.13	90.5	153.9	0.02	29
0	0	87.2	0.145	90.3	152.5	0.027	27

Матрица планирования эксперимента при моделировании процесса обработки свекловичной стружки раствором ДХЦН перед экстрагированием

Входные параметры			Выходные параметры				
X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
-1	-1	-1	85.3	0.061	0.009	89.3	175.3
1	-1	-1	87.9	0.0723	0.011	89.6	178
-1	1	-1	89.2	0.068	0.012	90.1	177.6
1	1	-1	89.9	0.083	0.016	91.6	179.9
-1	-1	1	88.9	0.072	0.0115	89.4	176.8
1	-1	1	88.5	0.075	0.017	93	198.6
-1	1	1	87.7	0.085	0.015	90.3	214.5
1	1	1	90.2	0.087	0.02	95.6	235.5
-1.682	0	0	86.8	0.07	0.0096	90.4	176.8
1.682	0	0	89.1	0.091	0.029	94.3	248.2
0	-1.682	0	85.9	0.069	0.012	91.4	180
0	1.682	0	88.9	0.089	0.03	93.7	229.9
0	0	-1.682	87.3	0.072	0.01	89.9	179.1
0	0	1.682	89.4	0.082	0.026	95	238.4
0	0	0	88.2	0.075	0.018	91.8	189.6
0	0	0	88.8	0.082	0.016	92.7	182.6
0	0	0	88.9	0.075	0.012	92.7	187.2
0	0	0	88.6	0.09	0.016	91.8	178.9
0	0	0	88.4	0.08	0.015	92.2	180
0	0	0	88.3	0.079	0.016	91.1	186.7

Акт промышленных испытаний

«УТВЕРЖДАЮ»
Исполнительный директор
ООО «Хохольский сахарный
комбинат»
Денисов А. Н.
« 8 » Декабрь 2014 г.


А К Т
лабораторных испытаний
способа получения диффузионного сока с обработкой
свекловичной стружки бактерицидным агентом перед экстрагированием

Авторы разработки
от Воронежского государственного университета инженерных технологий:
- профессор кафедры технологии бродильных и сахаристых производств, д.т.н.
Кульнева Н.Г.,
- аспирант кафедры технологии бродильных и сахаристых производств Шматова
А.И.:

Члены комиссии
от ООО «Хохольский сахарный комбинат»:
- главный технолог Мещерякова А.И.
- заместитель главного технолога Новичихина О.В.

Наименование объекта
Способ получения диффузионного сока с обработкой свекловичной стружки
бактерицидным агентом перед экстрагированием.

Краткое описание и преимущества мероприятия
Разработанный способ получения диффузионного сока предусматривает подачу свекловичной стружки и питающей воды в диффузионный аппарат для проведения процесса экстрагирования. Новым является то, что свекловичную стружку перед добавлением ее в диффузионный аппарат обрабатывают раствором натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты концентрацией 0,75 кг сухого реагента на 1 м³ воды в количестве 10 % при продолжительности процесса обработки 30–60 с и температуре раствора 70–72 °С.
Технический результат разработки заключается в увеличении выхода кристаллического сахара–песка заданного качества за счет снижения неучтенных потерь сахарозы в производстве, повышения чистоты диффузионного и очищенного соков, в снижении числа реагентов для химической обработки, интенсификации процесса.

Ожидаемый эффект
Данный способ обработки свекловичной стружки позволяет стабилизировать рН в диффузионном аппарате, снизить переход высокомолекулярных несахаров из свеклы в диффузионный сок, предупредить развитие микроорганизмов, уменьшить неучтенные потери сахарозы.
При обработке свекловичной стружки водным раствором натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты бактерицидные свойства реагента проявляются за счет выделения активного хлора, входящего в состав реагента, повышается

чистота диффузионного и очищенного соков, что способствует увеличению выхода сахара–песка и повышению его качественных показателей.

Результаты лабораторных испытаний способа
в условиях ООО «Хохольский сахарный комбинат»

Испытания проводили в лаборатории ООО «Хохольский сахарный комбинат» 2-3 декабря 2014 года. Показатели полупродуктов производства по результатам работы лаборатории завода представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели полупродуктов	2 декабря	3 декабря
Сахаристость свекловичной стружки, %	19,8	19,5
Массовая доля стружки, пораженной слизистым бактериозом, %	3,3	3,8
Чистота диффузионного сока, %	87,8	87,1
Чистота очищенного сока, %	90,5	89,8
Массовая доля солей кальция в очищенном соке, % СаО	0,050	0,058
Цветность очищенного сока, ед.опт.плот.	1098	1102
Мутность очищенного сока, ед.опт.плот.	39,0	47,0
Чистота сиропа, %	90,4	89,6
Массовая доля солей кальция в сиропе, % СаО	0,192	0,200
Цветность сиропа, ед.опт.плот.	1857	1982
Мутность сиропа, ед.опт.плот.	227	197
Цветность белого сахара, ед.опт.плот.	62,4	70,0
Мутность белого сахара, ед.опт.плот.	19,0	21,14

Опыты проводили по следующей методике.

Свекловичную стружку отбирали с ленточного конвейера перед поступлением ее в диффузионный аппарат, делили на 2 пробы. Первую пробу обрабатывали конденсатом при температуре 70 °С в количестве 100 % к массе стружки, выдерживали в водяной бане при температуре сокоотружечной смеси 70 °С в течение 60 мин при перемешивании.

Вторую пробу стружки обрабатывали раствором натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты концентрацией 0,075 % в количестве 10 % к массе стружки при температуре 70 °С в течение 30 с. Далее приливали конденсат температурой 70 °С в количестве 90 % к массе стружки и выдерживали в водяной бане при температуре сокоотружечной смеси 70 °С в течение 60 мин при перемешивании.

Отделяли от сокоотружечной смеси диффузионный сок, термостатировали при температуре 20 °С, определяли показатели качества (табл. 2).

Каждую пробу диффузионного сока подвергали термостатированию при температуре 70 °С в течение 2 ч, ежечасно отбирая пробы для анализа (табл. 2).

Таблица 2

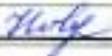
Показатели диффузионного сока	Типовая схема проведения экстрагирования	Схема с обработкой стружки перед экстрагированием бактерицидным агентом
Массовая доля сахарозы, %	12,68	12,35
Массовая доля сухих веществ, %	14,4	13,9
Чистота, %	88,06	88,85
pH	6,50	6,45

Содержание молочной кислоты, мг/дм ³	171	115
Содержание молочной кислоты после термостатирования, мг/дм ³ :		
в течение 1 ч	218	145
в течение 2 ч	267	166

В результате лабораторных испытаний «Способа получения диффузионного сока с обработкой свекловичной стружки бактерицидным агентом перед экстрагированием» комиссия установила, что полученный по предлагаемому способу диффузионный сок имеет более высокие качественные показатели по сравнению с соком, полученным по классическому способу: чистота его выше на 0,7-0,8 %, содержание молочной кислоты ниже на 32-33 %.

В процессе термостатирования при температуре 70 °С увеличение кислотности данного сока и содержания в нем молочной кислоты происходит медленнее, что свидетельствует о хороших бактерицидных свойствах используемого препарата, которые сохраняются и на следующих стадиях технологического процесса.

Комиссия рекомендует «Способ получения диффузионного сока с обработкой свекловичной стружки бактерицидным агентом перед экстрагированием» к испытаниям в условиях производства.

Авторы разработки:		Н. Г. Кульнева
		А. И. Шматова
Члены комиссии:		А. И. Мещерякова
		О. В. Новичихина







