

На правах рукописи



ШМАТОВА АНАСТАСИЯ ИВАНОВНА

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

05.18.07 – “Биотехнология пищевых продуктов и биологических
активных веществ”

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Воронеж – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Научный руководитель: Почетный работник высшего профессионального образования, доктор технических наук, доцент
Кульнева Надежда Григорьевна
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Официальные оппоненты: **Сидоренко Юрий Ильич**, Почетный работник высшего профессионального образования, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств», профессор

Копылова Кристина Владимировна, кандидат технических наук, ООО «БМА Руссланд», инженер-проектировщик

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова»**, п. ВНИИСС, Воронежская область.

Защита состоится «20» апреля 2016 года в 11 часов 00 мин на заседании совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 212.035.04 при ФГБОУ ВО «ВГУИТ» по адресу: 394036, г. Воронеж, проспект Революции, д.19, конференц-зал.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах), заверенные гербовой печатью учреждения, просим присылать Ученому секретарю совета Д **212.035.04** Успенской Марине Евгеньевне.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «ВГУИТ». Полный текст диссертации размещен в сети «Интернет» на официальном сайте ФГБОУ ВО «ВГУИТ» www.vsuet.ru «21» декабря 2015 года. Автореферат размещен в сети «Интернет» на официальном сайте Министерства образования и науки РФ: www.vak2.ed.gov.ru и на официальном сайте ФГБОУ ВО «ВГУИТ» www.vsuet.ru «19» февраля 2016 года.

Автореферат разослан «2» марта 2016 года.

Ученый секретарь совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

 М.Е. УСПЕНСКАЯ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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

Сахар широко используется в качестве сырья для производства напитков, в кондитерской, хлебопекарной, консервной, молочной и других отраслях промышленности, что определяет повышенные требования к его качеству. Обеспечение населения России качественными продовольственными товарами является одной из основных задач АПК на современном этапе.

Производственные мощности действующих сахарных заводов не позволяют обеспечить переработку всего объема корнеплодов в оптимальные сроки. Это приводит к увеличению продолжительности хранения сахарной свеклы. В процессе хранения она портится под воздействием патогенных микроорганизмов при неблагоприятных условиях внешней среды и значительных механических повреждениях. 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, декстрана и других веществ, вредных для хранения и переработки сырья. Накопление слизиобразующей микрофлоры в полупродуктах и продукции сахарного производства затрудняет работу предприятий, использующих сахар в качестве сырья: наблюдается пенообразование, ослизнение, повышение вязкости, мутности, снижение фильтрационных свойств.

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 концентрации препаратов. Это приводит к превышению их ПДК, что неблагоприятно отражается на протекании технологического процесса производства и здоровье персонала предприятия.

В соответствии с вышеизложенным, возникает необходимость разработки и применения новых препаратов, направленных на подавление возбудителей бактериальных и грибковых заболеваний сырья в процессе вегетации, хранения и переработки. Данному направлению

посвящены работы ученых: Апасова И.В., Лосевой В.А., Милькевича В.М., Подпориновой Г.К., Путилиной Л.Н., Ревы Л.П., Сапронова А.Р., Спичака В.В., Хелемского М.З., Хомичака Л.М. и других.

Цель работы - разработка способов обработки сырья и полу-продуктов сахарного производства препаратом, обеспечивающим высокую бактерицидную эффективность.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

- 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. 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 качественные 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.

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 свеколочичной 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».

Апробация 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”, Przemyśl, 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 сер-

весе”, 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 Международной 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 33 работы, из них 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 3 статьи в зарубежных сборниках. Патент РФ № 2552036 «Способ получения диффузионного сока».

Структура и объем работы. Диссертация включает: введение, 6 глав, включающих литературный обзор, методы исследований и 4 главы собственных экспериментальных исследований, выводы, библиографический список литературы, содержащий 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.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во Введении обоснована актуальность диссертационной работы, изложена ее общая характеристика, определены цель и основные задачи исследований.

В главе I «Аналитический обзор литературы» систематизированы и обобщены материалы научно-технической литературы, затрагивающие вопросы качества белого сахара в соответствии с ГОСТ и другими нормативными документами, микробиологического состояния свеклосахарного производства. Представлены сведения о морфологии основной микрофлоры, развивающейся в условиях свеклоса-

харного производства. Наиболее детально описаны слизеобразующие микроорганизмы *Leuconostoc mesenteroides*. Проанализированы современные методы борьбы с посторонней микрофлорой, в частности, виды и способы применения дезинфицирующих препаратов. Обоснована необходимость использования новых дезинфицирующих препаратов в свеклосахарном производстве.

В главе II «Объекты и методы исследования» представлена схема проведения исследований (рисунок 1), обоснован комплекс показателей и изложены методики их определения, приведены методы обработки экспериментальных данных, представлена краткая характеристика объектов исследований.

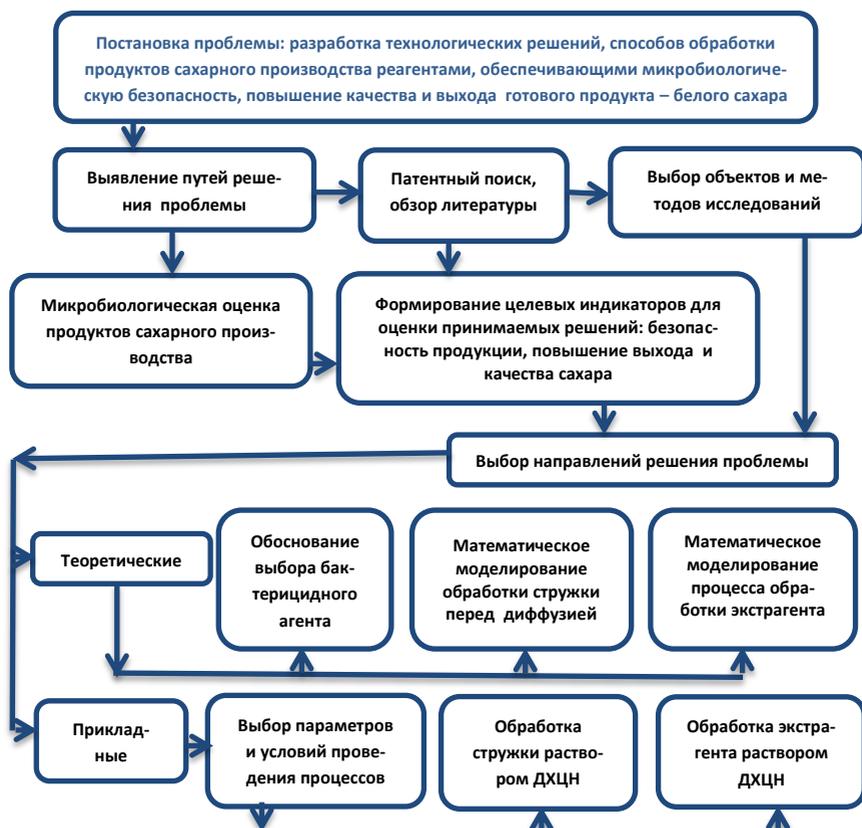


Рисунок 1 – Схема экспериментальных исследований

В соответствии с целью и задачами работы объектами исследования служили: чистая культура *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* штамм В-4177, полученная из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ, г. Москва); натриевая соль дихлоризоциануровой кислоты (ДХЦН); полупродукты свеклосахарного производства (сахарная свекла, диффузионный сок, очищенный сок, сироп, 1 оттек I кристаллизации, меласса, сахар-песок).

При проведении исследований применяли методы, используемые для определения общих микробиологических показателей, и физико-химические методы сахарного производства.

Глава III. «Обоснование выбора бактерицидного реагента для свеклосахарного производства». Приведены результаты оценки микробиологической обсемененности полупродуктов и продукции сахарных заводов Центрально-Черноземного региона. Анализ исследуемых образцов показал, что качество сахара-песка некоторых предприятий не соответствует микробиологическим нормам ГОСТ 21-94 «Сахар-песок. Технические условия». В связи с этим появляется необходимость применения новых бактерицидных препаратов, способных предотвращать рост и развитие различных групп микроорганизмов в условиях производства, позволяющих обеспечить стандартное качество готового продукта – сахара-песка и безопасность его для потребителей.

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

Бактерицидные свойства средства обоснованы тем, что в соли ДХЦН 50 % доступного хлора приходится на свободный хлор (HOCl и OCl^-), остальной связан в виде монохлоризоцианурата или дихлоризоцианурата. При расходовании свободного доступного хлора связанный хлор высвобождается, восстанавливая равновесие.

Образующиеся соединения при взаимодействии с белками образуют соединения типа хлораминов и легко отдают атомарный хлор, который денатурирует белки и разрушает клеточные мембраны микробной клетки. Кроме этого, хлорноватистая кислота, разлагаясь, выделяет атомарный кислород, который окисляет ряд жизненно важных ферментов микробной клетки, что приводит к ее гибели.

Актуальность применения ДХЦН обусловлена ее широким бактерицидным эффектом, низким значением ПДК, относительной дешевизной, умеренной опасностью и высокой активностью при технологических параметрах различных стадий сахарного производства.

Для определения бактерицидного эффекта проводили культивирование *Leuconostoc mesenteroides* на селективной питательной среде в образцах с внесением раствора ДХЦН концентрациями 0,0325-0,1500 % в количестве 10 %. Активность микрофлоры оценивали по накоплению биомассы *L. mesenteroides* нефелометрическим методом и изменению активной кислотности среды (рисунок 2, 3).

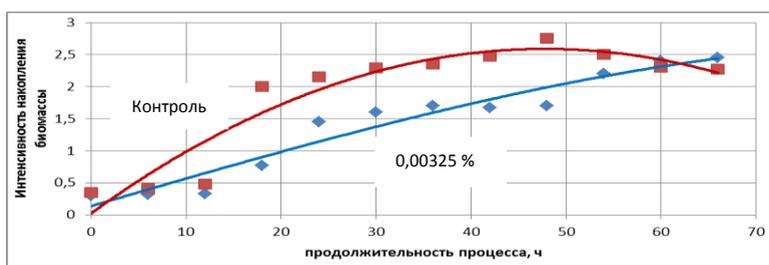


Рисунок 2 - Динамика оптической плотности суспензии микроорганизмов в контрольном образце и с концентрацией ДХЦН 0,00325 %

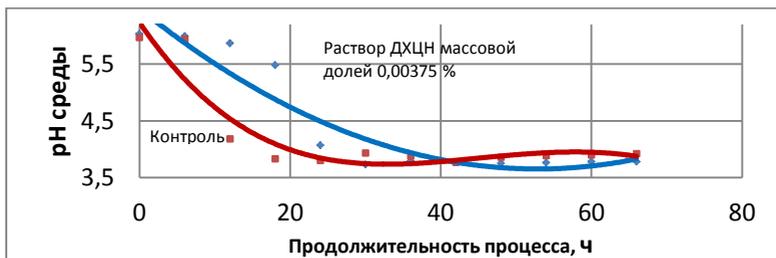


Рисунок 3 - Динамика pH среды при культивировании *L. mesenteroides* в контрольном образце и с концентрацией реагента 0,00325 %

Количественный анализ накопления биомассы бактерий проводили на фиксированных мазках по методу Виноградского-Шульгиной-Брида (рисунок 4).

Анализ полученных результатов показал, что увеличение биомассы *L. mesenteroides* при введении ДХЦН 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.

Для проверки эффективности препарата на производственных сахарных растворах в качестве объекта исследования использовали диффузионный сок из сахарной свеклы, который получали в лабораторных условиях и обрабатывали раствором реагента концентрацией 0,075 % в количестве 10 % (таблица 1).

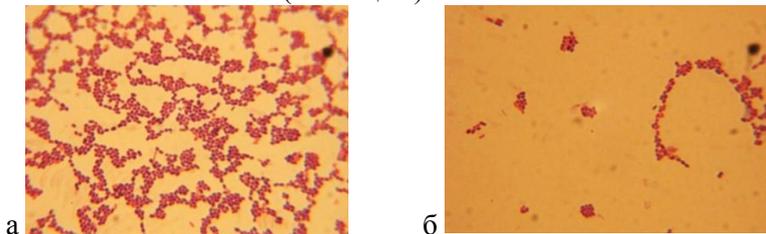


Рисунок 4 - Интенсивность роста бактерий *L.mesenteroides*: а – контроль, б – с введением раствора ДХЦН

Таблица 1 – Содержание различных групп микроорганизмов в диффузионном соке при использовании раствора ДХЦН

Исследуемый продукт	Количество микроорганизмов, КОЕ в 1 см ³ среды		
	бактерии	дрожжи	плесени
Диффузионный сок (контроль)	8·10 ³	8·10 ⁶	6,5·10 ⁵
Диффузионный сок с реагентом	2·10	отсутствуют	4·10 ²

В результате исследования установлено, что хлорсодержащий препарат на основе ДХЦН при концентрации раствора 0,00375-0,0075 % обладает бактерицидным действием в отношении широкого спектра микроорганизмов и может быть рекомендован к использованию в условиях свеклосахарного производства.

Глава IV. Обеспечение микробиологической чистоты процесса экстрагирования путем обработки экстрагента. Исследовано применение ДХЦН для бактерицидной обработки экстрагента при извлечении сахарозы из свеклы. В процессе исследования определены рациональные концентрация, температура и количество раствора реагента, влияние реагента на качественные показатели диффузионного и

очищенного соков, которые обеспечиваются за счет подавления микрофлоры в процессе экстрагирования и действием компонентов реагента в условиях физико-химической очистки диффузионного сока. Экспериментально установлено, что чистота диффузионного сока на 1,0-1,5 % и очищенного сока на 1,2-1,5 % выше по сравнению с контролем. Эффективность препарата была подтверждена при переработке свеклы, пораженной слизистым бактериозом (рис. 5).

Механизм действия хлорсодержащего препарата основан на реакциях окисления, хлорирования и замещения хлорноватистой кислоты (НСЮ) и ионов СЮ-, которые непосредственно взаимодействуют с составными частями клеток микроорганизмов, ведут к изменениям в структуре ферментов и нарушению обмена веществ в клетке.

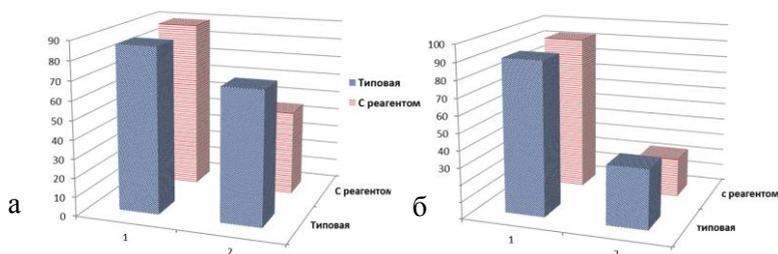


Рисунок 5 - Диаграммы качества диффузионного (а) и очищенного сока (б) при переработке обсемененной свеклы по типовой схеме и с обработкой экстрагента раствором ДХЦН: а: 1 – чистота, %; 2 – массовая доля белка · 10², мг/см³; б: 1- чистота, %; 2 - цветность · 10⁻¹, ед. опт. плот.

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: чистота сока повышается на 1,0-1,5 %, массовая доля белков снижается на 35 %, цветность на 33 %, что связано с проявлением бактерицидного действия хлорсодержащего препарата.

С целью установления оптимальных параметров использования бактерицидного препарата на стадии подготовки экстрагента при извлечении сахарозы использовали математический метод планирования эксперимента. В результате выполнения серии опытов и обработки

результатов построена математическая модель процесса, позволяющая рассчитать выходные параметры внутри выбранных интервалов варьирования входных факторов.

Оптимальные значения входных факторов (X_1 – массовая доля раствора реагента, %, X_2 – температура раствора реагента, °С) получили графическим методом путём наложения графиков кривых равных значений после числовой оптимизации (рисунок 6). Оптимальные значения входных и выходных параметров при обработке экстрагента раствором ДХЦН: концентрация раствора ДХЦН 0,07417 %; температура раствора 68,18 °С; чистота диффузионного сока 87,14 %; массовая доля белков в диффузионном соке 0,14 мг/см³; чистота очищенного сока 90,95 %; цветность очищенного сока 144,466 ед. опт. плот.; массовая доля солей кальция в очищенном соке 0,025 % CaO; ЭКП преддефекованного осадка 25,99 мВ.

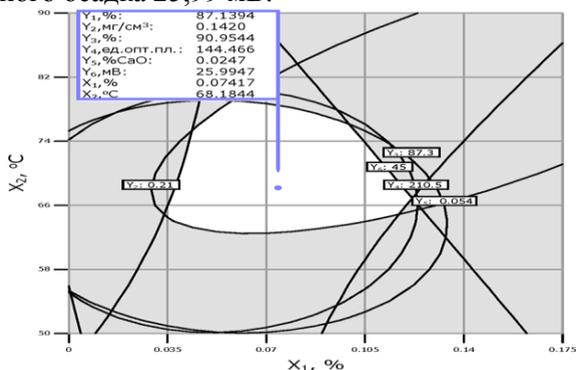


Рисунок 6 - Номограмма оптимизации процесса обработки экстрагента раствором ДХЦН перед извлечением сахарозы

Глава V. «Снижение микробной обсемененности свекловичной стружки перед экстрагированием сахарозы». Обоснован способ обработки свекловичной стружки раствором ДХЦН перед экстрагированием сахарозы. Лучшие качественные показатели достигаются при использовании раствора ДХЦН концентрацией 0,075 % при температуре 70-72 °С в количестве 10 % и продолжительности обработки свекловичной стружки 30 с. Качественные показатели диффузионного и очищенного соков в сравнении с контрольными опытами: чистота повышается на 0,9-1,2 %, массовая доля редуцирующих веществ снижается на 33 %.

Результаты бактерицидного действия препарата при обработке свекловичной стружки перед экстрагированием представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Содержание различных групп микроорганизмов в полупродуктах производства после обработки стружки ДХЦН

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	$2,88 \cdot 10^5$	Не обнаружено	$2,24 \cdot 10^3$	Не обнаружено
Преддефектованный 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

Бактерицидное действие препарата при обработке стружки раствором реагента изучали путем определения количества плесневых грибов и мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ). В качестве объектов исследования использовали свекловичную стружку, диффузионный сок, преддефектованный сок, сок I сатурации (рисунок 7).

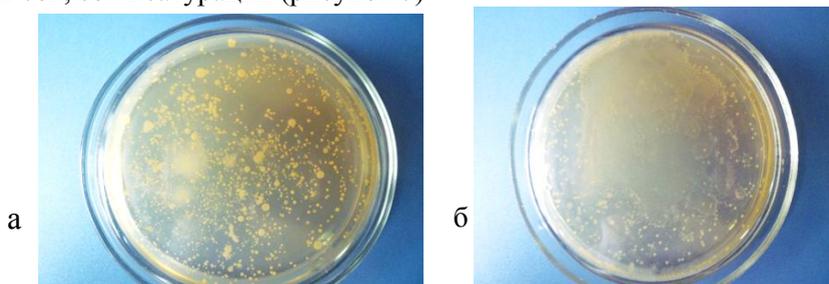


Рисунок 7 - Свекловичная стружка: а - без обработки; б - с использованием раствора ДХЦН

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

Для выбора оптимальных параметров обработки стружки раствором ДХЦН перед экстрагированием сахарозы использовали математические методы планирования эксперимента - полный факторный эксперимент 2³. В результате математической обработки получили оптимальные значения входных факторов путём наложения графиков кривых равных значений после числовой оптимизации. Выделенные области отвечают заданным критериям оптимизации (рисунок 8).

Оптимальные значения входных и выходных параметров обработки свекловичной стружки бактерицидным реагентом: концентрация раствора бактерицидного реагента (X_1) 0,05 %; температура раствора (X_2) 68 °С; длительность обработки (X_3) 6 с; чистота диффузионного сока (Y_1) 86,9%; массовая доля белков в диффузионном соке (Y_2) 0,07 мг/см³; массовая доля солей кальция в очищенном соке (Y_3) 0,009 % СаО; чистота очищенного сока (Y_4) 90,2 %; цветность очищенного сока (Y_5) 171,7 ед. опт. плот.

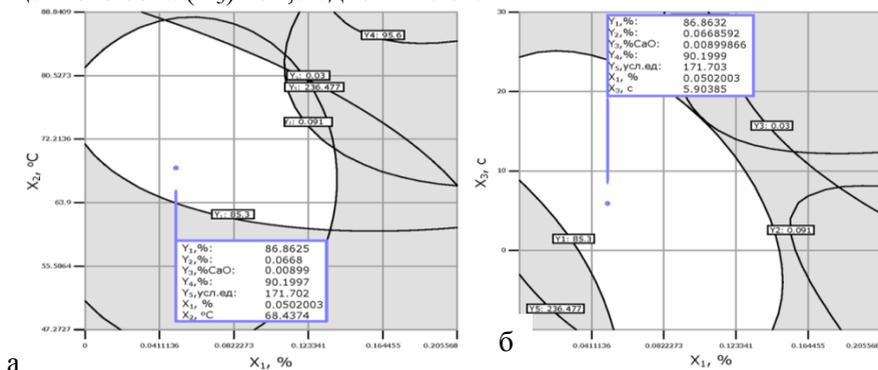


Рисунок 8 - Номограммы оптимизации процесса обработки свекловичной стружки в зависимости от температуры и концентрации раствора ДХЦН (а) и концентрации раствора ДХЦН и длительности его воздействия (б)

На основе данных экспериментальных исследований и результатов их обработки с использованием программы Stat-Ease Design-Expert® V 9.0, 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.

Глава VI. «Промышленная апробация предлагаемых решений и расчет ожидаемого экономического эффекта». Промышленные испытания способа получения диффузионного сока с обработкой свекловичной стружки раствором ДХЦН перед экстрагированием сахарозы проводили на ООО «Хохольский сахарный комбинат». В процессе лабораторных испытаний 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 % (таблица 3).

Таблица 3. 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
pH	6,50	6,45
Содержание молочной кислоты, мг/дм ³	171	115

Для оценки целесообразности внедрения предлагаемых способов получения диффузионного сока с обработкой экстрагента и свекловичной стружки раствором ДХЦН проведен расчет ожидаемого экономического эффекта. В случае обработки экстрагента раствором ДХЦН прибыль за производственный сезон составит 9472 тыс. руб. для сахарного завода производственной мощностью 2400 т свеклы в сутки. Для способа обработки стружки раствором ДХЦН перед экстрагированием прибыль за производственный сезон для сахарного завода производственной мощностью 2500 т свеклы в сутки составит 9873 тыс. руб.

Проведенные промышленные испытания и расчет ожидаемого экономического эффекта позволяют сделать вывод о технологической целесообразности и экономической эффективности использования раствора ДХЦН для бактерицидной обработки свекловичной стружки и экстрагента перед извлечением сахарозы 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 использо-

вании 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 ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. 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. (0,84 п.л., лично соискателем 0,28 п.л.).

2. 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. (0,56 п.л., лично соискателем 0,18 п.л.).

3. Кульнева, Н.Г. Факторы, формирующие качество сахара-песка [Текст] / Н.Г. Кульнева, О.Ю. Гойкалова, А.И. Шматова // Вестник ВГУИТ. – 2015. - № 1. – С.188-190. (0,42 п.л., лично соискателем 0,14 п.л.).

4. Кульнева, Н.Г. Исследование известково-карбонатной системы сахарного производства [Текст] / Н.Г. Кульнева, А.И. Шматова // Вестник ВГУИТ. - 2012. - № 3. – С. 157-162. (0,84 п.л., лично соискателем 0,38 п.л.).

5. Влияние комплекса несахаров свеклосахарного производства на свойства карбонатных суспензий [Текст] / Н.Г. Кульнева, Л. П. Бондарева, А. И. Шматова, М. В. Журавлев // Вестник ВГУИТ. - 2012. - № 4. – С. 120-124. (0,7 п.л., лично соискателем 0,18 п.л.).

6. Статистическое моделирование при получении и очистке диффузионного сока в свеклосахарном производстве [Текст] / Н.Г. Кульнева, Л. И. Назина, А.И. Шматова, А. С. Мельченко // Вестник ВГУИТ. – 2013. - № 1. – С.165-170. (0,84 п.л., лично соискателем 0,21 п.л.).

7. Кульнева, Н.Г. Разработка технологии получения и очистки концентрированных сахарных растворов с использованием электрического поля [Текст] / Н.Г. Кульнева, А.И. Шматова // Вестник ВГУИТ. – 2014. - № 4. - С.210-215. (0,84 п.л., лично соискателем 0,41 п.л.).

Патенты:

8. Пат. 2552036 Российская Федерация, МПК С13В 10/00 Способ получения диффузионного сока [Текст] / Кульнева Н.Г., Гойкалова О.Ю., Шматова А.И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУИТ". – № 2552036; заявл. 30.01.14; опубл. 10.06.15. - Бюл. №16. (0,25 п.л., лично соискателем 0,08 п.л.).

Публикации в сборниках научных трудов и материалах конференций:

9. 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. (0,42 п.л., лично соискателем 0,2 п.л.).

10. 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. (0,42 п.л., лично соискателем 0,14 п.л.).

11. Оценка микробиологического состояния сахара-песка [Текст] / Н.Г. Кульнева, О.Ю. Гойкалова, А.И. Шматова, А.А. Никифорова // Инновации в индустрии питания и сервисе: Электронный сборник материалов I Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технологии и организации питания, 19-21 сентября 2014 г. Краснодар.: Изд. КубГТУ. – 2014. – С.166-167. (0,12 п.л., лично соискателем 0,04 п.л.).

12. Кульнева, Н.Г. Обоснование бактерицидного эффекта нового препарата для свеклосахарного производства [Текст] / Н.Г. Кульнева, А.И. Шматова, Ю.И. Манько // III Международная конференция «Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса». Ставрополь. – 2014. – С.147-150. (0,25 п.л., лично соискателем 0,11 п.л.).

13. Оценка показателей качества сахара-песка [Текст] / Н.Г. Кульнева, А.И. Шматова, А.М. Стародубцева, К.А. Парамонова // Материалы I Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности». – Краснодар. – 2012. – С. 713-718. (0,37 п.л., лично соискателем 0,15 п.л.).

14. Кульнева, Н.Г. Повышение эффективности хранения и переработки сахарной свеклы [Текст] / Н.Г. Кульнева, А.И. Шматова // Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство»: Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж. – 2013. – С.560-562. (0,18 п.л., лично соискателем 0,09 п.л.).

15. Выбор оптимальных параметров предварительной обработки свекловичной стружки перед экстрагированием [Текст] / Н.Г. Кульнева, М.В. Журавлев, А.И. Шматова, И.С. Воронина // Новое в технике и технологии функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений. Матер. III Междунар. науч.-техн. конф.: Воронеж. гос. ун-т инж. технол. - Воронеж: ВГУИТ. – 2013. – С. 340-342. (0,18 п.л., лично соискателем 0,05 п.л.).

16. Кульнева, Н.Г. Актуальные проблемы в повышении качества сахара-песка [Текст] / Н.Г. Кульнева, А.И. Шматова, И.Г. Селезнева // Экономика. Инновации. Управление качеством: Материалы Всероссийской научно-практической конференции Методы и средства управления качеством в нанобиотехнологиях. – 2013. - № 4. – С.83-86. (0,25 п.л., лично соискателем 0,09 п.л.).

17. Анализ микрофлоры сахарного производства [Текст] / Н.Г. Кульнева, А.И. Шматова, А.И. Мещерякова, Гойкалова О. Ю. // Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья. Материалы Международной научно-практической конференции (Воронеж, 25–26 сентября 2014 г.). Воронеж.:

Издательско-полиграфический центр «Научная книга». – 2014. – С. 121-126. (0,37 п.л., лично соискателем 0,12 п.л.).

18. 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. (0,31 п.л., лично соискателем 0,14 п.л.).

19. Шматова, А.И. Переработка сахарной свеклы низкого технологического 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. (0,25 п.л., лично соискателем 0,1 п.л.).

Автор выражает искреннюю благодарность за поддержку и содействие, оказанные в подготовке диссертации, к.т.н., доценту Гойкаловой Ольге Юрьевне (кафедра биохимии и биотехнологии ФГБОУ ВО «ВГУИТ»).

Подписано в печать 11.02.2016. Формат 60×84 ¹/₁₆
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 08

ФГБОУ ВО “Воронежский государственный университет
инженерных технологий” (ФГБОУ ВО “ВГУИТ”)
Отдел полиграфии ФГБОУ ВО “ВГУИТ”
Адрес университета и отдела полиграфии:
394036, Воронеж, пр. Революции, 19