

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

На правах рукописи



ДОЛГОВ Александр Николаевич

**ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ
С ПОЛУЧЕНИЕМ ЭТИЛОВОГО СПИРТА
И БЕЛКОВОГО ПРОДУКТА**

Специальность: 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов
и биологических активных веществ

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
д.т.н., профессор **Г.В. Агафонов**

**Воронеж
2015**

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	13
1.1. Глубокая переработка зерна: перспективные технологические решения и методы	15
1.2 Критический анализ технологий переработки сусла с повышенным содержанием сухих веществ при получении этанола	25
1.2.1 Повышенная вязкость, как основная проблема при переработке сусла с повышенным содержанием сухих веществ	26
1.2.2 Ферментные препараты, используемые в спиртовом производстве при получении высококонцентрированного сусла	29
1.3 Качественный и количественный состав белково-протеиназного комплекса зерна пшеницы	40
1.4 Особенности сбраживания концентрированного сусла	42
1.4.1 Факторы, оказывающие влияние на жизнедеятельность дрожжей в процессе сбраживания концентрированных сред	42
1.4.2 Расы дрожжей, используемые при сбраживании высококонцентрированного сусла	49
1.4.3 Образование вредных примесей в зрелой бражке, полученной из концентрированного сусла	52
1.5 Заключение по обзору литературы	55
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	57
2.1 Объекты исследований	57
2.2 Общие методы исследований	59
2.3 Специальные методы исследований	60
2.3.1 Анализ водно-мучнистой суспензии пшеницы, пшеничной клейковины – глютена, дрожжей, выделенных из зрелой бражки, белковой добавки	61

ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ВОДНО-МУЧНИСТОЙ СУСПЕНЗИИ ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ	63
3.1 Содержание токсических элементов в различных анатомических частях зерна при их разделении	63
3.2 Исследование влияния механических способов измельчения на массовый состав компонентов зернового сырья	66
3.3 Влияние некоторых физико-химических факторов на количественный и качественный состав водно-мучнистой суспензии пшеницы	70
3.4 Обоснование выбора и исследование влияния ферментных препаратов целлюлолитического действия на эффективность гидролиза некрахмальных полисахаридов и вязкостные характеристики водно-мучнистой суспензии пшеницы	73
ГЛАВА 4 ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА БЕЛКОВЫХ ВЕЩЕСТВ ГЛЮТЕНА И КОНЦЕНТРИРОВАННОГО СУСЛА	77
4.1 Изменение фракционного состава белковых веществ пшеницы в зависимости от степени помола	79
4.2 Исследование влияния протеолитических ферментных препаратов на содержание белка и качество клейковины водно-мучнистой суспензии пшеницы	80
4.3 Характеристика продуктов деструкции белковой природы концентрированного сусла при воздействии внесенных протеолитических ферментных препаратов	84
4.4 Влияние различных дозировок ферментного препарата Протоферм FP на динамику изменения массовой доли белковых фракций в процессе гидролиза биополимеров концентрированного сусла	87
4.5 Изменение соотношения белковых фракций водно-мучнистой суспензии пшеницы с различной молекулярной массой после обработки протеолитическими ферментными препаратами	88
4.6 Исследование фракционного состава белковых фракций концентрированного сусла и глютена	91
4.7 Оптимизация процесса протеолиза белкового комплекса концентрированного сусла при воздействии ферментного препарата Протоферм FP	96

ГЛАВА 5 ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПЕРЕРАБОТКИ И СБРАЖИВАНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО СУСЛА	103
5.1 Выбор температурно-временных параметров и условий применения ферментных препаратов разжижающего и осахаривающего действия при переработке концентрированного сусла	105
5.1.1 Подбор и определение дозировок разжижающих ферментных препаратов	106
5.1.2 Исследование реологических характеристик концентрированного сусла в зависимости от режимов водно-тепловой и ферментативной обработки	110
5.1.3 Выбор режимов водно-тепловой и ферментативной обработки крахмального сусла	112
5.1.4 Подбор и определение норм внесения осахаривающих ферментных препаратов в зависимости от показателей зрелой бражки	114
5.1.5 Сравнительная характеристика интенсификации процесса сбраживания концентрированного сусла в зависимости от дозировок Биозим 800 L	117
5.2 Исследование факторов, оказывающих влияние на процесс сбраживания высококонцентрированного сусла	119
5.2.1 Сравнительная характеристика показателей качества концентрированного сусла в зависимости от ферментных препаратов различного действия	119
5.2.2 Физиолого-биохимические особенности дрожжей в условиях ферментативной обработки высококонцентрированного сусла	120
5.2.3 Исследование состава основных примесей зрелой бражки в зависимости от продолжительности сбраживания, расы спиртовых дрожжей и применяемых ферментных препаратов	124
 ГЛАВА 6 РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЭТИЛОВОГО СПИРТА, ГЛЮТЕНА И КОРМОВОЙ БЕЛКОВОЙ ДОБАВКИ	133
6.1 Разработка технологического решения получения этанола на основе глубокой переработки зернового сырья	133
6.2 Анализ химического состава и свойств основных и побочных продуктов при реализации новых технологий получения этанола из зернового сырья	138

6.2.1 Исследование физико-химического состава кормовой добавки, ее пищевой и биологической ценности, функциональных свойств	138
6.3 Расчет экономической эффективности	144
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	154
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	156
ПРИЛОЖЕНИЯ	177
Приложение А Проблемно-концептуальная схема исследований	178
Приложение Б Акт производственных испытаний технологического процесса производства этилового спирта из концентрированного зернового суслу, с выделением на отдельных стадиях технологического процесса глютена и получением кормовой белковой добавки в условиях ОАО «Новопесчанское» г. Старый Оскол	179
Приложение В Акт о производственном внедрении результатов диссертационной работы Долгова А.Н., выполненной по теме «Глубокая переработка зернового сырья с получением этилового спирта и белкового продукта»	184
Приложение Г Производственный технологический регламент на получение сухой кормовой барды из цельной зерновой барды по безотходной технологии для ОАО «НОВОПЕСЧАНСКОЕ»	185
Приложение Д Динамика эффективности деструкции биополимеров белковой природы концентрированного суслу в зависимости от дозировки ферментного препарата Протоферм FP	186
Приложение Е Матрица планирования и результаты эксперимента	187
Приложение Ж Описание аппаратурно-технологической схемы производства этилового спирта из концентрированного зернового суслу с выделением на отдельных стадиях технологического процесса глютена и получением кормовой белковой добавки	188
Приложение И Схемы	200

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы.

Сельскохозяйственная отрасль является для России одной из стратегических и стабильно развивающихся. В рамках «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 гг.» (утв. Постановлением Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717) в подпрограмме «Развитие подотрасли растениеводства, переработки и реализации продукции растениеводства» предусматривается расширение ассортимента и повышение качества продуктов питания на основе комплексной переработки растениеводческого сырья, рациональное использование вторичных ресурсов и отходов производства.

В апреле 2012 года Владимир Путин утвердил «Комплексную программу развития Биотехнологий в РФ до 2020 года» (утв. Правительством РФ от 24 апреля 2012 г. № 1853п-П8). Одна из целей программы - выход России на лидирующие позиции в области биотехнологий и создание глобально конкурентоспособного сектора биоэкономики, который наряду с nanoиндустрией и информационными технологиями должен стать основой модернизации экономики РФ. Одна из задач – создать условия для формирования в России мощного сектора биоиндустрии.

В пункте 3.10. “Глубокая переработка зерновых и других сельскохозяйственных культур” «Комплексной программы развития Биотехнологий в РФ до 2020 года» говорится о том, что в России глубокая переработка зерна – относительно новое направление, претендующее стать быстро развивающейся отраслью.

На сегодняшний день сдерживающий фактор увеличения рентабельности производства в спиртовой отрасли – низкая эффективность использования сырья. Задачу экономии материальных ресурсов нужно

решать внедрением комплексных технологий, включающих в себя переработку зерна с получением нескольких ценных конечных продуктов.

Значительный теоретический и практический вклад в развитие и совершенствование технологий, базирующихся на глубокой переработке зернового сырья в спиртовом производстве, внесли Л.Н. Крикунова, Т.В. Меледина, В.В. Кононенко, В.П. Леденев, Л.В. Римарева, В.А. Поляков.

Повышение эффективности переработки всех составных частей зерна в спиртовом производстве, позволяющих помимо этанола получать дополнительно ценные белковые кормовые продукты, возможно лишь путем применения способов целенаправленного изменения исходных свойств сырья. Поэтому исследования, посвященные разработке таких способов, актуальны и перспективны.

Цель и задачи исследований. Цель настоящей работы заключается в исследовании закономерностей влияния ферментных препаратов на различных стадиях получения этилового спирта из концентрированного зернового суслу и обоснование технологии глубокой переработки зернового сырья с получением кормовой белковой добавки и глютенa.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие **задачи**:

- исследовать распределение основных нутриентов пшеницы в зависимости от механических способов измельчения;
- изучить влияние технологических параметров получения водно-мучнистой суспензии пшеницы на качественный и количественный состав клейковины;
- выбрать ферментные препараты и обосновать их рациональные дозировки для деструкции некрахмальных полисахаридов и снижения вязкости водно-мучнистой суспензии пшеницы и концентрированного суслу;

- провести сравнительные исследования фракционного состава биополимеров белковой природы водно-мучнистой суспензии пшеницы, клейковины и крахмального молока при воздействии протеолитических ферментных препаратов;
- обосновать выбор и характеристики процесса протеолиза белкового комплекса концентрированного суслу под действием ферментного препарата Протоферм FP;
- обосновать выбор и дозировку ферментных препаратов разжижающего и осахаривающего действия;
- исследовать процесс сбраживания концентрированного зернового суслу под действием дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* рас XII и К-81 т 987-05;
- усовершенствовать комплексную технологию получения этанола, глютена и белковой добавки на основе глубокой переработки зерна пшеницы;
- провести анализ химического состава, пищевой и биологической ценности, функциональных свойств кормовой белковой добавки;
- оценить экономический эффект при внедрении предлагаемой технологии на предприятиях спиртовой отрасли (приложение А).

Научные положения, выносимые на защиту:

- целесообразность использования целлюлолитических и протеолитических ферментных препаратов для целенаправленного изменения белкового и углеводного состава водно-мучнистой суспензии пшеницы, концентрированного суслу и глютена;
- научно обоснованные технологические решения по усовершенствованию безотходной комплексной технологии получения этилового спирта из концентрированного зернового суслу с выделением на отдельных стадиях технологического процесса глютена и получением кормовой белковой добавки;

– целесообразность применения протеолитических ферментных препаратов в дозировке 0,4-0,6 ед. ПС/г белка для получения концентрированного суслу, а также эффективности сбраживания зерновых сред;

– результаты эффективности новой технологии глубокой переработки зернового сырья на этанол, глютен и кормовую белковую добавку.

Научная новизна работы:

- установлены зависимости формирования компонентного состава помолов пшеницы от степени измельчения, которые показали, что в результате двухстадийного измельчения частиц (проход через сито d 0,16-0,25 мм не менее 85 %) суммарное содержание крахмала и сахаров на 1,3-1,5 % больше, чем в более грубом помоле;

- обоснованы технологические режимы и параметры получения водно-мучнистой суспензии пшеницы, условия образования клейковины;

- установлены закономерности изменения вязкости водно-мучнистой суспензии пшеницы под действием ферментных препаратов;

- выявлены закономерности изменения фракционного состава белковых веществ в зависимости от продолжительности протеолиза и дозировки ферментного препарата;

- оптимизированы условия, в которых проводится процесс ферментативного гидролиза концентрированного суслу на примере ферментного препарата Протоферм FP методом центрального композиционного ротатбельного униформпланирования эксперимента, получены уравнения регрессии, из которых видно, как изменяются биохимические характеристики протеолиза под влиянием исследуемых факторов;

- доказано, что использование расы 987-О5 и внесение ферментных препаратов Протоферм FR и Висколаза 150 L в водно-мучнистую суспензию пшеницы позволяет сократить длительность брожения с 72 до 54 ч, увеличить выход этанола до с 9,1 до 11,1 % об., снизить содержание несброженных углеводов с 0,7 до 0,4 г/100 см³.

Практическая значимость. Усовершенствована комплексная безотходная технология глубокой переработки зернового сырья на этанол, глютен и белковую добавку путем целенаправленного воздействия ферментных препаратов на основные компоненты зерна.

Использование предлагаемой технологии получения и сбраживания концентрированного сусла с дополнительным выделением глютена и получением белковой кормовой добавки позволит спиртовым заводам:

- сохранить нормативные показатели по выходу спирта из 1 т условного крахмала -66,4 дал/т условного крахмала сократив при этом общую продолжительность стадий водно-тепловой и ферментативной обработки с 3,5 до 2 ч и дозировку разжижающего ферментного препарата до 1 ед. АС/г условного крахмала;

- интенсифицировать процесс сбраживания сусла. Так, использование 987-О5 расы дрожжей и внесение ферментных препаратов Протоферм FR и Висколаза 150 L в водно-мучнистую суспензию пшеницы позволило сократить длительность брожения с 72 до 54 ч, увеличить выход этанола до с 9,1 до 11,1 % об., снизить содержание несброженных углеводов с 0,7 до 0,4 г/100 см³, а также в 1,5-2 раза снизить образование побочных метаболитов, сопутствующих синтезу этанола;

- получить дополнительно сухой глютен с содержанием белка не менее 75 %, используемый в пищевом производстве в качестве улучшителя или компонента при производстве хлебобулочных, кондитерских, мясных и др. изделий;

- получить обогащенную легкоусвояемым протеином белковую добавку, используемую в качестве белкового обогатителя в кормовой промышленности;

Проведена опытно-промышленная апробация новой технологии в условиях спиртового завода ОАО «Новопесчанское».

Разработан и утвержден «Производственно технологического регламента на получение сухой кормовой барды из цельной зерновой барды».

Подана заявка на изобретение № 2014119187 «Способ переработки зернового сырья с получением этанола, белкового продукта и глютенана».

Опытно-промышленные испытания показали, что условно-годовая экономия от снижения себестоимости продукции по разработанному варианту составит 10,65 млн р. Срок окупаемости 1,2 года для спиртового завода мощностью 6 000 дал/сут.

Полученные результаты исследований используются в учебном процессе для подготовки бакалавров и магистров по направлениям 19.03.02. и 19.04.02-«Продукты питания из растительного сырья».

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.
Диссертация соответствует пунктам 1, 4, 5 паспорта специальности 05.18.07 – «Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ».

Апробация результатов исследований.

Результаты работы доложены на IV Международной научно-практической конференции "Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков" (Новосибирск, 2013), Международной научно-технической конференции "Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство" (Воронеж, 2013), Международной научно-практической конференции "Перспективы развития науки и образования" (Москва, 2013),

Международной научно-практической конференции "Современные тенденции в образовании и науке" (Тамбов, 2013), XIX Всероссийской научно-практической конференции "Стратегия устойчивого развития регионов России" (Новосибирск, 2014), Proceedings of the 1st International Academic Conference "Science and Education in Australia, America and Eurasia: Fundamental and Applied Science" (Australia, Melbourne, 2014), Международной интернет-конференции "Машины и аппараты XXI века. Химия. Нефтехимия. Биотехнология» (Воронеж, 2014), IV Международной научно-технической конференции "Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» (Воронеж, 2014), Международной научно-технической конференции "Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение" (Воронеж, 2014), Международной научно-практической конференции «Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья» (Воронеж, 2014), Международной заочной научно-практической конференции «Современные тенденции в науке и образовании» (Москва, 2015).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы изложены в 20 научных работах, включая 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 12 статей по материалам докладов на всероссийских и международных конференциях, 4 тезиса. Подана заявка на изобретение № 2014119187 «Способ переработки зернового сырья с получением этанола, белкового продукта и глютенa».

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, 6 глав, выводов, списка литературы из 172 наименований и 8 приложений. Основное содержание работы изложено на 204 страницах машинописного текста, содержит 25 рисунков и 39 таблиц.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Сельскохозяйственная отрасль является для России одной из стратегических и стабильно развивающихся. В рамках «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 гг.» в подпрограмме «Развитие подотрасли растениеводства, переработки и реализации продукции растениеводства» предусматривается: расширение ассортимента и повышение качества продуктов питания на основе комплексной переработки растениеводческого сырья, рациональное использование вторичных ресурсов и отходов производства. В подпрограмме «Поддержка малых форм хозяйствования» предусматривается глубокая переработка зернового сырья [112].

В апреле 2012 года Владимир Путин утвердил «Комплексную программу развития Биотехнологий в РФ до 2020 года» (утв. Правительством РФ от 24 апреля 2012 г. № 1853п-П8). Одна из целей программы - выход России на лидирующие позиции в области биотехнологий и создание глобально- конкурентоспособного сектора биоэкономики, который наряду с nanoиндустрией и информационными технологиями должен стать основой модернизации экономики РФ. Одна из задач – создать условия для формирования в России мощного сектора биоиндустрии [112].

В пункте 3.10. “Глубокая переработка зерновых и других сельскохозяйственных культур” Комплексной программы развития Биотехнологий в РФ до 2020 года говорится о том, что в России глубокая переработка зерна – относительно новое направление, претендующее стать быстро развивающейся отраслью.

Проанализировав положение спиртовой отрасли на сегодняшний день, можно сказать, что сдерживающий фактор роста рентабельности производства – это низкая эффективность используемого сырья. Задачу

экономии материальных ресурсов нужно решать внедрением комплексных технологий, включающих в себя переработку зерна с получением нескольких ценных конечных продуктов.

Вопросами в области разработки технологии, базирующейся на глубокой переработке зернового сырья в спиртовом производстве, занимались и занимаются многие известные ученые. Так, Т.В. Мелединой, Л.Н. Крикуновой, Ю.Е. Дубовицким, В.В. Кононенко, Л.В. Римаревой, В.А. Поляковым разрабатываются технологии, основанные на использовании всех составных частей зернового сырья с выработкой кормовых продуктов. В настоящее время спиртовая отрасль нуждается в расширении спектра исследований, посвященных глубокой переработке зернового сырья, для разрешения следующих проблем: питательной ценности кормопродукта, способов переработки зернового сырья без потерь крахмала, сахаров и белка, что обусловлено реологическими свойствами сырья. В связи с этим повышение эффективности переработки всех составных частей зерна в спиртовом производстве, позволяющих помимо этанола получать дополнительно ценные белковые кормовые продукты, возможно лишь с помощью целенаправленного изменения исходных свойств сырья. Исследования по разработке таких способов актуальны и перспективны.

Текущее состояние спиртовой отрасли сложно охарактеризовать как позитивное. Большинство технологий имеет однопродуктовую направленность, что фактически делает их неконкурентоспособными как на отечественном, так и на зарубежном рынках. В то же время все компоненты зерна при соответствующей комплексной его переработке могут быть трансформированы в высококачественные продукты пищевого и кормового назначения. По данным расчетов рентабельность спиртового производства может быть увеличена в 1,5–2,0 раза при одновременном снижении себестоимости спирта на 20–25 %. Одновременно при разработке и создании технологии решаются задачи энерго- и ресурсосбережения. В частности,

удельные энергозатраты снижаются на 25–30 %, водоснабжения – на 50–60 % [63, 70].

В настоящее время особое внимание в спиртовой отрасли уделяется разработкам энерго- и ресурсосберегающих технологий получения этанола из зерна, обеспечивающих комплексную переработку зернового сырья, сокращение расхода сырьевых и теплоэнергетических ресурсов, повышение качества и конкурентоспособности продукции, снижение техногенного воздействия на окружающую среду [161].

Глубокая переработка зерна будет являться инновационным путем, который будет способствовать развитию агропромышленного комплекса России, вовлекая одновременно ряд смежных отраслей промышленности.

1.1 Глубокая переработка зерна: перспективные технологические решения и методы

В своем докладе "Стратегия развития растениеводства на среднесрочную перспективу" министром сельского хозяйства России были приведены следующие факты:

"В текущем году использование зерна на продовольственные нужды, корма, переработку и семена составляет 77,7 млн т. Всего его ресурсы с учетом валового производства 97 млн т и переходящих остатков оцениваются в 119,7 млн т, то есть на 51,4 % больше потребности.

Производство пшеницы прогнозируется в объеме 58 млн т против 63 млн т в прошлом году. Валовой сбор продовольственной пшеницы ожидается 42 млн т при потребности производства хлеба и хлебобулочных изделий 15 млн т [171].

Также министр определил основные направления политики государства в данной сфере на среднесрочную перспективу, а именно:

- в целях оптимизации больших переходящих остатков зерна субъектам Российской Федерации необходимо прорабатывать на перспективу вопросы по заключению соглашений с зернонедостаточными регионами о поставках и прогнозировать экспортный потенциал в отношении ближнего и дальнего зарубежья по подписанным контрактам. Надо начинать вводить планирование в производство зерна;

- развитие животноводства - эффективный способ увеличения использования зерна на кормовые цели с одновременным обеспечением продовольственной безопасности страны;

- в субъектах Российской Федерации необходимо развивать новые направления по переработке зерна на сиропы, глютен, крахмал как для внутреннего потребления, так и экспорта готовой продукции.

Из трех направлений увеличения рынка зерна - питание и корма, экспорт, переработка зерна - только переработка имеет возможность существенного роста.

Для российской пшеницы существует и другая опасность – на пшеницу из США цены могут снизиться на 40 % при внедрении генно-модифицированных сортов. Американская ассоциация производителей пшеницы (USWA) говорит, что это будет в ближайшее время. Экспортные позиции России серьезно пошатнутся, когда на мировой рынок выйдет дешевая канадская и американская ГМ пшеница. При падении цен на пшеницу из США упадут и мировые цены, а это приведет к еще большему падению и так предельно низким внутренним цен России, Украины и Казахстана.

Единственный стратегически правильный выход из сложившейся ситуации - развитие в России глубокой переработки зерна для укрепления своего внутреннего рынка. Но выход из этой ситуации есть – глубокая переработка зерна. Это шанс для страны « ...включиться в мировое

разделение труда благодаря своим природным ресурсам", - считает член-корреспондент РАН профессор Владимир Дебабов.

В качестве продуктов, полученных при глубокой переработке зерна, могут быть: сухая клейковина; глюкозо-фруктозные сиропы; различные виды крахмалов; глюкоза; глютомат натрия; лизин; органические кислоты; биопластики [108,109]. Выпуск и экспорт некоторых продуктов в России приведен в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Выпуск и экспорт продуктов глубокой переработки сырья в России

Продукты	2010 г., тыс. т		2011 г., тыс. т		2012 г., тыс. т	
	Произв.	Импорт.	Произв.	Импорт.	Произв.	Импорт.
Крахмал кукурузный	114,5		147,7		150,1	
Крахмал пшеничный	2,9		2,6		2,8	
Крахмалы модифиц.	12,2	76,7	13,2	82,5	13,4	83,4
Патока крахмальная	491,5		484,5		461,6	
Лизин	0,2	40,9	0,1	47,5	0,15	67,0

Как экспортер Россия реализовала в 2010 г. 10 тыс. т пшеничной клейковины на \$15,5 млн, 2011 г. 10,5 тыс. т пшеничной клейковины на \$13,7 млн, 2012 г. 10,5 тыс. т пшеничной клейковины на \$12,5 млн.

Импорт в Россию основных продуктов глубокой переработки зерновых составил за 2012 г. €240 млн. На эти средства можно построить 2 завода мощностью 200 тыс. т переработки зерна. При этом собственное сырье удешевило бы конечный продукт на 20-30 %. Больше всего в 2012 г. Россия импортировала лизина - на \$125 млн. Но был и небольшой экспорт этого продукта - около \$2,4 млн. Модифицированных крахмалов мы импортировали на \$88,1 млн, обычного крахмала - на \$29,3 млн, глюкозы и глюкозо-фруктозных сиропов - на \$23,5 млн, лимонной кислоты - на \$26,4

млн, пшеничной клейковины - на \$2,2 млн. А вот вывезли последней на \$12,5 млн, крахмалов обычных - на \$4 млн [172].

Россия - заметный мировой потребитель продукции глубокой переработки. В 2011 г., например, мы потребили 4,7 % мирового импорта лизина, 3 % лимонной кислоты, 2,5 % модифицированных крахмалов и 1,1 % глюкозо-фруктозных сиропов.

До сих пор импорт Россией основных продуктов глубокой переработки более чем в 10 раз превышал экспорт, если считать в денежном выражении. Его объемы пока почти незаметны в мировой торговле. Это десятые доли процента, если не брать сухую пшеничную клейковину (глютен) - в данном сегменте у нас 1,5 % глобального рынка. Связано это с тем, что внутренний рынок пока не готов использовать такой продукт. В мире же большой спрос на глютен генерируют пищевая и хлебобулочная промышленность. Продукт дорогой, но он улучшает органолептические свойства продукции. А, например, в Китае и Японии на основе глютена делают даже заменители мяса [161, 163, 165, 169, 170].

Глубокую (комплексную) переработку зернового крахмало-содержащего сырья можно подразделить на ряд этапов.

1. Переработка зерна, зерновых смесей, отходов элеваторов и т.д. на кормовые сахаросодержащие продукты-зерновые патоки.

2. Глубокая переработка зерна, где основными продуктами являются крахмал и клейковина.

Далее нативный крахмал может подвергаться ферментативному гидролизу и дальнейшей переработке на этанол, глюкозу, глюкозо-фруктозные сиропы, а клейковина является ценным белковым продуктом и может широко использоваться в пищевой промышленности [2].

По оценке Российского зернового союза (РЗС) развитый сектор глубокой переработки через 10 и более лет мог бы абсорбировать до 8 млн т.

производимого в стране зерна, средний сбор которого может превысить 110 млн т. в год [172].

По мнению директора информационно-аналитического департамента Российского зернового союза Рудольфа Булавина, создание нового производства положительно отразилось бы на ценовой конъюнктуре отрасли, позволило бы оставлять в России добавленную стоимость от переработки сырья, а участникам рынка - увеличить прибыльность и устойчивость бизнеса [171].

На рисунке 1 [168] изображены только некоторые звенья товарной цепи глубокой комплексной переработки зерна, которые создают новые продукты, новую добавленную стоимость, новые рабочие места и увеличивают экспортный потенциал региона.

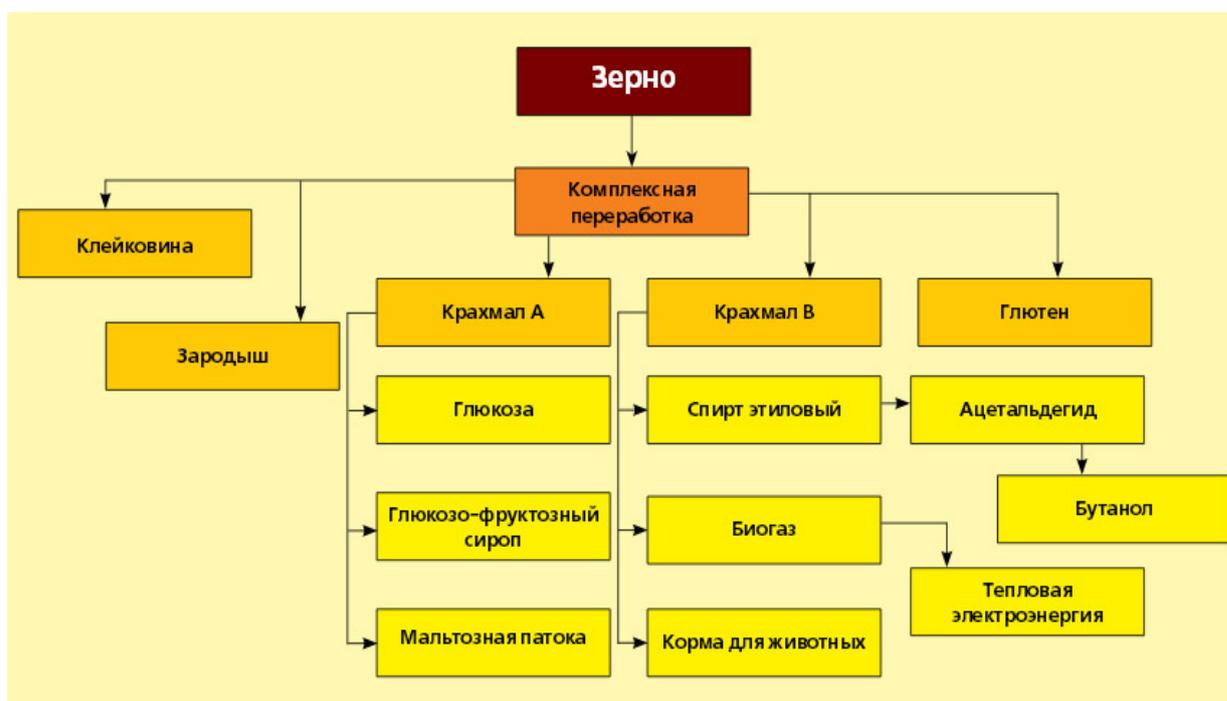


Рисунок 1 – Схема глубокой переработки зерновых культур

Современные тенденции, направленные на глубокую переработку зерна, заключаются в следующем: выделение и использование всех

компонентов зерна для получения разнообразных продуктов (глюкозо-фруктозный сироп, мальтозная патока, глютен, который направляют на получение этилового спирта) позволит сократить расходы, связанные с его производством. В ряде зарубежных стран (Франция, Великобритания, США) успешно используются схемы глубокой переработки зерновых культур [158, 162, 164, 165]. В последние годы в нашей стране ведутся исследования по комплексному использованию всех полупродуктов переработки зерновых культур. Они имеют самый широкий спектр применения – от пищевой промышленности до замены продукции нефтехимии [59, 168, 167, 171, 172].

В данный момент на предприятиях перерабатывающих отраслей сложилась критическая ситуация с утилизацией вторичных сырьевых отходов. Только в спиртовой отрасли объем зерновой барды составляет ежегодно более 10 млн т при переработке 2,0–2,5 млн т зерна на спирт, при этом утилизируется не более 2,5 млн т барды (25 %) [29]. Основное ее количество вывозится на поля фильтрации или сбрасывается в водоемы, загрязняя окружающую среду. Природоохранные органы считают барду экологически вредным отходом с показателями (БПК, ХПК) в 1000 раз превышающими предельно допустимые нормативы. В мировом производстве спирта более 70 % барды перерабатывается в концентрированные жидкие и сухие кормовые продукты. С позиции отечественного и зарубежного опыта откорма животных бардой, а также ее биохимического состава и биологической ценности она представляет собой не отход спиртового производства а вторичный сырьевой продукт [26, 28, 29, 84, 87, 130].

В вопросе утилизации барды на спиртовых заводах главным является сокращение ее выхода технологическим путем. Наилучший способ осуществлять это комплексно с помощью новых методов гидродинамического и ферментативного катализа полимеров зерна, получения и сбраживания зернового сусла с повышенной концентрацией сухих веществ на 25–40 % [13, 32, 35, 39, 49, 157].

В настоящее время разработаны научные основы принципиально новых перспективных процессов переработки послеспиртовой барды на пищевые и кормовые добавки, реализация которых будет способствовать дальнейшему развитию не только спиртового производства, но и кормовой базы для агропромышленного комплекса:

- безотходные технологии кормовых дрожжей с повышенным содержанием белка при переработке вторичного сырья ферментного и спиртового производства;

- создание биотехнологии получения кормового лизино-белкового препарата с высоким содержанием незаменимых аминокислот, белка и витаминов на основе микробной трансформации полупродуктов спиртового производства с использованием бревибактерий;

- применение этого препарата, например, в свиноводстве поможет сохранить больше молодняка, увеличить мясную продуктивность животных, получить качественную мясную продукцию;

- комплексные технологии переработки зерновой барды в пищевые и кормовые добавки на основе мембранных процессов с получением ценных в пищевом отношении компонентов: пищевые волокна, белки, аминокислоты и витамины. При этом энергозатраты по сравнению с существующей технологией сушки барды существенно снижаются [43, 37, 90, 44, 51].

Специалисты ООО «СпиртПриборСервис-Наладка» совместно с ООО «АМТ» предложили новый подход к решению проблемы комплексной переработки барды. Суть подхода заключается в следующем. Послеспиртовая барда разделяется на жидкую и твердую фазы на центрифугах. Кормовые дрожжи выращиваются на фугате. Для сушки продукции используют камерные контактные сушилки.

Данная технология позволяет перерабатывать послеспиртовую барду в сухой дрожжевой кормоконцентрат (ДКК) – смесь твердой фазы барды с выращенными на основе фугата кормовыми дрожжами. Биологическая

ценность и усвояемость дрожжевого кормоконцентрата (ДКК) значительно превосходит эти показатели сухой барды «DDGS» [10,11].

Значительная экономия энергоресурсов по предложенной схеме получается за счет предварительного механического отжатия жидкости из фугата. Также применение в качестве сушильного оборудования роторно-трубчатой сушильной печи позволит снизить затраты на сушку готового продукта, так как энергопотребление у нее в 4-6 раза ниже, чем у применяемых ранее сушилок распылительного типа.

Производство СКД, СКДЦ и кормовых смесей на основе зерновой барды способствует насыщению внутреннего рынка высокобелковым кормовым продуктом, который составит достойную конкуренцию зарубежным аналогам [114].

Многопродуктовые схемы переработки зерна на этанол и кормопродукт позволят решить проблему утилизации отхода спиртового производства - барды.

Повышение эффективности переработки зерна связано с более глубоким изучением, а также целенаправленным изменением его свойств, позволяющим повысить качество спирта, снизить потери крахмала с выделяемой фракцией, создать дополнительный сырьевой ресурс для комбикормовой промышленности.

Л.Н. Крикуновой была разработана «Концепция развития науки и техники для спиртовой отрасли». На ее основе предлагаем новые подходы к переработке крахмало- и инулинсодержащего сырья, суть которых в детальном изучении влияния отдельных нутриентов зерна и топинамбура на выход и качество конечных продуктов [70].

Научно доказана целесообразность изменения свойств зерна. Разработаны эффективные способы воздействия (ИК-нагрев, биотехнологический и др.), выявлены закономерности глубины изменений свойств от параметров указанных способов на состав сырья, структуру,

показатели качества основного и дополнительных продуктов спиртового производства [70, 72, 75, 76, 106].

С помощью найденных зависимостей предложено включить в комплекс, который характеризует зерно, реологические показатели, отвечающие за углеводно-амилазный комплекс и структурно-механические свойства сырья. Они позволят установить влияние вида зерна, его биохимического состава, влажности и способов предобработки на процесс получения бражки и сушла исходя из характеристик конечных продуктов, норм внесения ферментных препаратов, качества полупродуктов спиртового производства. Разработана комплексная технология переработки зерна на этиловый спирт и пищевые белковые продукты [47, 65, 70, 74, 90].

Получены новые закономерности и теоретические сведения, направленные на усовершенствование процесса переработки зерна на этанол и белковые продукты за счет использования смеси зерновых культур. Были получены белковые препараты и композиты, а также возврат побочных продуктов, в том числе и промывные воды белка, и интенсифицированы стадии механико-ферментативной обработки сырья. Впервые была теоретически обоснована необходимость переработки на спирт фракций зерна ржи и ячменя, чтобы получить белковые препараты и композиты с улучшенным (аминокислотным) составом по сравнению с пшеницей. Нашли наилучшие соотношения фракций по выходу белка (54-57 %) и биологической ценности для композиций: пшеница-рожь-ячмень, пшеница-рожь; пшеница-ячмень [64, 66, 78].

Так, в работах В.В. Колпаковой, Е.М. Максимовой, Ю.Е. Дубовицкого и др. разработана комплексная ресурсосберегающая технология получения этанола высокого качества на основе дифференцированного использования зерна. Она предусматривает удаление из основного технологического процесса фракции оболочек (периферических частей) с минимальными потерями крахмала эндосперма вследствие целенаправленного

биотехнологического воздействия на зерно и использование выведенной фракции для создания нового кормопродукта на основе спиртовой барды с последующим применением в производстве комбикормов [11, 48, 64, 77].

В настоящее время существует два показателя, которые говорят в пользу глубокой комплексной переработки зерна пшеницы с выделением глютена и крахмала для дальнейшей переработки, в том числе и выработки этанола из Б-крахмала. Первый показатель - переработка зерна в промышленных масштабах создает новые рабочие места в сельских областях. Второй – при переработке зерна комплексно с использованием всех его составляющих частей можно значительно увеличить экономическую эффективность производства и выручку от нескольких продуктов: мальтозная патока, глюкозно-фруктозный сироп, нативный крахмал, отруби, глютен (клейковина), а также топливный этанол, спирт питьевой, технический спирт – в качестве сырья для производства автомобильных шин, биодизель в виде EENV (этиловый эфир растительного масла), изобутилен для антидетонационной добавки в бензин этил-трет-бутилового эфира ЭТБЭ/ЕТВЕ, бутиловый спирт, сухой лед и витамин роста B12, сухая барда DDGS и углекислый газ. Продажа этих продуктов значительно превысит выручку от продажи только одного целевого продукта – спирта [1, 8, 19, 26, 42].

Для увеличения эффективности производства пищевого спирта на спиртовых заводах можно установить линии по извлечению клейковины. Преимущества такого шага очевидны: будет получена нативная пшеничная клейковина; после извлечения белковой составляющей пшеницы появится возможность роста производительности на 8-12 % (по массе извлеченной клейковины) [92].

По отношению к балансу сырья для производства спирта схемы могут быть различными:

100 % сырья — пшеничная мука проходит через стадию извлечения клейковины, а полученная крахмальная суспензия направляется на спиртовое производство;

50 % сырья (или другая доля) — пшеничная мука проходит стадию извлечения клейковины, крахмальная суспензия идет на спиртовое производство, 50 % сырья — пшеница проходит стандартный размол на вальцовых дробилках и далее поступает на спиртовое производство;

50 % сырья (или другая доля) — пшеничная мука проходит стадию извлечения клейковины, крахмальная суспензия направляется на спиртовое производство, 50 % сырья — рожь проходит стандартный размол на вальцовых дробилках и далее идет на спиртовое производство.

Первая схема наиболее дорогостоящая, и по такому пути идут только крупнейшие компании такие, как Cargill. Вторая и третья схемы менее затратны, и их применение в России наиболее вероятно [92].

Несмотря на исследования, проведенные в области глубокой переработки зернового сырья, в России до сих пор не разработана единая технология, позволяющая рационально использовать все составные компоненты зерна с получением ценных обогащенных продуктов.

1.2 Критический анализ технологий переработки суслу с повышенным содержанием сухих веществ при получении этанола

Одним из способов интенсификации процессов водно-тепловой обработки, осахаривания и сбраживания суслу является повышение концентрации сухих веществ в сусле. Повышение сухих веществ в сусле на 1,5–2 %, может привести к увеличению производительности бродильного отделения на 10–15 % без дополнительных капитальных затрат. Значительно уменьшить расход электроэнергии позволит снижение гидромодуля замеса, (на нагрев 1 кг зерна необходима лишь третья часть энергии, требуемой на

нагрев 1 кг воды), что интенсифицирует спиртовое производство [18, 56, 67, 100].

В спиртовой отрасли существуют приоритетные направления развития. Среди них: инновационные разработки по созданию энерго- и ресурсосберегающих технологий получения этанола из зерна. Для получения и сбраживания осахаренного зернового суслу необходимо основные нутриенты сырья перевести в растворённое состояние, и сделать их более доступными для действия ферментов. При разработке новых технологий производства этанола выбор режимов и технологических параметров получения осахаренного суслу базируется на аппаратурно-технологических и экономических аспектах. Немаловажную роль играют и свойства перерабатываемого сырья [4, 85, 135, 171].

Однако при переходе на переработку сред повышенной концентрации наблюдается проблема повышенной вязкости замесов, что препятствует протеканию гидролиза крахмала и других биополимеров сырья, а также проведению последующих технологических операций: осахаривания, перекачивания, брожения [33, 56, 100]. Решение указанных проблем возможно при рациональном использовании мультиэнзимных препаратов с оптимальным составом ферментов для каждого вида сырья и при применении осмофильных штаммов дрожжей с высокой бродильной активностью [105, 107, 108].

1.2.1 Повышенная вязкость как основная проблема при переработке суслу с повышенным содержанием сухих веществ

В спиртовом производстве при водно-тепловой обработке важна вязкость замесов, так как их подвижность определяет возможность использования вторичного пара при их подваривании, величину расхода электроэнергии на перемешивание и транспортировку замесов. Вязкость

замесов определяет возможность их перемешивания и перекачивания, влияет также на эффективность ферментативной обработки и последующее сбраживание суслу [80, 88].

Получение суслу повышенной концентрации при низких температурах обработки замеса с последующим его сбраживанием становится возможным за счет применения комплекса ферментных препаратов, поскольку их применение позволяет сдвинуть уровень максимальной вязкости в сторону пониженных температур. Если снизить вязкость, то улучшатся условия для протекания ферментативных процессов при разваривании и осахаривании, сократится длительность брожения в результате положительного влияния менее вязкой среды на физиологию дрожжей [18, 19, 42, 104, 113].

Исследованы реологические характеристики водно-зерновых суспензий с низким гидромодулем в процессе их водно-тепловой обработки.

Изучение реодинамики и гидродинамики зерновых суспензий осложняется тем, что в процессе ВТФО происходит трансформация зерновых частиц из твердого в аморфное состояние, обладающее совершенно противоположными свойствами. Под действием тепловой энергии и ферментов идет процесс растворения углеводов в воду, что ведет к изменению ее вязкости за счет увеличения растворившихся в ней сухих веществ [90].

Одни из главных показателей процесса приготовления зернового замеса – степень и однородность помола зерна. Наиболее значимыми параметрами, оказывающими влияние на процесс приготовления замеса, являются температура, гидромодуль и продолжительность водно-тепловой обработки. Чтобы компоненты сырья стали доступны воздействию ферментных препаратов, воды, тепла, необходимо измельчить зерно, что увеличит реакционную поверхность контакта частичек зерна [9, 49, 58, 111, 136, 139].

Для разрушения структуры сырья используют различные способы: диспергирование сырья на измельчительных машинах с получением помола разной крупности; обработку сырья волнами различной длины (ультразвук, ИК-нагрев); экструзию сырья [10, 69, 98].

При механохимической деструкции высокомолекулярных соединений используются экономичные режимы проведения водно-тепловой обработки, осахаривания и сбраживания. Снижение температуры водно-тепловой обработки замесов приводит к получению сусла с высокими качественными показателями: низким количеством декстринов с большим количеством сбраживаемых веществ (мальтоза и глюкозы), что позволяет сократить продолжительность сбраживания сусла и количество осахаривающих материалов. Наряду с крахмалом происходит разрушение других компонентов зерна, в том числе некрахмалистых полисахаридов (целлюлоз, гемицеллюлоз и др.) до низкомолекулярных углеводов (глюкозы). Это повышает количество сбраживаемых веществ и увеличивает количество получаемого спирта. При деструкции белковых соединений получается сусло, обогащенное аминокислотами, которые используются дрожжами в качестве азотсодержащего питания при сбраживании сусла [70, 71].

Изучено влияние степени измельчения сырья на состав питательной среды и степень сбраживания высококонцентрированного сусла.. Анализ углеводного состава осахаренного сусла показал также, что образец, характеризующийся проходом через сито диаметром ячеек 1 мм – 100 %, содержит меньшее количество декстринов и большее количество мальтозы и глюкозы по сравнению с образцом, характеризующимся проходом через сито диаметром ячеек 1 мм 70 % [114].

Исследовали влияние степени дисперсности помола на качество получаемого осахаренного сусла. Получили, что в образце замеса из экструдированной пшеницы содержится максимальное количество растворенных сухих веществ, растворимых углеводов и α -аминного азота.

Автор сделал вывод, что при одном и том же виде сырья, при одинаковых режимах приготовления сусла и одинаковой дозировке ферментных препаратов экструзия дает возможность получения сусла с более высокими качественными показателями [81].

1.2.2 Ферментные препараты, используемые в спиртовом производстве при получении высококонцентрированного сусла

Для повышения эффективности проведения водно-тепловой обработки замесов, помимо ферментных препаратов, содержащих α -амилазу для разжижения и декстринизации крахмала, рекомендуется использовать ферментные препараты целлюлолитического и протеолитического действия, обеспечивающих расщепление некрахмалистых полисахаридов и белков сырья, что способствует улучшению реологических свойств перерабатываемых сред и повышению бродильной активности дрожжевых клеток [33,56,100].

Ферментные препараты, которые содержат β -глюканазы и ксиланазы, целлюлазы (β -глюкозидазы, эндоглюканазы, целлобиогидролазы), необходимы для гидролиза некрахмалистых полисахаридов, например, целлюлозы. Это может быть еще одним источником сбраживаемых углеводов. Также препараты, воздействуя на растворимую фракцию гемицеллюлоз, помогут снизить вязкость замесов. Ферменты, гидролизующие некрахмалистые полисахариды способны ускорить процесс его расщепления. Они осуществляют гидролиз клеточных стенок и оболочек сырья, что улучшает доступ амилолитических ферментов к крахмалу и повышает степень его использования [114, 116, 122, 123].

Нейтральную протеазу вносят для повышения содержания аминного азота в сусле на стадии осахаривания. Сусло обогащают легко усвояемыми компонентами азотистого питания для интенсивного

размножения дрожжей. Прямая ассимиляция аминокислот обеспечивает интенсификацию синтеза белка и активирует содержащиеся в дрожжевой клетке ферменты, что приводит к интенсификации развития и размножения дрожжей [6, 14, 107, 124].

В работах многих авторов неоднократно были описаны способы получения и переработки высококонцентрированных замесов и важность использования комплекса ферментных препаратов.

С целью получения высококонцентрированного суслу из экструдированной пшеницы были проведены исследования влияния ферментного препарата, содержащего ксиланазу и β -глюканиду для гидролиза ксилана и β -глюкана, содержащего β -амилазу разжижающего действия, на вязкость замеса. В качестве расщепляющего крахмал ферментного препарата в работе был использован Дистицим БА-Т Специал (доза внесения 0,5 ед. АС/г крахмала), а для расщепления некрахмалистых полисахаридов был внесен ферментный препарат Дистицим XL (доза внесения 0,5 ед. КС/г крахмала). Суммарное действие этих ферментных препаратов позволило за 140 мин обработки снизить вязкость почти в 5 раз по сравнению с начальным значением вязкости без ферментных препаратов (более 3 Па·с) [54, 69, 80, 82].

Изучено влияние параметров водно-тепловой и ферментативной обработки замесов при пониженных температурах на степень сбраживания высококонцентрированного суслу. Показано, что добавление α -амилазы и ксиланазы снижает вязкость высококонцентрированных гидролизатов в 6 раз. При внесении ксиланазы на стадии осахаривания высококонцентрированных гидролизатов повышается выход спирта на 10 % по сравнению с выходом, указанным в «Типовом регламенте производства спирта из крахмалсодержащего сырья». А также разработана технология получения этанола при мягких режимах водно-тепловой и ферментативной обработки замесов с повышенным содержанием сухих веществ [15].

Обосновано совмещение в одной реакторной системе процессов биохимической и физической трансформации биополимеров зерна - его ферментативного гидролиза и термомеханической экструзии [150]. Было изучено влияние режимных параметров экструзии зернового сырья на биохимические показатели спиртового брожения, изменение функциональных свойств экструдатов, а также на эффективность биоконверсии углеводов высококонцентрированного зернового суслу. Разработан оптимальный способ интеграции биокаталитических и термомеханических процессов в одной реакторной системе для получения зерновых высококонцентрированных гидролизатов. Представленная принципиальная схема получения гидролизатов с повышенным содержанием сухих веществ позволила объединить два процесса в одну технологическую стадию: экструзию зернового сырья при повышенных давлении и температуре и при влагосодержании сырья до 20 % и последующий ферментативный гидролиз деструктурированных биополимеров зерна гидролазами амилолитического, целлюлолитического и протеолитического действия [150].

Выяснили, что на степень сбраживания высококонцентрированного пшеничного суслу влияет его доброкачественность и соотношение концентраций различных сбраживаемых углеводов [16].

Разработана технология сбраживания высококонцентрированного суслу из ячменя. Установили, что при использовании режима распределенного дозирования осаживающих ферментных препаратов во время брожения содержание несброженных углеводов в бражке было снижено на 44 %, выход спирта увеличен на 6 %, а концентрация примесей снижена на 25 % [143].

Специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» были проведены работы по установлению оптимальных режимов механико-ферментативной обработки

крахмал-содержащего сырья ржаного сусла повышенных концентраций [138].

Основной задачей лабораторных испытаний являлось исследование реологических свойств технологических сред в процессе ферментативного гидролиза биополимеров сырья, динамики накопления сухих веществ в среде, а также установление оптимальных технологических режимов водно-тепловой обработки ржаного сусла с повышенным содержанием сухих веществ [138].

На сегодняшний день актуальной задачей является разработка технологии получения этанола из зерна, которая помимо расщепления крахмала обеспечивает расщепление некрахмалистых полисахаридов до низкомолекулярных углеводов, что позволяет улучшать реологические свойства зернового сусла и интенсифицировать биохимические процессы сбраживания сусла.

Сейчас в отраслях используют сырье с повышенным содержанием белков. Это сильно снижает выход экстракта, а также качественные и экономические показатели. Поэтому наряду с ферментами амилолитического и целлюлолитического комплекса нужны и протеолитические ферменты, которые катализируют гидролиз белков и пептидов до аминокислот [25].

Эффективным способом интенсификации спиртового производства является переработка сусла с повышенным содержанием сухих веществ. При этом на стадии сбраживания сусла наблюдаются повышенные потери с несброженными углеводами и увеличение продолжительности сбраживания [6]. Бродильная активность и скорость роста дрожжей зависят от качественного и количественного состава углеводов среды, а также наличия в сусле азотистого питания [50]. Наличие легко ассимилируемого аминного азота в сусле имеет первостепенное значение для интенсификации спиртового брожения. На первом этапе количество дрожжей и их состояние лимитирует скорость процесса. При наличии определенного сочетания

аминокислот в среде они хорошо усваиваются спиртовыми дрожжами. Итак, интенсифицировать процесс сбраживания высококонцентрированного сусла можно с помощью увеличения содержания α -аминного азота.

Для повышения содержания аминного азота в сусле на стадии приготовления замеса вносят нейтральную протеазу. Так, например, М.Э. Сидякин в серии экспериментов использовал ферментный препарат протеолитического действия Нейтраза 0,8 L в дозировке 0,3 ед. ПС/г сырья. Соотношение сырье: вода составляло 1:50, температура гидролиза соответствовала 50 °С. В результате экспериментов установили, что содержание водорастворимого белка в контрольных и опытных пробах через 20 мин выдержки находится на уровне 0,3-0,4 мг/см³ [129].

При обеспечении дрожжей азотистым питанием биосинтез белков клетки происходит преимущественно за счет ассимиляции аминокислот среды. При этом идет экономия сахара на построение биомассы дрожжей, углеводы расходуются в основном на анаэробное дыхание и, следовательно, на образование спирта [132].

Одно из условий увеличения выхода спирта при сбраживании сусла, обогащённого продуктами протеолиза растительного белка, – это более экономичный процесс, повышение степени биоконверсии углеводов в этанол, сокращение потерь крахмала на образование побочных метаболитов [132].

Когда перерабатывается мука с чрезмерно сильной клейковиной, рекомендуется использовать протеолитические ферментные препараты, которые катализируют гидролитическое расщепление белковых веществ. Ферменты этой группы, помимо восстановительной активности, оказывают деструктурирующее действие на клейковину муки и улучшают реологические свойства теста [32].

В технологии спирта используют ферментные препараты протеолитического действия бактериального или грибного происхождения.

Протеолитические ферменты относятся к классу гидролаз (КФ 3.4). По месту атаки молекулы субстрата протеолитические ферменты делятся на эндопептидазы и экзопептидазы [109].

Экзопептидазы гидролизуют пептиды с конца цепи: аминопептидазы с H₂N-конца, карбоксипептидазы – с HOOC-конца.

Эндопептидазы расщепляют пептидную связь внутри пептидной цепи. Они гидролизуют пептидные связи между определенными аминокислотными остатками молекулы белка. Эндопептидазы еще называют протеиназами [100, 131].

Ферменты протеолитического действия, гидролизующие белковые полимеры зерна, подразделяются на классы.

Бактериальные протеиназы, продуцируемые *Bacillus subtilis* или *Bacillus licheniformis* (протосубтилин, протолихетерм - отечественного производства, нейтраза - "Ново Нордиск", БНЗ - "Энде". Препараты содержат одну или две протеиназы, как правило, нейтральную и щелочную, гидролизующие белки до пептидов. С их помощью можно повысить технологичность сусла, снизить вероятность белкового осаждения. Однако они не обеспечивают дрожжевые клетки легкоусвояемым аминным азотом.

Грибные протеазы, например, амилопротооризин, протооризин, - содержат комплекс протеиназ и пептидаз (более 5 протеолитических ферментов), гидролизующих белки до коротких пептидов и свободных аминокислот, ассимилируемых дрожжевой клеткой. При использовании таких ферментов снимаются коллоидно-белковые образования и обеспечиваются азотистым питанием дрожжи. В результате повышения бродильной активности дрожжей (на 20-25 %) интенсифицируется процесс спиртового брожения (на 30 – 40 %), увеличивается выход спирта [109].

Наибольшее распространение для расщепления белка в спиртовой отрасли получили кислые протеиназы грибного происхождения [100].

Ферментным отделом ВНИИПБТ проведен анализ концентрированных ферментных препаратов отечественного и импортного производства и исследована эффективность их применения в спиртовом производстве для рационального и полного использования составных частей зернового сырья [109].

Проведен поиск новых биокатализаторов протеолитического действия, которые осуществляют глубокий протеолиз растительных белков при значении рН 4,0 и 5,5. На этом этапе будут сделаны сравнительные исследования гидролизующей способности ряда протеолитических ферментных препаратов микробного происхождения в кислой и слабокислой зонах рН и выбор наиболее эффективного при гидролизе зерна в спиртовом производстве. Для исследования были выбраны ферментные препараты: Протосубтилин, Нейтраза, БНЗ (бактериальные протеиназы); Амилопротооризин, Протооризин (грибные протеазы).

Исследования показали, что Амилопротооризин имеет большую способность к глубокому гидролизу растительных белков. Сложный гидролитический комплекс позволяет повысить эффективность его применения в спиртовом производстве [109].

Изучено влияние протеолитического ферментного препарата на параметры сбраживания 22 %-ого сусла, полученного из экструдированной пшеницы. Источником протеазы послужил ферментный препарат, полученный из культуральной жидкости *Aspergillus niger*, Дистицим Протацид Экстра фирмы «Эрбсле». Активность препарата обусловлена действием кислой грибной пептидазы, которая разрушающей белки до аминокислот [97]. На стадии осахаривания с различной дозой вводили ферментный препарат протеолитического действия Дистицим Протацид Экстра на внесения. Эффективность действия этого препарата оценивали по количеству α -аминного азота. Влияние концентрации α -аминного азота в осахаренном сусле на процесс размножения дрожжей оценивали по

концентрации живых и почкующихся клеток, бродильную активность дрожжей – по количеству выделяющегося в ходе брожения углекислого газа. Экспериментально полученные данные подтвердили, что использование протеолитического ферментного препарата сильно ускоряющий процесс брожения: увеличивается скорость выделения CO_2 , накопление биомассы дрожжей, повышается выход спирта. При внесении протеолитического ферментного препарата 0,4 ед. ПС/ г крахмала идет максимальный рост дрожжей и выход спирта.

Выяснили следующее: на стадии доосахаривания зернового сырья вместе с амилолитическими ферментными препаратами осахаривающего действия необходимо вносить препараты, содержащие кислую протеазу, что позволит увеличить крепость бражки до 14,5 % об. [99]. Это обеспечит полное сбраживание высококонцентрированного суслу из экструдированной пшеницы.

Проводили исследования эффективности применения синтезированных ферментных препаратов в спиртовом производстве и установили, что при протеолизе белковых веществ зернового суслу дрожжи обогащаются аминным азотом в виде аминокислот и коротких пептидов. На физиологическую активность дрожжевых клеток благоприятное воздействие оказывает полноценное азотистое питание. Благодаря чему увеличивается не только плотность дрожжевой популяции, но и скорость размножения клеток, бродильная активность и продуктивность дрожжей повышается на 20-25 % [121].

Обогащение суслу аминокислотами в результате гидролиза растительных белков приводит к увеличению выхода основного продукта этанола и снижению образования легколетучих примесей [51].

В ходе производственных испытаний, проведенных на Мичуринском спиртовом заводе, подтверждено, что комплекс кислых и слабокислых

протеаз является весьма перспективным для интенсификации процессов дрожжегенерации и спиртового брожения [51].

Обосновано применение нейтральных протеаз в спиртовом производстве на стадии водно-тепловой обработки. Получили зависимость изменения вязкости зернового замеса от внесения протеолитических, амилолитических ферментных препаратов, а также при их совместном применении [25].

Совместное действие амилолитического и протеолитического комплексов позволяет увеличить выход мальтозы и декстринов, что связано с более эффективным воздействием амилолитических ферментов за счет деструкции белковой матрицы окружающей гранулы крахмала.

Применение вместе амилолитических и протеолитических ферментных препаратов позволяет снизить вязкость зернового замеса на 83 %, а также увеличить выход растворимых углеводов: мальтозы на 24 % и декстринов на 18 % [18].

Изучено влияние протеаз на эффективность разделения концентрированного зернового сусла и на его динамическую вязкость путем исследований с различными режимными параметрами.

Внесение грибной протеазы (0,25 ед. ПС/г сырья) в осветленное сусло позволило повысить концентрацию аминного азота почти в 2 раза, что позволяет обеспечить дрожжи азотистым питанием. Кроме того, внесение бактериальной протеазы в зерновое сусло с концентрацией растворимых сухих веществ 33 % оказывало некоторое влияние и на реологические свойства сусла: его вязкость снизилась на 11 % [6].

Благодаря тесному сотрудничеству с ВНИИПБТ компания «Новозаймс А/С» разработала и усовершенствовала новые препараты для спиртовой отрасли. Были получены протеолитические ферменты (Нейтраз, Алкалаза), гидролизующие белок сырья, которые улучшают жизнедеятельность дрожжей и препятствуют образованию осадка на стенках аппаратов [133].

Ферментные препараты, содержащие протеазу, ксиланазу и β -глюкканазу, позволяют повысить содержание в фильтрате суслу растворимых сухих веществ, β -аминного азота, растворимых углеводов и снизить вязкость. Поэтому их нужно использовать при приготовлении суслу из пшеницы [81].

Выявлено, что применение комплекса ферментных препаратов целлюлолитического и протеолитического действия при переработке сред повышенных концентраций позволит снизить выход отходов спиртового производства и повлиять на качественные показатели барды, утилизация которой является актуальной проблемой для спиртовой отрасли [100].

На эффективность применения протеолитического ферментного препарата значительное влияние оказывает режим его внесения. Так, анализ литературных данных показал эффективность внесения ферментных препаратов протеолитического действия на стадии осахаривания, культивирования и сбраживания суслу при переработке пшеницы и ржи, в то время как применение протеолитических ферментных препаратов на стадии приготовления замеса показало низкую перспективность данного приема, обусловленную реакцией Майяра, которая приводит к прямым потерям сахаров и свободных аминокислот [25, 100, 137].

Однако в связи с тем, что в результате включения в технологию производства спирта многоступенчатой обработки пшеницы создаются предпосылки к снижению температуры водно-тепловой обработки замесов из такого сырья, научный интерес представляет изучение влияния на параметры сбраживания суслу из пшеницы ферментного препарата протеолитического действия [100].

Исследовали влияние режимов внесения протеолитического ферментного препарата на параметры сбраживания суслу из экструдированной пшеницы. Для проведения исследований были выбраны три режима внесения протеолитического ферментного препарата:

- на стадии приготовления замеса;
- после осахаривания при температуре 55-58 °С в течение 30 мин;
- в охлажденное осахаренное сусло перед брожением одновременно с дрожжами.

Доза внесения ферментного препарата Дистицим Протацид Экстра во всех образцах составляла 0,2 ед. ПС/г белка [100].

Эффективность протеолиза под действием ферментного препарата кислой протеазы на различных технологических стадиях оценивали по содержанию аминного азота в образцах осахаренного сусла. В результате проведенных экспериментов было получено, что внесение протеолитического ферментного препарата, как на стадии приготовления замеса, так и после осахаривания, приводит к увеличению содержания в осахаренном сусле аминного азота. При этом внесение кислой протеазы на стадии приготовления замеса позволяет накопить в осахаренном сусле перед брожением на 45 % больше аминного азота по сравнению с контрольным образцом. А внесение кислой протеазы на стадии брожения привело к интенсификации процесса и сокращению сроков сбраживания до 64 ч. При этом был сделан вывод, что внесение кислой протеазы после осахаривания по показателям зрелой бражки является менее эффективным по сравнению с ее внесением на стадии приготовления замеса и перед брожением [100].

Анализ распределения продуктов протеолиза белков сусла при внесении грибных протеаз на стадии осахаривания показал, что количество высокомолекулярных белков уменьшается по сравнению с контрольным образцом. Содержание низкомолекулярных фракций значительно возрастает, причем в образце с использованием «Протеазы» их накопление идет более интенсивно, чем в образце с использованием «Дистицима» [17].

1.3 Качественный и количественный состав белково-протеиназного комплекса зерна пшеницы

Белково-протеиназный комплекс зерна пшеницы включает белковые вещества, активаторы и ингибиторы протеолитических ферментов и протеолитические ферменты. Например, зерно пшеницы может содержать от 7 до 26 % белка (в среднем около 10–12 %), в его составе белки–протеины и протеиды. Белки зерна пшеницы по способности растворяться в различных растворителях разделяют на глютелины – глютенин (растворимые в 0,1–0,2 %-ных растворах щелочей), альбумины (растворимые в воде), глобулины (растворимые в водных растворах солей), проламины - глиадин (растворимые в 60–80 % растворе этилового спирта). Альбумины и глобулины составляют 13–22 % от общего количества белка. Основную часть белковых веществ составляют глиадин и глютенин (соответственно 40–50 и 34–42 % от общего содержания белка в зерне пшеницы) [152].

Изучен фракционный состав белковых веществ пшеничной муки. Анализ результатов исследований показал, что содержание щелочерастворимой фракции в пшеничной муке первого сорта составляет 28,5 %, а в пшеничной муке второго сорта – 21,5 %, содержание спирторастворимой фракции – 33,6 и 26,9 %, альбумино-глобулиновой фракции – 18,3 и 25,5 % соответственно [51].

Белки неравномерно распределяются между морфологическими частями зерна – 65-75 % приходится на эндосперм, на алейроновый слой – до 15,5 % и зародыш – до 22 %. В алейроновом слое и зародыше концентрация белка высокая. В зародыше пшеницы содержится 33,3 % белка. Алейроновый слой пшеницы содержит более 19 % белка. Центральная часть эндосперма содержит мало белка (7-9 %) [101]. Клейковину – упругую, пластичную, способную растягиваться массу образуют растворимые в воде фракции белкового вещества муки (глиадиновая и глютелиновая). Глютелины придает

клейковине упругие свойства, а глиадин обуславливает растяжимость и связность, но ни глютенин, ни глиадин в отдельности не обладают характерными реологическими свойствами клейковины, именно взаимодействие этих фракций создает клейковинный белок. По данным разных авторов, химический состав клейковины следующий: белков – 75,0–90,0 %; крахмала – 0,1–9,4 %; сахара – 1,2– 2,1 %; липидов – 0,7–8,0 %; минеральных веществ – 0,5–2,0 % на сухое вещество [51,52].

Глиадиновая и глютелиновая фракции существенно различаются по отдельным свойствам. Помимо различий в величинах макромолекул и молекулярной массы (глиадин – около 40 тыс., а глютелин – 2–3 млн) было отмечено, что глютелиновая фракция связывает около 80 % липидов, содержащихся в клейковине. Эти две белковые фракции различаются и по физическим свойствам их массы [113].

В ферментном комплексе пшеничной муки есть протеиназы, которые относятся к протеолитическим ферментам типа папаиназ и расщепляют белки по пептидным связям. Протеиназы этого типа способны активироваться соединениями восстанавливающего действия, в частности соединениями, содержащими сульфгидрильную группу –SH (цистеин, глутатион), и инактивироваться веществами окислительного действия (KBrO₃, KJO₃, H₂O₂, кислород воздуха и др.). Действуя на клейковину и тесто, протеиназы сильно их разжижают, понижают упругость и увеличивают текучесть за счет разрыва пептидной связи.

Ослабление клейковины под влиянием протеолитических ферментов обусловлено деполимеризацией ее белков. В отношении механизма этого расщепления можно предполагать и разрыв пептидных связей полипептидных цепей белка, осуществляемый ферментами пептид-пептидгидролазами, и восстановление дисульфидных межмолекулярных связей под действием фермента дисульфидредуктазы, обнаруженной во многих растениях.

1.4 Особенности сбраживания концентрированного суслу

На сегодняшний день важной задачей на спиртовых заводах является повышение эффективности работы бродильного отделения. Это можно решить двумя путями: улучшить качество спиртовых дрожжей и расширить ассортимент используемых ферментов. Установка дополнительных бродильных емкостей в бродильном отделении для увеличения производительности требует больших капитальных затрат. Традиционно в спиртовой отрасли использовали одну расу дрожжей, которая обеспечивала достаточную скорость брожения, стабильный выход спирта. Перспективные направления развития технологии производства этанола решают следующие задачи: повышение концентрации сухих веществ перерабатываемых сред, обеспечение снижения себестоимости этанола за счет экономии сырья, электроэнергии и топлива, проведение процесса брожения при повышенных температурах и повышенной крепости в бражке. В таких условиях необходимо использование рас дрожжей, обладающих термостабильностью, осмофильностью и высокой бродильной активностью. Поэтому селекционные работы по скринингу активных рас дрожжей, выбор оптимальных режимов сбраживания концентрированного суслу являются перспективным направлением совершенствования технологии производства спирта [103, 118, 120, 125].

1.4.1 Факторы, оказывающие влияние на жизнедеятельность дрожжей в процессе сбраживания концентрированных сред

Массообменные процессы, протекающие между дрожжевой клеткой и питательной средой в процессе брожения, во многом определяются концентрацией питательной среды.

Поскольку высокое осмотическое давление оказывает угнетающее действие на жизнедеятельность дрожжей, то при сбраживании сред повышенной концентрации предъявляются высокие требования к составу сбраживаемой среды и к дрожжам, которые должны быть осмо-, спирто- и кислотоустойчивыми [151].

Для нормальной жизнедеятельности дрожжевой клетки необходимо обеспечить в среде, с одной стороны, достаточное количество элементов питания, а с другой – содержание в среде ряда витаминов и микроэлементов для их усвоения [122].

Отсутствие или недостаточное количество в среде определенных неорганических ионов может привести к нарушению механизмов метаболизма клетки, поскольку их содержание в среде определяет скорость и возможность ферментативных реакций в клетке за счёт образования с ферментами металлорганических и внутрикомплексных соединений.

Например, кобальт оказывает стимулирующее действие на размножение дрожжей, а также способствует повышению содержания в клетках азотистых веществ небелковой природы, прежде всего ДНК, РНК и свободных аминокислот. Кобальт также стимулирует синтез витаминов – рибофлавина и аскорбиновой кислоты [50].

Спиртовые дрожжи для поддержания высокой активности в процессе развития и брожения нуждаются также в достаточном количестве витаминов, катализирующих реакции метаболизма [154].

Жизнедеятельность и размножение дрожжевых клеток протекает в ограниченных температурных пределах, и для нормальной жизнедеятельности им необходима температура 29-30 °С. При сильном повышении или понижении температуры среды метаболические процессы в клетках дрожжей ослабляются или прекращаются.

При внесении дрожжей без предварительной подготовки в холодное сусло или резкое снижение температуры среды, в которой они находятся,

дрожжи испытывают температурный стресс, в результате чего начинают выделять во внешнюю среду аминокислоты и нуклеотиды. Результатом температурного шока может стать замедление или полное прекращение процессов размножения и/или брожения.

Удельная скорость роста дрожжей при превышении температуры до 36 °С резко снижается и практически прекращается при температуре 40 °С. Максимальная скорость накопления спирта наблюдается при температуре 40 °С, при превышении которой скорость процесса резко снижается.

При выборе температуры брожения также необходимо учитывать, что с увеличением температуры брожения значительно возрастает скорость размножения диких дрожжей. Если при 32 °С коэффициент размножения диких дрожжей в 2-3 раза больше размножения сахаромицетов, то при 38 °С уже в 6-8 раз больше. Развитие в бродящей среде посторонней микрофлоры приводит к расходованию сбраживаемых сахаров на синтез побочных продуктов и ненормативному нарастанию кислотности бражки. В обоих случаях уменьшается выход спирта [83, 154].

Изучено влияние температур на сбраживание ржаного высококонцентрированного суслу различными расами дрожжей.

Все расы дрожжей при температуре 30 °С обеспечивали нормальное протекание процесса брожения, и к 66 ч выход спирта составлял 66,5-66,7 см³/100 г крахмала. При повышении температуры до 35 °С изменялась физиологическая активность дрожжей и более конкретно выявилось их различие. Особенно отрицательно это отразилось на расе XII: снизилась способность дрожжей к размножению, повысился коэффициент гибели клеток. Термотолерантная раса 985-Т в условиях повышенных температур интенсивно ассимилировала углеводы, активно размножалась, и уже к 40 ч брожения процесс был практически завершен: выход спирта составил 66,7 дал, к 66 ч -66,дал [119].

Другим фактором, который оказывает существенное влияние на метаболизм дрожжевой клетки, является активная кислотность среды. Значение рН среды оказывает влияние на такие важные факторы, как активность ферментов, скорость поступления питательных веществ в клетку, образование витаминов [129, 145].

При переходе на переработку сусле повышенной концентрации необходимо учитывать, что скорость роста и бродильная активность дрожжей в значительной степени обусловлены осмотическим давлением среды и концентрацией их клеточного сока.

Повышенные концентрации растворенных веществ в сусле увеличивают осмотическое давление в дрожжевых клетках, при этом нарушается их нормальное физиологическое состояние. Спирт, который образуется при сбраживании, подавляет активность дрожжей. Эти факторы не только замедляют процесс брожения, но и препятствуют полному использованию сбраживаемых углеводов.

Образующийся в процессе брожения спирт оказывает тормозящее влияние на размножение и бродильную способность дрожжей. Из-за роста в среде концентрации спирта дрожжи сначала перестают почковаться, но продолжают сбраживать сахара. Замедляется размножение дрожжей при 2 %-ной и прекращается при 5 %-ной концентрации спирта. Торможение брожения происходит с 4 %-ной концентрации, а подавляется он при содержании спирта 12-16 % [154].

Для нормальной жизнедеятельности в анаэробных условиях дрожжам, как и другим микроорганизмам, необходим азот, который они способны усваивать в различных формах [122].

Источником азотистого питания дрожжевых клеток являются растворимые соединения азота: органические и неорганические. Для поддержания своей жизнедеятельности дрожжи, с одной стороны, как автотрофы могут синтезировать все аминокислоты, используя

неорганические формы азота, или, с другой стороны, использовать уже имеющиеся в сусле аминокислоты. Из общего количества азота, необходимого дрожжам, 70 % они ассимилируют в виде аминокислот, остальные в виде аммония, амидного азота и пептидов. Поэтому при брожении содержание азотистых веществ в сусле уменьшается на 1/3.

Таким образом, для обеспечения интенсивного размножения дрожжевых клеток и их высокой бродильной активности необходимо обеспечить в бродящей среде достаточное количество азотистого питания.

Наиболее рациональным решением проблемы обогащения осажаренного суслу свободными аминокислотами является гидролиз собственных белков зерновых культур протеолитическими ферментными препаратами [122, 146].

Наибольшее распространение для расщепления белка в спиртовой промышленности получили кислые протеиназы грибного происхождения.

Обогащение суслу аминокислотами в результате протеолиза белков сырья под их действием активизирует жизнедеятельность дрожжевых клеток, что приводит к повышению содержания почкующихся клеток, увеличению интенсивности процесса сбраживания суслу, глубокому сбраживанию углеводов с одновременным увеличением выхода спирта.

Увеличение выхода спирта можно также объяснить и тем, что в результате обогащения питательной среды свободными аминокислотами сокращается расход сбраживаемых углеводов на синтез биомассы дрожжей и образование вторичных продуктов брожения, главным образом, высших спиртов. Это происходит из-за прямой ассимиляции аминокислот из окружающей среды без их дезаминирования. Содержащиеся в сбраживаемой среде углеводы расходуются преимущественно на анаэробное дыхание дрожжей, и, следовательно, на образование этилового спирта. Кроме того, для биосинтеза этанола в процессе дыхания дрожжи могут использовать углеродный скелет аминокислот [122, 137].

Обогащение сбраживаемой среды свободными аминокислотами за счет гидролиза белков сырья позволяет интенсифицировать процесс сбраживания осахаренного сусла и повысить качество конечного продукта - этилового спирта [86, 98, 110, 120, 137].

Исследовали влияние протеаз на эффективность разделения концентрированного зернового сусла и на его динамическую вязкость путем варьирования различных режимных параметров.

Выявили, что внесение грибной протеазы (0,25 ед. ПС/г сырья) в осветленное сусло позволяет повысить концентрацию аминного азота почти в 2 раза, что обеспечивает дрожжи азотистым питанием. Кроме того, внесение бактериальной протеазы в зерновое сусло с концентрацией растворимых сухих веществ 33 % оказывает некоторое влияние и на реологические свойства сусла: его вязкость снизилась на 11 % [6].

Современные технологии используют новые виды сырья, сокращают длительность технологических процессов, повышают концентрацию перерабатываемых сред, а также ведут процесс при повышенных температурах. Все это требует создания новых, более физиологически активных рас дрожжей [117, 129].

Мы знаем, что эффективность процесса сбраживания зависит от перевода декстринов, которые содержатся в осахаренном сусле, в этанол, потому что большинство рас дрожжей, в частности раса XII, не способны сбраживать их. Гидролиз декстринов в сахара требует эффективной работы глюкоамилаз осахаривающих препаратов. Это, возможно, повлечет повышение осмотической активности сбраживаемой среды, повышенный расход ферментных препаратов, а также необходимость использования осмофильных рас дрожжей [2, 129].

Исследовали влияние гранулометрического состава помола ячменя на углеводный состав сусла и бродильную активность дрожжей. Из помолов ячменя различного гранулометрического состава были приготовлены и

сброжены образцы высококонцентрированного сусла. Установили, что с увеличением доли фракции частиц размером менее 1 мм с 55 до 100 % соотношение между концентрациями глюкозы и мальтозы в сусле меняется в сторону увеличения доли мальтозы, но снижается содержание несброженных углеводов в бражке на 27 % [143, 144].

Рост мощности спиртовых заводов при существующем оборудовании возможен благодаря увеличению концентрации перерабатываемых сред, при этом повышается крепость бражки и уменьшается объем барды, проблемам утилизации которой в последнее время посвящено множество работ [67]. Но надо учесть, что концентрированные среды плохо влияют на метаболизм дрожжевых клеток. Поэтому применяемые дрожжи должны обладать высокой осмофильностью и толерантностью к этиловому спирту, быстро адаптироваться к изменению в окружающей среде [53, 129].

При повышении температуры происходит резкое снижение бродильной активности дрожжей расы XII. Это влечет за собой замедление брожения, неполное сбраживание углеводов и, как следствие, ухудшение технико-экономических показателей производства. Если процесс сбраживания идет при высоких температурах, то в весенне-летний период это позволяет экономить холодную воду на охлаждение бродильных аппаратов при ее нехватке [154].

На сегодняшний день более широко применяются в производстве спирта сухие дрожжи. Они сохраняют высокую стабильность при сушке, обладают хорошей скоростью роста, устойчивой продуктивностью и высокой бродильной активностью [89, 129].

Отличительные особенности сухих дрожжей следующие:

- 1) повышенное содержание живых клеток, становящихся активными после их реактивации;
- 2) метаболизм направлен на преимущественное образование спирта;

- 3) термотолерантные свойства – способность к активному спиртовому брожению при температуре до 38 °С;
- 4) устойчивость к содержанию спирта в среде – до 12,5 % об;
- 5) высокая устойчивость к инфицированию молочнокислыми бактериями и дикими дрожжами;
- 6) быстрое сбраживание суслу [147].

Производители сухих дрожжей рекомендуют использовать их в среднем в количестве 50 мг на 100 см³. Например, при использовании дрожжей Fermiol предусматривается введение предварительной стадии разбраживания – дрожжи вносятся в разбавленное (в 2 раза) сусло в соотношении 1:4 и выдерживаются 10-15 мин [129, 143].

Поэтому можно сделать вывод, что эффективность сбраживания зависит не только от качественных показателей осахаренного суслу, режимов проведения процесса, но и от правильного подбора расы дрожжей, что важно при использовании нового вида сырья.

1.4.2 Расы дрожжей, используемые при сбраживании высококцентрированного суслу

Бродильное производство основано на жизнедеятельности дрожжевых клеток. Дрожжи рода *Saccharomyces* представляют особый интерес при получении этанола и объединяют наибольшее число дрожжей, имеющих промышленное применение в различных отраслях бродильного производства. В производственных условиях в результате продолжительного культивирования данные дрожжи приобрели отличия от так называемых «диких» дрожжей [21].

В спиртовом производстве до сих пор крахмалсодержащее сырье сбраживают с помощью дрожжей *S. cerevisiae* расы XII, а также расы М - смесь нескольких рас, выделенных в Германии в 1902-1905 гг.

Но сейчас получены новые высокопродуктивные расы дрожжей, обладающие термотолерантностью и осмофильностью. Они могут сбраживать сусло с повышенной концентрацией сухих веществ, устойчивы к повышенным температурам брожения и концентрациям спирта. Введение в производство термотолерантных и осмофильных рас дрожжей увеличит выход спирта, ускорит процесс брожения, повысит его качество и снизит потери сырья [121].

Разработка инновационных технологий с целью интенсификации процесса брожения предопределяет необходимость выделения более физиологически активных рас дрожжей, а также внедрение различных технологических приемов и способов, которые позволяют повышать эффективность дрожжевых клеток при сбраживании крахмалсодержащего сырья. В последнее десятилетие были испытаны и внедрены новые расы дрожжей, такие как Y-717, 985, K-81, Г-660, ВПУ-408 [119]:

Эти расы спиртовых дрожжей обладали термотолерантными свойствами, но у них не было достаточной устойчивости в производственных условиях, особенно при длительном культивировании. Также установили, что при хранении некоторые дрожжи склонны к реверсии, диссоциируют и при рассевах дают колонии, которые имеют различные физиологические свойства [119].

Изучены особенности культивирования спиртовых дрожжей рас XII, K-81, Г-660, Y-717 и 985 на средах с высокой концентрацией сухих веществ 22-24 %, лучшие результаты получены при использовании дрожжей рас XII и 985, где основным признаком при селекции служила осмофильность исследуемых штаммов дрожжей и их термотолерантность.

Лучшие результаты при сбраживании сусла получены при использовании дрожжей рас XII и 985 [117].

Процессы дрожжегенерации и бражения затормаживаются при повышении концентрации сбраживаемого суслу и росте содержания спирта. Если концентрация синтезируемого спирта увеличится, то это будет угнетать рост, размножение и бродильную активность дрожжевых клеток [148].

Выявлено, что использование термотолерантной расы 985-Т позволяет не интенсифицировать процесс сбраживания суслу, повысить технологические показатели и улучшить качество основных и вспомогательных продуктов. Повышенные температуры отрицательно сказываются на расе XII, что ведет к ухудшению технологических показателей брожения и, как следствие, снижению показателей бражки. При этом выход спирта снизился на 1 %, а суммарная концентрация основных примесей возросла в 1,35 раза по сравнению с процессом, проводимым при температуре 30 °С [7].

В настоящее время многие предприятия спиртовой промышленности с целью интенсификации производства для сбраживания осахаренного суслу используют препараты активных сухих спиртовых дрожжей [94].

Использование активных сухих спиртовых дрожжей дает возможность в любой момент времени получать необходимое количество активно бродящих дрожжей, что значительно облегчает работу заводов как в сезон, так и в период запуска [93].

Другим важным преимуществом использования сухих спиртовых дрожжей является то, что в случае работы с сухими дрожжами отпадает необходимость в ведении длительного, трудоёмкого и энергоёмкого процесса дрожже-нерирования [94].

Применение сухих спиртовых дрожжей также позволяет снижать уровень посторонней микрофлоры, что способствует увеличению выхода спирта и улучшению его органолептических показателей [89].

Однако практика показывает, что простое внесение сухих дрожжей непосредственно в осахаренное зерновое суслу может приводить к гибели

значительного количества клеток – до 30-40 % и выше, а также к крайне вялому разбраживанию засеянного ими сусла или даже к полному отсутствию брожения [93, 94].

Для интенсификации процесса сбраживания сусла сухими спиртовыми дрожжами рекомендуется включать в технологический процесс стадию их реактивации поскольку известно, что одной из важнейших особенностей сухих дрожжей является повышенная проницаемость мембран, в результате чего такие дрожжи отличаются высокой чувствительностью к высокому осмотическому давлению среды и наличию в ней различных ингибиторов [94].

При производстве сухих спиртовых дрожжей завершающим этапом является их сушка. На данной стадии дрожжевая клетка подвергается действию высоких температур и быстрому удалению внутриклеточной влаги, в результате чего в клетке могут происходить значительные повреждения на биомолекулярном уровне. В результате сушки нарушается структура клеточной стенки, происходит деградация транспортной и ферментной системы, а также резко повышается осмотическая чувствительность клеток, что особенно важно в случае перехода на переработку сусла повышенной концентрации [61].

1.4.3 Образование вредных примесей в зрелой бражке, полученной из концентрированного сусла

На рынке алкогольной продукции существует большая конкуренция. Поэтому получение высококачественного спирта является важной задачей. Летучие примеси, которые образуются в процессе брожения и не удаляются при ректификации, оказывают большое влияние на вкус и аромат спирта [88].

Процесс сбраживания осахаренного сусла имеет следующую характерную особенность: наряду с этиловым спиртом идет образование

побочных продуктов (эфирь, высшие спирты, альдегиды, органические кислоты и другие соединения, называемые примесями спирта). Их качественный и количественный состав сказывается на качестве готового продукта – пищевого этилового спирта. От качества основного сырья и вспомогательных материалов, параметров и режимов технологического процесса, а также расы используемых дрожжей зависит образование летучих соединений [28].

При получении осахаренного сусла на состав летучих примесей в бражке оказывает влияние температура обработки [154]. Качество получаемого этанола зависит от технологических режимов сбраживания и расы дрожжей. Повышенная температура брожения и усиленное размножение дрожжей приводят к повышенному выходу побочных продуктов, таких, как сивушные масла. Сбраживание сусла при температуре выше 30 °С может привести к повышенному количеству альдегидов и эфиров. Массовая доля диацетила повышается из-за ускоренного роста дрожжей. Поэтому для интенсификации процесса брожения и повышения качества спирта необходимо исследовать применение спиртовых дрожжей нового поколения [68, 115, 120, 125].

Образование летучих кислот (уксусная, масляная, пропионовая, муравьиная, изомасляная, изовалериановая и некоторые другие), являющихся продуктами жизнедеятельности посторонних микроорганизмов, инфицирующих бражку, – важная составляющая сброженных сред. Их образование связано с конструктивным обменом дрожжевых клеток. Микробиологическая чистота проведения процесса брожения приводит к снижению содержания органических кислот, что сказывается на уменьшении количества сложных эфиров – продуктов взаимодействия спиртов и кислот [28].

По результатам газохроматографического анализа бражки, полученной из концентрированного сусла, можно сделать вывод, что максимальное количество вторичных метаболитов в процессе сбраживания высококонцентрированного сусла продуцировали дрожжи штамма XII, минимальное – дрожжи штамма R [143].

Изучили показатели образования основных примесей при сбраживании ржаного сусла различных концентраций при температурах 30 и 35 °С дрожжами расы 985-Т и XII. Исследуемые расы дрожжей отличались друг от друга по количеству синтезируемых побочных метаболитов. При высоких температурах минимальное количество летучих соединений образовывала термотолерантная раса 985-Т, при этом суммарное количество основных летучих веществ было снижено в 2 раза по сравнению с расой XII. Концентрация побочных метаболитов, которые синтезируются дрожжами 987-О5, не сильно превышала аналогичные показатели расы 985-Т. Наблюдалась тенденция к повышению уровня накопления основных вторичных продуктов при увеличении продолжительности брожения, особенно для расы XII [119].

Исследовали влияние ферментного препарата протеолитического действия на параметры сбраживания сусла повышенной концентрации из экструдированной пшеницы.

Внесение кислой протеазы на стадии приготовления замеса и на стадии брожения позволяет снизить концентрацию несброженных углеводов, получить зрелую бражку с нормативными показателями и увеличивать концентрацию спирта в зрелой бражке на 5,7 и 8,6 % по сравнению с контрольным образцом соответственно [100].

Внедрение результатов научно-исследовательских работ будет способствовать повышению эффективности спиртового производства, ускорит процесс биоконверсии зернового сырья, уменьшит расход электроэнергии, увеличит выход спирта, повысит качество конечного продукта – все это приведет к снижению себестоимости спирта, повышению его конкурентоспособности.

1.5 Заключение по обзору литературы

Обобщая литературные данные, можно сделать вывод о том, что внедрение комплексных технологий, предусматривающих переработку зерна с получением нескольких ценных конечных продуктов перспективно.

Глубокая переработка зерна будет являться инновационным подходом, который будет способствовать развитию агропромышленного комплекса России, вовлекая одновременно ряд смежных отраслей промышленности.

Современные тенденции заключаются в использовании всех компонентов зерна для получения разнообразных продуктов: мальтозной патоки, глютена, а также крахмала, который направляют на получение этилового спирта, что позволяет сократить расходы, связанные с его производством.

Представленная в литературе информация свидетельствует о том, что в настоящее время разработаны научные основы принципиально новых перспективных процессов переработки послеспиртовой барды на пищевые и кормовые добавки, реализация которых будет способствовать дальнейшему развитию не только спиртового производства, но и кормовой базы для агропромышленного комплекса.

Разработанные на сегодняшний момент технологии, основанные на использовании всех составных частей зернового сырья с выработкой кормовых продуктов, несовершенны, потому что вопрос о питательной ценности кормопродукта еще не решен. Не существует способов переработки зернового сырья без потерь крахмала, сахаров и белка, что обусловлено реологическими свойствами сырья. В связи с этим повышение эффективности переработки всех составных частей зерна в спиртовом производстве, позволяющих помимо этанола получать дополнительно ценные белковые кормовые продукты, возможно лишь путем применения способов целенаправленного изменения исходных свойств сырья. Поэтому исследования, посвященные разработке таких способов актуальны и перспективны.

Таким образом, сформулированная в работе цель исследований, посвященная разработке ресурсосберегающей комплексной технологии глубокой переработки зернового сырья на этанол из концентрированного зернового сусла с выделением на отдельных стадиях технологического процесса глютена и получением кормовой белковой добавки, является современной и актуальной.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты исследований

Объектами исследований были:

- пшеница с разной степенью измельчения (ГОСТ Р52554-2006 «Пшеница. Технические условия»). Измельчение осуществлялось на вальцовых станках в два этапа. Степень измельчения составила: проход через сито диаметром 0,16 мм – не менее 85 %, 0,25 мм – 100 %.
- водно-мучнистая суспензия пшеницы;
- пшеничная клейковина - глютен (ГОСТ Р53511-2009 «Глютен пшеничный. Технические условия»);
- концентрированное сусло с содержанием сухих веществ 20-24 % мас.;
- белковая добавка, полученная смешиванием отсепарированных дрожжей с отрубями. Состав белковой добавки: массовая доля влаги, % не более–10,0; массовая доля сырого протеина (в пересчете на абсолютно сухое вещество (АСВ), %, не менее – 20; сырая клетчатка, % – 5,5; зола, % – 9,4.

В работе использовали ферментные препараты амилолитического, целлюлолитического, осахаривающего и протеолитического действия зарубежного производства (получены в Институте Микробиологии Китайской академии наук и хранятся в Китайском центре Коллекций Промышленных культур), характеристика которых приведена в таблицах 2, 3, 4, 5.

Т а б л и ц а 2 – Характеристика ферментных препаратов амилолитического действия

Название	Активность, ед. АС/см ³	Продуцент	Оптимальные условия действия	
			°С	pH
Термамил 120 L	700	Bacillus licheniformis	60-95	6,0–6,5
Термоферм 3500 L	3450	Bacillus subtilis	60-96	5,5–6,5

Т а б л и ц а 3 – Характеристика ферментных препаратов целлюлолитического действия

Название	Активность, ед. АС/см ³	Продуцент	Оптимальные условия действия	
			°С	рН
Висколаза 150 L	β-глюк.-460; ксилан.-6400; целлюлоз.-1600	<i>Trichoderma longibrachitum</i>	30-60	3,5-5,5
Целлюкласт 1,5 L	β-глюк.-3000; ксилан.-728; целлюлоз.-1400	<i>Trichoderma reesei</i>	50-60	4,5-6,0

Т а б л и ц а 4 – Характеристика ферментных препаратов осахаривающего действия

Название	Активность, ед. ГлС/см ³	Продуцент	Оптимальные условия действия	
			рН	°С
Биозим 800 L	13300	<i>Asp.niger</i>	4,0-4,5	55-60
Сан Супер 360 L	Глюкоам.-3000 Протеолитич.- 19 α-амилазная-700	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> <i>Bacillus subtilis</i>	4,0-6,0	55-60

Т а б л и ц а 5 – Характеристика ферментных препаратов протеолитического действия.

Название	Активность, ед. ПС/г белка	Продуцент	Оптимальные условия действия	
			рН	t, °С
Нейтраза 0,8 L	120	<i>Bacillus amyloliquefacien</i>	5,5-6,0	40-55
Протоферм FP	800	<i>Aspergillus niger</i> M188	2,5-6,0	30-58
Амилопротооризин Г10х	800	<i>Aspergillus oryzae</i>	4,7-5,8	50-55

В ходе исследований применялись три расы дрожжей, используемые в виде чистой культуры: XII, 987-О5, К-81:

- термотолерантная раса К-81(полученная КТИПП и ВНИИПБТ);
- гибридная раса дрожжей 987- О5, используемая в виде чистой культуры (получена из центральной лаборатории ГНУ ВНИИПБТ Россельхозакадемии);
- *Saccharomyces cerevisiae* расы XII.

2.2 Общие методы исследований

Обработанное сырье, полупродукты и готовую продукцию анализировали по химическим, биохимическим, микробиологическим показателям методами анализа растительного сырья, а также методами, принятыми в спиртовой и комбикормовой промышленности.

Массовую долю влаги определяли методом высушивания образцов при температуре 105 °С. Пробы продукта высушивали до постоянной массы и взвешивали [44]. Для определения золы (минеральных веществ) сжигали органические вещества навески при свободном доступе кислорода воздуха, при этом улетучивается углекислота, которая выделяется в результате окисления основной части органических веществ. Соли различных органических веществ переходят в карбонаты. Процесс озоления ускоряют с помощью азотной кислоты [23].

Определение крахмалистости зерна проводилось согласно ГОСТ Р 52 934–2008 «Зерновое крахмалсодержащее сырьё для производства этилового спирта». Состав муки анализировали общепринятыми методами биохимического анализа растительного сырья, описанным в издании под ред. А.И. Ермакова [94], условную крахмалистость в зерне и фракции эндосперма определяли методом Эверса [44].

Содержания гемицеллюлоз находили по методу, основанному на гидролизе нерастворимых углеводов в 2 %-ной соляной кислоте [125].

Количество целлюлозы находили методом, основанным на растворении и окислении веществ, содержащихся в пробе, при обработке азотной кислотой в этиловом спирте и водном растворе щелочи [125].

Содержание токсичных элементов в пшеничных помолах определяли по ГОСТ 26927, ГОСТ 26930, ГОСТ 26932, ГОСТ 26933.

Массовую долю белка в зерне, продуктах его переработки и нерастворимом остатке определяли по методу Кьельдаля с

предварительной минерализацией образца, в белковых препаратах и суспензиях - по методу Лоури [44]. Содержание аминного азота – медным способом [44]. Концентрацию альбуминов, глобулинов, проламинов и глютелинов определяли методом Кьельдаля в соответствии с рекомендациями по ГОСТ 13496.4–93.

Концентрацию растворимых сбраживаемых углеводов, суммарного содержания сбраживаемых углеводов, несброженных углеводов и концентрации нерастворенного крахмала находили колориметрическим антроновым методом; измерение оптической плотности проводили на фотоэлектроколориметре КФК-3 [44].

Массовую долю сухих веществ в осахаренном и броющем зерновом сусле находили с помощью рефрактометрического метода на рефрактометре ИРФ-454Б2М. Во внимание принимали поправки показаний рефрактометра на температуру [44].

Объёмную концентрацию спирта в зрелой бражке определяли в бражном дистилляте. Объёмную концентрацию спирта определяли с помощью ареометра АСП-1 для спирта в полученном дистилляте, доведенном до объёма бражки [94].

2.3 Специальные методы исследований

В условных единицах была определена величина текучести по двум показателям: количеству миллилитров клейстера, вытекающего из воронки через сопло определенного размера за время, требующееся для вытекания из воронки 100 см³ воды; времени истечения определенного объема клейстера через калибровочное отверстие. Текучесть определяли при помощи стеклянной трубки диаметром 5 мм и длиной 200 мм. Время истечения измеряли секундомером [58].

Для установления количества пептидов и аминокислот использовали нингидриновый метод, который основан на способности нингидрина вступать в реакцию с аминогруппами аминокислот с образованием окрашенного соединения [43].

Определение содержания растворимого белка осуществляли по Биуретовой реакции [43].

Массовую долю аминокислоты тирозина определяли по реакции реактива Фолина с тирозиновыми и цистеиновыми радикалами, в результате которой образуется соединение, придающее синюю окраску раствору белка [43].

Микроскопирование проб проводили для анализа физиологического состояния дрожжей, чтобы определить общее количество дрожжевых клеток в 1 см³ (подсчет в камере Горяева), а также клеток с гликогеном (их окрашивание раствором Люголя), мертвых (реакция с метиленовой синью по Финку) и почкующихся клеток [94].

Интенсивность брожения оценивали по количеству диоксида углерода, выделявшегося в единицу времени из определенного объема среды. Количество углекислоты устанавливали по убыли веса сосуда, снабженного затвором [94,95].

Определение концентрации побочных и вторичных метаболитов спиртового брожения проводили газохроматографическим методом (ГОСТ Р 51652-2000).

2.3.1 Анализ водно-мучнистой суспензии пшеницы, пшеничной клейковины – глютена, дрожжей, выделенных из зрелой бражки, белковой добавки

Аминокислотный состав белковых продуктов определяли на анализаторе марки Хитачи с предварительным гидролизом белков 6 н НС1

в запаянных ампулах. Для расчета аминокислотного сора белков проводили сравнение с эталонным белком ФАО/ВОЗ [38].

Массовую долю белка по Барнштейну в испытуемых образцах определяли согласно ГОСТ Р28178-89 «Дрожжи кормовые. Методы испытаний».

Массовую долю перевариваемого протеина определяли согласно ГОСТ Р 51423-99 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения массовой доли растворимого азота после обработки пепсином в разведенной соляной кислоте».

Массовую долю сырой клетчатки определяли согласно ГОСТ Р 52839-2007 «Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации».

Массовую долю сырого жира определяли согласно ГОСТ 13496.15-97 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира».

Количество и качество клейковины определяли по ГОСТ 27839-2013 «Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины».

Массовую долю сырого протеина определяли согласно ГОСТ Р 51417-99 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Метод Кьельдаля».

Массовую долю легкогидролизуемых углеводов определяли согласно ГОСТ 26176-91 «Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов».

Массовую долю сырой золы определяли согласно ГОСТ 26226-95 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы».

Молекулярный вес белковых соединений основных и побочных продуктов определяли методом гель-фильтрации путем элюирования исследуемых компонентов через колонку, заполненную сефадексом G-100 [45].

ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ВОДНО-МУЧНИСТОЙ СУСПЕНЗИИ ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

3.1 Содержание токсических элементов в различных анатомических частях зерна при их разделении

В зернах злаковых культур есть глюкан, пентозаны, целлюлоза. Они являются источником витаминов группы В, минеральных веществ, белков и липидов. Употребление продуктов из целых зерен снижает уровень холестерина в крови, положительно влияет на перистальтику кишечника, процессы обмена веществ. Но надо учитывать, что оболочки и алейроновый слой зерновки имеют повышенную прочность. Это ограничивает использование зерна в пищевых технологиях. Глюкан, ксиланы и другие гемицеллюлозы, которые формируют поперечные сшивки в структуре матрицы клеточной стенки, влияют на прочность оболочки зерна.

Нужны новые технологические решения, базирующиеся на разработке научных основ модификации полисахаридов периферических частей зерновки для уменьшения содержания токсических элементов и снижения прочности оболочек, улучшения степени дисперсности зерновой массы [81].

Современные технологии сортов помолов, где идет разделение анатомических частей зерна, не до конца решают проблему повышения безопасности зерновых продуктов. В состав отрубей входит цветочная оболочка зерна, зародыш зерна, а также его алейроновый слой - целый ряд довольно крупных клеток с толстыми стенками, которые внутри заполнены витаминами, минералами, белками, жирами и другими полезными и питательными веществами [66].

В результате исследований выяснилось, что отруби в своем составе содержат около девяносто процентов полезных веществ цельных зерен. Они включают в себя витамины, в особенности, витамины группы В, ценные микро- и макроэлементы, а также многие другие полезные для здоровья биологически активные вещества. Однако, наиболее ценным и полезным компонентом зерновых отрубей являются пищевые волокна - они оказывают очень благоприятное воздействие на микрофлору кишечника, препятствуют возникновению и развитию дисбактериоза, а также способствуют общему оздоровлению и укреплению кишечника. Именно поэтому в последнее время отруби добавляют, как добавку в корма [149]. Химический состав пшеничных отрубей в среднем (%): воды 14,8, протеина 15,5, жира 3,2, клетчатки 8,4, безазотистых экстрактивных веществ 53,2, золы 4,9. В 100 кг 71—78 кормовых единиц и 12,5—13 кг переваримого протеина.

Большая часть загрязнителей, расположенных преимущественно в периферических частях зерновки, и микроорганизмов, обитающих на ее поверхности, удаляется с отрубями, но при этом теряется значительная часть витаминов, биогенных микроэлементов, пищевых волокон, белков и липидов [81].

Исследовали содержание токсичных элементов в зерне до и после отделения отрубей. Отруби отделяли от зерна в различном процентном соотношении в процессе трехпозиционного отсева. В полученных образцах определяли содержание токсичных элементов в Испытательном лабораторном центре комбикормов, комбикормового сырья, пищевых продуктов АНО «НТЦ «Комбикорм». Полученные данные представлены на рисунке 2.

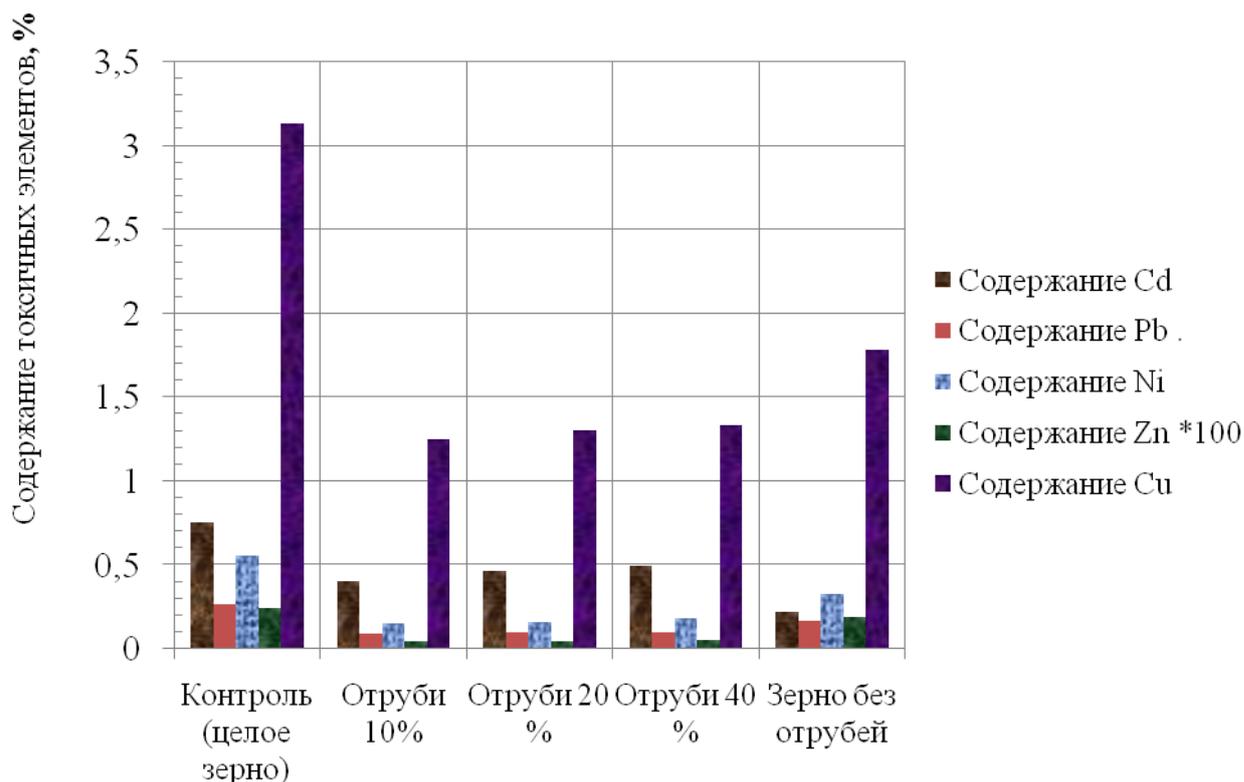


Рисунок 2 - Влияние разделения анатомических частей на содержание токсичных элементов в пшенице

Результаты проведенных исследований показали, что при отделении отрубей происходит перераспределение содержания токсичных металлов. Так содержание Cd снизилось в зерне после отделения отрубей на 29 %, Pb на 63 %, Ni на 67 %, Zn на 79 %, Cu на 56 % соответственно. Это объясняется тем, что токсические элементы и радионуклиды локализованы в основном в периферических частях зерна злаковых культур. В дальнейшем в работе целесообразно использовать отделение отрубей в количестве 20 %, так как при большей массе наблюдается незначительное снижение токсичных элементов, но также наблюдается существенное снижение витаминов, клетчатки и микроэлементов.

Исследование влияния процесса отделения отрубей на изменение содержания токсичных элементов в зерне в процессе его подготовки к производству этанола показало, что исследуемый прием позволяет повысить степень безопасности зерновой массы по сравнению с контролем на 30-60 %,

за счет того что большая часть токсичных элементов сосредоточена на поверхности зерна.

В случае загрязнения зернового сырья или оболочки токсичными элементами на грани ПДК возможно применение операции промывания зерна проточной водой, которая позволяет снизить уровень ионов токсичных элементов с промывными водами за пределы твердой фазы [81].

3.2 Исследование влияния механических способов измельчения на массовый состав компонентов зернового сырья

Известно, что в спиртовом производстве эффективность водно-тепловой обработки зернового сырья зависит от определенной степени измельчения. Диспергирование – механическая обработка сырья является необходимым условием эффективного применения экономичных и неэнергоемких способов разваривания сырья. При этом важным показателем является и равномерность помола. При обработке зернового сырья по механико-ферментативной схеме разваривания мелкодисперсный помол обеспечит достаточную полноту растворения крахмала, а также сокращение потерь сбраживаемых углеводов [100]. Благоприятные условия для активного действия как собственных, так и вносимых ферментных препаратов, складываются при внесении зерна тонкого помола при температуре 45-50 °С.

Степень измельчения оказывает влияние и на количественный и качественный состав глютенного комплекса [36].

Для получения подвижных масс можно использовать однородный помол (частицы одинакового размера). Была изучена эффективность действующего измельчающего оборудования и возможность получения на нем равномерного помола, обеспечивающего в дальнейшем образование текучих сред.

На спиртовых заводах принято измельчать зерно с помощью молотковых дробилок или вальцовых станков различных конструкций. При этом степень измельчения зерна характеризуется проходом через сито с диаметром отверстий 1 мм 60-80 %. Неоднородность данного помола по размерам частиц, приводит к излишней тепловой обработке, в результате которой образуется повышенное количество продуктов оксиметилфурфурольной и меланоидиновой реакции, а также наблюдаются значительные потери сбраживаемых веществ за счет частичного перехода в растворимое состояние крахмала крупных частиц.

С целью получения более высокодисперсных и равномерных помолов зерна измельчение будет осуществляться в две стадии.

На данном этапе работы исследовали влияние механических способов масс-метрического фракционирования зернового сырья. Исследовали, как распределяются основные компоненты зернового сырья в зависимости от механических способов. Зерно пшеницы измельчали на вальцовых станках, молотковых дробилках. Для двухстадийного измельчения использовали вальцовые станки [38].

Использовали: молотковую дробилку QC-114 ЛАБ-МИЛЛ-1, вальцовый станок (лабораторная мельничная установка фирмы «Nagema»), шелушильно-шлифовальную машину марки А1-ЗШН-3 в соответствии с «Производственно технологическим регламентом по комплексной переработке крахмалсодержащего сырья на спирт для предприятия ОАО «Новопесчанское»» ПТР 10-182-14.

В дальнейшем измельченное зерно подавалось на трехпозиционный рассев, где частицы (мука) размером 0,16-0,25 мм поступали на производство, при этом отделялись отруби в количестве 20 % [38]. Содержание основных компонентов зернового сырья при разных способах измельчения дано в таблице 6.

Т а б л и ц а 6 – Содержание основных компонентов в помолах пшеницы от способа измельчения

Помолы пшеницы	Содержание основных компонентов зерна, %							
	Целлюлозы и гемицеллюлозы	Клетчатка	Водорастворимые пентозаны	Пентозы	Белок	Аминный азот	Крахмал *10	Растворимые сахара
Пшеница	8,01	3,5	5,5	-	13,5	0,02	5,6	3,9
Двухстадийное измельчение на вальцовых дробилках d 0,16-0,25 мм 85-100 %	3,01	1,4	2,2	3,1	12,5	1,02	6,8	6,2
Одностадийное измельчение на вальцовых дробилках d 0,85-1 мм не менее 90 %	5,6	2,1	3	2,3	12,3	0,75	6,7	5,7
Измельчение на молотковых дробилках d 0,85-1 мм-85-100 мм	6,4	2,3	3,2	2,1	12,3	0,7	6,5	5,1

Из данных таблицы 6 видно, что деструкции подвергаются целлюлоза и гемицеллюлоза. Так, при двухстадийном измельчении их содержится в 2,5 раза меньше, чем в исходном зерне: 3,01 и 8,1% соответственно. В результате расщепления целлюлозы образуется дополнительное количество сбраживаемых сахаров – от 1 до 3 % к сухим веществам. В помоле пшеницы, полученном при двухстадийном измельчении, суммарное содержание крахмала и сахаров на 1,3-1,5 % больше, чем их содержание в более грубом помоле. Это происходит из-за деструкции, которой подвергаются и некрахмалистые полисахариды. Так, клетчатка расщепляется на 55-58 %. Расщепляются пентозаны до пентоз. Содержание пентоз в помоле с размером

частиц 0,16-0,25 мм достигает 3,1 %, тогда как в зерне в свободном состоянии они не находятся. Деструкции подвергаются и белковые вещества, так количество аминного азота увеличивается на 40 % за счет действия собственных протеолитических ферментов. Вероятно, что в результате двухстадийного измельчения частиц (проход через сито d 0,16 мм – не менее 85 %, 0,25 мм – 100 %) пшеницы идет не только разрушение целостности структуры зерна и его клеток, но и происходит механохимическая деструкция высокомолекулярных соединений.

Полученная степень измельчения зерна пшеницы приводит к активному действию ферментных препаратов разжижающего и целлюлолитического действия и, гидролизующих крахмал и некрахмалистые полисахариды, что вызывает снижение вязкости замесов. Снижение вязкости замесов, в свою очередь, создает условия получения суслу с повышенным содержанием сухих веществ.

Двухстадийный способ измельчения с частичной деструкцией высокомолекулярных соединений позволит снизить температуру водно-тепловой обработки замесов, а также получить суслу с повышенным содержанием сбраживаемых веществ и меньшим количеством декстринов. Это приведет к снижению количества осаживающих материалов и сокращению продолжительности сбраживания осахаренного суслу. Повышенное содержание сбраживаемых веществ при двухстадийном способе измельчения объясняется диспергированием некрахмалистых полисахаридов (целлюлозы и др.) до низкомолекулярных углеводов (глюкозы). Это влияет на количество сбраживаемых веществ и, как следствие, увеличивает количество получаемого спирта. Гидролиз белковых веществ под действием собственных протеолитических ферментов приведет к обогащению суслу аминокислотами, которые в дальнейшем будут использоваться дрожжами при сбраживании в качестве азотсодержащего питания.

3.3 Влияние некоторых физико-химических факторов на количественный и качественный состав водно-мучнистой суспензии пшеницы

Степень и однородность помола зерна являются основными технологическими характеристиками процесса получения зернового замеса, от этих показателей зависят гидромодуль, температура и продолжительность водно-тепловой обработки.

Для определения параметров и условий образования клейковины в лабораторных условиях исследовали влияние некоторых технологических параметров при получении водно-мучнистой суспензии на содержание в ней массы клейковины и ее выход. При этом определяли оптимальные гидромодуль, температуру и продолжительность процесса приготовления водно-мучнистой суспензии.

Процесс получения водно-мучнистой суспензии предусматривал смешивание 25 г муки (степень помола, характеризующийся проходом через сито диаметром 0,16 - 0,25 мм 85 - 100 %) с водой при варьировании гидромодуля 1:0,5, 1,5:1, 1:1, 1:1,5. Температуру процесса варьировали от 45 до 60 °С, дозировку ферментного препарата целлюлолитического действия Висколаза 150 L от 0,005 до 0,03 % к массе сырья. Продолжительность замеса варьировали от 10 до 40 мин.

В ходе экспериментальных исследований определяли массу образовавшейся клейковины, выход клейковины, а также относили ее исходя из растяжимости и эластичности к определенной группе [2.3.1].

Полученные данные представлены в таблице 7.

Т а б л и ц а 7 – Зависимость массы и выхода клейковины от основных режимов получения водно-мучнистой суспензии

Гидромодуль	Температура, °С	Продолжительность замеса, мин.	Масса клейковины, г	Выход клейковины, %
1	2	3	4	5
1:0,5	45	10	8,10	30,01
		20	8,50	30,15
		30	8,63	30,38
		40	8,55	30,23
	50	10	9,16	30,23
		20	9,19	30,39
		30	9,32	30,56
		40	9,36	30,57
	55	10	8,22	30,10
		20	8,29	30,23
		30	8,34	30,43
		40	8,38	30,29
65	10	7,56	30,01	
	20	7,45	29,95	
	30	7,63	29,23	
	40	8,01	29,01	
1,5:1	45	10	8,15	33,45
		20	8,34	35,07
		30	8,39	35,98
		40	8,42	35,01
	50	10	9,27	35,97
		20	9,29	36,54
		30	9,58	36,99
		40	9,62	35,93
	55	10	8,51	35,06
		20	8,49	35,99
		30	8,75	36,6
		40	8,81	36,5
60	10	8,01	32,01	
	20	8,23	32,04	
	30	8,43	32,09	
	40	8,51	32,19	
1:1	45	10	8,23	29,71
		20	8,19	29,77
		30	8,20	29,98
		40	8,18	29,87
	50	10	9,03	30,36
		20	9,11	30,38
		30	9,21	30,54
		40	9,35	30,56
	55	10	8,07	29,56
		20	8,2	29,67
		30	8,27	27,79
		40	8,30	29,31
60	10	7,18	28,03	
	20	7,25	28,13	
	30	7,14	28,15	
	40	7,16	28,14	

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5
1:1,5	45	10	6,92	29,01
		20	6,95	29,05
		30	6,99	29,15
		40	7,00	29,07
	50	10	7,28	29,20
		20	7,35	29,01
		30	7,56	29,05
		40	7,44	29,25
	55	10	7,01	29,10
		20	6,99	28,98
		30	7,08	28,16
		40	7,00	28,01
	60	10	6,15	28,45
		20	6,21	28,49
		30	6,25	28,57
		40	6,11	28,50

Исходя из данных таблицы 7, пришли к выводу, что при гидромодуле 1:0,5 с увеличением температуры с 45 до 60 °С наибольшая масса клейковины и ее выход достигается при продолжительности замеса 30 мин и температуре 50°С – 9,32 г и 30,56 % соответственно, тогда как при дальнейшем увеличении продолжительности замеса наблюдается незначительный прирост данных показателей.

При гидромодуле 1,5:1 при увеличении продолжительности замеса с 10 до 40 мин максимальная масса и выход клейковины составили: 9,58 г и 36,99 % соответственно при температуре 50 °С, и продолжительности 30 мин, тогда как при увеличении температуры до 60 °С при такой же продолжительности процесса масса клейковины составила 8,43 г, при этом выход 32,09 %. При гидромодуле 1:1 наибольшая масса клейковины и ее выход достигается при продолжительности замеса 30 минут и - 8,30 г и 29,98 %, при температуре 50 °С – 8,68 г и 30,25 %, при 55 °С - 8,23 г и 28,54 %, при 65 °С - 8,00 г и 28,15 % соответственно. При гидромодуле 1:1,5 наблюдали значительное снижение массы и выхода клейковины. Так при продолжительности замеса 30 мин и температуре 50 °С масса

клейковины и выход снизились на 26-28 % и составили 7,46 г и 29,25 % соответственно.

По качеству клейковину при гидромодуле 1:0,5; 1,5:1 и 1:1 отнесли к I группе – эластичность хорошая, растяжимость длинная или средняя; клейковина I группы характеризуется как хорошая), а качество клейковины при гидромодуле 1:1,5 отнесли ко II групп (эластичность хорошая, по растяжимости короткая; эластичность удовлетворительная, по растяжимости короткая, средняя или длинная; клейковина II группы характеризуется как удовлетворительная).

Вероятно, что с увеличением гидромодуля излишнее количество водородных связей приводит к формированию клейковины пониженного качества.

Таким образом, принимаем следующие рациональные условия для образования прочного клейковинного скелета: температура 50 °С; продолжительность замеса 30 мин, гидромодуль 1,5:1. Именно при этих условиях происходит связывание глютеиновой и глиадиновой белковых фракций в клейковинный каркас.

3.4 Обоснование выбора и исследование влияния ферментных препаратов целлюлолитического действия на эффективность гидролиза некрахмальных полисахаридов и вязкостные характеристики водно-мучнистой суспензии пшеницы

В спиртовом производстве в процессе водно-тепловой обработки замесов вязкость играет значительную роль. От подвижности замеса зависит расход электроэнергии, возможность использования вторичного пара при подваривании и т.д. Снижение вязкости приводит к положительным эффектам в усовершенствовании технологии. Так, улучшаются условия проведения ферментативных реакций гидролиза водно-тепловой обработки

замеса осахаривания, сокращается продолжительность брожения в результате влияния менее вязкой среды на физиологию дрожжей.

Поэтому, применяя технологию высококонцентрированного суслу, надо учитывать два момента: тонкий и равномерный помол для повышения эффективности применения ферментных препаратов и правильно подобранные ферментные препараты, обеспечивающие снижение вязкости суслу с концентрацией сухих веществ 20-24 %, и, как следствие, повышение текучести.

С целью гидролиза целлюлозы, гемицеллюлоз, β -глюкана, входящих в состав матрикса клеточных стенок, снижения потерь крахмала и деструкции некрахмальных полисахаридов, а также снижения вязкости в пищевой промышленности используют ферментные препараты целлюлолитического действия.

Ферментные препараты с целлюлазной активностью действуют на нерастворимые высокомолекулярные пентозаны, которые есть в пшеничном тесте, повышают долю низкомолекулярных пентозанов, при этом образуется более прочный клейковинный каркас. Доля связанной влаги в тесте увеличивается при внесении препаратов с гемицеллюлазной активностью. Увеличивается водопоглотительная способность полуфабрикатов и улучшаются структурно-механические свойства теста [142].

В задачу исследований входили: выбор ферментных препаратов и их оптимальных дозировок с целью деструкции некрахмальных полисахаридов и снижения вязкости как водно-мучнистой суспензии пшеницы, так и вязкости суслу с концентрацией сухих веществ 20-24 % (концентрированного суслу); подбор оптимальных условий (гидромодуль, температуру, рН, продолжительность) процесса приготовления водно-мучнистой суспензии пшеницы с максимальным содержанием глютеинового комплекса.

В качестве ферментных препаратов целлюлолитического действия использовали: Висколазу 150 L и Целлюкласт 1,5 L, варьируя дозировки ферментных препаратов от 0,005 % от массы перерабатываемого зерна до 0,03 % [2.1].

Очищенную от примесей пшеницу, размалывали на вальцовых станках в два этапа. Затем осуществляли 3-позиционный рассев, при этом отделяли часть отрубей, а полученную муку направляли в тестомеситель. Требования к помолу: проход через сита диаметром 0,16 мм – не менее 85 %, 0,25 мм – 100 %. В тестомеситель вносили муку и теплую воду, а также целлюлолитические ферментные препараты при оптимальных по литературным данным условиях их действия (Т 50 °С, рН 4,5-5,0). рН регулировали с использованием ацетатного буферного раствора. После чего в обработанной ферментными препаратами водно-мучнистой суспензии пшеницы определяли содержание крахмала, целлюлозы, растворимых углеводов, редуцирующих веществ [2.2-2.3]. Полученные данные представлены в таблицах 8, 9.

Т а б л и ц а 8 – Влияние дозировки ферментного препарата Висколаза 150 L на содержание некоторых компонентов водно-мучнистой суспензии

Содержание исследуемых компонентов	Дозировка Висколазы 150 L, % к массе зерна				
	0,005	0,01	0,02	0,03	Контроль
Крахмал, %	61,09	60,97	59,7	58,7	62
Целлюлоза, %	1,87	1,91	1,75	1,62	2,13
Редуцирующие вещества, г/100 см ³	7,73	7,95	8,28	8,96	7
Растворимые углеводы, г/100 см ³	9,6	11,3	11,43	11,51	7,06
Вязкость, Па·с	124	88	81	74	145

Т а б л и ц а 9 – Влияние дозировки ферментного препарата Целлюкласт 1,5 на состав водно-мучнистой суспензии

Содержание исследуемых компонентов	Дозировка Целлюкласт 1,5, % к массе зерна				
	0,005	0,01	0,02	0,03	Контроль
Крахмал, %	61,95	61,67	61,53	61,45	62
Целлюлоза, %	2	1,99	1,84	1,78	2,13
Растворимые углеводы, г/см ³	9,2	10,9	11,03	11,12	8,9
Редуцирующие вещества, г/100 см ³	7,45	7,56	7,95	8,18	7
Вязкость, Па·с	137	96	88	78	145

Установлено, что ферментные препараты целлюлолитического действия оказали на углеводный комплекс зерна пшеницы неоднозначное влияние. По сравнению с контрольным вариантом под действием Висколазы 150 L в дозе 0,005-0,3 % к массе зерна количество редуцирующих сахаров увеличилось на 13-26 %, а крахмала - снизилось на 1,5-5 %, отмечается усиление гидролиза целлюлозы на 12-24 %, возрастает количество растворимых углеводов – на 30-62 %. Тогда как при использовании ферментного препарата Целлюкласт 1,5 L количество редуцирующих сахаров увеличилось на 10-21 %, а крахмала - снизилось на 1-3 %, целлюлоза гидролизовалась на 10-15 %, возросло количество растворимых углеводов – на 20-50 %.

Благодаря целлюлолитическим ферментным препаратам осуществляется последовательный гидролиз некрахмальных полисахаридов до низкомолекулярных углеводов (глюкозы), а также диспергирование крахмала и других высокомолекулярных веществ в составе зерна, что повышает количество сбраживаемых веществ и увеличивает количество получаемого спирта.

Более эффективное действие ферментных препаратов разжижающего действия и ферментных препаратов, гидролизующих некрахмалистые полисахариды, возможно благодаря высокой степени диспергирования сырья.

ГЛАВА 4 ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА БЕЛКОВЫХ ВЕЩЕСТВ ГЛЮТЕНА И КОНЦЕНТРИРОВАННОГО СУСЛА

Для увеличения эффективности производства пищевого спирта нужно установить линию по извлечению клейковины на существующих спиртзаводах. В спиртовой отрасли дополнительное извлечение некоторых компонентов зерна не сказывается на качестве готового продукта, а преимущества очевидны: будет получена нативная пшеничная клейковина; после извлечения белковой составляющей пшеницы появится возможность увеличить производительность спиртового производства на 8-12 % (по массе извлеченной клейковины) [38].

Разными исследованиями установлена зависимость хлебопекарных качеств пшеницы от полипептидного состава глютениновой и проламиновой фракций. На реологические свойства клейковины и качество хлеба влияют высокомолекулярные субъединицы глютеина (100 кД) или соотношение высоко- и низкомолекулярных субъединиц.

Переставляло интерес исследовать фракционный состав и качество пшеничной клейковины, выделенной по предлагаемой технологии [2.3], а также белковый состав крахмального сусли при воздействии на него протеолитических ферментных препаратов.

Отличительные особенности реологических свойств пшеничного теста, сочетающего упругость (эластичность) с пластичностью и вязкостью, обусловлены именно белками муки. Ни крахмал, которого в муке около 70 %, ни какая-либо другая, кроме белков, составная часть муки не способны при смешивании с водой образовывать массу даже близкую по реологическим свойствам к пшеничному тесту.

В зерне пшеницы может содержаться от 6 до 25 % белка в зависимости от сорта пшеницы, почвенных, климатических и агротехнических условий возделывания, уборки и хранения зерна.

Клейковина - основной белковый компонент зерна пшеницы. Это высокополидисперсная, полимерная система, состоящая из высоко- и низкомолекулярных белковых компонентов: глиаина и глютеина, но содержащая углеводы, липиды и минеральные вещества.

Сырая клейковина сочетает в себе физические свойства глютеина и глиаина. Когда изменяются соотношения глиаина и глютеина, тогда меняются и физические свойства клейковины. При увеличении глиаина увеличивается растяжимость клейковины, а при увеличении глютеина клейковина малосвязанная, коротко рвущаяся [38].

Так как пшеничная мука содержит протеолитические ферменты и при замешивании теста создаются благоприятные условия для их действия, то имеются все основания предполагать, что клейковинный белок будет подвергаться гидролитическому расщеплению до аминокислот.

Многочисленными данными [97] установлено, что под действием собственных протеолитических ферментов при замесе муки с водой наблюдаются лишь начальные стадии протеолитического расщепления клейковинного белка. Пептидные связи в белке почти не расщепляются, аминный азот не накапливается. Химически за процессом дезагрегирования клейковины можно проследить по накоплению в автолизатах первоначальных продуктов протеолиза, например, водорастворимых азотистых веществ.

Наряду с белками в зерне содержится небелковый азот (0,7 – 12,9 % от общего азота), а также белковые вещества, включающие свободные аминокислоты (50 – 60 %), пептиды, нуклеотиды и др.

4.1 Изменение фракционного состава белковых веществ пшеницы в зависимости от степени помола

На данном этапе исследований изучали изменение фракционного состава белковых веществ пшеницы в зависимости от степени измельчения помола [38].

Результаты изучения фракционного состава представлены в таблице 10.

Т а б л и ц а 10 – Фракционный состав белковых веществ пшеницы различной степени измельчения

Исслед. образец	Влажность, %	Общий белок. %	Альбумины+глобулины, %	Проламины, %	Глютелины, %	Нерастворимый белок, %	Содержание сырой клейковины, % от массы муки
Пшеница	12,0	13,5	19,2	35,8	26,4	8,8	-
Двухстадийное измельчение на вальцовых дробилках d 0,16-0,25 мм 85-100 %	12,0	12,5	19,0	36,2	26,0	8,65	30,0
Одностадийное измельчение на вальцовых дробилках d 0,85-1 мм не менее 90 %	12,0	12,3	18,9	35,5	25,0	8,7	25,9
Измельчение на молотковых дробилках d 0,85-1 мм-85-100 %	12,0	12,3	18,9	34,7	24,5	8,7	24,8

Исследовав фракционный состав белковых веществ пшеницы и пшеничной муки, установили что помолы пшеницы характеризуются преобладанием суммы глютелиновой и глиадиновой фракции. Это говорит о высоком содержании клейковины, и этим объясняется повышенное содержание клейковины в муке, которую получили при двухстадийном измельчении (30 % от массы муки). Содержание клейковины при одностадийном измельчении колеблется в пределах от 25 до 26 %. Альбумино-глобулиновая фракция составила 19-19,0 %. Незначительно колеблется в зависимости от степени измельчения содержание нерастворимого белка: от 8,65 % в помолке, полученном при двухстадийном измельчении, до 8,8 % в целом зерне пшеницы [38].

4.2 Исследование влияния протеолитических ферментных препаратов на содержание белка и качество клейковины водно-мучнистой суспензии пшеницы

На данном этапе изучали влияние протеолитических ферментных препаратов на изменение фракционного состава белковых веществ водно-мучнистой суспензии пшеницы и крахмального суслу. При этом цель заключалась не только в исследовании фракционного состава белковых веществ водно-мучнистой суспензии пшеницы путем протеолиза белка данной суспензии с образованием аминокислот, являющихся дополнительным питанием для дрожжей, но и в получении клейковины (пшеничного глютена) повышенного качества.

Изучали механизм действия на белковые компоненты водно-мучнистой суспензии пшеницы бактериальных и грибных протеаз. Бактериальные протеиназы, продуцируемые *Bacillus subtilis* или *Bacillus licheniformis*, содержат одну или две протеиназы, как правило, нейтральную и щелочную, гидролизующие белки до пептидов. Такие ферменты повышают технологичность суслу, снижают вероятность белкового осаждения. Однако

дрожжевые клетки при этом не обеспечиваются легкоусвояемым аминным азотом. Грибные протеазы, гидролизующие белки до коротких пептидов и свободных аминокислот, ассимилируемых дрожжевой клеткой, не только снижают коллоидно-белковые образования, но и обеспечивают азотистым питанием дрожжи. При повышении бродильной активности дрожжей (на 20-25 %) усиливается процесс спиртового брожения (на 30 – 40 %), увеличивается выход спирта.

В качестве ферментного препарата – источника бактериальной протеиназы использовали Нейтразу 0,8 L [2.1]. В качестве ферментного препарата, источника грибной протеазы использовали Протоферм FP [2.1].

В работе придерживались оптимальных условий для действия данных ферментных препаратов: T - 50-55 °С, pH 5,0-5,5. Продолжительность выдержки варьировали от 10 до 40 мин.

Результаты исследования приведены в таблице 11.

Выявили, что под действием собственных протеолитических ферментов в водно-мучнистой суспензии наблюдаются лишь начальные стадии протеолитического расщепления клейковинного белка. Пептидные связи в белке почти не расщепляются, аминный азот не накапливается. Так содержание аминного азота в водно-мучнистой суспензии составило 0,04 %.

Установили, что при внесении в водно-мучнистую суспензию пшеницы ферментного препарата Нейтраза 0,8 L в дозировке 0,2-0,6 ед. ПС/г белка происходит перераспределение белкового состава. Так прирост альбумино-глобулиновой фракции с 18,7 до 21,5 %, при одновременном увеличении спирторастворимых белковых фракций с 28,5 до 33,8 %, вероятно, произошел за счет расщепления небелкового азота. Тогда как содержание щелочерастворимых фракций незначительно снижается с 33,6 до 28 %.

Т а б л и ц а 11 – Изменение количественного и качественного белкового состава водно-мучнистой суспензии пшеницы в зависимости от дозировок протеолитических ферментных препаратов

Дозировка протеолитических ферментных препаратов, ед. ПС/г белка	Белки клейковины, %			Альбимины-глобулины, %	Содержание нерастворимого белка, %	Аминный азот, %	Растяжимость	Эластичность	Группа
	Сумма	Глиадин	Глютенин						
Без применения протеолитических ферментных препаратов (контроль)	62,1	33,6	28,5	18,7	9,0	0,04	17 см	Хор	II
Воздействие Нейтразы 0,8 L									
0,2	63,2	32,9	30,3	19,4	8,8	0,06	15 см	Хор	II
0,4	64,1	31,7	32,4	20,8	7,8	0,1	14 см	Хор	II
0,6	61,4	27,6	33,8	21,5	6,9	0,7	13 см	Удов	II
0,8	61,34	23,8	37,54	22,0	6,1	0,9	4 см	Удов	III
1,0	64,7	19,5	45,26	23,4	5,8	1,2	2 см	Удов	III
Воздействие Протоферма FP									
0,2	62,7	33,2	29,7	19,2	8,4	0,08	16 см	Хор	II
0,4	63,3	32,9	30,5	20,3	7,2	0,25	16 см	Хор	II
0,6	60,55	32,5	31,85	24,7	5,3	1,03	14 см	Хор	II
0,8	61,58	25,9	35,68	25,1	5,1	1,07	5 см	Удов	III
1,0	61,93	21,4	40,53	25,4	4,95	1,2	3 см	Удов	III

При воздействии ферментного препарата Протоферм FP (дозировка 0,2 – 0,6 ед. ПС/г белка) наблюдали прирост альбумино-глобулиновой фракции с 18,7 до 24,75 %. Содержание аминного азота возрастает с 0,04 до 1,04 %. Содержание спирторастворимых фракций возрастает с 28,5 до 31,85, тогда как содержание щелочерастворимых фракций практически не изменяется. Перераспределение белковых фракций вероятно происходит за счет расщепления небелкового азота (нерастворимого белка). Его содержание в контроле составило 9 %, а после воздействия ферментных препаратов оно колеблется от 6,9 % - при дозировке Нейтразы 0,8 L-0,6 ед. ПС/г белка до 5,3 % при воздействии Протоферма FP 0,6 ед. ПС/г белка.

В процессе получения водно-мучнистой суспензии пшеницы происходит постепенный ферментативный распад сложного комплекса клейковины, начиная от изменений ее физического и физико-химического состояния и кончая полным расщеплением клейковинного белка до отдельных аминокислот. Одновременно с этим в клетках появляются активные ферменты, новообразование которых, вероятно, тесно связано с превращениями запасного клейковинного белка. Систематическое изучение последовательных стадий образования клейковины в процессе получения водно-мучнистой суспензии пшеницы поможет выяснить механизм действия протеолитических ферментов и строение клейковинного белка.

Так, растяжимость клейковины в контроле - 17 см, тогда как при воздействии ферментных препаратов протеолитического действия дозировкой выше 0,6 ед. ПС/г белка растяжимость снижается до 5-2 см. Вероятно, это связано с уменьшением глиаина с 33,6 до 20 % и увеличением глютеина с 28,5 до 40-45 %.

4.3 Характеристика продуктов деструкции белковой природы концентрированного сусла при воздействии внесенных протеолитических ферментных препаратов

Чтобы усилить спиртовое брожение, необходимо наличие в сусле легко ассимилируемого аминного азота. Особенно это наблюдается на первом этапе, когда скорость процесса лимитируется количеством дрожжей и их состоянием. Определенное сочетание аминокислот в среде хорошо усваивается спиртовыми дрожжами. Увеличение содержания α -аминного азота может быть одним из способов интенсификации процесса сбраживания высококонцентрированного сусла.

Были проведены исследования продуктов деструкции биополимеров белковой природы концентрированного сусла с содержанием сухих веществ 20-24 % мас. при внесении в водно-мучнистую суспензию пшеницы протеолитических ферментных препаратов с целью получения клейковины (пшеничного глютена) с заданным составом, а также для последующего обогащения крахмального сусла дополнительным белковым питанием, необходимым при сбраживании дрожжам. Также изучена возможность дополнительного извлечения аминного азота под действием протеолитических ферментных препаратов, использование которых позволит не только увеличить пищевую и биологическую ценность белковой добавки, но и обеспечить необходимым и сбалансированным питанием дрожжи, при сбраживании концентрированного сусла.

Протеолиз осуществляли тремя ферментными препаратами: в качестве ферментного препарата – источника бактериальной протеиназы использовали Нейтразу 0,8 L, а в качестве источников грибной протеазы использовали два ферментных препарата: Протоферм FP и Амилопротооризин Г10х [2.1]. Используемая дозировка ферментных препаратов 0,5 ед. ПС/г белка.

В процессе деструкции белка определяли содержание растворимого белка по биуретовой реакции, пептидов и аминокислот по нингидриновому методу, массовую долю аминокислоты тирозина по реакции Фолина на

тирозиновые и цистеиновые радикалы [43]. По количеству тирозина, содержащегося в гидролизате, определяли количество белка, подвергнутого деструкции. В белковом комплексе концентрированного сусли до воздействия ферментных препаратов количество растворимого белка – 2,46 мг/см³, содержание пептидов и аминокислот – 11,2 мг/ 100 см³, тирозина – 0,792 мкмоль/см³ (рисунок 3).

При внесении Амилопротооризина Г 10х и Нейтразы 0,8 L содержание растворимого белка составило 6,43 и 7,32 мг/см³ соответственно, тогда как воздействие ферментного препарата Протоферм FP увеличило этот показатель до 8,14 мг/см³. После применения Амилопротооризина Г10Х количество пептидов и аминокислот составило 24,8 мг/100 см³, Нейтразы 0,8 L 19,4 мг/100 см³, Протоферма FP 32,0 мг/100 см³. Содержание аминокислоты тирозина по сравнению с первоначальным значением увеличилась в 3,5 раза при воздействии препарата Протоферм FP.

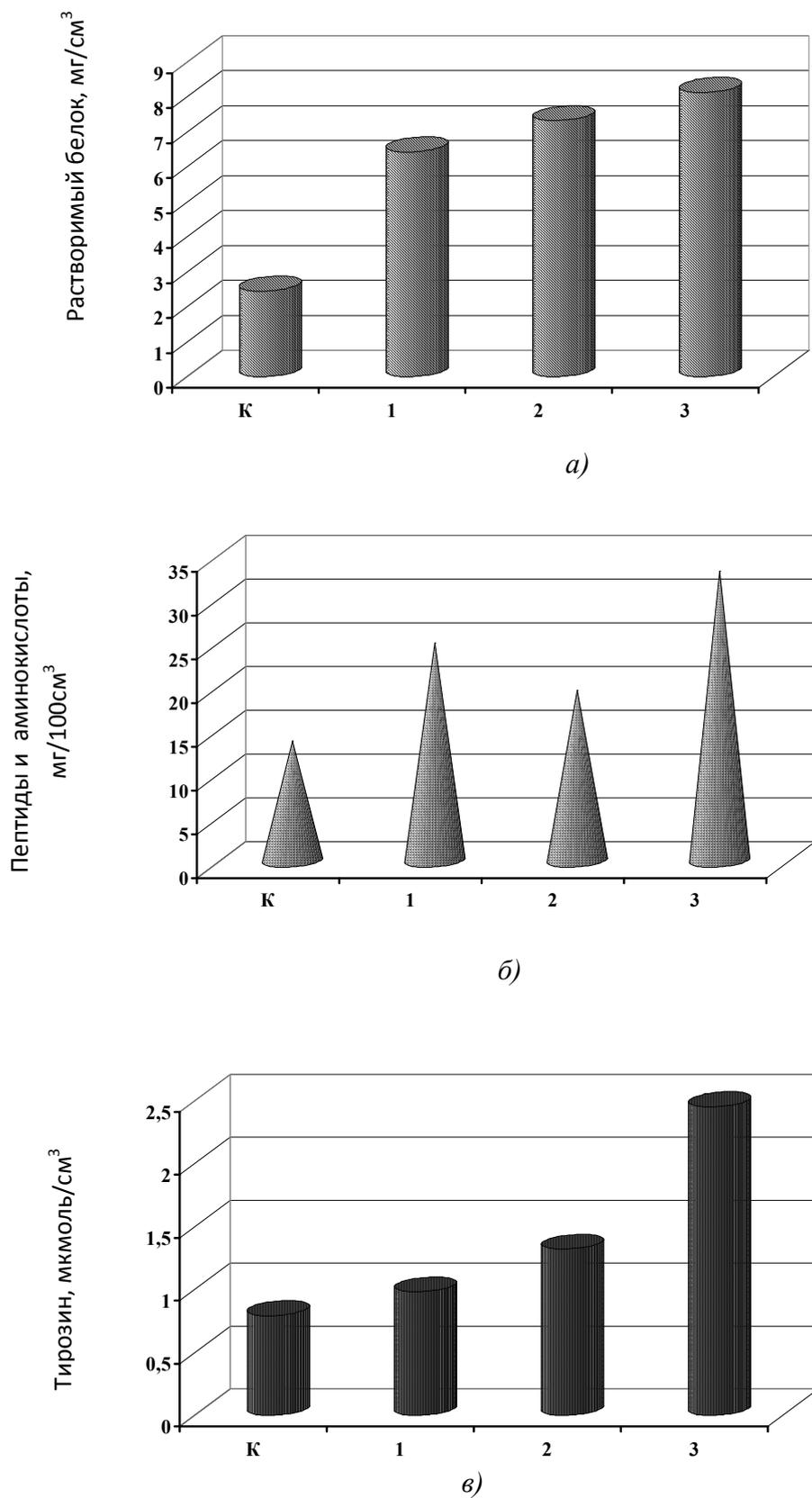


Рисунок 3 – Сравнительный гидролиз белкового комплекса различными препаратами: К - до гидролиза; 1 - Амилопротооризин Г10Х; 2- Нейтраз 0,8 L; 3- Протоферм FP

4.4 Влияние различных дозировок ферментного препарата Протоферм FP на динамику изменения массовой доли белковых фракций в процессе гидролиза биополимеров концентрированного суслу

Интенсификация процесса сбраживания спиртового суслу может достигаться увеличением содержания аминного азота. Представляло интерес изучение возможности дополнительного извлечения аминного азота под действием протеолитических ферментных препаратов, использование которых позволит не только увеличить пищевую и биологическую ценность белковой добавки, но и обеспечить необходимым и сбалансированным питанием дрожжи, при сбраживании концентрированного суслу.

Необходимый выход компонентов при гидролизе зависит от оптимального соотношения ферментных препаратов и сырья. Максимальная скорость превращения исходного сырья в продукты гидролиза обеспечивается при оптимальных условиях действия. Дальнейшее увеличение массовой доли препарата не приводит к дальнейшему повышению каталитического расщепления и ведет к неоправданному перерасходу дорогого биологического ингредиента в производственных масштабах.

С целью определения оптимальной концентрации ферментного препарата необходимо проведение предварительного эксперимента. Гидролиз белкового комплекса концентрированного суслу осуществляли ферментным препаратом Протоферм FP в течение 25 мин, и через определенные промежутки времени в пробе определяли содержание пептидов и аминокислот, растворимого белка и массовую долю аминокислоты тирозина [2.3]. Дозировку ферментного препарата варьировали в интервале 0,2 – 1 ед. ПС/г белка пшеницы (приложение Д).

Наиболее эффективно деструкция биополимеров осуществлялась под действием ферментного препарата Протоферм FP в первые 20 мин, при этом количество пептидов и аминокислот увеличивалось с 11,2 до 29,4 мг/100 см³, содержание растворимого белка увеличилось с 2,46 мг/см³ до 8,15 мг/см³, аминокислоты тирозина – с 0,99 мкмоль/см³ до 1,03 мкмоль/см³.

Прирост растворимого белка, пептидов и аминокислот продолжался до внесения дозы ферментного препарата 0,4 – 0,6 ед./г белка (содержание растворимого белка на 20 мин. действия ферментного препарата - 8,127 мг/см³), дальнейший расход препарата не привел к приросту показателей (при дозировке Протоферм FP 0,8-1,0 ед. ПС/г белка содержание растворимого белка увеличилось на 0,004-0,007 мг/см³).

При увеличении дозировки протеолитического ферментного препарата Протоферм FP до 0,6 ед. ПС/г белка наблюдали прирост низкомолекулярных пептидов и аминокислот.

4.5 Изменение соотношения белковых фракций водно-мучнистой суспензии пшеницы с различной молекулярной массой после обработки протеолитическими ферментными препаратами

Количественное и качественное соотношение белковых фракций с различным молекулярным весом определяли методом гель-фильтрации при воздействии на водно-мучнистую суспензию пшеницы протеолитических ферментных препаратов.

Как протеолитические ферментные препараты использовали Нейтразу 0,8 L, Амилопротооризин Г 10х, Протоферм FPс дозировкой 0,6 ед. ПС/г белка.

Фракционирование проводили на сефадексе G – 100 (средний диаметр частиц 40...120 мкм) с пределами фракционирования 3500...150 000 Да [38].

Полученные гель-хроматограммы представлены на рисунке 4.

При изучении фракционного состава водно-мучнистой суспензий пшеницы наблюдается наличие 3 пиков с различным содержанием белка. Как показали результаты гель-фильтрации, в белковом комплексе присутствуют три группы белковых фракций (высокомолекулярные фракции $M_r > 500000$, среднемoleкулярные $M_r 500000 - 10000$, низкомолекулярные $M_r < 10000$) в различном процентном соотношении. В ходе исследования эффективности гидролиза белковых веществ водно-мучнистой суспензий пшеницы при воздействии протеолитических ферментных препаратов установили, что наибольшая массовая доля высокомолекулярных белков $M_r > 500000$ Да составляет 0,18-0,31 мг/см³ при использовании ферментного препарата Амилопротооризин Г10Х; среднемoleкулярных $M_r 10000-500000$ Да 0,63-0,68 мг/см³ при использовании Протоферм FP; низкомолекулярных $M_r < 10000$ Да – 0,142-0,168 мг/см³ при использовании Амилопротооризина Г10Х.

Результаты исследований приведены в таблице 12.

Т а б л и ц а 12 – Соотношение белковых фракций в водно-мучнистой суспензии пшеницы при воздействии протеолитических ферментных препаратов

Молекулярная масса (M_r), Да	Исходное содержание белковых фракций водно-мучнистой суспензии пшеницы	Соотношение белковых фракций, %		
		Протеолитические ферментные препараты		
		Амилопротооризин Г10х	Протоферм FP	Нейтраза 0,8 L
M_r - (<10000Да)	5,13	16,3	11,4	9,5
M_r - (10000-500000Да)	29,4	58,4	68,2	70,2
M_r - (>500000Да)	65,3	25,0	20,3	20

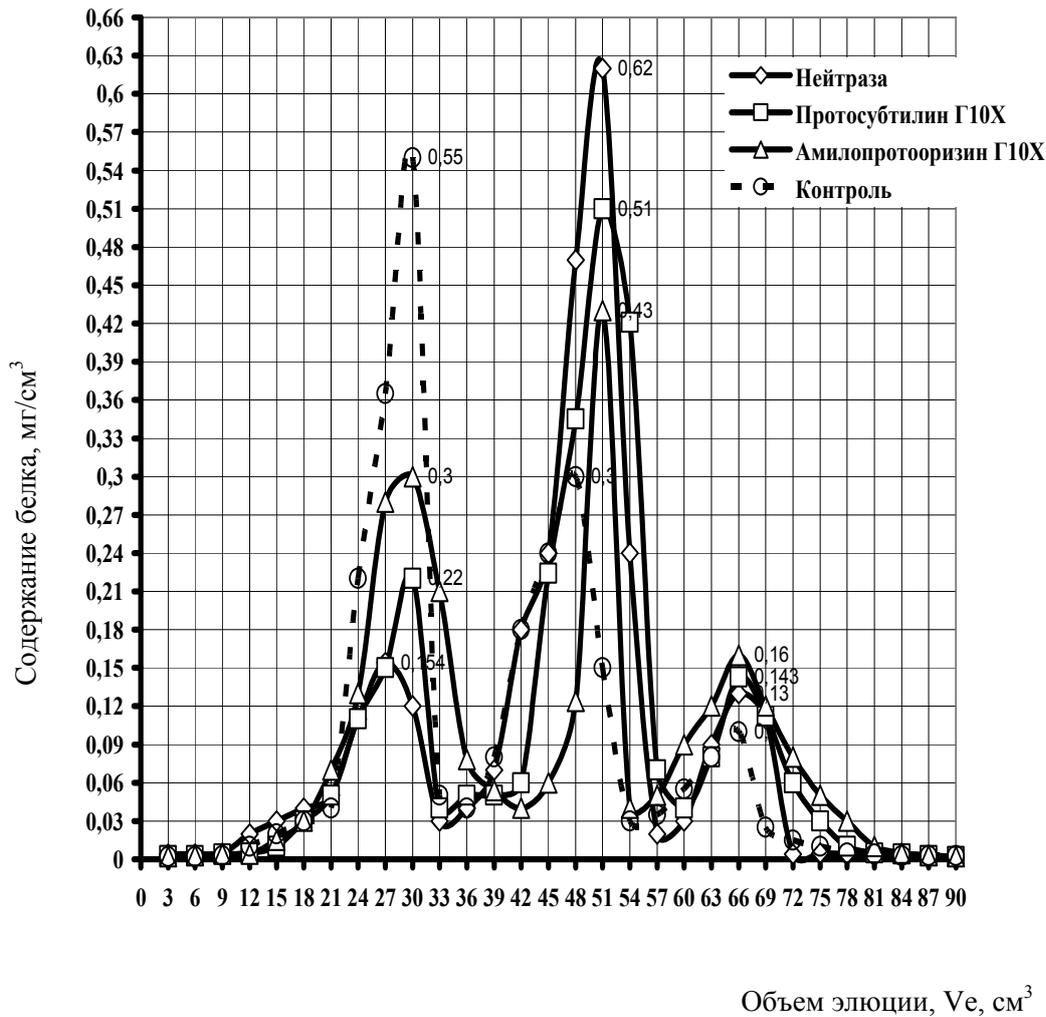


Рисунок 4 – Гель-хроматограмма белкового комплекса водно-мучнистой суспензии пшеницы через сефадекс G – 100 при воздействии протеолитических ферментных препаратов

Выявили, что применение протеаз обеспечивает изменение фракционного состава белкового комплекса водно-мучнистой суспензий пшеницы.

Эффективность гидролиза белка водно-мучнистой суспензий пшеницы под действием Протоферм FP составила 43,1 % (Mr 10000-500000) и 45 % (Mr<10000); Нейтразы 0,8L – 50,3 % (Mr 10000-500000) и 31,4 % (Mr<10000); Амилопротооризина Г10Х – 54,0 % (Mr<10000) и 41,8 % (Mr 10000-500000).

Количественное соотношение продуктов протеолиза зависит от применяемого ферментного препарата. Так, при использовании Нейтразы 0,8 L соотношение низко- и среднемoleкулярных фракций составляет 1,09:6,9; Протоферм FP – 1,5:6,02; Амилопротооризина Г10Х – 1,3:6,2.

Таким образом, наибольшее количество среднемoleкулярных фракций получено при воздействии на водно-мучнистую суспензию пшеницы ферментного препарата Нейтраза 0,8 L, тогда как максимум низкомолекулярных фракций - при применении Протоферм FP.

Представляло интерес исследовать фракционный состав крахмального молока и глютена (пшеничной клейковины) после их разделения.

4.6 Исследование фракционного состава концентрированного суслу и глютена

В процессе протеолиза белков водно-мучнистой суспензии пшеницы с помощью гель-фильтрации определяли наличие и соотношение фракций с различным молекулярным весом в концентрированном сусле и в пшеничной клейковине (глутене) до и после внесения протеолитического ферментного препарата Протоферм FP.

Гель-хроматограммы белков концентрированного суслу и пшеничной клейковины представлены на рисунках 5, 6.

В процессе гель-хроматографирования белков концентрированного суслу после отделения глютена выявили, что альбуминовая фракция представлена среднемoleкулярными (46,2 %) и низкомолекулярными (54 %) белками. Альбумин представляет собою комплекс белков с молекулярной массой 20000–25000 Да. Глобулиновая фракция состоит из небольшого количества высокомолекулярных белков (15 %), средне (45 %) и низкомолекулярных фракций (40 %).

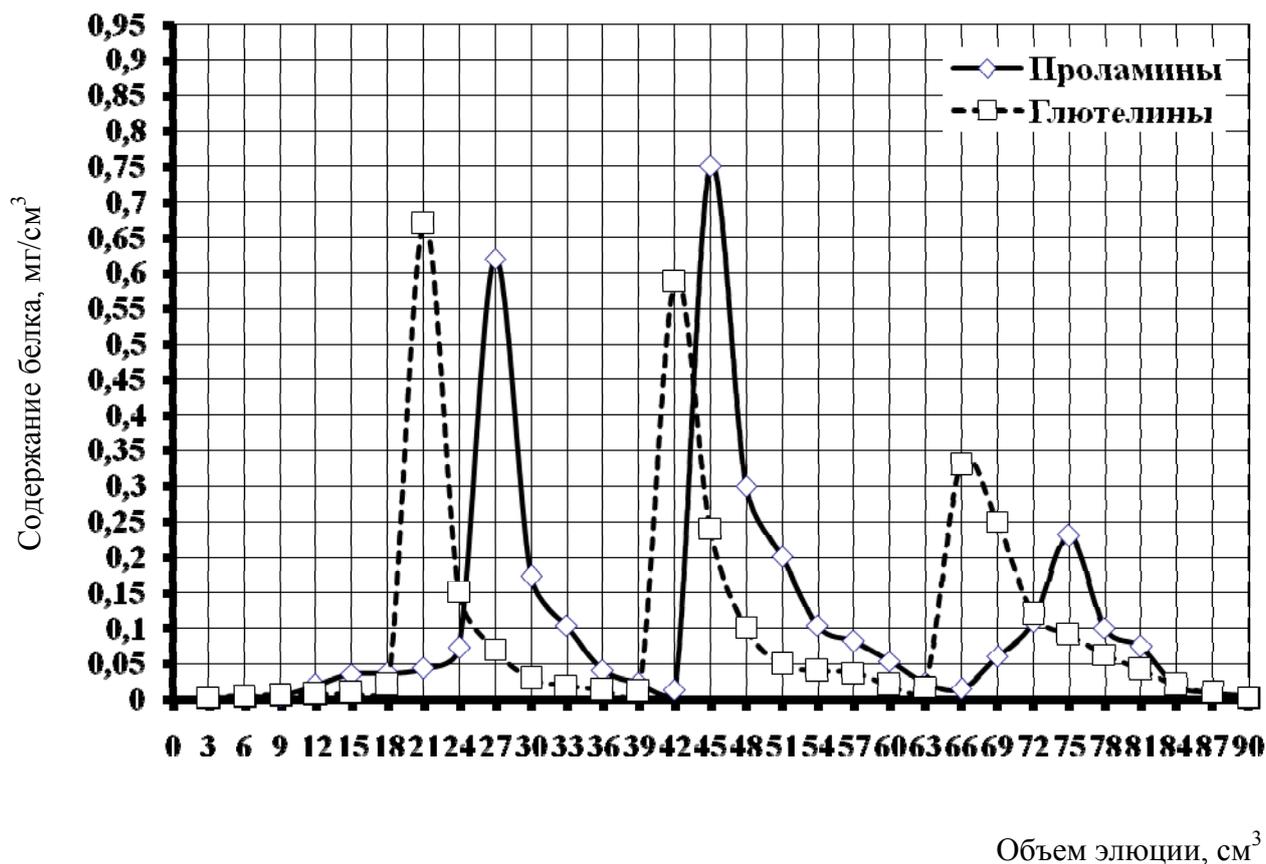


Рисунок 5 – Гель-хроматограммы белков концентрированного сула до обработки протеолитическим ферментным препаратом

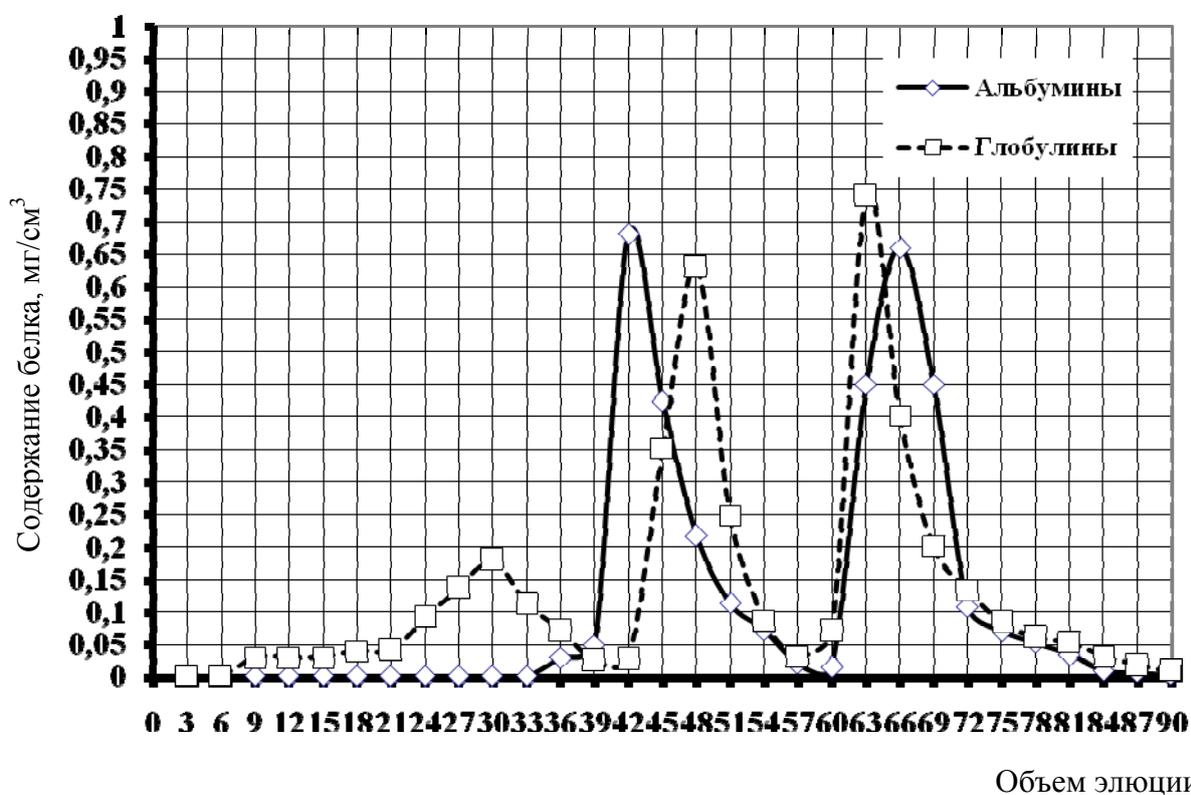


Рисунок 6 - Гель-хроматограммы белков пшеничной клейковины до обработки протеолитическим ферментным препаратом

Гель-хроматограмма белков пшеничной клейковины позволила выявить, что в состав глиадины состоят из 10-13 % низкомолекулярных белков с молекулярной массой 104-125 Да. Также в состав спирторастворимых белков входит среднемолекулярная фракция с молекулярным весом от 30000 до 160 000 Да (50 %). Высокомолекулярная фракция спирторастворимых белков представлена белковыми компонентами, молекулярная масса которых около 2—3 млн Да (33 %). Щелочерастворимая белковая фракция в глютене представлена низкомолекулярными белками (Mr 100-5000 Да) – 28,5 %, средне (Mr 20000-130000 Да) – 38 %, а также высокомолекулярными белками с молекулярной массой 2-3 млн Да – 33,4 %.

Таким образом, можно сделать вывод, о том, что альбумино-глобулиновая фракция крахмального молока в основном состоит из средне- и низкомолекулярных белков. Тогда как белки пшеничной клейковины – глютеин и глиадин – в основном состоят из средне- и высокомолекулярных фракций.

Изучали изменение соотношения белковых фракций крахмального молока и глютена с различной молекулярной массой после обработки водно-мучнистой суспензии пшеницы протеолитическим ферментным препаратом Протоферм FP.

Полученные гель-хроматограммы представлены на рисунках 7, 8.

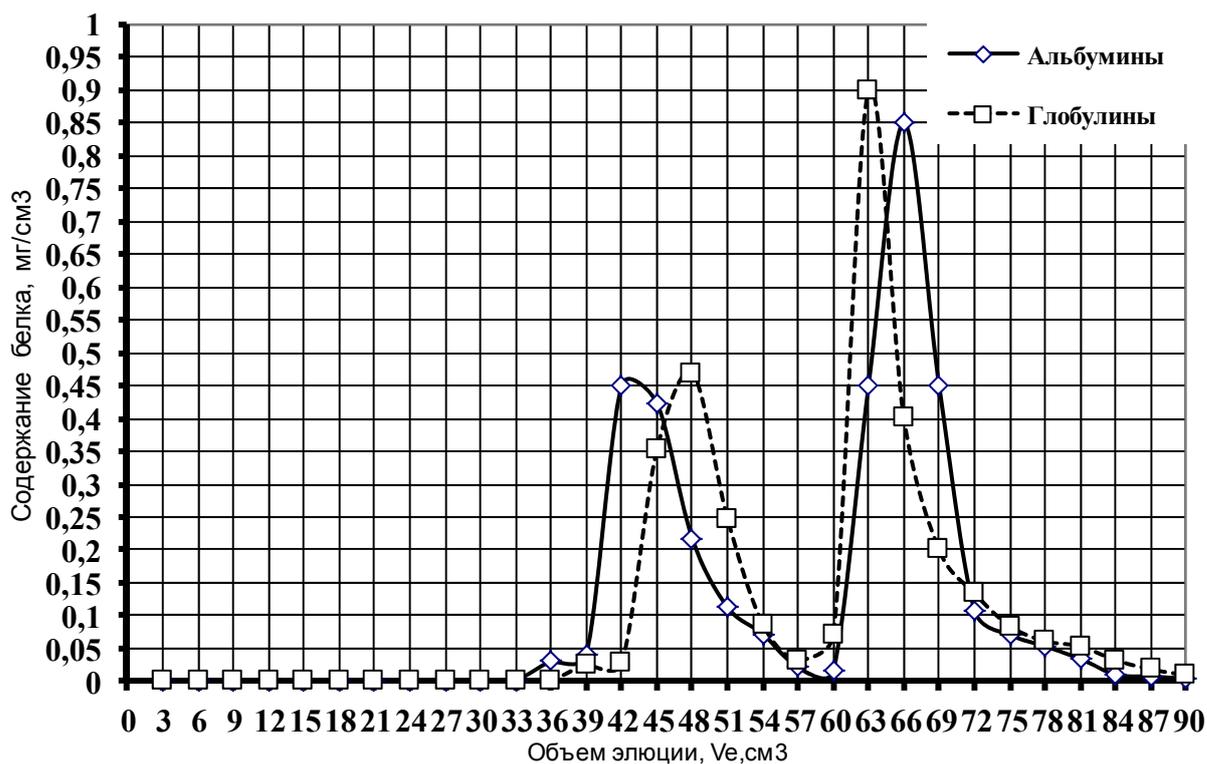


Рисунок 7 - Гель-хроматограммы белков концентрированного сусла после обработки Протоферм FP

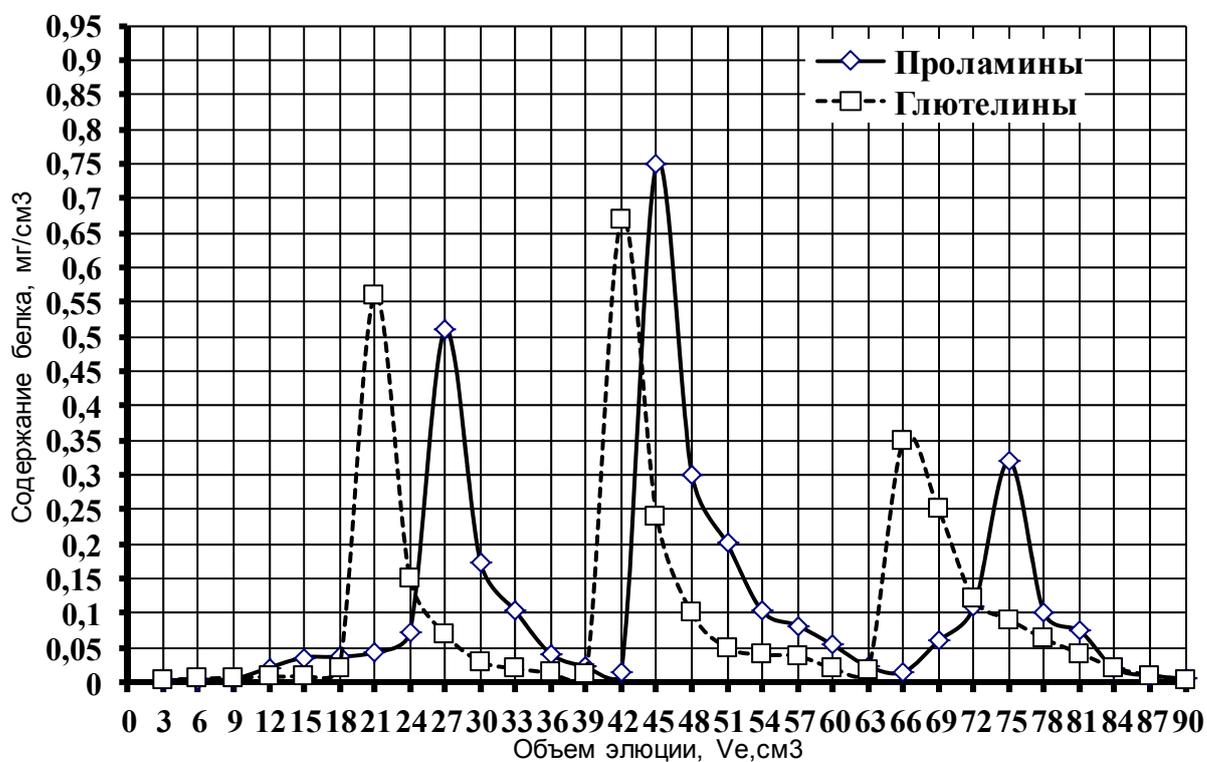


Рисунок 8 – Гель-хроматограммы белков пшеничной клейковины после обработки Протоферм FP

В процессе гель-хроматографирования белков крахмального молока после внесения в водно-мучнистую суспензию Протоферм FR выявили, что альбуминовая фракция представлена средне- (70 000 Да) и низкомолекулярными белками (4 000 Да), их соотношение 38 и 62 % соответственно. Глобулиновая фракция состоит из небольшого количества высокомолекулярных белков (2 млн. Да) – 10 %, средне- (112 000 Да) и низкомолекулярных фракций (5000 Да) в соотношении 42 и 58 % соответственно. Соотношение альбуминовой и глобулиновой фракций составляет 53 и 47 %.

Гель-хроматограмма белков пшеничной клейковины после внесения Протоферм FR позволила выявить, что в состав проламинов входит 19 % низкомолекулярных белков с молекулярной массой 1500 Да. Также в состав спирторастворимых белков входит среднемолекулярная фракция с молекулярной массой около 70000 Да – 42 %. Высокомолекулярная фракций спирторастворимых белков представлена белковыми компонентами, молекулярная масса которых около 800 тыс. Да – 25 %. Щелочерастворимая белковая фракция в глютене представлена низкомолекулярными белками (5000 Да) – 40 %, среднемолекулярными (115 000 Да) – 45 %, а также высокомолекулярными белками с молекулярной массой около 2 млн Да – 27 % Соотношение фракций глютелинов и глиаина составила 50,5 и 49,5 % соответственно.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что после воздействия на белковый комплекс протеолитических ферментных препаратов соотношение фракций с различной молекулярной массой незначительно изменяется. Так, в крахмальном сусле содержание среднемолекулярных белков в альбуминовой и глобулиновой фракциях уменьшилось на 3-8 %, тогда как низкомолекулярных возросло на 8-15 % по сравнению с соотношением данных фракций до воздействия ферментных препаратов. В глютене в спирто- и щелочерастворимых фракциях содержание высокомолекулярных фракций снизилось на 3-5 %, низко- и среднемолекулярных возросло на 6-10 %.

Молекулярная масса рассматриваемых фракций белка, а также диапазон их «разброса» и степень сложности структуры наименьшие у альбуминовой и глобулиновой фракций, существенно большие у глиаина и наибольшие у глютеина.

4.7 Оптимизация процесса протеолиза белкового комплекса концентрированного суслу при воздействии ферментного препарата Протоферм FP

Для выявления оптимальных условий проведения протеолиза белкового комплекса концентрированного суслу изучали влияние некоторых технологических параметров на его основные биохимические характеристики. При этом определяли оптимальные продолжительность и температуру протеолиза, а также дозировку протеолитического ферментного препарата Протоферм FP.

Изучение влияния различных условий процесса протеолиза на его основные биохимические характеристики осуществляли с применением метода центрального композиционного ротатабельного униформпланирования эксперимента [31]. В качестве основных факторов, определяющих основные биохимические характеристики протеолиза, были выбраны: X1 – температура протеолиза, °С; X2 – продолжительность протеолиза, мин; X3 – дозировка Протоферм FP ед. ПС/г белка. Эти факторы совместимы и некоррелируемы между собой. Пределы изменения выбранных факторов для температуры протеолиза X1, °С, соответствуют: 35 (нижняя «звездная точка»), 75 (верхняя «звездная точка»), с интервалом варьирования 10 °С, при этом верхний и нижний уровень составили 45 и 65 °С соответственно. Для X2 (продолжительность протеолиза, мин) пределы измерения соответствуют следующим значениям: нижняя «звездная точка» – 0 мин, верхняя «звездная точка» – 40 мин, интервал варьирования 10 мин между верхним и нижним уровнями 30 и 10 мин соответственно. Пределы измерения факторов для X3 (дозировка Протоферма FP, ед ПС/г белка) следующие: нижняя «звездная точка» – 0,2, верхняя «звездная точка» – 1,0 с интервалом варьирования 0,2 ед. ПС, верхний и нижний уровни 0,8 и 0,4 ед. ПС/г белка соответственно (приложение Б).

Пределы варьирования факторов были подобраны таким образом, чтобы изменение фактора на один уровень давало изменение контролируемого параметра на величину, большую ошибки измерения.

Критериями оценки влияния различных условий проведения процесса протеолиза на его основные характеристики были выбраны следующие параметры:

Y1 – содержание растворимого белка, мг/см³;

Y2 – суммарное содержание пептидов и аминокислот, мг/100 см³;

Y3 – содержание аминокислоты тирозина, мкмоль/см³.

Программа исследований была записана в виде матрицы планирования эксперимента. Для исследования был выбран полный факторный эксперимент 2³ с дробной репликой X3 = X1·X2.

Математическая модель процесса в данном случае представляется в виде полинома второй степени:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^N b_i x_i + \sum_{i=1}^N b_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j}^N b_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

Были применены при обработке результатов такие статистические критерии: для проверки адекватности уравнений – критерий Фишера; для проверки значимости коэффициентов регрессионных уравнений – критерий Стьюдента; для проверки однородности дисперсии – критерий Кохрена [38].

В ходе статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие изменение биохимических характеристик протеолиза под влиянием исследуемых факторов [38]:

$$\begin{aligned} Y1 = & 4,32717 - 0,18306 \cdot X1 + 0,122 \cdot X2 + 0,417 \cdot X3 + \\ & + 0,178 \cdot X1 \cdot X2 - 0,341 \cdot X1 \cdot X3 - 0,154 \cdot X2 \cdot X3 + 0,6021 \cdot X1^2 - \\ & - 0,306 \cdot X2^2 + 0,493 \cdot X3^2; \end{aligned} \quad (2)$$

X_{1S} = -0,298; X_{2S} = -0,372; X_{3S} = 0,374; Y_S = 2,908;

$$Y_2 = 29,577 - 0,712 X_1 + 0,676 X_2 + 0,877 X_3 + 0,915 X_1 X_2 - 2,242 X_1 X_3 - 0,825 X_2 X_3 - 0,799 X_1^2 - 0,922 X_2^2 + 1,341 X_3^2; \quad (3)$$

$$X_{1S} = -0,085; X_{2S} = -0,398; X_{3S} = 0,096; Y_S = 28,964224;$$

$$Y_3 = 0,4953 - 0,006 X_1 + 0,003 X_2 + 0,007 X_3 + 0,007 X_1 X_2 - 0,031 X_1 X_3 - 0,010 X_2 X_3 - 0,002 X_1^2 + 0,003 X_2^2 + 0,008 X_3^2; \quad (4)$$

$$X_{1S} = -0,966; X_{2S} = 4,514; X_{3S} = 1,312; Y_S = 0,526333.$$

Анализ уравнений регрессии (2)-(4) позволяет выделить факторы, максимально оказывающие влияние на биохимические характеристики процесса.

На содержание растворимого белка в белковом комплексе концентрированного сула (2) наибольшее влияние оказывает продолжительность процесса протеолиза ($+0,122 \cdot X_2$) и дозировка препарата Протоферм FP ($+0,417 \cdot X_3$), меньшее - температура процесса ($-0,18 \cdot X_1$).

В белковом комплексе концентрированного сула на суммарное содержание пептидов и аминокислот (3) больше всего влияют следующие факторы (в порядке уменьшения влияния): дозировка препарата Протоферм FP ($0,877 \cdot X_3$), продолжительность протеолиза ($0,676 \cdot X_2$) и температура процесса ($-0,712 \cdot X_1$). Отрицательный коэффициент перед суммарным содержанием пептидов и аминокислот в белковом комплексе концентрированного сула можно объяснить тем, что при повышении температуры протеолиза происходит разрушение первичной, третичной и четвертичной структуры белковой молекулы и, как следствие, денатурация. Поэтому можно предположить, что при увеличении температуры протеолитический ферментный препарат инактивируется и не гидролизует белок концентрированного сула до аминокислот и пептидов.

Наибольшее влияние на содержание аминокислоты тирозина (4) оказывает дозировка ферментного препарата, минимальное – температура процесса. Более интенсивное действие активные центры ферментов, содержащиеся в препарате, оказывают на первичную структуру белка белкового комплекса водно-мучнистой суспензии пшеницы с расщеплением белка до аминокислот. Это объясняется значимое влияние дозировки ферментного препарата на содержание аминокислоты тирозина. Большое, но отрицательное влияние на температуру протеолиза объясняется тем, что режимы, используемые в процессе протеолиза белкового комплекса, предусматривают температуру, оптимальную для действия протеолитического ферментного препарата.

На рисунке 9–11 отображены зависимости суммарного содержания пептидов и аминокислот, растворимого белка и аминокислоты тирозина в белковом комплексе концентрированного сула: от X1 – температуры протеолиза, °С; X2 – продолжительности процесса, мин; X3 – дозировки Протоферм FP, ед ПС/г белка.

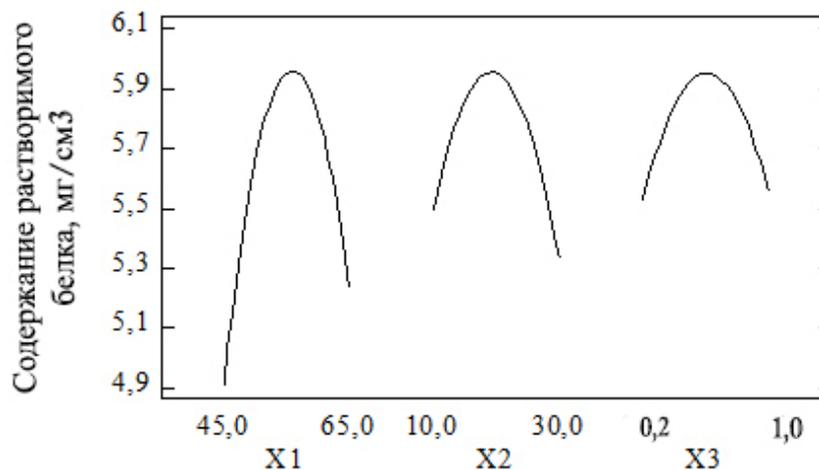


Рисунок 9 – Зависимость содержания растворимого белка белкового комплекса концентрированного сула от входных параметров

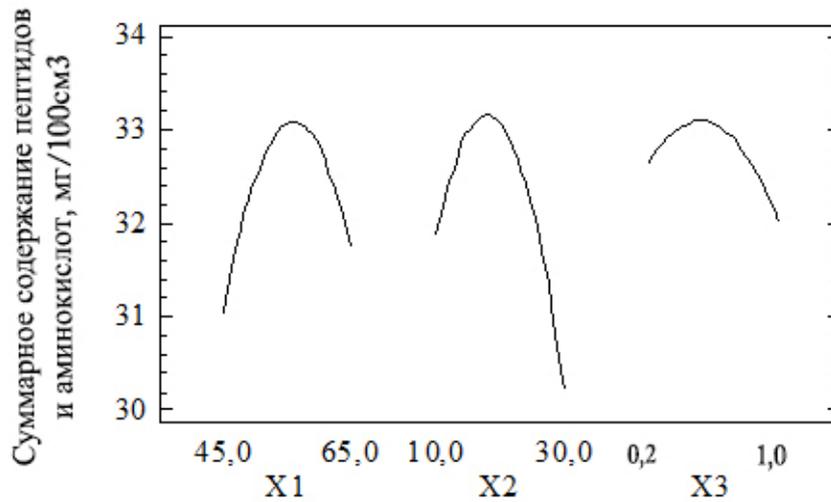


Рисунок 10 – Зависимость суммарного содержания пептидов и аминокислот концентрированного сусле от входных параметров

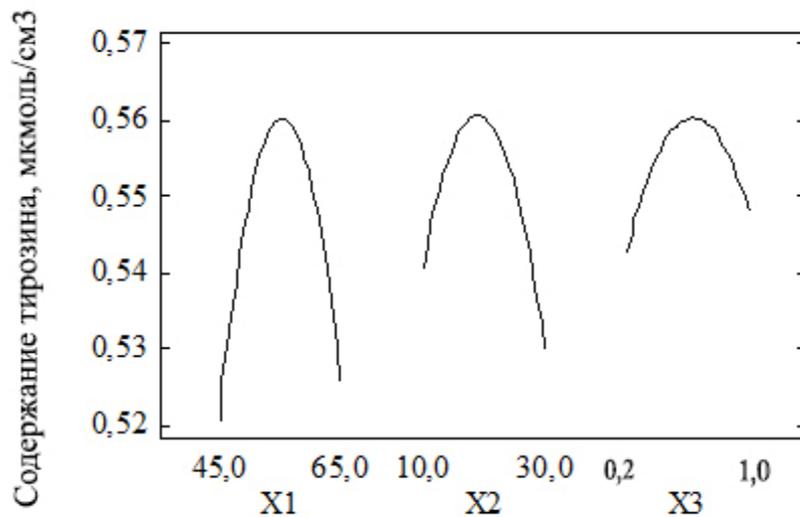


Рисунок 11 – Зависимость содержания аминокислоты тирозина в концентрированном сусле от входных параметров

Из рисунков 10-11 видно, что на содержание растворимого белка влияют все показатели процесса. Наибольшее значение растворимого белка 5,8-6,0 мг/см³ достигается при оптимальной температуре процесса 55-58 °С, продолжительности протеолиза 20 мин, дозировке ферментного препарата Протоферм ФР 0,6 ед. ПС/г белка. Наличие главного экстремума в исследуемой области с максимумом в интервале 33,0-33,1 еще раз доказывает равнозначное влияние всех исследуемых факторов на содержание пептидов и аминокислот.

Исходя из регрессионного уравнения (4) следует, что максимальное влияние на содержание аминокислоты тирозина в белковом комплексе концентрированного сусла оказывают все исследуемые факторы. Параметры, оказывающие статистически адекватное влияние на количество аминокислоты тирозина в белковом комплексе концентрированного сусла, представлены зависимостями без скачков и экстремумов.

Исходя из полученной информации о влиянии факторов построена математическая модель протеолиза белкового комплекса концентрированного сусла, позволяющая количественно определить содержание растворимого белка, суммарное содержание пептидов и аминокислот внутри выбранных интервалов варьирования факторов.

Максимальное или минимальное значение выходных параметров в зависимости от значений входных параметров позволяют определить номограммы кривых равных значений функций отклика в зависимости от факторов, оказывающих наибольшее влияние на тот или иной отклик (рисунок 12-14).

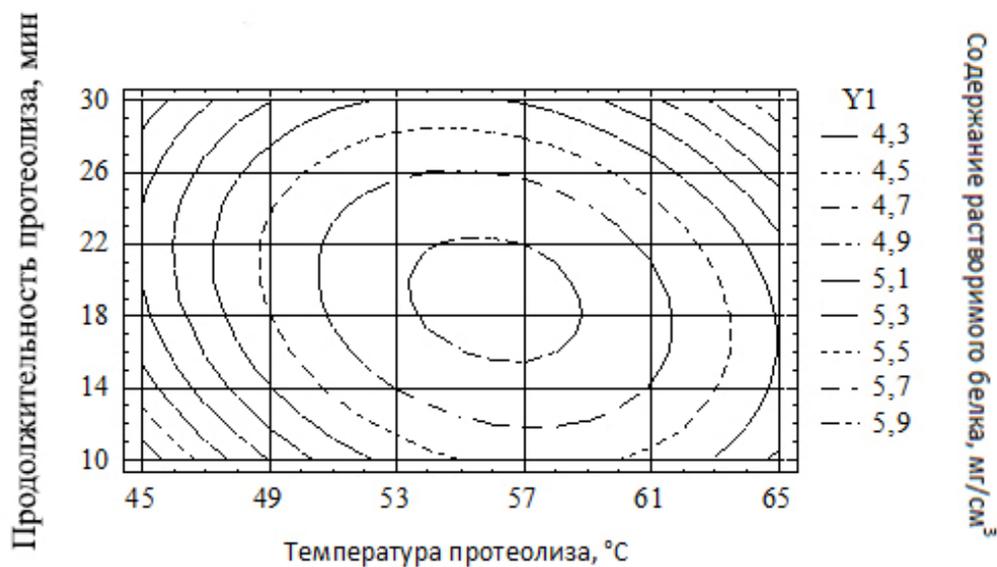


Рисунок 12 – Номограмма содержания растворимого белка в белковом комплексе

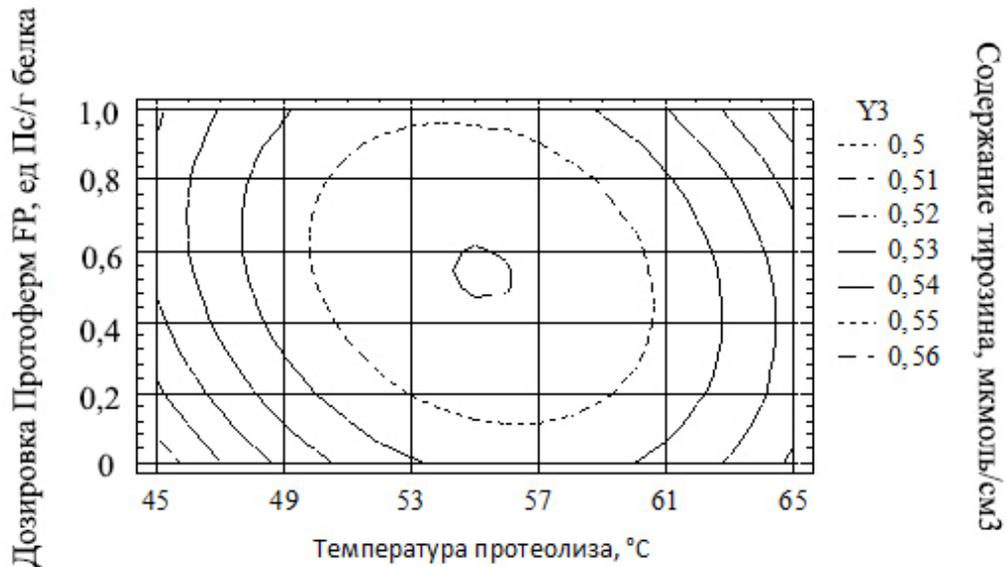


Рисунок 13 – Номограмма содержания аминокислоты тирозина в белковом комплексе концентрированного сусла

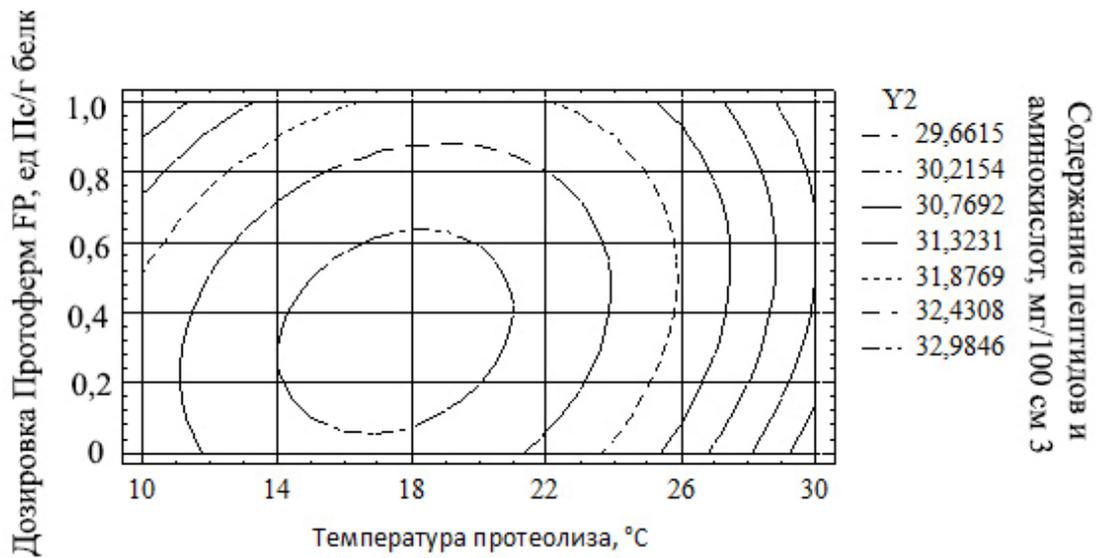


Рисунок 14 – Номограмма содержания пептидов и аминокислот в белковом комплексе концентрированного сусла

С целью оптимизации основных факторов, влияющих на процесс протеолиза, был использован метод крутого восхождения. Сущность данного метода заключается в выборе оптимального состава посредством проведения серии “мысленных” опытов с шагом 0,1 используя кодированное значение параметра X3, начиная из центра плана.

В соответствии с этим для получения оптимального состава белкового комплекса концентрированного сула пшеницы по содержанию в нём растворимого белка, пептидов и аминокислот и аминокислоты тирозина были определены необходимые факторы, оказывающие влияние на процесс протеолиза.

В таблице 13 приведен расчет факторов оптимального содержания растворимого белка.

Т а б л и ц а 13 – Численный эксперимент 1

λ	X1	X2	X3	Y1
-0,300	7,613	21,722	6,113	1,987
-0,240	-0,469	-1,481	0,349	2,323
-0,180	-0,150	-0,829	0,402	2,710
-0,120	-0,050	-0,609	0,474	2,823
-0,060	-0,016	-0,512	0,577	2,913
0,000	-0,021	-0,476	0,739	3,036
0,060	-0,072	-0,493	1,027	3,283
0,120	-0,227	-0,609	1,680	4,030
0,180	-0,988	-1,266	4,618	3,987
0,240	1,866	1,265	-6,164	3,477
0,300	0,736	0,277	-1,848	3,325

В таблице 14 приведен расчет факторов оптимального содержания пептидов и аминокислот.

Т а б л и ц а 14 – Численный эксперимент 2

λ	X1	X2	X3	Y2
-0,300	0,116	-0,503	0,189	28,725
-0,240	0,139	-0,653	0,246	28,538
-0,180	0,139	-0,609	0,255	28,627
-0,120	0,139	-0,572	0,266	28,703
-0,060	0,138	-0,540	0,277	28,771
0,000	0,137	-0,514	0,290	28,832
0,060	0,135	-0,491	0,303	28,888
0,120	0,133	-0,472	0,318	28,943
0,180	0,130	-0,456	0,335	28,997
0,240	0,127	-0,443	0,353	29,052
0,300	0,124	-0,432	0,373	29,110

Результаты расчетов необходимых факторов для оптимального содержания пептидов и аминокислот представлены в таблице 15.

Т а б л и ц а 15 – Численный эксперимент 3

λ	X1	X2	X3	У3
-0,300	0,124	0,004	0,018	0,482
-0,240	0,139	0,007	0,014	0,482
-0,180	0,137	0,009	0,019	0,482
-0,120	0,134	0,014	0,027	0,482
-0,060	0,125	0,031	0,051	0,482
0,000	-0,250	1,736	0,418	0,495
0,060	0,167	-0,020	-0,068	0,481
0,120	0,155	-0,012	-0,031	0,482
0,180	0,151	-0,008	-0,020	0,482
0,240	0,150	-0,006	-0,015	0,482
0,300	0,148	-0,005	-0,012	0,482

Исходя из полученных данных были получены оптимальные технологические параметры процесса протеолиза белкового комплекса концентрированного суслу под действием ферментного препарата Протоферм FP, которые позволяют получить наилучшие биохимические характеристики процесса (таблица 16).

Т а б л и ц а 16 – Оптимальные характеристики процесса протеолиза белкового комплекса концентрированного суслу под действием ферментного препарата Протоферм FP

Наименование параметров	Показатели процесса
Температура протеолиза, °С	53...56
Продолжительность, мин	18...20
Дозировка препарата, ед ПС/г белка	0,4-0,6

ГЛАВА 5 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ И СБРАЖИВАНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО СУСЛА

5.1 Выбор температурно-временных параметров и условий применения ферментных препаратов разжижающего и осахаривающего действия при переработке концентрированного сусла

В спиртовом производстве существует два способа получения сусла: разваривание сырья под давлением и механико-ферментативная обработка.

Стандартный способ механико-ферментативной обработки предусматривает: смешивание сырья (пшеничный помол, характеризующийся 90-95 % проходом через сито $d=1,0$ мм) с водой при гидромодуле 1:3, внесение ферментного препарата разжижающего действия (в дозировке 1,5-2 ед. АС/г условного крахмала сырья), нагрев замеса до температуры 50 °С и выдержку в течение 30 мин (пауза 1). Затем повышение температуры до 70-75 °С. Смесь выдерживают при данной температуре с перемешиванием среды в течение 2-2,5 ч (пауза 2). Затем идет обработка замеса при температуре 80-95 °С и длительности 60 мин (пауза 3). Полученную разваренную массу охлаждают до температуры осахаривания 56-58 °С, вносят ферментный препарат осахаривающего действия (в дозировке 6,0 ед. Гл С/г условного крахмала сырья), массу при данной температуре выдерживают в течение 30 мин (пауза 4).

Этот способ позволяет получить спирт по низкотемпературным режимам разваривания с минимальными потерями. Поэтому был выбран для получения концентрированного сусла, путем смешивания А-крахмала и В-крахмала. Процесс получения сусла заключался в следующем: освобожденное от примесей увлажненное зерновое сырье дробили и просеивали на трехпозиционном расसेве, отделяя отруби. При этом проход через сита диаметром 0,16-0,25 мм должен составлять не менее 85-100 %. Полученную муку смешивали с подогретой до 50 °С водой в соотношении

1,5:1, вносили целлюлолитический ферментный препарат «Висколаза» в дозировке 0,01 % к массе целого зерна. Ферментный препарат содержит в своем составе β -глюканазу, ксиланазу и целлюлазу, обеспечивающие эффективный гидролиз некрахмальных полисахаридов: целлюлозы и гемицеллюлозы, а также оболочек и клеточных стенок сырья. Замес гомогенизировали, после чего полученную суспензию в гидроциклонах разделяли на два потока. Первый поток содержит А-крахмал и пищевые волокна, второй поток – глютен, В-крахмал, пентозаны и растворимые белки. А-крахмал промывали, глютен и В-крахмал разделяли с одновременной промывкой на барабанных ситах, выделенный глютен высушивали.

Были проведены исследования по выбору ферментных препаратов разжижающего и осахаривающего действия; изучена возможность снижения их норм дозировок; подобраны оптимальные температурно-временные режимы водно-тепловой и ферментативной обработки.

5.1.1 Подбор и определение дозировок разжижающих ферментных препаратов

На следующем этапе выбирали ферментные препараты амилолитического действия, предназначенные для получения крахмалистого суслу с повышенным содержанием сухих веществ после выделения из него клейковины.

Все жидкие потоки, образующиеся в процессе извлечения клейковины, направляли на ферментацию в спиртовое производство. При этом содержание сухих веществ суслу составляет 20-24 % масс.

Были использованы два ферментных препарата разжижающего действия, которые являются термостабильными (рисунок 15, 16).

Эксперименты проводились на двух образцах сусла, результат биохимических показателей которых представлен в таблице 17.

Вид препарата оказывает влияние на концентрацию сусла и количество сбраживаемых углеводов при одинаковой продолжительности механико-ферментативной обработки. На первом этапе варьировали дозировки внесения ферментных препаратов разжижающего действия от 0,5 до 2,0 ед. АС/г условного крахмала сырья.

Т а б л и ц а 17 – Показатели качества осахаренного сусла в зависимости от дозровок амилолитических ферментных препаратов разжижающего действия

Ферментный препарат	Образцы сусла	Дозировка ФП, ед. АС/г условного крахмала	Содержание в сусле			Аминный азот, мг/100 см ³	Видимая доброкачественность, %
			СВ, % мас.	ОРВ, г/100 см ³	РВ, г/100 см ³		
Термоферм 3500L	Сусло с содержанием СВ 16-18 %	2	17,8	12,5	8,6	13,4	68,8
		0,5	23,8	13	7,6	17,2-21,4	58,5
	0,7	15,41		10,2	66,1		
	1	20,63		17,6	85,3		
	1,2	21,08		18,1	85,86		
	1,5	21,12		18,3	85,9		
Термамил 120L	Сусло с содержанием СВ 16-18 %	2	17,6	12,5	8,5	13,2	68,0
		0,5	23,5	11	7,0	16,4-19,8	58,3
	0,7	13,46		8,9	66,1		
	1	19,5		16,0	82,0		
	1,2	19,8		16,2	81,8		
	1,5	20,0		16,3	81,5		

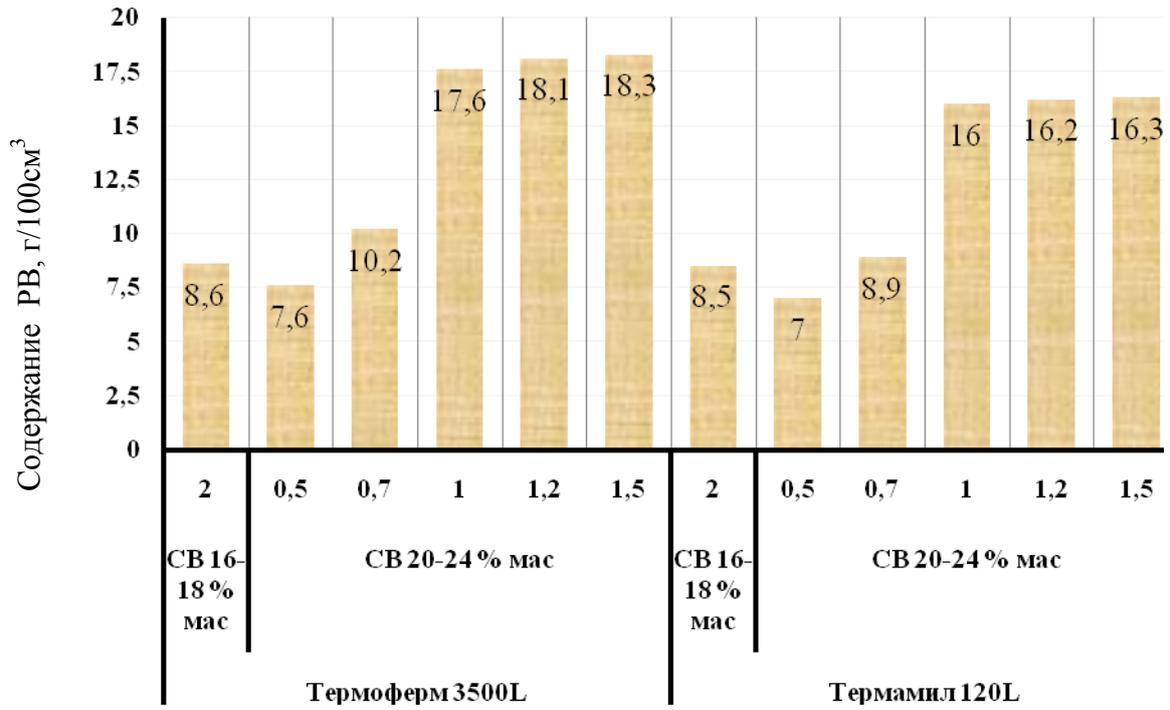


Рисунок 15 – Зависимость содержания редуцирующих веществ от дозировок разжижающих ферментных препаратов

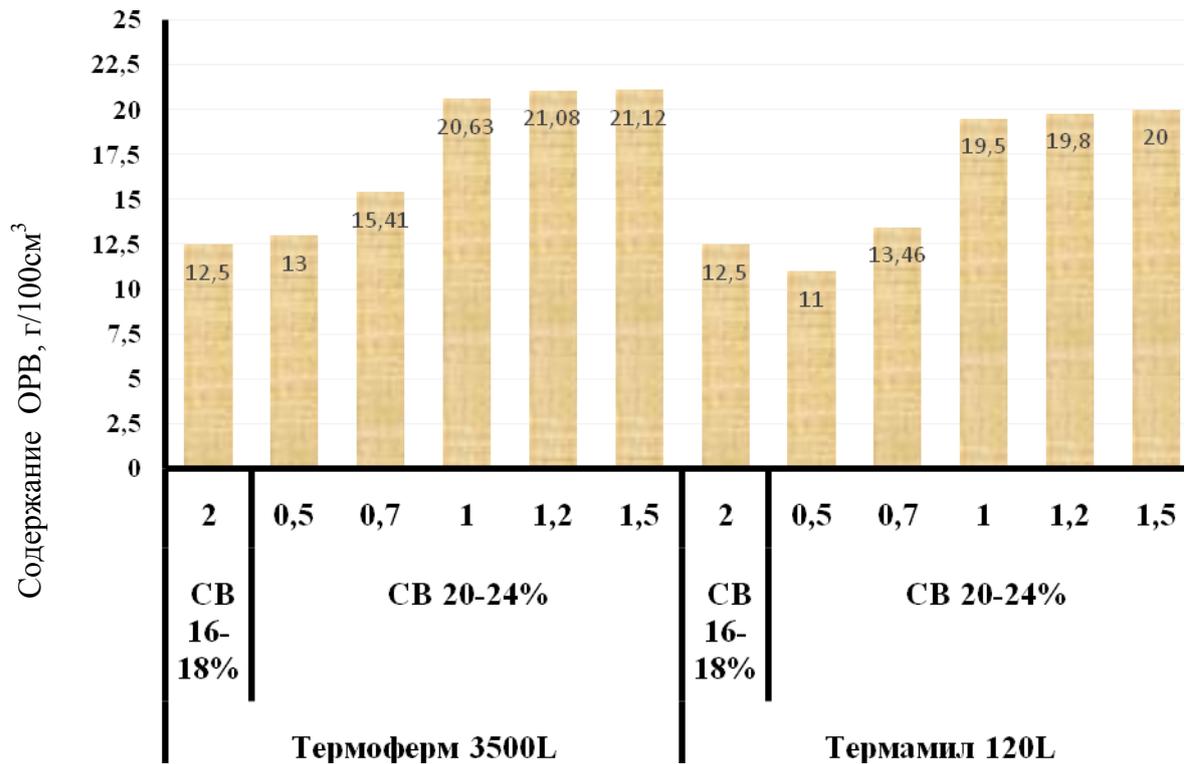


Рисунок 16 – Зависимость содержания общих редуцирующих веществ от дозировок разжижающих ферментных препаратов

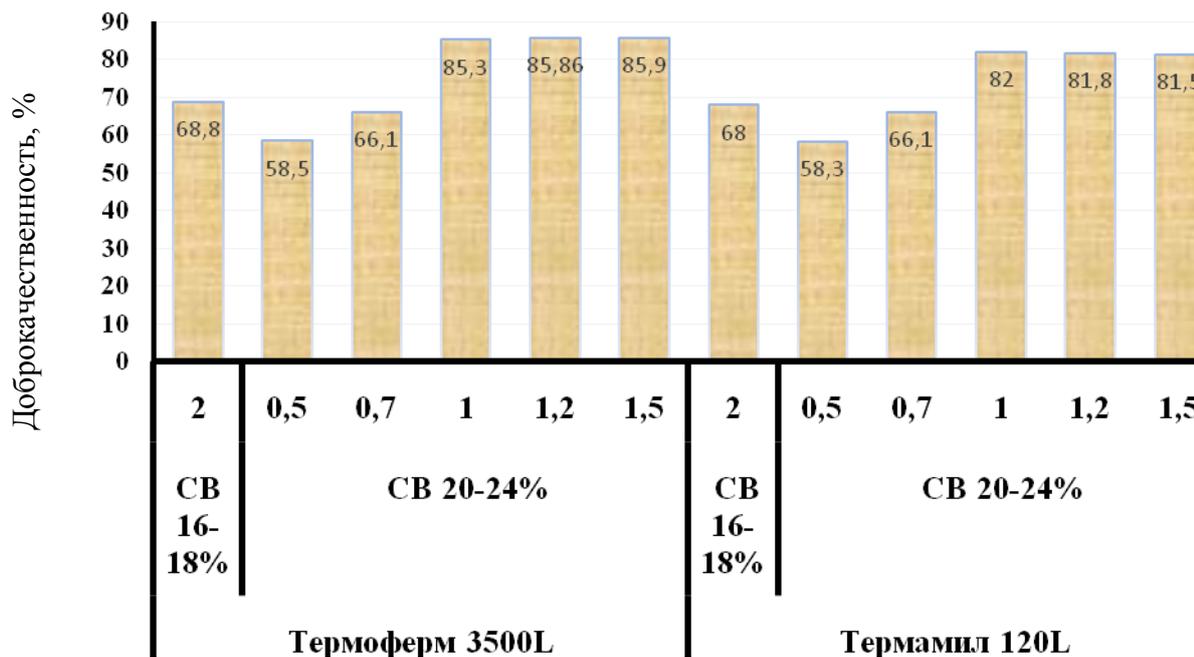


Рисунок 17 – Зависимость доброкачественности сула от дозировок разжижающих ферментных препаратов

Из рисунков 15-17 видно, что использование в качестве разжижающего препарата Термоферм 3500 L в дозировке 0,5 ед. АС/г условного крахмала позволяет повысить содержание общих редуцирующих веществ по сравнению с сулом, полученным по стандартной технологии на 20–35 %. Содержание редуцирующих веществ при дозировке 0,5 ед. АС/г условного крахмала составляет 13 г/100 см³, тогда как при дозировке 1 ед. АС/г у.с.к. – 20,6 г/100 см³.

Вероятно, это связано с тем, что использование целлюлолитических ферментных препаратов в технологии получения концентрированного сула интенсифицирует процесс гидролиза клеточных стенок и оболочек сырья, что улучшает доступ амилолитических ферментов к крахмалу и повышает степень его использования.

Дальнейшее увеличение дозировки ферментного препарата не приводит к значительному увеличению общих редуцирующих веществ.

При применении в качестве разжижающего ферментного препарата Термамил 120 L, максимальное содержание общих редуцирующих веществ наблюдали также при дозировке 1 ед. АС/г условного крахмала – 19,5 г/100 см³, при дальнейшем увеличении дозировки содержание общих редуцирующих веществ увеличилось незначительно на 1,5–2 %.

Применение в качестве разжижающего препарата Термоферм 3500 L позволяет получить сусло с максимальной концентрацией сухих веществ, сбраживаемых углеводов и восстанавливающих сахаров. При этом показатель видимой доброкачественности сусла при использовании Термоферм 3500 L составил 85,8, что превышает соответствующие значения для Термамил 120 L. Максимальное содержание аминного азота сусла проявляется при использовании ферментного препарата Термоферм 3500 L при дозировке 1-1,2 ед. АС/г условного крахмала и составило 17-21 мг/100 см³, тогда как при использовании ферментного препарата Термамил 120 L количество аминного азота колеблется от 16,5 до 20 мг/100 см³.

Исходя из полученных результатов ферментный препарат Термоферм 3500 L будет использован нами в качестве разжижающего при переработке концентрированного сусла.

5.1.2 Исследование реологических характеристик концентрированного сусла в зависимости от режимов водно-тепловой и ферментативной обработки

В процессе переработки сырья, кроме физико-химических показателей сусла, учитываются его реологические характеристики. В работе их оценивали по времени истечения сред. Данные таблицы 18 показывают, что переработка крахмального сусла при режимах, принятых «Регламентом для традиционного крахмалсодержащего сырья», дает на первом этапе нетехнологичную среду. Так, текучесть в зависимости от используемых

ферментных препаратов разжижающего действия колеблется от 52 до 55 с. Известно, что допустимый уровень текучести для истечения выбранного объема сред не должен превышать 10 с [121].

В качестве варьируемых факторов, выбранных в работе, для возможности решения проблемы нетехнологичности сред из крахмалистого суслу на паузе 1 механико-ферментативной обработки сырья рассмотрены:

- сокращение первой паузы ($t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$) с 30 мин до 0 мин;
- сокращение второй паузы ($t=70\text{-}75\text{ }^{\circ}\text{C}$) с 120 до 60 мин;
- сокращение третьей паузы ($t=80\text{-}95\text{ }^{\circ}\text{C}$) с 60 до 30 мин.

Т а б л и ц а 18 – Зависимость текучести крахмального суслу от продолжительности гидродинамической и ферментативной обработки

τ _{общ.} , мин	Длительность пауз, мин			Текучесть крахмального суслу, с					
				Термоферм 3500L			Термамил 120L		
	Пауза 1 ($t=50^{\circ}\text{C}$)	Пауза 2 ($t=70\text{-}75^{\circ}\text{C}$)	Пауза 3 ($t=80\text{-}95^{\circ}\text{C}$)	Пауза 1	Пауза 2	Пауза 3	Пауза 1	Пауза 2	Пауза 3
210	30	120	60	32,9	20,6	16,2	35,3	24,4	17,7
180	-	120	60		18,4	13,5		21,8	14,0
120	-	60	60		17,2	9,8		19,7	11,2
90	-	60	30		17,4	14,8		20,0	15,7

При изучении влияния первого фактора – сокращение паузы ($t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$), используемой для замеса, выявлено, что текучесть сред при 30 мин выдержки суслу при этой температуре составила 35,3 с при использовании Термамила 120 L и 32,9 с при применении Термоферма 3500 L. Вероятно, это связано с высоким содержанием сухих веществ суслу. Исключив эту паузу, мы

получили более технологичные среды с текучестью 20-24 с. Пробы, полученные при $t = 70-75\text{ }^{\circ}\text{C}$, имеют показатель текучести 18-22 с. Причем сокращая вторую паузу ($t=70-75\text{ }^{\circ}\text{C}$) с 120 до 60 мин текучесть суслу снижается до 17-19 с, что связано с процессом клейстеризации крахмала зерна. Применяя 60 мин выдержку суслу при температуре $70-75^{\circ}\text{C}$, а также 60 мин выдержку суслу при $80-95\text{ }^{\circ}\text{C}$ получаем текучесть суслу 11,2 с при использовании Термамила 120 L и 9,8 с при применении Термоферма 3500 L, что на уровне допустимых значений для технологичных сред.

Однако сокращение третьей паузы ($t=80-95\text{ }^{\circ}\text{C}$) с 60 до 30 мин приводит к ухудшению реологических характеристик сред. Так, текучесть суслу составила 15-17 с.

В результате изучения реологических характеристик в ходе получения крахмального суслу можно предложить эффективный, простой технологический прием для снижения вязкости сред, а именно, повышение температуры воды при замесе с 50 до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.1.3 Выбор режимов водно-тепловой и ферментативной обработки крахмального суслу

С целью сокращения продолжительности механико-ферментативной обработки высококонцентрированного крахмального суслу представляло интерес изучить динамику накопления сухих веществ, сбраживаемых углеводов и восстанавливающих сахаров в процессе его приготовления (таблица 19).

Установлено, что наименьшее значение на основные показатели суслу оказывает длительность выдержки массы на первой паузе, осуществляемой при температуре $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Так, сокращение этой паузы с 30 мин (O) сначала до 15 мин (O1), а затем и отсутствие выдержки (O2) приводит к незначительному снижению содержания ОРВ в сусле с 20,9 до 20,6 %, и уменьшению РВ на 1,5 %.

Т а б л и ц а 19 – Зависимость основных показателей концентрированного сусла от продолжительности водно-тепловой обработки

№ п/п	$\tau_{\text{общ}}$, мин	Длительность пауз, мин			Массовая доля в сусле, %			
		Пауза 1 ($t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$)	Пауза 2 ($t=70-75$ $^{\circ}\text{C}$)	Пауза 3 ($t=80-95$ $^{\circ}\text{C}$)	СВ	ОРВ	РВ	Белок
К	210	30	120	60	18,6	16,8	10,1	0,4
О	210	30	120	60	23,6	20,9	18,2	0,5
О1	195	15	120	60	23,6	20,8	17,8	0,5
О2	180	-	120	60	23,6	20,6	17,8	0,5
О3	180	-	90	90	23,6	20,6	17,9	0,6
О4	120	-	60	60	23,6	20,5	17,8	0,6
О5	120		30	90	22,8	15,1	8,4	0,38
О6	90	-	60	30	23,0	16,9	11,8	0,5
О7	90	-	30	60	22,8	20,3	18,0	0,4

В опытном варианте накопление сбраживаемых углеводов (O_2) и восстанавливающих сахаров (O_3) протекало значительно интенсивнее, чем в контрольном. С позиции сохранения восстанавливающих сахаров, следует рекомендовать: 1) исключение первой паузы водно-тепловой обработки при $T\ 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2) 60 мин выдержку при $70-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 60 мин выдержку при температуре $80-95\text{ }^{\circ}\text{C}$. Увеличение паузы при данной температуре до 90 мин сопровождалось разрушением образовавшихся сахаров.

Таким образом, выявлены режимы водно-тепловой обработки сусла (O_3 и O_4), характеризующиеся следующими физико-химическими показателями сусла: содержание ОРВ – 20,6 %, РВ – 17,8 %, растворимый белок – 0,6 % при снижении общей продолжительности на стадии водно-тепловой и ферментативной обработки с 3,5 до 2 ч. Возможно применение

ферментных препаратов целлюлолитического и протеолитического действия при получении концентрированного сусла, что способствует гидролизу некрахмалистых полисахаридов, таких, как целлюлоза. Это позволяет получить дополнительный источник сбраживаемых углеводов. Воздействуя на растворимую фракцию гемицеллюлоз, можно снизить вязкость. При гидролизе клеточных стенок и оболочек сырья повышается доступ амилолитических ферментов к крахмалу и степень его использования.

5.1.4 Подбор и определение норм внесения осахаривающих ферментных препаратов в зависимости от показателей зрелой бражки

Сравнивали основные показатели качества бражки, полученной по предполагаемой и классической технологии, варьируя дозировки осахаривающих ферментных препаратов от 2 до 8 ед. ГлА/г. условного крахмала.

При температуре 56-58 °С проводили осахаривание в течение 30 мин. Использовали Биозим 800 L и Сан Супер 360 L [2.1].

При температуре 28-30 °С проводили сбраживание в течение 48-72 ч с использованием дрожжей расы XII. Вносили 15 млн /см³ дрожжей. Влияние изучаемых факторов на сбраживание концентрированного сусла контролировали по концентрации спирта, содержанию несброженных углеводов, содержанию нерастворенного крахмала [2.2]. Полученные данные представлены в таблице 20.

Т а б л и ц а 20 – Показатели качества бражки в зависимости от дозировок осахаривающих ферментных препаратов

Ферментный препарат	Образцы сула	Дозировка ферментного препарата, ед. ГЛА/г у.к	Растворенные несброженные УВ, г/100 см ³	Нерастворенный крахмал, г/100 см ³	Концентрация спирта
Биозим 800 L	СВ 16-18 % мас.	7,5	0,3	0,180	7,9
	СВ 20-24 % мас.	2	0,41	0,171	8,3
		4	0,38	0,100	8,5
		6	0,32	0,025	8,9
		7	0,29	0,090	9,1
8	0,27	0,098	9,1		
Сан Супер 360 L	СВ 16-18 % мас	7,5	0,31	0,185	7,5
	СВ 20-24 % мас.	2	0,45	0,180	7,8
		4	0,4	0,120	7,9
		6	0,35	0,030	8,5
		7	0,34	0,101	8,3
8	0,3	0,099	8,2		

При использовании в качестве осахаривающего ферментного препарата Биозим 800 L (рисунок 18) снизилось количество растворенных несброженных углеводов с 0,41 до 0,27 г/100 см³, количество нерастворенного крахмала – с 0,171 до 0,098 г/100 см³, а концентрация спирта повысилась с 8,3 до 9,1 % об.

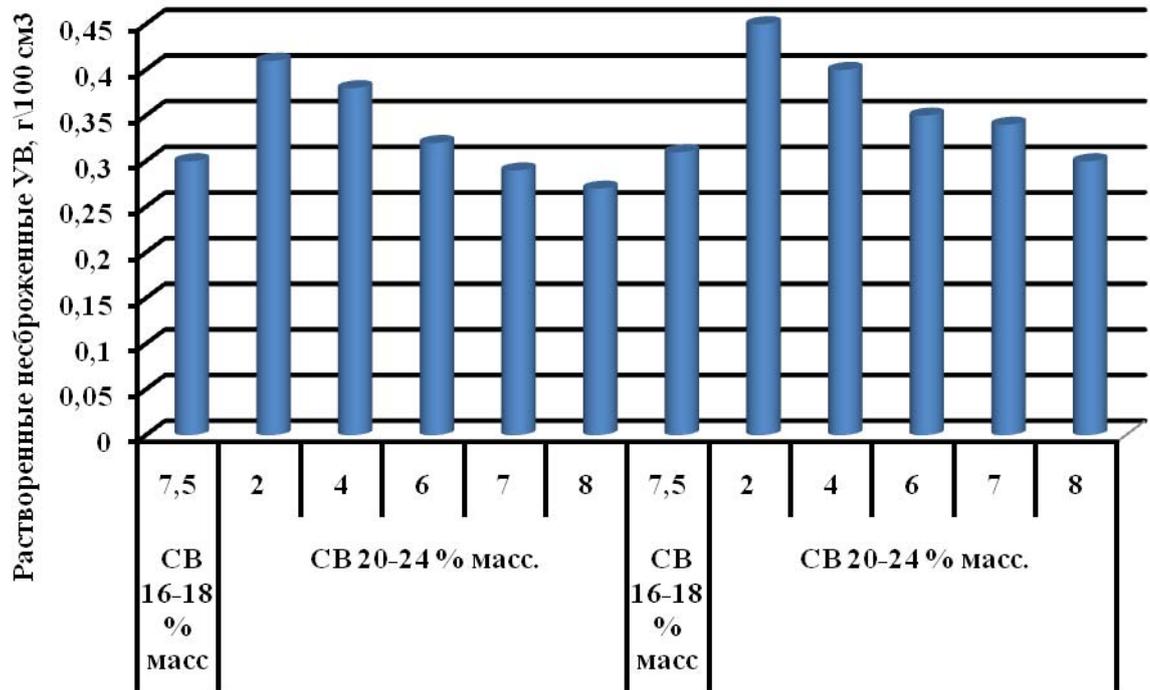


Рисунок 18 – Зависимость растворенных несброженных углеводов от дозировок осажаривающих ферментных препаратов

Использование препарата Биозим 800 L дает сусло с максимальной концентрацией этанола. Так, при использовании ферментного препарата Биозим 800 L при дозировке 7 ед. ОС/г условного крахмала концентрация спирта – 9,1 % об., тогда как при использовании ферментного препарата Сан Супер 360 L при той же дозировке содержание спирта составило – 8,3 % об.). Поэтому препарат Биозим 800 L выбран в качестве лучшего.

Снижение дозировки осажаривающего препарата Биозим 800 L с 7 ед. ГЛА на т условного крахмала, нормой, до 4 ед. ГЛА сопровождалось ухудшением таких показателей сусла, как массовая доля сбраживаемых углеводов и восстанавливающих сахаров, хотя концентрация сухих веществ в нем при этом практически не изменялась.

5.1.5 Сравнительная характеристика интенсификации процесса сбраживания концентрированного суслу в зависимости от дозировок Биозим 800 L

Исследовали процесс сбраживания концентрированного суслу в зависимости от дозировки осаживающего ферментного препарата Биозим 800 L. Брожение осуществляли при температуре 28-30 °С. В процессе брожения определяли динамику выделения CO_2 . Препарат Биозим 800 L, вносили в дозировке 5-8 ед. ГЛА/г условного крахмала.

На рисунке 19 представлена сравнительная характеристика процесса динамики выделения CO_2 , полученного с внесением Биозим 800 L.

В начале брожения (рисунок 19) имеется небольшая лаг-фаза, длящаяся около 2 ч. На ее продолжительность дозировка ферментного препарата практически не оказывает влияния.

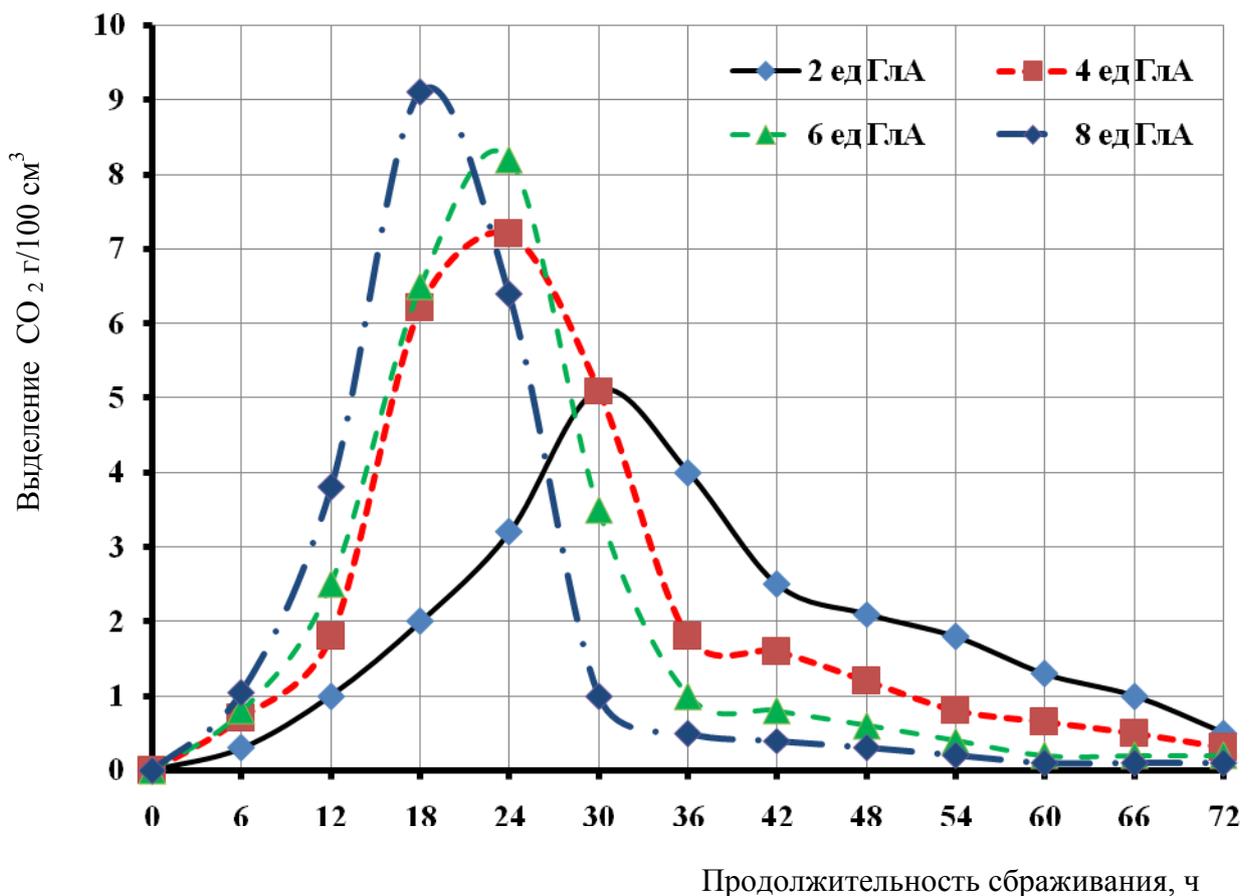


Рисунок 19 – Зависимость выделения углекислого газа от продолжительности сбраживания и различных дозировок ферментного препарата Биозим 800 L

Пробы сусла ставили на брожение в емкости объемом 1,5 дм³ с гидрозатвором. Сбраживание осуществляли периодическим способом при температуре 28-30 °С. Сбраживание осуществляли с использованием дрожжей расы XII, количество дрожжей составило 15 млн /см³. Методом Варбурга в двух других емкостях на 1,5 дм³ измеряли интенсивность выделения углекислого газа, где объем бродящей жидкости оставался неизменным в течение всего процесса брожения.

Далее наступает более интенсивное выделение CO₂, что свидетельствует о наступлении главного брожения, при котором происходит интенсивное сбраживание углеводов, длящееся 24-26 ч. Установлено, что при использовании Биозим 800 L в дозировке 8,0 ед. ГлА/г условного крахмала начинается через 18-20 ч, при дозировке 6,0 ед. ГлА/г условного крахмала через 20-24 ч, при снижении дозировки до 2 ед. ГлА/г условного крахмала через 30-32 ч. Затем количество выделяющегося углекислого газа постепенно уменьшается, что говорит о наступлении стадии дображивания, которая занимает 2/3 времени брожения. При использовании ферментного препарата Биозим 800 L в дозировке 8,0 ед. ГлА/г брожение заканчивается к 55 ч. Использование препарата способствует повышению физиологической активности дрожжей и улучшению показателей сбраживания сула.

Это объясняется тем, что бражка обогащена водорастворимыми фракциями белка, а также аминокислотами, витаминами, макро- и микроэлементами, что позволяет интенсифицировать процесс брожения с 72 до 54 ч, так как дрожжи обогащены дополнительным азотным питанием.

5.2 Исследование факторов, оказывающих влияние на процесс сбраживания высококонцентрированного сусла

Переработка сусла высокой концентрацией сухих веществ является эффективным способом интенсификации спиртового производства. Но на стадии сбраживания сусла идет значительное увеличение потерь с несброженными углеводами и времени сбраживания [117].

Скорость роста и броидильная активность дрожжей зависят от качественного и количественного состава углеводов среды и наличия в сусле азотистого питания [120, 123].

5.2.1 Сравнительная характеристика показателей качества концентрированного сусла в зависимости от ферментных препаратов различного действия

Проводили сравнительную характеристику показателей качества концентрированного сусла (таблица 21). КІ – сусло, полученное по механико-ферментативной обработке, КІІ – сусло, полученное по механико-ферментативной обработке с использованием Протоферм FР, ОІ – сусло, полученное по предлагаемой технологии (без внесения ЦФ и ПФ) ОІІ – сусло, полученное по предлагаемой технологии (с внесением Висколазы 150 L и Протоферм FР), ОІІІ – сусло, полученное по предлагаемой технологии (с внесением Висколазы 150 L).

Т а б л и ц а 21 – Сравнительная характеристика показателей качества осахаренного сусла, полученного по стандартной и предлагаемой технологии

Образцы сусла	Показатели осахаренного сусла				
	Сухие вещества, % мас.	Растворимые углеводы, г/100 см ³	Редуцирующие сахара, %	Аминный азот, мг/100см ³	Видимая доброкачественность, %
К I	15,93	11,52	3,05	5,4	72,3
К II	16,17	12,20	4,07	18,7	75,4
О I	23	17,8	9,7	9,58	77,4
О II	23	18,4	9,83	24,3	80,0
О III	23,2	18,02	9,78	11,4	77,6

При сравнении представленных образцов сусла установлено, что, несмотря на использование в варианте «К II» протеолитического ферментного препарата, наблюдается снижение уровня растворимых сбраживаемых углеводов, и как следствие, редуцирующих сахаров по сравнению с суслом, полученным по предложенной технологии.

Вместе с тем лучшие опытные образцы «О II» и «О III» характеризуются большим накоплением сбраживаемых углеводов с 11,52 до 18,4 г/100 см³, массовой доли свободных редуцирующих сахаров с 3,05 до 9,83 %, а также повышенным содержанием аминного азота в 3,5–5 раз, полученные с дополнительным использованием препаратов протеолитического и целлюлолитического действия.

5.2.2 Физиолого-биохимические особенности дрожжей в условиях ферментативной обработки высококонцентрированного сусла

Процессы осахаривания и сбраживания сусла интенсифицируют с помощью повышения концентрации сухих веществ в сусле. Производительность бродильного отделения при повышении содержания сухих веществ в сусле на 1,5—2,0 % увеличивается на 10–15 % без дополнительных капитальных затрат.

Иногда может развиваться посторонняя микрофлора, а это влияет на выход этилового спирта и его качественные характеристики. Если усилить процесс брожения, то негативное влияние данного процесса можно исключить либо снизить.

В наших исследованиях изучалась возможность сокращения процесса сбраживания высококонцентрированного сусла. Для этого использовали увеличенный засев дрожжей и повышенную температуру брожения.

Процесс сбраживания проводили при температуре 30–35 °С в течение 48-72 ч. Влияние расы и нормы засева дрожжей на процесс сбраживания сусла определяли по изменению концентрации спирта и действительного экстракта в бражке, динамике выделения диоксида углерода, а также содержания в бражке вредных летучих примесей.

Сусло на спиртовых заводах сбраживали с использованием засевных дрожжей, которые готовили из чистой культуры по принятой на предприятии схеме. Процесс культивирования проводили при 28-30 °С в течение суток. Отделяли накопившиеся дрожжи от жидкой фазы, содержащей оставшиеся компоненты питательной среды, с помощью центрифугирования. Проводили двукратную промывку дрожжей. В дрожжевой суспензии контролировали общее содержание дрожжевых клеток.

Изучали влияние расы дрожжей и нормы их внесения на динамику выделения этилового спирта и интенсивность выделения углекислого газа в процессе сбраживания сусла.

Для сбраживания высококонцентрированного сусла были использованы следующие расы дрожжей:

- термотолерантные расы XII; К-81;
- гибридные расы дрожжей 987-О5, используемые в виде чистой культуры.

Использование активных рас спиртовых дрожжей, обладающих повышенной продуктивностью, осмофильностью и термотолерантностью, даст возможность повысить эффективность спиртового производства в результате интенсификации процессов дрожжегенерации и брожения, сократить потери спирта и снизить образование побочных метаболитов.

В связи с вышеизложенным на первом этапе работы проведены сравнительные исследования различных промышленных рас спиртовых дрожжей по бродильной активности, продуктивности и термотолерантности при сбраживании сусле с содержанием сухих веществ 20-24 % мас.

В таблице 22 приведены сравнительные данные по крепости бражки в зависимости от используемых рас дрожжей и нормы их засева.

Т а б л и ц а 22 – Динамика накопления этилового спирта при сбраживании сусле дрожжами расы XII, К-81 и 987-О5

Раса дрожжей	Норма засева дрожжей, млн. клеток на 1 см ³				
	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0
Крепость дистиллята, % об					
XII	8,2	9,1	9,9	10,45	10,46
987-О5	9,8	10,55	11,10	11,15	11,17
К-81	9,5	10,44	11,15	11,18	11,19

Установлено, что при использовании расы дрожжей 987-О5 и К-81 в бражке накапливается от 9,5 до 11,18 % об. этилового спирта, что превышает показатели (от 8,2 до 10,46 % об.), полученные в бражке с использованием расы XII. Максимальное количество спирта обнаружено для образцов, полученных при засеве дрожжей 15,0, 17,5 млн клеток на 1 см³ сусле – 10,45, 11,15 и 11,18 % об.

Эксперименты по исследованию эффективности процесса сбраживания концентрированного сусла были начаты с изучения влияния расы дрожжей на динамику выделения диоксида углерода (рисунок 20). В данной серии опытов температура сбраживания составила 32-33 °С, норма внесения дрожжей составляла 15 млн./см³.

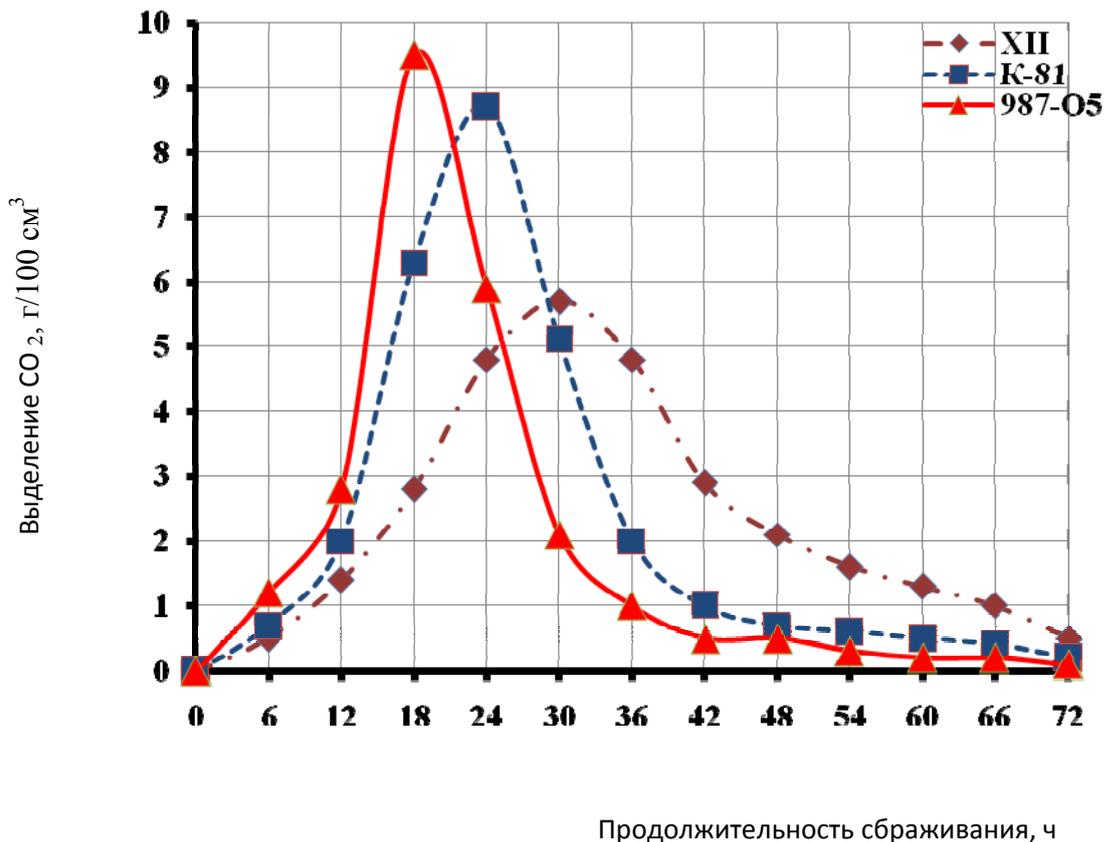


Рисунок 20 - Динамика выделения CO₂ в зависимости от расы дрожжей

Установлено, что наилучшие результаты получены с использованием расы 987-O5. Так, процесс главного брожения при использовании расы дрожжей 987-O5 достигает максимальной интенсивности на 18 ч от начала ведения процесса, при использовании K-81 на 24 ч, при применении XII расы на 30 ч.

При этом количество выделившегося CO₂ при использовании расы 987-O5 составляет 9,3 г/100 см³ сусла, при использовании K-81 – 8,8 г/100 см³ сусла, а при применении расы XII лишь 5,7 г/100 см³.

Исходя из полученных данных для сбраживания концентрированного сусла выбрана раса 987-05.

5.2.3 Исследование состава основных примесей зрелой бражки в зависимости от продолжительности сбраживания, расы спиртовых дрожжей и применяемых ферментных препаратов

Для выявления параметров процесса брожения сусла с повышенным содержанием сухих веществ, исследовали динамику накопления летучих примесей, варьируя норму засева дрожжей и продолжительность сбраживания при использовании дрожжей расы 987-05.

Выявили, что качественный состав примесей (таблица 23) в бражке, полученной из высококонцентрированного сусла, зависит как от продолжительности сбраживания, так и от нормы засева дрожжей. Так, в зависимости от продолжительности процесса сбраживания, содержание ацетальдегида увеличивается (с 613,17 мг/дм³ к 54 ч до 1724,6 мг/дм³ к 72 ч), количество этилацетата снижается (с 409,2 мг/дм³ к 54 ч до 207 мг/дм³ к 72 ч), содержание метанола к 54 ч при норме засева дрожжей 15 млн клеток на 1 см³ сусла составило 0,0043 мг/см³, тогда как к 72 ч сбраживания при той же норме засева дрожжей – 0,0070 мг/дм³, количество 1-пропанол и 1-бутанол снижается с 903,14 мг/см³ и 6,38 мг/см³ – 54 час до 880 мг/см³ и 5,57 мг/см³ – к 72 ч соответственно. Минимальное содержание изобутанола вне зависимости от продолжительности сбраживания составило 900-1100 мг/см³ при норме засева дрожжей 15 млн клеток на 1 см³ сусла, количество изоамилола возрастает с 1219,08 мг/дм³ (54 ч) до 2673,84 мг/дм³ (72 ч). Выявили, что наименьшее суммарное количество примесей получено при норме засева дрожжей 15 млн клеток на 1 см³ сусла при продолжительности сбраживания 54 ч. Установлено, что максимальное содержание этилового спирта в бражке при минимальном накоплении в ней летучих примесей соответствует варианту: продолжительность сбраживания - 54 ч при норме задачи дрожжевых клеток – 15,0 млн/см³ сусла.

Т а б л и ц а 23 – Сравнительный анализ содержания основных примесей в бражке

Основные примеси, мг/дм ³ безводного спирта	Норма засева дрожжей, млн клеток на 1 см ³ суслу											
	12,5	15,0	17,5	12,5	15,0	17,5	12,5	15,0	17,5	12,5	15,0	17,5
	Продолжительность сбраживания, час											
	54			60			66			72		
Ацетальдегид	613,17	634,11	742,36	646,53	714,08	876,54	883,15	1085,4	1443,38	1346	1378	1724,6
Этилацетат	423,3	409,2	246,14	387,18	382,53	232,37	319,84	304,50	213,85	328,70	348,17	207,42
Метанол	0,0050	0,0043	0,0060	0,0055	0,0050	0,0063	0,0060	0,0059	0,0068	0,0065	0,0070	0,0075
1-Пропанол	914,71	903,14	801,36	942,10	953,13	825,83	803,17	763,41	889,01	862,65	880,38	921,28
Изобутанол	1343,05	1171,76	1213,18	1294,99	1002,15	1196,59	1034,41	942,15	1301,18	1157,26	1124,61	1368,21
1-Бутанол	6,91	6,38	6,22	6,73	6,06	5,81	5,92	5,97	5,96	5,87	5,57	5,95
Изоамилол	1219,08	1273,61	1522,13	1841,02	2042,20	2171,92	2067,08	1987,02	2556,84	2183,48	2285,21	2673,84
Суммарное количество примесей	4516,35	4409,32	4521,246	5123,04	5100,82	5306,99	5101,63	5085,58	6385,90	5876,80	6015,02	6896,31

Изучали процесс интенсификации сбраживания концентрированного сусла с учетом внесения комплекса ферментов амилолитического, гемицеллюлазного и протеолитического действия. Определяли зависимость выхода этанола, содержания летучих примесей, содержания редуцирующих веществ в зависимости от различных рас дрожжей при норме засева 15 млн клеток на 1 см³ сусла. Полученные данные представлены в таблице 24.

При получении стандартного сусла (контроль) использовали ферментные препараты разжижающего и осахаривающего действия и исследовали состав концентрированного сусла, полученного при внесении в водно-мучнистую суспензию пшеницы протеолитического ферментного препарата Протоферм FP, а также полученное при использовании не только протеолитического, но и целлюлолитического действия. В качестве источника ферментных препаратов целлюлолитического действия использовали Висколазу 150 L. Процесс сбраживания осуществляли при температуре 32-33 °С, с использованием дрожжей расы 987-05, норма внесения дрожжей составляла 15 млн /см³.

Анализируя данные таблицы, видим, что содержание редуцирующих веществ в бражке, полученной с использованием дрожжей К-81 и 987-05, соответствовало норме уже к 60 ч сбраживания (0,36- 0,39 г/100 см³) при совместном использовании ферментных препаратов протеолитического и целлюлолитического действия, тогда как при применении XII расы дрожжей к 66 ч сбраживания этот показатель составил от 0,81 до 0,66 г/100 см³.

Т а б л и ц а 24 – Влияние ферментных препаратов различного действия на показатели бражки, полученной из высококонцентрированного пшеничного сусла с использованием различных рас дрожжей

Расы дрожжей	Варианты сусла	Редуцирующие вещества, г/100см ³				ОРВ, г/100 см ³		Выход этанола, дал/т. у.к.		Суммарная концентрация основных примесей, мг/см ³	
		Продолжительность сбраживания, ч									
		48	54	60	66	54	60	54	60	54	60
К-81	Контроль (без протеаз и целлюлаз)	5,71	0,72	0,47	0,44	0,56	0,50	65,0	65,4	5356,8	6562,2
	Протоферм ФР	5,46	0,66	0,43	0,40	0,51	0,49	65,5	65,9	4938,1	6152,3
	Протоферм ФР+Висколаза 150L	5,2	0,53	0,39	0,37	0,44	0,42	66,2	66,4	4579,5	5211,6
ХП	Контроль (без протеаз и целлюлаз)	6,8	1,2	0,9	0,81	1,8	0,92	63,6	63,9	6613,0	8059,7
	Протоферм ФР	6,52	0,97	0,82	0,77	0,93	0,88	63,8	64,6	62086,7	7500,3
	Протоферм ФР+Висколаза 150L	6,41	0,9	0,71	0,66	0,82	0,75	64,1	65,2	5169,2	7354,9
987-05	Контроль (без протеаз и целлюлаз)	5,8	0,68	0,46	0,40	0,56	0,53	65,3	65,5	5006,8	6135,2
	Протоферм ФР	5,6	0,52	0,40	0,38	0,52	0,49	65,8	66,1	4728,6	5849,3
	Протоферм ФР+Висколаза 150L	5,0	0,47	0,36	0,34	0,48	0,45	66,4	66,7	4273,5	5011,7

Установлено, что термотолерантная раса 985-05 более активно размножается, интенсивно ассимилирует углеводы, и уже к 54-60 ч брожения процесс практически прекращается: выход спирта составляет 66,6 дал/т.у.к. крахмала, к 66 ч - 66,9 дал/т.у.к.. При использовании расы К-81 и XII выход этанола составил 66,2 дал/т.у.к. крахмала и 65,2 дал/т.у.к. соответственно. Причем максимальный выход спирта наблюдали при использовании суслу, в ходе получения которого были использованы и Протоферм FP и Висколаза 150 L.

Установлено, что состав суслу, используемая раса дрожжей и продолжительность сбраживания существенно влияют как на суммарное количество примесей, так и на их состав. Однако применение полного комплекса ферментов наряду с увеличением выхода спирта способствовало снижению образования побочных метаболитов, сопутствующих синтезу этанола. Так, концентрация общих примесей при сбраживании концентрированного суслу, полученного по механико-ферментативной схеме с использованием только ферментов амилолитического действия, к 54 ч сбраживания составила 5356 мг/дм³, к 60 ч 6562 мг/дм³ при использовании дрожжей расы К-81; 6613 мг/дм³ и 8059 мг/дм³ при использовании дрожжей расы XII; 5006 и 6135 мг/дм³ при использовании дрожжей расы 987-05. Присутствие в комплексе ферментов протеолитического и гемицеллюлазного действия позволило уменьшить образование побочных метаболитов более чем в 1,5 раза – до концентрации 4273-5000 мг/см³ при использовании расы дрожжей 987-05 в основном за счет синтеза высших спиртов альдегидов и сложных эфиров. Использование полного комплекса ферментов при подготовке сырья к сбраживанию позволяет улучшить качество целевого продукта – этанола. Установлено, что комплекс ферментов амилолитического, гемицеллюлазного и протеолитического действия обеспечивает наибольший выход спирта с одновременным снижением образования побочных метаболитов, сопутствующих синтезу этанола.

Если обогащать сусло легко ассимилируемыми компонентами азотистого питания, то это позволит дрожжам размножаться интенсивнее. Повысится как плотность дрожжевой популяции, так и бродильная активность. Это связано с обогащением сусла легко ассимилируемыми компонентами азотистого питания. Дрожжевые клетки используют их непосредственно для построения биомассы. Интенсификацию синтеза белка и активирование содержащихся в дрожжевой клетке ферментов обеспечивается прямой ассимиляцией аминокислот. Это способствует интенсификации развития и размножения дрожжей.

При обеспечении дрожжей азотистым питанием биосинтез белков клетки происходит преимущественно за счет ассимиляции аминокислот среды. Таким способом экономится сахар на построение биомассы дрожжей, углеводы расходуются в основном на анаэробное дыхание и, следовательно, на образование спирта.

Можно говорить о том, что при сбраживании сусла увеличение выхода спирта, обогащённого продуктами протеолиза растительного белка, зависит от проведения более экономичного процесса, повышения степени биоконверсии углеводов в этанол, сокращения потерь крахмала на образование побочных метаболитов.

Изучали динамику сбраживания сусла дрожжами расы XII, К-81, 957-05. В ходе сбраживания исследовали изменение несброженных углеводов и этанола. Полученные данные приведены на рисунках 21, 22.

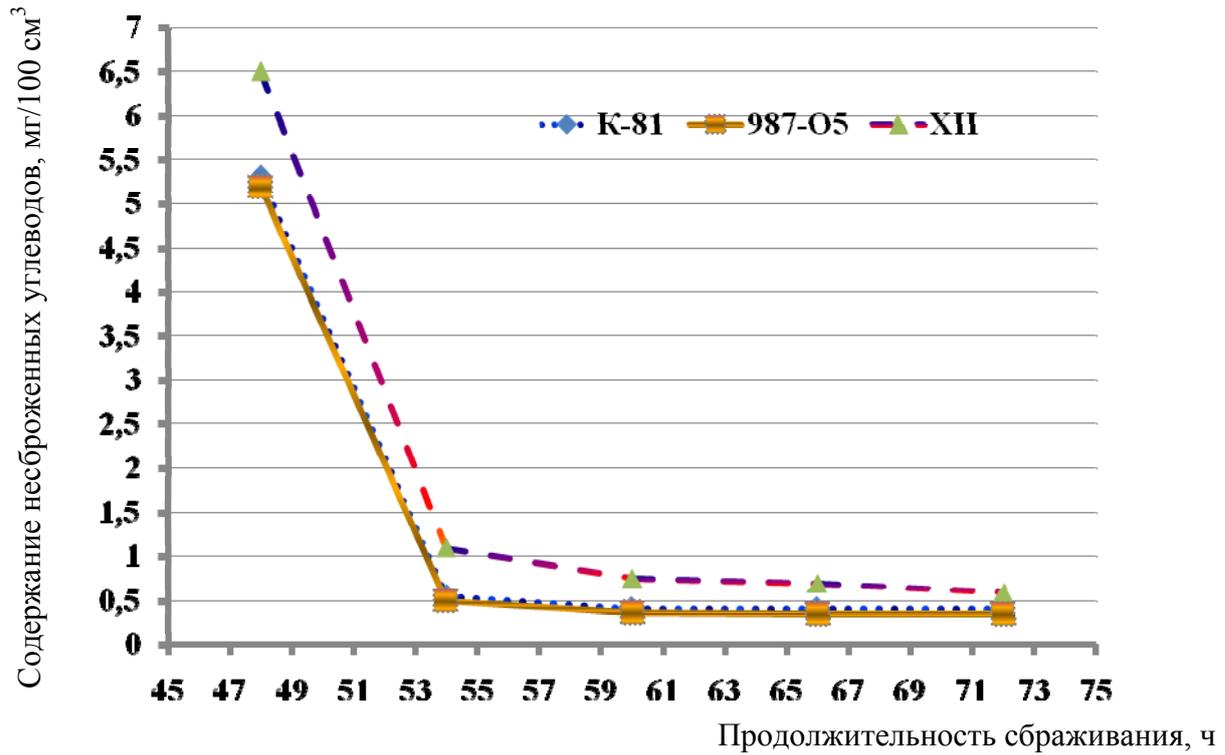


Рисунок 21 - Зависимость содержания несброженных углеводов в бражке от расы дрожжей

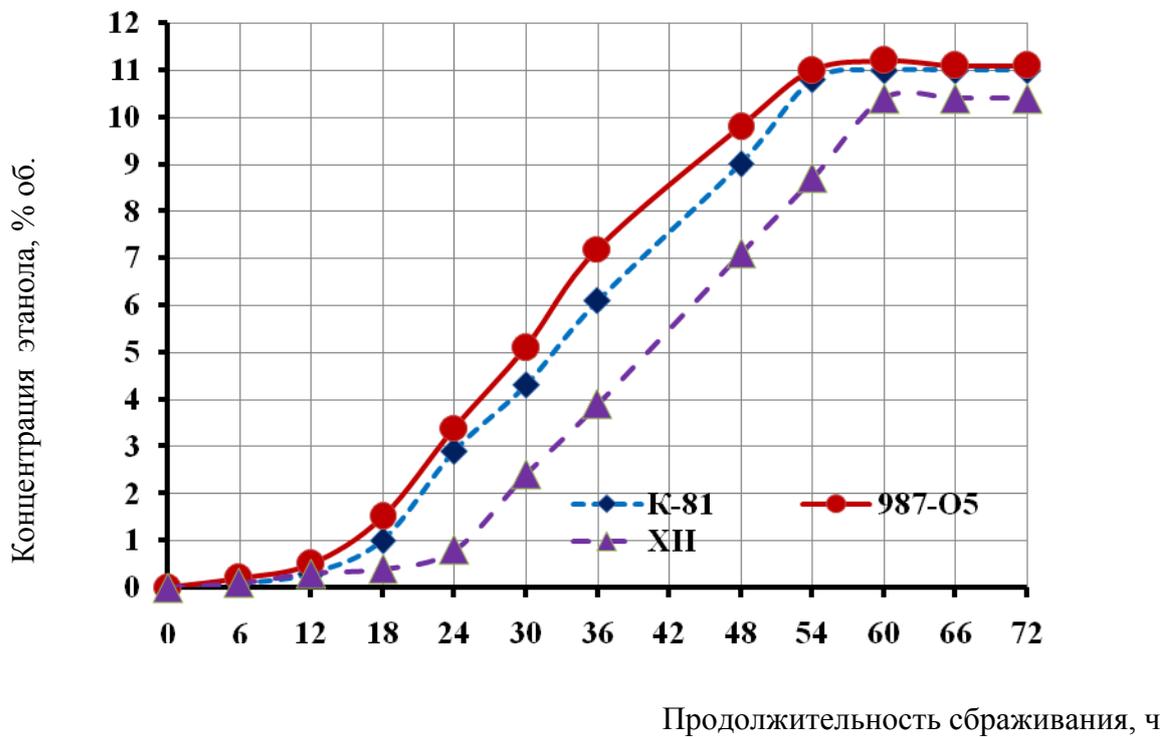


Рисунок 22 – Зависимость изменения концентрации этанола в бражке от расы дрожжей

Как видно из рисунков 21, 22, лучшие результаты получены при использовании дрожжей рас К-81 и 987-О5. Так, содержание несброженных углеводов (РВ) к 54 ч брожения составило 0,65 мг/100 см³ при сбраживании дрожжами расы К-81 и 0,5 мг/100 см³ при сбраживании дрожжами расы 987-О5, тогда как при сбраживании XII расой содержание несброженных углеводов – 1,1 мг/100 см³. На 66 ч сбраживания при использовании рас К-81 и 987-О5 количество РВ составило 0,40 и 0,35 мг/100 см³ соответственно, и 0,60 мг/100 см³ при применении XII расы, а этанола - 10,8 и 11,2 % об., соответственно. Установлено, что при использовании XII расы процесс сбраживания идет с увеличением накопления спирта в бражке на протяжении всего времени исследований и достигает своего максимума к 60-66 ч - 10,7 % об., тогда как при использовании рас 987-О5 и К-81 наивысшее содержание спирта достигается в бражке к 54 ч сбраживания – 11,12 и 11,1 % об. соответственно.

Процесс сбраживания концентрированного суслу анализировали с учетом изменения основных технологических показателей, содержания спирта и побочных метаболитов дрожжей. Известно, что сбраживание концентрированного суслу можно осуществлять при повышенных температурах (около 32-35 °С) [121,123].

Дрожжи при повышенных температурах теряют свою физиологическую активность, что приводит к снижению их конкурентоспособности к посторонней микрофлоре, и как следствие образованию посторонних метаболитов. Поэтому изучали влияние температуры сбраживания на метаболизм дрожжей рас XII, К-81 и 987-О5. Сбраживание осуществляли в течение 48-72 ч при температурах: 28-30 °С и повышенных 32-33 и 35 °С (таблица 25).

Т а б л и ц а 25 – Зависимость физиологической активности различных рас дрожжей от продолжительности сбраживания

Т брожения, °С	Расы дрожжей	Количество дрожжей, млн/см ³							
		24 ч		48 ч			72 ч		
		всего	пачк.	всего	пачк.	мерт.	всего	мерт.	пачк.
28-30	К-81	97	14	138	16	1,7	96	6	1
	987-О5	115	18	142	22	1,0	100	4	1
	ХII	88	10	127	12	3,0	80	15	0
32-33	К-81	148	18	175	22	2,0	103	7	1
	987-О5	146	20	184	24	1,5	112	8	2
	ХII	121	17	150	19	5	81	30	0
35	К-81	62	15	98	10	5	80	25	0
	987-О5	78	14	104	11	2,5	85	20	1
	ХII	54	12	79	8	8	60	44	0

Физиологическое состояние дрожжей при температуре 28-30 и 32-33 °С можно оценить, как хорошее. К 24 ч сбраживания наблюдали в среднем: общее содержание дрожжей составило 97-146 млн/см³, пачкующихся 14-20 млн/см³, к 48 ч общее количество дрожжей и содержание пачкующихся дрожжей увеличилось на 26-42 %. Так, к 48 ч брожения при температуре 28-30 °С максимальное количество дрожжевых клеток наблюдали при использовании расы дрожжей 987-О5. Оно составило: общее – 142 млн/см³, пачкующихся - 22 млн/см³, а минимальное при использовании расы ХII: общее содержание дрожжевых клеток составило 127 млн/см³, пачкующихся 12 млн/см³. При увеличении температуры до 32-33 °С содержание общих и пачкующихся дрожжей возросло до 150-184 млн/см³ и 22-24 млн/см³ соответственно. К 72 ч сбраживания при температуре 28-30 °С при использовании К-81 и 987-О5 количество мертвых клеток составило 4-6 %, против 1,0-1,7 % к 48 ч, для расы ХII 15 % против 3 % к 48 ч. Увеличение температуры до 32-33 °С не привело к существенному изменению физиологического состояния дрожжей. Но когда температура брожения была повышена до 35 °С, это существенно отразилось на физиологической активности дрожжей и более резко выявило их различие. При использовании ХII расы снизилась способность дрожжей к размножению, их упитанность, вырос коэффициент гибели клеток и к 48 ч сбраживания составил 8 % против 2,5 % у расы 987-О5, а к 72 ч – 44 % против 20-25 % у рас К-81 и 987-О5.

ГЛАВА 6 РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЭТИЛОВОГО СПИРТА, ГЛЮТЕНА И КОРМОВОЙ БЕЛКОВОЙ ДОБАВКИ

На основании проведенных исследований была разработана комплексная ресурсосберегающая технология глубокой переработки зернового сырья на этанол с выделением на отдельных стадиях технологического процесса глютена и получением кормовой белковой добавки (приложение И).

Данная технология направлена на повышение рентабельности производства, снижение себестоимости спирта за счет рационального использования всех компонентов зернового сырья.

6.1 Разработка технологического решения получения этанола на основе глубокой переработки зернового сырья

Блок-схема предложенной технологии представлена на рисунке 23. Завод производительностью 6000 дал этанола/сутки, перерабатывает 180 т пшеницы в сутки крахмалистостью 55-56 %, влажностью 12 %, содержанием белка 12 %.

Пшеницу дробят, просеивают на трехпозиционном расसेве, отделяют отруби, причем количество отрубей составляет 36 т (20 %) от массы перерабатываемого зерна, при этом крахмалистость отрубей составила 25 %. Проход через сито $d=0,16$ мм составил 8 %; проход через сито $d=0,20$ мм – 95 %; проход через сито $d=0,25$ мм – 100 %. Пшеничную муку в количестве 144 т смешивают с водой температурой 50 °С в соотношении 1,5:1 в тестомесителе и вносят ферментный препарат «Висколаза» с дозировкой 0,01 % к массе зерна (14,4 кг), а также протеолитический ферментный препарат Протоферм FP с дозировкой 0,6 ед. ПС/г белка.

Замес гомогенизируют в гомогенизаторе. После чего на гидроциклоне разделяют на два потока.

Первый поток содержит А-крахмал и пищевые волокна, второй поток содержит глютен, В-крахмал, пентозаны и растворимые белки.

А-крахмал после гидроциклонов направляют на систему сит, где происходит его промывка. Глютен и В-крахмал разделяют с одновременной промывкой на барабанных ситах. Выделенный глютен высушивали. Выход глютена – 10% от массы перерабатываемого сырья, т.е. 18 т. высушенного глютена с содержанием белка 75 %, влажностью не более 7 %, содержанием золы менее 1 %. Сконцентрированный А-крахмал соединяли с В-крахмалом и получали 22-23 м³ концентрированного замеса/ч с содержанием сухих веществ 20-24 %. Разваривание крахмального замеса осуществляли по механико-ферментативной схеме. Замес с содержанием сухих веществ 24 % перекачивали в аппарат гидродинамической и ферментативной обработки первой ступени (ГДФО-1), добавляли термостабильную альфа-амилазу (Термоферм 3500 L) из расчета 1 ед. амилолитической способности (АС)/т условного крахмала. Замес выдерживали при температуре 75 °С в течение 1 ч. Затем массу перекачивали в аппарат гидродинамической и ферментативной обработки второй ступени (ГДФО-2), доводили температуру до 85 °С и в течение 1 ч осуществляли предварительный ферментативный гидролиз. После чего массу охлаждали до 58 °С и направляли в осахариватель, куда вносили ферментный препарат Биозим 800 L, содержащий в своем составе глюкоамилазу в количестве 7,5 ед. ГлС/г условного крахмала, полученную массу осахаривали в течение 30 мин. Сусло сбраживали в течение 54 ч, получая зрелую бражку в количестве 22-23 м³/ч. Из зрелой бражки сепарацией на сепараторах выделяли дрожжи в количестве 18 т (влажностью 70 %). Выход спирта с 1 т. крахмала крахмального замеса составил 66,4 дал. Выделенные сепарацией дрожжи направляют на плазмолизатор, затем их смешивают с 36 т отрубей, полученную смесь сушат и гранулируют, получая 40 т/сут кормовой добавки с содержанием протеина 25-30 % и влажностью не более 10 %.

Аппаратурно-технологическая схема технологии дана рисунке 24.

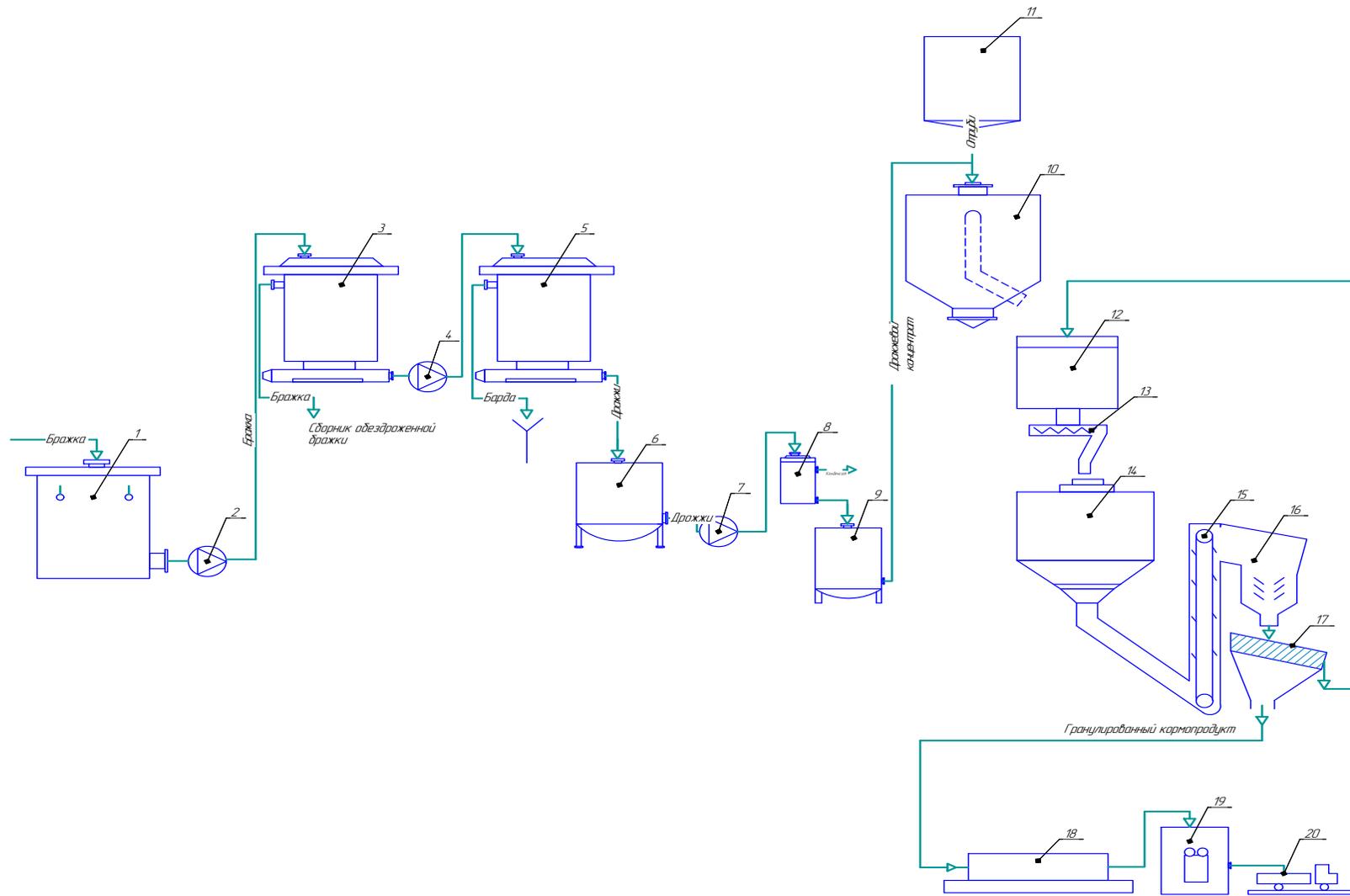


Рисунок 24 - Аппаратурно-технологическая схема получения кормовой белковой добавки

Она состоит из следующих стадий:

- 1) выделение дрожжей из зрелой бражки путем ее сепарации;
- 2) плазмолиз дрожжевого концентрата;
- 3) смешивание дрожжевого концентрата с отрубями и дальнейшее высушивание на распылительной сушилке. В результате высушивания получают белковую добавку с влажностью 8-10 %, обогащенную легкоусвояемым белком (содержание протеина не менее 25 %);
- 4) гранулирование белковой добавки и охлаждение готовых гранул;
- 5) упаковка и отгрузка к потребителю.

На заводе производительностью 6000 дал абсолютного алкоголя в сутки, получают зрелую бражку в количестве 22-23 м³/ч. Из зрелой бражки сепарацией на сепараторах 3 и 5 выделяют дрожжи в количестве 15-18 т (влажностью 70 %).

Дрожжевой концентрат направляют в плазмолизатор 8 с целью обезвреживания концентрата и облегчения последующей сушки. Из плазмолизатора 8 дрожжевой концентрат поступает в сборник дрожжевого концентрата 9, откуда его подают на распылительную сушилку 10, где дрожжевой концентрат смешивается с отрубями из сборника отрубей 11. В результате высушивания получают белковую добавку с влажностью 8-10 %, обогащенную легкоусвояемым белком (содержание протеина не менее 25 %). Полученную добавку направляют в накопительный бункер 12. С помощью шнекового дозатора 13 добавка поступает в гранулятор 14. Сформированные гранулы с помощью нории 15 подаются в охладитель гранул 16, после чего на вибрационный просеиватель 17, где полученные гранулы сортируются по размеру. Полноценные гранулы поступают на автоматические весы 18, а полученный после просеивания отсев снова направляется в накопительный бункер 12. После взвешивания гранулы упаковываются на упаковочной машине 19 и с помощью автомобилепогрузчика 20 отправляются в склад готовой продукции, а далее к потребителю, где используются в качестве белковой добавки к кормам.

6.2 Анализ химического состава и свойств основных и побочных продуктов при реализации новых технологий получения этанола из зернового сырья

В настоящее время в стране существует дефицит протеина в кормах. В расчете на 1 кормовую единицу рациона чаще всего его приходится 80-90 г (по норме 100-110 г). Известно, что вследствие недостатка протеина в рационах ухудшаются перевариваемость и использование кормов, на 30-50 % уменьшается продуктивность животных, снижается качество продукции и увеличиваются затраты кормов на единицу продукции. Поэтому в регулировании этого уровня большую роль играют различные кормовые добавки с повышенным содержанием протеина, включающего в себя незаменимые аминокислоты, макро- и микроэлементы, витамины [11, 20, 23].

Известно, что дрожжи производятся на основе зерновой барды и используются для обогащения комбикормов и скармливания животным в смеси с концентратами, силосом, жомом.

Представляло интерес провести химический анализ белковой добавки, полученной путем смешивания дрожжей, выделенных из зрелой бражки сепарацией, с отрубями.

6.2.1 Исследование физико-химического состава кормовой добавки, ее пищевой и биологической ценности, функциональных свойств

Исследовали состав дрожжей, выделенных из бражки сепарацией, отрубей, отделенных на стадии размола, а также белковой добавки, полученной путем смешивания этих двух продуктов. Полученные данные приведены в таблице 26.

Т а б л и ц а 26 – Пищевая ценность кормовых белковых продуктов

Наименование показателей	Кормовые белковые продукты		
	Кормовые дрожжи	Из отрубей	Белковая добавка, полученная смешением этих продуктов
Сырой жир, %	3,4-14,0	4,8	4,7-5,2
Сырой протеин, %	47-50	32,7	38
Белок по Барнштейну, %	45-48	31,4	36
Общие углеводы, % а.с.в	-	38,1	27,6
в т.ч.			
водорастворимые углеводы	-	3,6	3,9
легкогидролизуемые углеводы	-	7,5	2,6
сырая клетчатка	1,03	12,0	5,5
Зола, %	15,0	9,5	9,4

Из данных таблицы 26 видно, белковый продукт, полученный путем смешивания отрубей и дрожжей, выделенных из зрелой бражки, обладает хорошей питательной ценностью, не уступая растительным белковым добавкам.

Содержание сырого жира колеблется в пределах от 4,7 до 6,2 %, содержание сырого протеина составляет 38 %, что на 20 % ниже, чем в кормовых дрожжах, но на 14 % выше, чем у отрубей. Также выявили, что полученный белковый продукт обогащен микро- и макроэлементами, а также легкогидролизуемыми и водорастворимыми углеводами. Содержание сырой клетчатки составляет 5,5 %, что почти в 2,5 раза ниже, чем в отрубях. Вероятно, это связано с использованием ферментных препаратов целлюлолитического действия, расщепляющих некрахмалистые соединения.

Исследовали аминокислотный и витаминный состав белковой добавки. Под биологической ценностью белка понимают интегральный эффект, который зависит от количества и качества белка в рационе, его перевариваемости протеиназами желудочно-кишечного тракта КРС, от скорости ассимиляции аминокислот.

Из данных таблицы 27 видно, что лимитирующей аминокислотой является триптофан.

Т а б л и ц а 27 – Содержание незаменимых аминокислот в белковой добавке

Название аминокислоты	Содержание, %	АК скор, %
Цистин + метионин	2,17	163
Изолейцин	2,10	138
Лейцин	4,53	170
Лизин	2,03	96
Фенилаланин	2,36	104
Треонин	1,77	118
Триптофан	0,31	82
Валин	2,38	126

Биологическая ценность белковой добавки составила 57,4 %. Основным показателем качества белковых добавок является сумма аминокислот, которая для белковых добавок из зерносырья составляет около 20 %. По содержанию аминокислот, в том числе незаменимых, белки кормовой добавки близки к белкам животного происхождения.

Содержание витаминов в белковых продуктах приведено в таблице 28. Содержание витаминов группы В определяли в соответствии с ГОСТ 32042-2012. Содержание витамина В₁ (тиамина), В₂ (рибофлавина) определяли методом измерения интенсивности флуоресценции, который заключается в извлечении витамина из пробы белковой добавки раствором серной кислоты, окислении его раствором железосинеродистого калия в тиохром, дальнейшей экстракции окисленной формы из водной фазы изобутиловым спиртом и измерении интенсивности флуоресценции.

Витамин В₅ (никотиновая кислота) определили колориметрическим методом. Сущность метода заключается в кислотном гидролизе связанных форм витамина В₅, очистке гидролизата, получении окрашенного раствора и колориметрическом определении в сравнении со стандартным раствором.

Бета-токоферол (Е), альфа-каротин (А) и витамин Н (биотин) определяли в соответствии с ГОСТ 32043-2012 методом обращенно-фазной

высокоэффективной жидкостной хроматографии, который заключается в экстракции витаминов из белковой добавки изопропиловым спиртом и последующем определении содержания витаминообращенно-фазной высокоэффективной жидкостной хроматографией.

Т а б л и ц а 28 – Содержание витаминов в кормовых белковых продуктах

Наименование показателей	Кормовые белковые продукты		
	Кормовые дрожжи	Из отрубей	Смесь этих продуктов
В ₁ (тиамин), мг/кг	5,5-36	1,5	1,4
В ₂ (рибофлавин), мг/кг	42,5-98	31	21,7
В ₃ (пантотеновая кислота), мг/кг	27-128	78	80,0
В ₄ (холин), мг/кг	3060	1380	1290
В ₅ (никотиновая кислота), мг/кг	245-583	180	220
Н(биотин), мг/кг	0,2	0,2	0,2
А(альфа-каротин), мг/кг	0,06-0,2	9,1	5,8
Е (бета-токоферол), мг/кг	2,45-54,7	35,2	18,2

Повышенная биологическая ценность белковой добавки обусловлена содержанием в них протеина (30-50 %) и витаминов группы В, тесно связанных с белковым обменом в организме животных. В значительных количествах в белковой добавке содержатся также витамины группы А, Е, Д.

В кормовых продуктах идентифицированы токоферолы. Был исследован минеральный состав кормовых дрожжей, отрубей и смеси этих продуктов (белковая добавка). Результаты исследований приведены в таблице 29.

Т а б л и ц а 29 – Содержание минеральных веществ и тяжелых металлов в кормовых белковых продуктах

Наименование показателей	Кормовые белковые продукты		
	Кормовые дрожжи	Из отрубей	Смесь этих продуктов
Кальций, г/кг	3,8-2,9	6,78	5,44
Фосфор, г/кг	13,4-28	18,2	17,4
Калий, г/кг	13,05	13,85	14,87
Натрий, г/кг	1,015	1,37	1,09
Магний, г/кг	0,79	5,44	3,82
Марганец, мг/кг	176	295	235
Цинк, мг/кг	935,5	120	120
Медь, мг/кг	5,5	17,9	15,5
Железо, мг/кг	658	760	870
Тяжёлые металлы, мг/кг: Pb	1,4	0,1	Не обн.
Cd	Не обн.	0,46	Не обн.
As	Не обн.		Не обн.
Cr	Не обн.		Не обн.
Ni	1,5	0,18	Не обн.
Hg	0,05		Не обн.
Фтор, мг/кг	11		28
Нитраты, мг/кг			
Нитриты, мг/кг			
Металломагнитные примеси, мг/кг	Не обн.	Не обн.	Не обн.

Можно предположить, что соотношение фосфора и кальция в белковой добавке обеспечит нормальное развитие костного скелета молодняка. Имея такой сложный состав, кормовая добавка позволяет большую часть валовой энергии кормов превратить в организме животных и птиц в обменную энергию, а следовательно, увеличивает привес и приводит к экономии затрат на корма на 10-15 %.

Основную часть минеральных веществ кормовых белковой добавки составляют фосфор (около 50 %), калий (около 13,0 %), кальций (около 3 %), магний (около 1 %). Кроме того, в состав дрожжевых клеток входят и микроэлементы.

Микроэлементы – Fe, Mn и Zn содержатся в данных добавках в большом количестве, но концентрации Cu и P – на том же уровне.

Исследовали состав кормовой белковой добавки, полученной с внесением на стадии получения водно-мучнистой суспензии пшеницы целлюлолитического ферментного препарата Висколаза 150 L и без него. Ферментный препарат вносили на стадии приготовления водно-мучнистой суспензии и пшеницы дозировкой 0,01 % к массе сырья. Полученные данные представлены в таблице 30.

Т а б л и ц а 30 – Состав кормовой белковой добавки (в пересчёте на а.с.в.%)

Наименование продукта	Массовая доля сырого протеина	Массовая доля белка по Барнштейну	Массовая доля углеводов Растворимых углеводов	Массовая доля золы	Массовая доля клетчатки	Массовая доля сырого жира
Белковая добавка без Висколазы 150L	30-34,7	25,8-31,4	2,4-3,6	5,3-6,8	12,0-15,3	2,34-4,8
Белковая добавка с Висколазой 150L	31,5-37,3	28,7-33,7	2,6-5,7	6,2-7,3	4,2-6,1	4,7-5,2

Из данных таблицы 30 следует, что белковые кормовые добавки, полученные с и без добавления целлюлолитического ферментного препарата обладают высоким качеством по содержанию сырого протеина и белка. Так, содержание сырого протеина в белковой добавке с внесением в водно-мучнистую суспензию Висколазы 150 L составило 37 %, тогда как без ферментного препарата 34 %. Количество легкорастворимых полисахаридов и массовая доля золы были практически на одном уровне от 2,4 до 5 % и от 5,5 до 7,0 % соответственно. Содержание клетчатки в белковой добавке с использованием Висколазы 150 L составляло 4,2-6,1 %, что в 2,5 раза ниже, чем в белковой добавке, полученной без ферментного препарата. Это объясняется тем, что ферментные препараты, содержащие целлюлазы (эндоглюканазы, целлобиогидролазы, β -глюкозидазы), гидролизуют некрахмалистые полисахариды, такие, как целлюлоза, что позволит получить дополнительный источник сбраживаемых углеводов.

6.3 Расчет экономической эффективности

Провели экономический расчет эффективности применения усовершенствованной технологии производства этилового спирта из концентрированного зернового сусле с выделением на отдельных стадиях технологического процесса глютена и получением кормовой белковой добавки для спиртового завода производительностью 6000 дал спирта в сутки на стадиях приготовления замеса, выделения глютена, проведения водно-тепловой обработки и осахаривания, сбраживания, получения белковой добавки.

При переработке концентрированного крахмального сусле механико-ферментативным способом можно:

- снизить продолжительность технологического процесса получения сусле, а также затраты на топливо и электроэнергию;
- сократить расход ферментных препаратов.

Расчет инвестиционных расходов приведен в таблице 31. Затраты на производство промышленной продукции учитывались по следующим статьям: сырье и материалы, вспомогательные материалы, топливо, энергия, заработная плата и т.д.

Т а б л и ц а 31 – Бюджет инвестиций

№ п/п	СТАТЬИ БЮДЖЕТА	План 2015
1	2	3
1	Разрешительная документация	4 130,00
1.1.	Оформление проектной документации	2 300,00
1.2.	Обучение и аттестация ответственных лиц	50,00
1.3.	Экспертиза проектной документации	1 500,00
1.4.	Поверка средств измерений	100,00
1.5.	Аттестация производственной лаборатории	150,00
1.6.	Сбор информации и получение свидетельств	30,00
2	Оборудование и монтажные работы	259 385,00
2.1.	Оборудование	176 475,00
2.2.	Демонтажные работы	360,00
2.3.	Строительные и монтажные работы по установке оборудования	82 550,00
3	Логистика	54 600,00
3.1.	Доставка оборудования	54 600,00
4	Финансовое обеспечение	3 705,00
4.1.	Страхование оборудования	1 000,00
4.2.	Оформление кредитной линии	2 705,00
Итого		321 820,00

В таблице 32 приведены необходимые объемы переработки сырья и его основные параметры.

Т а б л и ц а 32 – Объемы переработки сырья и его параметры при производстве этанола

Показатели	Ед. изм.	
Количество рабочих дней	дней	305
Суточная мощность по спирту	дал/сут	6 000
Выход спирта за период	дал	1 830 000
Крахмалистость пшеницы	%	55 %
Влажность	%	12,0 %
Выход спирта из 1 т усл. крахмала пшеницы	дал	66,4
Потребность в усл. крахмале за период	т	27 560
Потребность в пшенице за период	т	50 110

Для производства белковой добавки расход зерна увеличится на 5011 т за период, выход готового продукта составит 40 т/сут.

Итого потребность в пшенице за период составит 55 120 т

Выход глютена составит 10 % от массы перерабатываемого сырья. т.е.

$$55\,120 \cdot 10\% = 5512 \text{ (т/год),}$$

$$5512 / 305 = 18 \text{ (т/сут).}$$

Проведя маркетинговые исследования рынка зерна, можно спрогнозировать среднюю цену по году на пшеницу - 8200 р/т, в том числе НДС 10 % 745,45 р.

Стоимость закупки зерна = Цена (без НДС)*Количество.

$$\begin{aligned} \text{Стоимость сырья на производство спирта} &= 8200 / 1,1 \cdot 50\,110 = \\ &= 373\,543\,761,82 \text{ р в год.} \end{aligned}$$

$$\text{Стоимость сырья} = 8200 / 1,1 \cdot 55\,120 = 410\,898\,138,01 \text{ р в год}$$

Расходы ферментов и вспомогательных материалов приведены в таблицах 33, 34.

Т а б л и ц а 33 – Нормы расходов ферментов и вспомогательных материалов

Показатели	Ед. изм.	
Норма расхода разжижающих ферментов на 1000 дал спирта	кг	14,36
Норма расхода осаживающих ферментов на 1000 дал спирта	кг	20,81
Норма расхода вспомогательных ферментов на 1000 дал спирта	кг	6,6
Норма расхода серная кислота на 1000 дал спирта	кг	22,8
Норма расхода хлорная известь на 1000 дал спирта	кг	25
Норма расхода карбамид на 1000 дал спирта	кг	10

Т а б л и ц а 34 – Цены на ферменты и вспомогательные материалы

Показатель	Ед. изм.	Цена за кг	в т.ч. НДС 18 %	Цена без НДС
Цена на разжижающие ферменты	руб	400,00	61,00	339,00
Цена на осаживающие ферменты	руб	485,00	74,00	411,00
Цена на вспомогательные ферменты	руб	920,00	140,30	779,60
Цена на серную кислоту	руб	40,00	6,10	33,90
Цена на хлорную известь	руб	30,00	4,60	25,40
Цена на карбамид	руб	30,00	4,60	25,40

Стоимость ферментных препаратов и вспомогательных материалов на период составит:

Стоимость = Норма расхода*Объем произведенной продукции за период/1000*Цену.

$$\begin{aligned} \text{Стоимость разжижающих ферментов} &= 14,36 * 1830 * (400 / 1,18) = \\ &= 8\,908\,067,8 \text{ р.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Стоимость осаживающих ферментов} &= 20,81 * 1830 * (485 / 1,18) = \\ &= 15\,652\,470,76 \text{ р.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Стоимость вспомогательных ферментов} &= 6,6 * 1830 * (920 / 1,18) = \\ &= 9\,416\,745,76 \text{ р.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Стоимость вспомогательных материалов} &= 1830 * \\ (22,8 * 33,9 + 25 * 25,4 + 10 * 25,4) &= 3042762,7 \text{ р.} \end{aligned}$$

Общая стоимость = 37 020 047,03 р за период.

Фонд заработной платы работников предприятия рассчитывают из среднемесячной заработной платы. В состав среднемесячной заработной платы рабочего входят тарифная ставка, сдельный приработок (если оплата труда сдельная), премии и доплаты. Среднемесячная заработная плата

рабочего, служащего, инженерно-технического или руководящего состава состоит из месячного должностного оклада, доплат и премии.

Уровень тарифной ставки рабочего определяют на основе разряда квалификации, действующей системы оплаты труда (сдельно-премиальная; или повременно-премиальная) и условий труда (нормальные, тяжелые и вредные, особо тяжелые и особо вредные).

Месячная тарифная ставка одного основного производственного рабочего определяется по формуле:

$$T_{\text{мес}} = T_{\text{час}} \cdot 164,25, \quad (5)$$

где 164,25 – среднемесячное число рабочих часов.

Численность предприятия производительностью 6000 дал/сут этанола с получением пшеничного глютена и белковой добавки составит 146 человек. Затраты на оплату труда в год рассчитаны в таблице «Расчет фонда оплаты труда». Доплата за работу в ночное и праздничное время – 22 %, размер премии по заводу - 30 %. Размер ежемесячной выплачиваемой премии регулируется положением об оплате труда и стимулировании работников на предприятии.

Выплаты на социальные нужды принимаются по действующим нормативам 30,2 % от суммы заработной платы.

Расчетное количество энергоресурсов приведено в таблице 35.

Т а б л и ц а 35 – Расчеты по энергоресурсам

№п/п	Расчет эл. энергии и газа	Ед. изм.	В час	В сутки	В год	Цена без НДС	Сумма
1	Потребление эл. энергии на производство спирта	кВт*ч		27 000	8 235 000	3,81	31 404 661
2	Потребление эл. энергии на установку	кВт*ч	1 350	32 400	9 882 000	3,81	37 685 593
3	Освещение, технологические нужды	кВт*ч		2 700	823 500	3,81	3 140 466
4	Газ на производство спирта	куб. м		59 400	18 117 000	5,08	92 120 339
5	Газ на технологические нужды	куб. м	480	11 520	3 513 600	5,08	17 865 763

Общехозяйственный расходы приведены в таблице 36.

Общепроизводственные расходы приведены в таблице 37.

Т а б л и ц а 36 – Общехозяйственные расходы

	Наименование	Ед. изм.	Год
1	Материалы	руб	606 000,00
1.1.	Канц. товары, полиграфия	руб	85 000,00
1.2.	Расходные материалы для орг техники	руб	126 000,00
1.3.	Аппаратное обеспечение	руб	295 000,00
1.4.	Прочее	руб	100 000,00
2	Услуги непроизводственного характера	руб	6 297 200,00
2.1.	Охрана	руб	1 320 000,00
2.2.	Аренда	руб	1 368 000,00
2.3.	Связь, Интернет	руб	574 200,00
2.4.	Электронная отчетность, сопровождение ПО, почта	руб	259 000,00
2.5.	Аудит	руб	300 000,00
2.6.	Подготовка кадров	руб	285 000,00
2.7.	Юридические услуги	руб	50 000,00
2.8.	Нотариальные услуги, госпошлина	руб	191 000,00
2.9.	Услуги банка	руб	300 000,00
2.10.	Автоуслуги по доставке ТМЦ	руб	1 050 000,00
2.11.	Прочее	руб	600 000,00
	Итого	руб	6 903 200,00
	НДС 18%	руб	1 053 030,51
	Итого без НДС	руб	5 850 169,49

При производстве пшеничного глютена и белковой добавки общехозяйственные и общепроизводственные расходы увеличатся на 5 %.

Начисление амортизации предусмотрено для погашения стоимости объектов основных средств. Понятие амортизации можно рассматривать в узком и широком смысле. В узком смысле амортизация представляет собой процентное выражение износа основных средств. В широком смысле амортизация является процессом постепенного переноса стоимости основных средств на произведенные товары (работы, услуги). В соответствии с Положением по бухгалтерскому учету № 6/01 «Учет основных средств» сроком полезного использования основных средств является период, в течение которого использование объекта основных средств будет приносить экономические выгоды. Норма амортизационных отчислений зависит от срока полезного использования и первоначальной стоимости объекта основных средств.

Т а б л и ц а 37 – Общепроизводственные расходы

№ п/п	период		2015
	Наименование затрат	Ед. изм.	январь
1	Материалы	руб	8 410 000,00
1.1.	ГСМ	руб	3 360 000,00
1.2.	Расходы на содержание зданий и сооружений	руб	600 000,00
1.3.	Расходы на содержание оборудования	руб	2 400 000,00
1.4.	Стройматериал	руб	1 440 000,00
1.5.	Спец одежда и СИЗ	руб	60 000,00
1.6.	Инвентарь для лаборатории, приборы реактивы	руб	300 000,00
1.7.	Прочее	руб	250 000,00
2	Услуги производственного характера	руб	2 532 000,00
2.1.	Пожарная охрана	руб	40 000,00
2.2.	Вывоз ТБО	руб	36 000,00
2.3.	Услуги СЭС	руб	228 000,00
2.4.	Поверка	руб	420 000,00
2.5.	Услуги для лаборатории	руб	360 000,00
2.6.	Обслуживание ЕГАИС	руб	600 000,00
2.7.	Обслуживание производ оборудование ТО	руб	200 000,00
2.8.	Услуги по экологии	руб	108 000,00
2.9.	Прочее	руб	540 000,00
	Итого	руб	10 942 000,00
	НДС 18 %	руб	1 669 118,64
	Итого без НДС	руб	9 272 881,36

Стоимость основного оборудования составляет 50 млн р. Амортизация начисляется линейным способом. При использовании линейного способа начисление амортизации производится исходя из первоначальной стоимости объекта основных средств на начало отчетного периода и нормы амортизации. Норма амортизации зависит от срока полезного использования. Срок полезного использования определяется бухгалтером самостоятельно при принятии основного средства к учету.

Соответственно для получения ежемесячной суммы амортизации полученную годовую сумму амортизационных отчислений следует разделить на 12 месяцев.

Срок полезного использования технологического оборудования - 10 лет,

Норма амортизации – 10 %.

Годовая сумма амортизационных отчислений - $50\,000\,000 * 10\% / 100\% = 5\,000\,000$.

Ежемесячная амортизация составит - 416 667 р.

При внедрении новой технологии стоимость основного технологического оборудования увеличится на 259 385 000 р.

Годовая сумма амортизационных отчислений составит $309\,385\,000 * 10\% / 100\% = 30\,938\,500$ р.

Ежемесячный платеж - $30\,938\,500 / 12 = 2\,578\,208$ р.

Плата за пользование водными ресурсами. Субъектами платы за пользование водными объектами являются организации и предприниматели, осуществляющие на основании лицензии непосредственное пользование водными объектами с применением сооружений, технических средств или устройств.

Предприятие потребляет в час 32 м³ воды, в сут 768 м³, в год 234 240 м³ в год. Сумма налога на воду составит 78 705 р/год.

Ставка по налогу на имущество составляет 2,2 %.

Сумма налога = Среднегодовая стоимость имущества * Ставка налога.

Сумма налога = $50\,000\,000 * 2,2\% = 1\,100\,000$ р.

Транспортный налог составляет 15 000 р ежеквартально.

Итого затрат по налоговым платежам в год составит 1 238 705 р.

Учитывая все расходы составим сводную таблицу затрат (таблица 38).

Т а б л и ц а 38 – Сводная таблица затрат

№п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Производство спирта	Производство спирта с получением пшеничного глютена и белковой добавки
1	Зерно	руб	373 543 761,82	410 898 138,01
2	Ферменты и вспомогательные материалы	руб	37 020 047,03	37 020 047,03
3	Энергоресурсы	руб	144 531 228,81	182 216 822,03
4	Заработная плата и социальные взносы	руб	33 709 963,77	38 024 088,57
5	Общехозяйственные расходы	руб	5 850 169,49	6 142 677,97
6	Общепроизводственные расходы	руб	9 272 881,36	9 736 525,42
7	Амортизация	руб	5 000 000,00	30 938 500,00
8	Налоги	руб	1 238 705,00	1 238 705,00
9	Итого затрат в год	руб	610 166 757,29	716 215 504,03

Диаграмма увеличения затрат при производстве спирта с получением пшеничного глютена и белковой добавки приведена на рисунок 25.

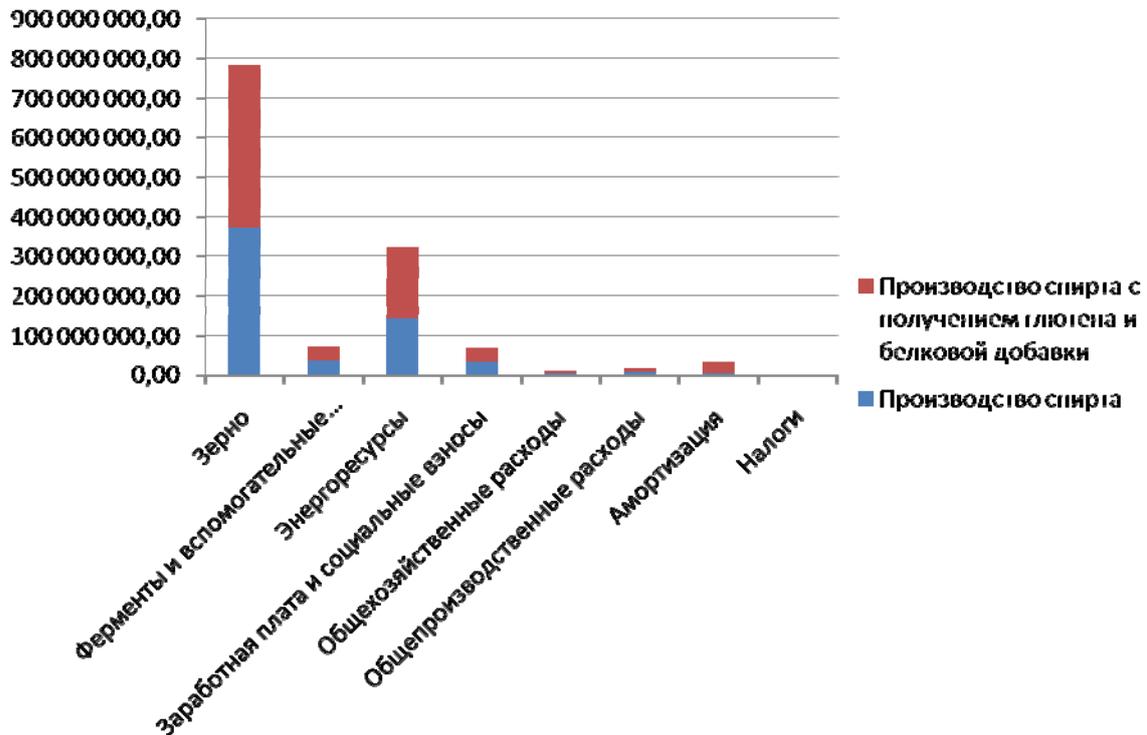


Рисунок 25 - Диаграмма увеличения затрат при внедрении предлагаемой технологии

Как видно из рисунка 25, при внедрении данной технологии на спиртовом заводе необходимо будет в 2 раза увеличить затраты на зерно, ферментные препараты и вспомогательные материалы, энергоресурсы, и в 4 раза увеличить затраты на амортизацию.

Также для производства спирта с получением пшеничного глютена и белковой добавки необходимо финансовых вложений 321 820 000 р. На данную сумму оформляется кредитный договор сроком на 5 лет со ставкой 25 % годовых (% за кредит в р – 80 455 000).

Следовательно, дополнительные расходы в год составят 80 455 000 р проценты по кредиту.

Расчет финансовых показателей:

При реализации всего объема произведенного спирта по цене 507,4 р с НДС выручка составит:

Выручка = Объем * Цену.

Выручка = 1830 000 * 507,4 = 928 542 000 р; в т.ч. НДС 18% 141 642 000 р.

Чистая прибыль = Выручка (без НДС) – Затраты.

Чистая прибыль от реализации спирта = 786 900 000 - 610 166 757,29 = 176 733 242,71.

Рентабельность продаж спирта = $176\,733\,242,71 / 610\,166\,757,29 \times 100\% = 28,96\%$.

Среднерыночная стоимость пшеничного глютена = 65 000 р за т.

Объем выпускаемой продукции в год 10 % от объема перерабатываемого зерна = 5512 т/год.

Выручка от реализации пшеничного глютена составит = $5512 * 65000 / 1,18 = 303\,627\,118,65$ р в год.

Среднерыночная стоимость белковой добавки = 5 000 р за т.

Объем выпускаемой продукции в год = 40 т/сут * 305 раб. дней = 12 200 т/год.

Выручка от реализации белковой добавки = $12\,200 * 5000 / 1,18 =$
 $= 51\,694\,915,3$ р. в год.

При внедрении новых технологий суммарная выручка составит:

Выручка = Выручка от спирта + выручка от пшеничного глютена +
 выручка от белковой добавки.

Выручка = $786\,900\,000 + 303\,627\,118,65 + 51\,694\,915,3 = 1\,142\,222\,033,95$ р

Чистая прибыль = Выручка - Затраты - Дополнительные затраты.

Чистая прибыль = $1\,142\,222\,033,95 - 716\,215\,504,03 - 80\,455\,000 =$
 $= 345\,551\,529,90$ р.

Рентабельность продаж = $345\,551\,529,90 / (716\,215\,504,03 +$
 $+ 80\,455\,000) * 100 \% = 43,37 \%$.

При внедрении новой технологии переработки сырья с получение пшеничного глютена и белковой добавки рентабельность продаж в 1,5 раза выше (таблица 39).

Т а б л и ц а 39 – Техничко-экономические показатели от внедрения технологии

Наименование показателя	
Выручка от продаж, р	1 142 222 034
Затраты, р	716 215 504
Дополнительные затраты, р	80 455 000
Налог на прибыль 20 %, р	69 110 306
Чистый денежный поток, р	276 441 224
окупаемость инвестиций, мес	14

Окупаемость инвестиций = Сумма инвестиционных вложений / Чистый денежный поток * 12 = 14 месяцев.

Срок окупаемости проекта составит 1 год 2 месяца.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлено, что в результате двухстадийного измельчения частиц (проход через сито d 0,16-0,25 мм не менее 85 %) пшеницы происходит не только разрушение целостности структуры зерна и его клеток, но и механохимическая деструкция высокомолекулярных соединений.

2. Установлено, что под действием целлюлолитических ферментов происходит последовательный гидролиз некрахмальных полисахаридов до низкомолекулярных углеводов (глюкозы). Так при использовании ферментного препарата Целлюкласт 1,5 L количество редуцирующих сахаров увеличилось на 3-5 %, крахмала снизилось на 1-3 %, целлюлоза гидролизовалась на 10-15 %, количество растворимых углеводов возросло на 2-5 %.

3. Выявлено, что обработка водно-мучнистой суспензии пшеницы ферментными препаратами протеолитического действия обеспечивает изменение фракционного состава белкового комплекса как водно-мучнистой суспензий пшеницы, так и концентрированного сусла. При этом концентрированное сусло обогащается аминным азотом, качество пшеничной клейковины не ухудшается.

4. Установлены оптимальные технологические параметры, позволяющие в процессе гидролиза получить максимальное количество растворимого белка, пептидов и аминокислот, тирозина, так температура протеолиза составила 53-56 °C, продолжительность воздействия 18-20 мин, дозировка ферментного препарата 0,4-0,6 ед. ПС/г белка.

5. Определены факторы, влияющие на процесс получения концентрированного сусла по предлагаемой технологии. Показано, что для достижения требуемых реологических характеристик сусла водно-тепловая обработка должна начинаться с 70 °C. В качестве ферментного препарата разжижающего действия рекомендован ферментный препарат Термоферм 3500 L в дозировке 1 ед. АС/г условного крахмала. Выявлены режимы

получения сусла, обеспечивающие снижение общей продолжительности стадий водно-тепловой и ферментативной обработки с 3,5 до 2 ч.

6. Определено влияние различных факторов на процесс сбраживания концентрированного сусла после выделения глютена. Доказано, что использование расы 987-05 и внесение протеолитических ферментных препаратов Протоферм FP и Висколаза 150L в водно-мучнистую суспензию пшеницы позволяет сократить длительность брожения с 72 до 54 ч, увеличить выход этанола с 9,1 до 11,1 % об., снизить содержание несброженных углеводов с 0,7 до 0,4 г/100 см³, а также в 1,5-2 раза снизить образование побочных метаболитов, сопутствующих синтезу этанола, и повысить концентрацию аминного азота в сусле в 2 раза.

7. Получена обогащенная легкоусвояемым протеином белковая добавка с содержанием протеина не менее 30 %.

8. Усовершенствована технология этанола из концентрированного зернового сусла с выделением на отдельных стадиях технологического процесса глютена и получением кормовой белковой добавки путем глубокой переработки зернового сырья.

9. Проведены опытно-промышленные испытания новой технологии в условиях ОАО «Новопесчаское». Условно-годовая экономия от снижения себестоимости продукции для завода мощностью 6000 дал/сут составила 10,65 млн р.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова, И.М. Особенности переработки пшеничного сырья, обеспечивающие производство спирта с высокими показателями качества / И.М. Абрамова // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2012. – № 1. – С. 4–6.
2. Алексеева, Н. И. Исследование глюкоамилазы дрожжей *Saccharomycescerevisiae* Y–717 по кинетике кислотной и термической инактивации / Н. И. Алексеева, А. Е. Чусова // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2012. – № 4. – С. 16–17.
3. Алексеева, Н.И. Оптимизация водно–тепловой и ферментативной обработки для комплексной технологии переработки зерна на спирт и крахмал / Н.И. Алексеева, Е.Д. Фараджева // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2011. – № 1. – С. 27–29.
4. Алексеева, Н.И. Разработка комплексной технологии переработки зерна на спирт с частичным выделением крахмала / Н.И. Алексеева, Е.Д. Фараджева, А. Е. Чусова // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2011. — № 1. — С. 7-8.
5. Амелякина, М.В. Белковый продукт, полученный из зерна пшеницы по одностадийной экструзионно- гидролитической технологии / М.В. Амелякина, Л. В. Римарева, В. В. Иванова, Е. И. Курбатова // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2013. — № 3. — С. 17-19.
6. Амелякина, М. В. Влияние протеолитических ферментов на эффективность разделения зернового суслу на твердую и жидкую фракцию / М. В. Амелякина, Л.В. Римарева, В. И. Степанов, В. В. Иванов // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2012. – № 2. – С. 27-29.
7. Амелякина, М. В. Инновационная технология этанола и белкового концентрата на основе интеграционных процессов одностадийной переработки зернового сырья / М. В. Амелякина, А. Ю. Шариков,

В. И. Степанов // Научные труды 5-й Конференции молодых ученых и специалистов институтов Отделения хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Россельхозакадемии. — 2011. — С. 28-30.

8. Анализ рынка спирта этилового в России в 2009-2013 г., прогноз на 2014-2018 г. [Электронный ресурс] / Отчет. Режим доступа: <http://research.coolidea.ru/index.php?parent=rubricator&child=getresearch&id=105553>. Загл. с экрана.

9. Андреев, Н.Р. Структура, химический состав и технологические признаки основных видов крахмалсодержащего сырья / Н.Р. Андреев, В.Г. Карпов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – № 7. – С. 30–33.

10. Андриенко, Т.В. Разработка комплексной технологии получения этилового спирта и сухого кормопродукта повышенной усвояемости из ИК–обработанного зерна ржи: дис... канд. техн. наук / Андриенко Т.В. – М., 2008. – 136 с.

11. Андриенко, Т.В. Сухие кормопродукты повышенного качества из ржаной послеспиртовой барды / Т.В. Андриенко, В.А. Поляков, Л.Н. Крикунова // Хранение и переработка сельхозсырья. -2007. -№ 10. -С. 46-49.

12. Антипов, С.Т. Проблемы комплексной переработки послеспиртовой зерновой барды / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев // Производство спирта и ликероводочных изделий. -2005. -№ 4. -С. 9-12.

13. Арсеньев, Д.В. Новые технологии для спиртовой отрасли и кормового производства / Д.В. Арсеньев // Производство спирта и ликероводочных изделий. - 2001. -№ 4. -С. 24–25.

14. Бабаева, С.А. Роль азотного и углеводного состава среды и условий сбраживания на процесс образования высших спиртов дрожжами: автореф. дис... канд. техн. наук / Бабаева С.А. –М., 1996. –24 с.

15. Баракова, Н.В. Разработка технологии этилового спирта при пониженных температурных режимах водно-тепловой и ферментативной обработки высококонцентрированных замесов из ячменя: дис. ... канд. техн. наук / Баракова Н.В. – СПб., 2010. – 100 с.

16. Баракова, Н. В. Исследование влияния степени диспергирования зерна на технологические параметры при производстве спирта из пшеницы / Н. В. Баракова, А. С. Устинова // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы 3-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Часть 1. – Бийск, 2010. – С. 220-222.

17. Баракова, Н.В. Влияние ферментных препаратов на вязкость высококонцентрированных замесов из ячменя при производстве этилового спирта / Н.В. Баракова, В.Б. Тишин, А.В. Леонов // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2010. – № 4. – С. 24–26.

18. Баштовой, А.Н. Общая биологическая ценность – важнейший показатель качества и безопасности кормовых продуктов концентрированного сусла из ячменя / А.Н. Баштовой, О.В. Сахарова, Л.И. Сумина // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2008. – № 3. – С. 33–35.

19. Биохимия дрожжей / под ред. С. А. Коновалов. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 240 с.

20. Бирагова, Н.Ф. Влияние ферментных препаратов на качество процесса осахаривания крахмалсодержащего сырья / Н.Ф. Бирагова, С.Р. Бирагова, М.М. Гацунаева, Р.Р. Елиури // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2010. – № 1. – С. 32–33.

21. Братский, Ф.Д. Оценка качества сырья и комбикормов / Ф.Д. Братский, А.Д. Пелевин. – М.: Колос, 1983. – 244 с.

22. Булий, Ю.В. Энергосберегающая технология ректификации этилового спирта / Ю. В. Булий, П. Л. Шиян, А. П. Дмитрук // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2012. - № 3. – С. 14-16.

23. Бушин, М. А. Интенсификация процесса производства этилового спирта на основе целенаправленного использования протеолитического

ферментного препарата: дис ... канд. техн. наук: 05.18.07/ Бушин Максим Анатольевич. – Воронеж, 2006. – 169 с.

24. Востриков, С.В. Влияние температуры на образование побочных продуктов при сбраживании осветленного зернового сусла / С.В. Востриков, Г.Г. Губрий, Е.А. Горшков // Известия вузов. Пищевая технология. – 2001. – № 1. – С. 36–38.

25. Востриков, С.В. Динамика накопления примесей этилового спирта при сбраживании различных видов сусла // С. В. Востриков, О. Ю. Мальцева, Е. В. Федорова // Известия вузов. Пищевая технология. – 1999. – № 1. – С. 19-21.

26. Гельфанд, Е.Д. Утилизация послеспиртовой барды / Е.Д. Гельфанд // Производство спирта и ликероводочных изделий. - 2008. -№ 2. - С.34 -35.

27. Гельфанд, Е.Д. Новые возможности утилизации послеспиртовой барды / Е.Д. Гельфанд // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2012. – № 2. – С. 24–25.

28. Гнеушева, И.А. Кормовые биологически активные добавки для промышленного животноводства /И.Г. Гнеушева // Хранение и переработка с.-х. сырья . – 2012. – № 3 . – С. 30-32.

29. Грачев, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов Текст. / Ю.П. Грачев. - М.: Пищевая промышленность, 1979. – 198 с.

30. Грачева, И.М. Технология ферментных препаратов: учебное пособие / И.М. Грачева, А.Ю. Кривова.– 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во “Элевар”, 2000. –512с.

31. Громов, С.И. Исследование режимов приготовления высококонцентрированного сусла / С.И. Громов, С.В. Пыхова, Л.Д. Голубева // Ликёроводочное производство и виноделие. – 2006. – № 3. – С. 9-11.

32. Гурковская, Е.А. Аминокислотный состав и функциональные свойства лейкозина, выделенного из муки зародышей пшеницы / Е.А. Гурковская, Е. В. Грузинов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. - №7. - С. 24-26.

33. Давыденко, С.Г. Скрининг штаммов спиртовых дрожжей для сбраживания высококонцентрированного сула [Электронный ресурс] / С. Г. Давыденко // Электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств». – СПб: СПбГУНиПТ, 2012. – №2. – (<http://www.open-mechanics.com/journals>).

34. Досжанова, А.С. Характеристика фракционного состава белковых веществ пшеничной и зернобобовой муки / А. С. Досжанова, Г. К. Искакова // Вестник Нац. инженерной академии РК. – 2008. – № 1. – С. 122-126.

35. Дубовицкий, Ю.Е. Повышение эффективности переработки пшеницы при выработке этанола / Ю.Е. Дубовицкий, В.В. Колпакова, Л.Н. Крикунова // Производство спирта и ликероводочных изделий. -2001. - № 4. -С. 18-20.

36. Долгов, А.Н. Зависимость фракционного состава белковых веществ от степени измельчения пшеницы при разработке комплексной ресурсосберегающей технологии глубокой переработки зернового сырья на этанол / А.Н. Долгов, Г.В. Агафонов, Н.В. Зуева // Материалы Международной научно-технической конференции "Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение" в 2 ч., Ч.1. -Воронеж: ВГУИТ, 2014. – С. 37-42.

37. Долгов, А.Н. Зависимость показателей зрелой бражки от дозировок осаживающих ферментных препаратов / А.Н. Долгов, Г.В. Агафонов, Н.В. Зуева, В.А. Вертепова, М.О. Рубцова, К.П. Попова // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья». – Воронеж, 2014. – С. 149 – 153.

38. Ермолаева, Г. А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия / Г. А. Ермолаева. – СПб: Профессия, 2004. – 538 с.
39. Журба, О.С. Гранулометрический состав помолов в зависимости от вида зерна и схем измельчения / О.С. Журба, А.В. Кармазин, Л.Н. Крикунова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 3. – С. 32–36.
40. Журба, О.С. Разработка новой технологии этанола на основе интенсивных способов переработки зерна пшеницы: дис....канд. техн. наук / Журба О.С. – М., 2004. – 127 с.
41. Зуева, Н.В. Биотехнология комплексной переработки зернового сырья на этанол: дис.....канд. техн. наук: 05.18.07 / Зуева Наталья Владимировна. – Воронеж., 2006. – 202 с.
42. Зуева, Н.В. Влияние технологических параметров на эффективность разделения жидкой фазы послеспиртовой барды / Н.В. Зуева, Г.В. Агафонов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – № 2. – С. 10-12.
43. Зуева, Н.В. Изучение изменения состава белковых фракций послеспиртовой барды в процессе ультрафильтрации / Н.В. Зуева, Г.В. Агафонов, Е.А. Кровопускова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Вузовская наука Северо-Кавказскому федеральному округу»: Сб. статей. Т.3. – Пятигорск, 2013. – С.34-38.
44. Зуева, Н.В. Химия отрасли: учеб. пособие; в 2 ч. Ч.1 / Н.В. Зуева, Е.В. Федорова, И.В. Новикова, А.Е. Чусова.– Воронеж: ВГТА, 2009. –142 с.
45. Зуева, Н.В. Изучение фракционного состава белковых веществ в кукурузе, нативной послеспиртовой барде и фугате послеспиртовой барды / Н.В. Зуева, Г.В. Агафонов, А.Е. Чусова // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2013. – №3. – С. 43-45.

46. Зуева, Н.В. Использование мембранных технологий при переработке послеспиртовой барды / Н.В. Зуева, А.И. Ключников, Т.И. Певнева // Материалы V Международной научно-практической конференции. - Пятигорск: РИА-КМВ, 2012. – С. 379-383.

47. Зуева, Н.В. Комплексная технология переработки жидкой фазы послеспиртовой барды / Н.В. Зуева, Г.В. Агафонов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – № 1. –С. 48-50.

48. Зуева, Н.В. Технология утилизации послеспиртовой барды с применением мембранных способов разделения / Н.В. Зуева, Г.В. Агафонов, А.Е. Чусова, Е.А. Кровопускова, И.В. Новикова. Т.И. Романюк // Материалы V Международной научной конференции «Актуальные вопросы современной науки». – СПб, 2013. – С.16-18.

49. Зуева, Н.В. Фракционный состав белка жидкой фазы послеспиртовой барды после ультрафильтрации / Н.В. Зуева, Г.В. Агафонов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – №3. – С. 37-38.

50. Ибрагимов, Т. С. Совершенствование машинно-аппаратурной схемы производства этилового спирта : дис ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Ибрагимов Тимур Сафарович. – СПб, 2014. – 131 с.

51. Иванов, С. В. Совершенствование технологии сбраживания сушла высоких концентраций при производстве биоэтанола / С. В. Иванов, П.Л. Шиян, Т. Е. Мудрак // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2013. – № 2. – С. 7–10 .

52. Иванова, Е. Г. Влияние гемицеллюлаз на гидролиз некрахмальных полисахаридов / Л. В. Киселева, К. Г. Ленец, Г. А. Петрова // Пиво и напитки. – 2002. – № 2. – С. 19-22.

53. Исламмагомедова, Э.А. Потребление и накопление витаминов дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* в условиях анаэробного культивирования / Э.А. Исламмагомедова, С.Ц. Котенко, Э.А. Халилова, С.А. Магадова.

54. Йенсер, Э. Снижение вязкости при сбраживании суслу высокой концентрации / Э. Йенсер [и др.] // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2007. – № 4. – С. 23-26.

55. Кадиева, А.Т. Влияние условий спиртового брожения на физиолого–биохимические особенности новых рас спиртовых дрожжей *Saccharomycescerevisiae* 985–Т и 987–О / А.Т. Кадиева, М.Б. Овчеренко, Н.И. Игнатова, Т.М. Шелехова, Л.В. Римарева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 11. – С. 72–73.

56. Казаков, Е.Д. Изменение структуры и текстуры тканей зерна при гидротермической обработке / Е.Д. Казаков // Известие вузов. Пищевая технология. – 1997. – № 2–3. – С.8–10.

57. Калошина, Е. Н. Исследование предварительной обработки зерна пшеницы, используемого для производства этанола и кормопродукта из спиртовой барды / Е. Н. Калошина // Хранение и переработка сельхозсырья, 2006. №3.– С. 38-42.

58. Карпенко, Д.В. Лабораторный практику по курсу «Общая технология отрасли» / Д.В. Карпенко, Л.Н. Крикунова, М.В. Гернет. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2011. – 56 с.

59. Качмазов, Г.С. Дрожжи бродильных производств: практическое руководство: учеб. пособие / Г.С. Качмазов. — СПб.: Лань. – 2012. – 224 с.

60. Козубаева, Л.А. Ускорение процесса увлажнения зерна при производстве зернового хлеба / Л.А. Козубаева, С.С. Кузьмина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 5. – С. 57-58.

61. Колончин, К.В. Концепция развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года / К.В. Колончин, С.Н. Серегин, А.-Н.Д. Магомедов [и др.] – Краснодар: Просвещение-Юг, 2011. – 306 с.

62. Колпакова, В.В. Исследование возможности получения белковых препаратов из дифференцированных фракций зерна ржи и ячменя /

В.В. Колпакова, Л.Н. Крикунова, В.В. Кононенко // Известия вузов. Пищевая технология. -2001. - № 5. -С. 35-36.

63. Колпакова, В.В. Дифференцированные фракции переработки зерна пшеницы на спирт – новый источник пищевого белка / В.В. Колпакова, Л.Н. Крикунова, Ю.Е. Дубовицкий // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2001. -№ 6. -С. 41-45.

64. Колпакова, В.В. Белковые композиты из дифференцированных фракций зерновых культур / В.В. Колпакова, В.В. Кононенко, Л.Н. Крикунова // Хранение и переработка сельхозсырья. -2002. -№ 11. -С. 63-65.

65. Кононенко, В. В. О модернизации спиртовых заводов / В.В. Кононенко, В. П. Леденев // Ликероводочное производство и виноделие. – 2012. – № 7. – С. 4–5.

66. Крикунова, Л. Н. Биотехнологический способ предобработки кукурузы / Л. Н. Крикунова, Н.М. Кузьменкова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – №5. – С. 29-31.

67. Крикунова, Л.Н. Низкотемпературный способ получения ржаного сусла / Л.Н. Крикунова, С.М. Рябова // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2011. – № 2. – С. 14–16.

68. Крикунова, Л. Н. Разработка ресурсосберегающих технологий этанола из крахмало- и инулинсодержащего сырья на основе новых для спиртовой отрасли способов его переработки : дис ... д-ра техн. наук : 05.18.07 / Крикунова Людмила Николаевна. – М., 2008. - 330 с.

69. Крикунова, Л. Н. Технология этанола на основе получения и сбраживания концентрированного сусла из ИК–обработанного ячменя. Часть I. Оптимизация процесса получения сусла / Л.Н. Крикунова, Л.И. Сумина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. –№ 4. – С. 49 –54.

70. Крикунова, Л.Н. ИК-обработка сырья в спиртовом производстве / Л.Н. Крикунова, О.С. Омисова, О.С. Журба // Известия вузов. Пищевая технология. - 2004. -№ 5-6. -С. 42-45.

71. Крикунова, Л.Н. Интенсификация производства этанола из ржи разделением фракций полисахаридов / Л.Н. Крикунова, Е.М. Максимова / Производство спирта и ликероводочных изделий. - 2001. -№ 4. -С. 20-22.

72. Крикунова, Л.Н. Комплексная ресурсосберегающая технология переработки зерна в спиртовой промышленности / Л.Н. Крикунова, В.В. Колпакова, Ю. Е. Дубовицкий // В книге «Научно-технический прогресс спиртовой и ликероводочной отрасли пищевой промышленности». – М.: Пищепромиздат. -2001. -С. 126-131.

73. Крикунова, Л.Н. Режимы и технологические параметры получения и сбраживания осахаренного сусла из ИК-обработанного зерна пшеницы. Часть II. Стадия сбраживания сусла / Л.Н. Крикунова, О.С. Стребкова, М.В. Гернет // Хранение и переработка сельхозсырья. -2008. -№ 2. -С. 44-47.

74. Крикунова, Л.Н. Режимы и технологические параметры получения и сбраживания осахаренного сусла из ИК-обработанного зерна пшеницы. Часть I. Стадия получения сусла / Л.Н. Крикунова, О.С. Стребкова, М.В. Гернет // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2007. - № 9. - С. 60-63 .

75. Крикунова, Л.Н. Современные подходы в оценке технологических свойств основного сырья спиртовой отрасли / Л.Н. Крикунова, В.А. Поляков, Т.В. Андриенко // Хранение и переработка сельхозсырья. -2006. -№ 10. -С. 37-41.

76. Крикунова, Л.Н. Эффективность дифференцированного способа переработки зерна для получения спирта / Л.Н. Крикунова, Е.М. Максимова, В.В. Кононеко // Производство спирта и ликероводочных изделий. - 2002. -№ 1. -С. 10-12.

77. Кузнецов, И.Н. Микробиологическая переработка послеспиртовой барды / И. Н. Кузнецов, Н. С. Ручай // Пищевик.by.,- 2014. - № 2. –С.13-15.

78. Кузнецова, Е. А. Влияние биокатализаторов на основе целлюлаз на изменение некоторых показателей качества зерна пшеницы / Е.А. Кузнецова, С. Я. Корячкина // *Фундаментальные исследования*. – 2011. – № 12. – С. 361–365.

79. Кузнецова, Е. А. Разработка научных основ и способов повышения безопасности зернового сырья в технологии хлебобулочных изделий : дис... д-ра техн. наук: 05.18.01 / Кузнецова Елена Анатольевна. – Орел, 2010. – 445 с.

80. Кузнецова, Е.А. Изменение биохимических свойств зерна пшеницы при подготовке к производству зернового хлеба с использованием ферментативного гидролиза / Е. А. Кузнецова // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2010. – № 5. – С. 82-84.

81. Кунце, В. Технология солода и пива. / В. Кунце. – 3-е изд., перераб. и доп. - Пер. с нем. 9-го изд. – СПб.: Профессия, 2009. – 1064 с.

82. Леденев, В.П. Переработка барды: опыт реальность, перспективы / В.П. Леденев // *Ликероводочное производство и виноделие*. - 2008. -№7. - С. 8-11

83. Леденев, В.П. Технология комплексной переработки зернового сырья на спирт и концентрированные кормопродукты «Экоспирт» // II Международная научно-практическая конференция «Современные прогрессивные технологии и оборудование в спиртовой и ликероводочной промышленности». – М.: Пищепромиздат, 2000 – С. 24–47.

84. Леденев, В.П. Зависимость образования побочных продуктов в зрелой бражке от качества сырья / В. П. Леденева, Л. П. Галлямова, С. И. Ибрагимова, Т. М. Шелехова // *Производство спирта и ликероводочных изделий*. –2002. –№ 3. – С. 12-13.

85. Леснов, А.П. Производство кормового белка из отходов спиртового производства / А.П. Леснов, А.Г. Пузанков // *Ликероводочное производство и виноделие*. - 2007. -№ 7. -С. 18-19.

86. Лихтенберг, Л. А. Влияние технологических приемов на качество спирта / Л. А. Лихтенберг // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2001. – № 2. – С.28-29.

87. Майоров, А. Ю. Сухие активные дрожжи в производстве спирта / А. Ю. Майоров, Р. А. Курамшин, Ш. Г. Еникеев // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2002. – № 4. – С. 22.

88. Максимова, Е.М. Механические и биотехнологические способы выделения фракций некрахмальных полисахаридов зерна, перерабатываемого в этанол / Е.М. Максимова, Л.Н. Крикунова, Е.М. Мельников // Известия вузов. Пищевая технология. - 2001. -№ 1. - С. 34-36.

89. Мальцев, П. М. Технология бродильных производств / Мальцев П. М. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 560 с.

90. Мандреа, А. Г. Получение нативной пшеничной клейковины в спиртовом производстве / А. Г. Мандреа // Производство спирта и ликероводочных изделий. -2004. -№ 1. -с. 29-30.

91. Мартыненко, Н.Н. Биотехнологические основы высокоэффективных препаративных форм дрожжей рода *Saccharomyces*: автореф. дис....д-ра. биол. наук: 03.00.23 / Мартыненко Николай Николаевич. – М., 2009. – 49 с.

92. Мартыненко, Н.Н. Решение проблем реактивации сухих спиртовых дрожжей / Н.Н. Мартыненко, В.В. Верченков, Л.В. Римарева // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2007. – № 2 – С. 10-11.

93. Методы биохимического анализа растительного сырья / Под ред. А. И. Ермакова. – Ленинград: Колос, 1972. – 315 с.

94. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 452 с.

95. Начетова, М. А. Влияние режима внесения протеолитического ферментного препарата на параметры сбраживания

высококонтрированного сула из экстрадированной пшеницы / М. А. Начетова, Н. В. Баракова // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2013. – № 4. – С. 17-19.

96. Начетова, М. А. Выбор и обоснование температуры водно-тепловой обработки замесов из экстрадированной пшеницы / М.А. Начетова, Н.В. Баракова // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2013. – № 3. – С. 32–34.

97. Начетова, М. А. Исследование процесса сбраживания высококонтрированного сула из экстрадированной пшеницы с использованием протеолитического ферментного препарата ДистицимПротацид Экстра [Электронный ресурс] / М.А. Начетова, Н.В. Баракова, Е.В. Сложеникин // Электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств». – СПб: СПбГУНиПТ, 2012. – № 2.

98. Начетова, М. А. Разработка технологии этилового спирта из экстрадированной пшеницы: дис... канд. техн. наук: 05.18.07 / Начетова Мария Александровна. – СПб, 2014. – 106 с.

99. Нечаев, А.П. Пищевая химия / А. П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова [и др.]; под ред. А.П. Нечаева. – 4-е изд., испр. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 636 с.

100. Остриков, А.Н. Технология экструзионных продуктов: учеб. пособие. / А.Н. Остриков, Г.О. Магомедов, Н.М. Дерканосова, [и др.]. – СПб: «Проспект Науки», 2007. – 202 с.

101. Переработка и утилизация послеспиртовой барды [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.nt-prom.ru/>. Загл. с экрана .

102. Полуянова, М.Т. Интенсификация спиртового производства путем повышения концентрации сула / М.Т. Полуянова, Б.А. Устинников // Ферментная и спиртовая промышленность. – 1975. – №1 – С.8-11.

103. Польшалина, Г.В. Технохимический контроль спиртового и ликеро-водочного производств. - М.: Колос, 1999. – 336 с.

104. Поляков, В.А. Получение осахаренного сусла из ИК-обработанного зерна ржи / В.А. Поляков, Л.Н. Крикунова // Хранение и переработка сельхозсырья. -2007. -№ 10. -С. 48-51.

105. Поляков, В.А. Научное обеспечение инновационного развития спиртовой отрасли на пути интегрирования в мировую экономику / В.А. Поляков, Л.В. Римарева // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2013. – № 1 –С.4-8 .

106. Поляков, В.А. О научном обеспечении биотехнологии ферментных препаратов для перерабатывающих отраслей АПК / В.А. Поляков, Л.В. Римарева // Хранение и переработка сельхозсырья. –2003. –№ 8. –С. 106–111.

107. Поляков, В.А. Теоретические и практические аспекты развития спиртовой, ликероводочной, ферментной, дрожжевой и уксусной отраслей промышленности / под ред. В.А. Полякова, Л.В. Римаревой. – М.: ВНИИПБТ, 2011. – 298 с.

108. Поляков, В.А. Теоретические и практические основы совершенствования технологии спирта: сборник научных трудов / под ред. В.А. Полякова, Л. В. Римаревой. – М.: ВНИИПБТ. – 2008. – 264 с.

109. Полякова, В.А. Получение осахаренного сусла из ИК-обработанного зерна ржи / В.А. Полякова, Т.В. Андриенко, Л.Н. Крикунова // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2003. – № 7. - С.21.

110. портал Государственных программ Российской Федерации <http://www.gosprogrammy.gov.ru>.

111. Пучкова, Л.И. Технология хлеба: учеб. пособие / Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева. –СПб.: ГИОРД, 2005. 559 с.

112. Римарева, Л.В. Дрожжи кормовые на основе зерновой барды / Л.В. Римарева, Т.И. Лозанская, Н.В. Худякова // Комбикорма. – 2013. – № 7. – С. 41-42.

113. Римарева, Л. В. Влияние ферментативных систем на биохимический состав зернового сусла и культуральные свойства осмофильной расы спиртовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* / Л.В. Римарева, М.Б. Овчеренко, Е.М. Серба, Н.И. Игнатова // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2013. – № 1. – С. 16–18.

114. Римарева, Л.В. Применение комплексного ферментного препарата глюкоамилазного и ксиланазного действия в производстве спирта / Л.В. Римарева, М.Б. Овчеренко, Н.И. Игнатова [и др.] // сборник «Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов». -М, 2012. –С.177–183.

115. Римарева, Л. В. Осмофильные дрожжи для сбраживания высококонцентрированного сусла / Л. В. Римарева, М. Б. Овчеренко // Производство спирта и ликероводочных изделий. –2001. –№ 1. –С. 21–23.

116. Римарева, Л. В. Осмофильный штамм спиртовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* 1039 для сбраживания концентрированного зернового сусла / Л.В. Римарева, М.Б. Овчеренко, Н.И. Игнатова, Е.М. Серба // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2012. – № 3. – С. 8–12.

117. Римарева, Л. В. Рациональный выбор расы спиртовых дрожжей / Л. В. Римарева, М. Б. Овчеренко [и др.] // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2001. – №2. – с. 19-21

118. Римарева, Л. В. Сбраживание концентрированного зернового сусла с использованием осмофильной расы спиртовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* 1039 / Л.В. Римарева, М.Б. Овчеренко, Е.М. Серба, [и др.] // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2011. – № 3. – С. 10-13.

119. Римарева, Л. В. Состояние и перспективы развития современных технологий в спиртовом производстве / Л. В. Римарева // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2005. – № 2. – С. 4-6.

120. Римарева, Л. В. Теоретические и практические основы биотехнологии дрожжей / Л. В. Римарева. – М.: ДеЛипринт. – 2010. – 252 с.

121. Римарева, Л. В. Теоретические и практические основы ферментативного катализа полимеров зернового сырья в спиртовом производстве / Л. В. Римарева, М. Б. Оверченко, Н. И. Игнатова, И. М. Абрамова // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2008. — № 3. — С. 5-9.

122. Римарева, Л.В. Влияние протеолитических ферментов на выход спирта / Л.В. Римарева, Д.М. Макеев, Б.А. Устинников // Пищевая промышленность. —1993. —№ 2. —С. 28.

123. Римарева, Л.В. Новые расы дрожжей для повышения эффективности спиртового производства / Л.В. Римарева// Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2000. —№ 1. —С. 18–20.

124. Римарева, Л.В. Технологические аспекты использования сухих дрожжей в производстве спирта / Л.В. Римарева, М.Б. Овчеренко, Н.И. Игнатова // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2003. — № 1. — С. 15–16.

125. Рухлядева, А.П. Методы определения активности гидролитических ферментов / А.П. Рухлядева, Г.В. Польшалина. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. —288 с.

126. Рябова, С.М. Ресурсосберегающий способ переработки ржи в спиртовой отрасли / С.М. Рябова // Производство спирта и ликероводочных изделий. - 2013. - № 4.

127. Сидякин, М. Э. Разработка технологии этанола из возвратных отходов хлебопекарного производства : дис ... канд. техн. наук: 05.18.07 / Сидякин Максим Эдуардович. — Воронеж, 2014. - 151 с.

128. Сидякин, М.Н. Технология утилизации спиртовой барды с использованием баромембранных процессов / М.Н. Видякин, Ю.Н. Лазарева // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья, - 2007. - № 6. - С.53-58.

129. Смирнов, В.А. Ферменты. Классификация и номенклатура: учеб. пособие / В.А.Смирнов, Ю.Н. Климочкин. Ч.III. – Самара, 2008. – 42 с.
130. Солярек, Л. Технологические особенности применения новых ферментных препаратов Ново Нордиск А/С в спиртовом производстве / Л. Солярек // Производство спирта и ликероводочных изделий. - 2000. № 1. – С. 32-34.
131. Солярек, Л. Ферментные препараты «Новозаймс А/С» в производстве спирта /Л. Солярек, В. П. Леденев, Р. А. Петров // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2001 – № 1 -С. 32-34.
132. Состав зрелой бражки [Электронный ресурс] / Отчет – Режим доступа :<http://msd.com.ua/proizvodstvo-alkogolya/sostav-zreloj-brazhki>. Загл. с экрана.
133. Степанов, В. И. Метод переработки крахмалосодержащего сырья при получении концентрированного зернового суслу / В. И. Степанов, Л. В. Римарева, В. В. Иванов, А. Ю. Шариков // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2007. — № 3. — С. 16-17.
134. Сумина, Л.И. Влияние углеводного состава суслу на развитие спиртовых дрожжей / Л.И. Сумина, Л.Н. Крикунова // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2009. – № 3. – С. 10–11.
135. Тананейко, Т.М. Интенсификация спиртового брожения путем направленного протеолиза зернового сырья / Т.М. Тананейко, А.А. Пушкарь // Ликероводочное производство и виноделие. – 2010. – № 10. – С. 20-23.
136. Тананейко, Т.М. Оптимизация режимов механико-ферментативной обработки ржаного суслу повышенных концентраций / Т.М. Тананейко, Л.Г. Сергеенко, В.Н. Аникеев // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – С. 19-21.
137. Тулякова, Т.В. Новая технология переработки барды / Т.В. Тулякова // Ликероводочное производство и виноделие, - 2009. -№ 2. С. 12-14.

138. Туршатов, М.В. Современные возможности полной переработки зерна на спирт и белково–углеводные продукты / М.В. Туршатов, В.А. Поляков, В.П. Леденев, [и др.] // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2012. – № 2. – С. 18–19.

139. Устинова, А.С. Влияние углеводного состава высококонцентрированного ячменного сусла на бродильную активность спиртовых дрожжей / А.С.Устинова, Т.В. Меледина, Н.В. Баракова [и др.] // Производство спирта и ликероводочных изделий. -2013. -№ 3.

140. Устинова, А С. Разработка технологии сбраживания высококонцентрированного сусла из ячменя : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07 / Устинова Алиса Сергеевна; – СПб, 2013.

141. Устинова, А. С. Пути интенсификации процесса сбраживания высококонцентрированного ячменного сусла [Электронный ресурс] / А.С. Устинова, Н. В. Баракова, В. С. Тирская // Электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств» / – СПб: СПбГУНиПТ, 2012. – № 2.

142. Федюшкина, И.Л. Интенсификация процессов сбраживания сусла путем активации спиртовых дрожжей: дис ... канд. техн. наук: 05.18.07 / Федюшкина Ирина Леонидовна. – Кемерово, 2005. – 118 с.

143. Федюшкина, И.Л. Пути повышения активности спиртовых дрожжей / И.Л. Федюшкина, В.А. Помозова // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2005. - № 2 – С. 24-25.

144. Фермиол. Активные сухие спиртовые дрожжи для сбраживания зернового сусла [Электронный ресурс] / Отчет. Режим доступа <http://www.rusferment.ru/vspomogatelnye-materialy/sukhie-spirovye-drozhzhi/fermiol.html>. Загл. с экрана.

145. Фертман, Г. Л. Биохимические основы бродильных производств / Г. Л. Фертман, М. Й. Шойхет. – М.: Пищепромиздат, 1970. – 240 с.

146. Шаззо, Р.И. Анализ состояния производства кормовых добавок / Р.И. Шаззо, Р.В. Казарян, В.А. Купина [и др.] // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2012. – № 3. – С.53-54.

147. Шариков, А. Ю. Разработка экструзионно-гидролитической технологии получения высококонцентрированного зернового суслу в спиртовом производстве : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.07 / Шариков А. Ю. – М., 2012. – 24 с.

148. Шишацкий, Ю. И. К вопросу утилизации отходов спиртового производства / Ю.И. Шишацкий, С.В. Востриков, С.М. Замаев // Материалы 41 отчетн. науч. конференции за 2002 г. - Воронеж, Ч. 1. - С. 107-109.

149. Шмалько, Н.А. Сравнительный анализ белково-протеиназного комплекса хлебопекарной пшеничной и амарантовой муки / Н.А. Шмалько // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 2.

150. Яковлев, А.Н. Усовершенствование технологии этилового спирта из ржи на основе применения мультиэнзимного комплекса / А.Н.Яковлев, С.Ф.Яковлева, О.С. Корнеева // Биотехнология. — 2011, - № 6, - С. 63-69.

151. Яровенко, В.Л. Технология спирта: учеб. пособие / В.Л. Яровенко, В.А. Маринченко, В.А. Смирнов [и др.]; под ред. проф. В.Л. Яровенко. – М.: Колос, 2002. – 464 с.

152. Cheung A.W.Y., Brosnan J.M., Phister T., Smart K.A. Impact of dried, creamed and cake supply formats on the genetic variation and ethanol tolerance of three *Saccharomyces cerevisiae* distilling strains// Journal of the Institute of Brewing. –2012. –Т.118, № 2. – P. 152–162.

153. Czuprynski B., Klosowski G., Kotarska K. Aldehydy w spirytusachsurowychnome trendy//Przem. Ferment Owos. – Warz. – 2000. – V.44. № 2. – P. 24 – 26.

154. Gallagher P., Shapouri H., Brubaker H. Scale, Organization, and Profitability of Ethanol Processing//Canad.J.agr.Econ. – 2007. –Vol.55, № 1. – P. 63–81.

155. Gumienna M., Lasik M., Szambelan K., Czarnecki Z. Reduction of water consumption in bioethanol production from triticale by recycling the stillage liquid phase//*ActaScientiarumPolonorum*. –2011. – T.10, № 4. – P. 467–474.
156. Henriques A.B., Johnston D.B., Al-Dahhan M. Enhancing Water Removal from Whole Stillage by Enzyme Addition During Fermentation // *Cereal Chemistry*. –2008. –Vol.85, № 5. – P. 685–688.
157. Lyubenova V., Ochoa S., Repke J., Ignatova M. , Wozny G. Control of one stage bio ethanol production by recombinant strain//*Biotechnol.biotechnol.Equipm*. – 2007. – Vol.21, № 3. – P. 372–376.
158. Melvydas V., Gedminiene G., Jarmalaite I., Capukoitiene B., Nemceva L. Initial analysis of highly competitive yeast strains promising for ethanol industry// *Biologija*. –2006, № 3. – P. 63–66.
159. Miranda Junior M., de Oliveira J.E., Batistote M., and Ernandes J.R. Evaluation of Brazilian ethanol production yeasts for maltose fermentation in media containing structurally complex nitrogen sources//*Journal of the Institute of Brewing*. –2012, –T.118. № 1. – P. 82–88.
160. Morrison W.K. Lipids in cereal starches: A. Reviw//*J. Cereal Sc.* — 1998. –Vol. 8, №1. – P. 1–15.
161. Nowak J., Czarnecki Z., Kaminski E. Bacterial and yeast by-products formation in ethanol fermentation of glucose medium and rye mashes//*Pol.J.FoodNutrit.Sc.* –2000. –Vol.9, № 4. – P. 49–51.
162. Ohm J., Simsek S., Mergoum M. Modeling of Dough Mixing Profile Under Thermal and Nonthermal Constraint for Evaluation of Breadmaking Quality of Hard Spring Wheat Flour//*Cereal Chemistry*. –2012. –Vol.89, № 2. – P. 135–141.
163. Panoutsopoulou K., Hutter A., Jones P., Gardner D.C.J., Oliver S.G. Improvement of ethanol production by an industrial yeast strain via multiple gene deletions// *J.Inst.Brewing*. – 2001. –Vol.107, № 1. – P. 49–53.

164. Rathore S.S.S., Paulsen M.R., Sharma V., Singh V. Optimization of Yeast and Enzyme Dose for Dry–Grind Corn Fermentation Process for Ethanol Production//Transactions of the ASABE / Amer. soc. of agriculture and biol. engineering. – 2009. – Vol. 52, № 3. – P. 867–875.

165. Rosell C. M., Altamirano–Fortoul R., Don C., Dubat A. Thermomechanically Induced Protein Aggregation and Starch Structural Changes in Wheat Flour Dough//Cereal Chemistry. – 2013. –Vol.90, № 2. – P. 89–100.

166. Van Bockstaele F, De Leyn I., Eeckhout M., Dewettinck K. Rheological Properties of Wheat Flour Dough and the Relationship with Bread Volume. I. Creep–Recovery Measurements//Cereal Chemistry. –2011. –Vol.86, № 3. – P. 753–761.

167. Vidal B.C., Jr., Rausch K. D., Tumbleson M. E., Singh V. Protease Treatment to Improve Ethanol Fermentation in Modified Dry Grind Corn Processes//Cereal Chemistry. –2008. –Vol.85, № 6. – P. 323–328.

168. Wang P., Johnston D.B., Rausch K. D., Schmidt S.J., Tumbleson M. E., Singh V. Effects of Protease and Urea on a Granular Starch Hydrolyzing Process for Corn Ethanol Production//Cereal Chemistry. –2009. –Vol.86, № 3.–P. 319–322.

169. Wu X., Zhao R. , Bean S.R., Seib P.A., McLaren J.S., Madl R.L., Tuinstra M., Lenz M.C., Wang D. Factors Impacting Ethanol Production from Grain Sorghum in the Dry–Grind Process //Cereal Chemistry. –2007. – Vol.84, № 2. – P. 130–136.

170. [<http://www.apk-inform.com>].

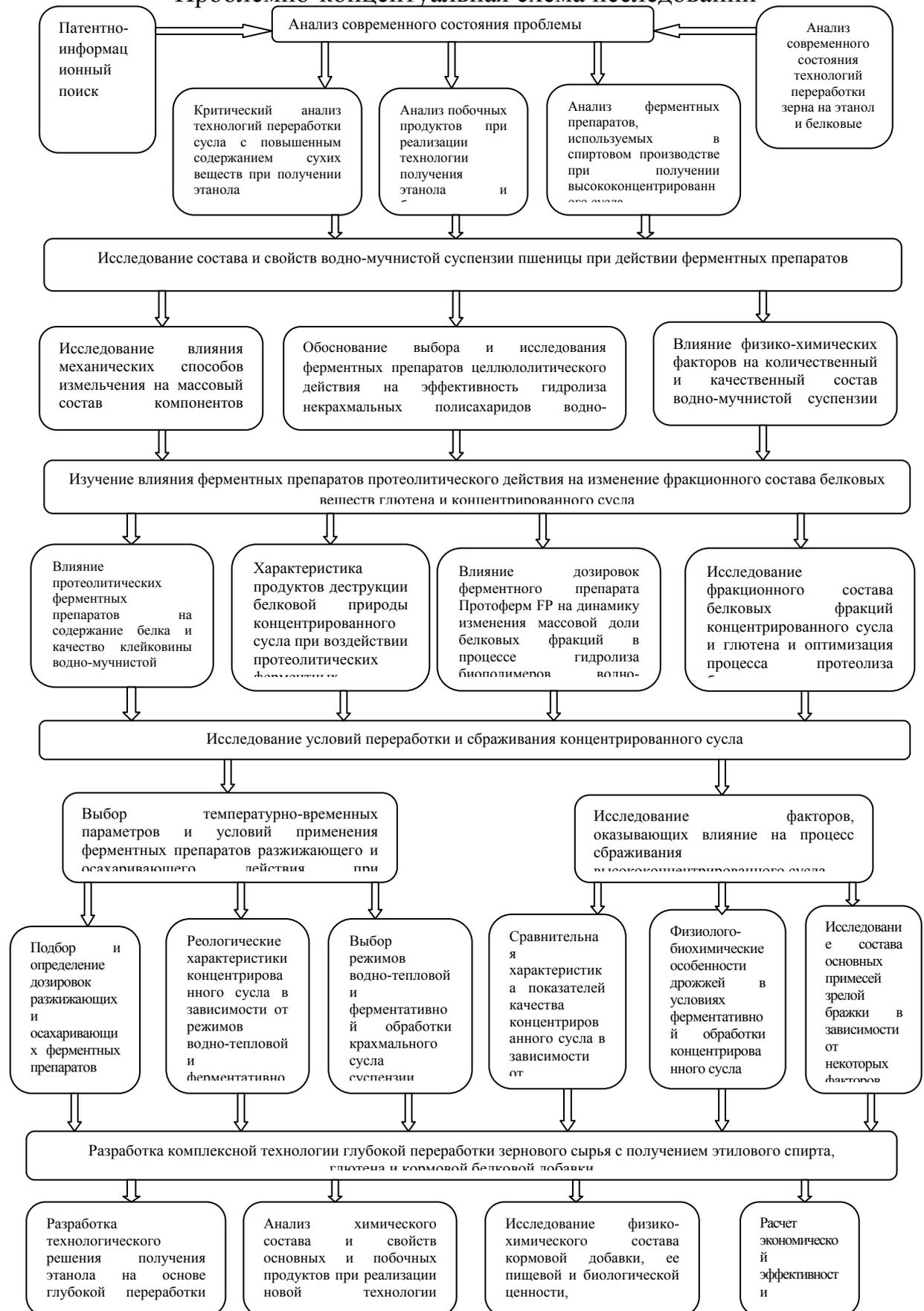
171. <http://grun.ru/> Российский зерновой союз.

172. <http://www.kazakh-zerno.kz>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Проблемно-концептуальная схема исследований



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Утверждаю

Генеральный директор

ОАО «Новопесчанское»

С.А. Веретенников



«25» июля 2014

АКТ

Производственных испытаний технологического процесса производства этилового спирта из концентрированного зернового суслу, с выделением на отдельных стадиях технологического процесса глютена и получением кормовой белковой добавки в условиях
ОАО «Новопесчанское» г. Старый Оскол

Настоящий акт составлен главным технологом ОАО «Новопесчанское» Самойловой Валентиной Юрьевной и аспирантом кафедры ТБиСП ФГБОУ ВПО «ВГУИТ» Долговым Александром Николаевичем на основании проведения испытаний предлагаемой технологии получения этилового спирта из концентрированного зернового суслу, с выделением на отдельных стадиях технологического процесса глютена и получением кормовой белковой добавки.

Для проведения испытаний использовали помолы пшеницы с крахмалистостью 62%, содержанием белка 13,5%, влажностью 7%. Измельчение осуществлялось на вальцовых станках в два этапа. Степень измельчения составила: проход через сито $d=0,16$ мм составил 85%; проход через сито $d=0,20$ мм–95%; проход через сито $d=0,25$ мм–100%.

Для проведения испытаний использовали ферментные препараты фирмы «Новозаймс» – Термоферм 3500 L, Висколаза 150 L, Биозим 800 L, Протоферм FR.

Процесс получения этилового спирта осуществляли по следующей технологии: Завод производительностью 6000 дал этанола/сутки, перерабатывает

180 т пшеницы в сутки крахмалистостью 55-56 %, влажностью 12%, содержанием белка 12%.

Пшеницу дробят, просеивали на трехпозиционном рассеве, отделяя отруби, причем количество отрубей составляет 36 т. (20%) от массы перерабатываемого зерна, при этом крахмалистость отрубей составила 25%. Проход через сито $d=0,16$ мм составил 85%; проход через сито $d=0,20$ мм—95 %; проход через сито $d=0,25$ мм—100 %. Пшеничную муку в количестве 144 т смешивали с водой температурой 50°C в соотношении 1,5:1 в тестосмесителе, и вносили ферментный препарат «Висколаза» с дозировкой 0,01% к массе зерна (14,4 кг), а также протеолитический ферментный препарат Протоферм FPC дозировкой 0,6 ед ПС/г белка.

Замес гомогенизировали в гомогенизаторе. После чего на гидроциклоне разделяли на два потока.

Первый поток содержит А-крахмал и пищевые ливолокна, второй поток содержит глютен, В-крахмал, пентозаны и растворимые белки.

А-крахмал после гидроциклонов направляли на систему сит, где промывали. Глютен и В-крахмал разделяют с одновременной промывкой на барабанных ситах. Выделенный глютен высушивали. Выход глютена – 10 % от массы перерабатываемого сырья, т.е. 18 т высушенного глютена с содержанием белка 75%, влажностью не более 7%, содержанием золы менее 1%. Сконцентрированный крахмал-А соединяли с крахмалом-В, и получали 20-23 м³/час концентрированного замеса с содержанием сухих веществ 20-24 %. Разваривание крахмального замеса осуществляли по механико-ферментативной схеме. Замес с содержанием сухих веществ 24 % перекачивали в аппарат гидродинамической и ферментативной обработки первой ступени (ГДФО-1), добавляли термостабильную альфа-амилазу (Термоферм 3500 L) из расчета 1 ед амилолитической способности (АС)/т условного крахмала. Замес выдерживали при температуре 75 °С в течение 1 часа. Затем массу перекачивали в аппарат гидродинамической и ферментативной обработки второй ступени (ГДФО-2) доводят температуру до 85°C и в течение 1 ч осуществляли предварительный

ферментативный гидролиз. Общая продолжительность получения разваренной массы составляла 120 мин. На протяжении водно-тепловой и ферментативной обработки определяли вязкость по показателю текучести. Для проведения дальнейшего ферментативного гидролиза крахмала сырья концентрированное сусло охлаждали до 58 °С и направляли в осахариватель, куда вносили ферментный препарат Биозим 800 L, содержащий в своем составе глюкоамилазу в количестве 7,5 ед ГлС/г условного крахмала, полученную массу осахаривали в течение 30 мин. Физико-химические показатели осахаренного сусла: содержание сухих веществ 22-24% масс., концентрация сбраживаемых углеводов 18,4 г/100 см³, аминный азот 24,2 мг/100 см³, кислотность 0,16 град.

Готовое осахаренное сусло подавали в теплообменный аппарат, где охлаждалось до температуры складки 22–24 °С. Охлажденное сусло направляли в бродильное отделение. Приготовление дрожжей в дрожжанках вели по методу ЕЧК на пастеризованном подкисленном (рН 3,6–3,8) сусле. Норма засева дрожжей составляла 15 млн. клеток на 1 см³ сусла. Сбраживание сусла осуществляли по непрерывно-поточному способу с рециркуляцией бражки при температуре 32–33°С. Сусло сбраживали в течение 54 ч, получая зрелую бражку в количестве 22-23 м³/час. Выход спирта составил 66,4 дал/т условного крахмала.

В результате проведения эксперимента была получена зрелая бражка со следующими показателями:

- концентрация $C_{\text{общ}}$ (общих растворимых углеводов)–0,48 г/100 см³
- концентрация $C_{\text{рв}}$ (растворимых углеводов)–0,29 /100 см³
- концентрация $C_{\text{нк}}$ (нерастворенного крахмала)–0,090 г/100 см³
- крепость дистиллята –
- кислотность бражки–0,4 град
- выход спирта–66,4 дал/т.у.к.

Выделение спирта из зрелой бражки и ректификацию проводили на брагоректификационной установке косвенного действия. Качественный состав полученного этилового спирта соответствовал ГОСТ Р 5962–2013 «Спирт этиловый ректифицированный из пищевого сырья. Технические условия.

Из зрелой бражки сепарацией на сепараторах выделяли дрожжи в количестве 18 т (влажностью 70%). Выделенные сепарацией дрожжи направляли на плазмоллизатор с целью обезвреживания и облегчения последующей сушки. Затем их смешивают с 36 т отрубей, полученную смесь сушат на распылительной сушилке и гранулируют, получая 40 т/сутки белковой добавки с влажностью 10 %, обогащенную легкоусвояемым белком (содержанием протеина не менее 30 %). Полученную добавку гранулировали, взвешивали и направляли на реализацию.

В результате проведенных исследований было установлено, что применение разработанной технологии позволило:

1. Полностью использовать все компоненты зернового сырья, отделяя перед развариванием белковую составляющую в виде глютена в количестве 5000 т/год.

2. Установлено, что под действием целлюлолитических ферментов происходит последовательный гидролиз некрахмальных полисахаридов до низкомолекулярных углеводов (глюкозы), так при использовании ферментного препарата Целлюкласт 1,5 L количество редуцирующих сахаров увеличилось на 10-21 %, крахмала - снизилось на 1-3 %, целлюлоза гидролизовалась на 10-15 %, количество растворимых углеводов возросло – на 20-50 %

3. Выявлено, что обработка водно-мучнистой суспензии пшеницы ферментными препаратами протеолитического действия обеспечивает изменение фракционного состава белкового комплекса как водно-мучнистой суспензий пшеницы, так и концентрированного сусла. При этом концентрированное сусло обогащается аминным азотом, качество пшеничной клейковины не ухудшается

4. Выявлены режимы получения сусла, обеспечивающие снижение общей продолжительности стадий водно-тепловой и ферментативной обработки с 3,5 часов до 2 часов, что способствует снижению энергозатрат на перемешивание и расхода пара на нагревание.

5. Доказано, что использование расы 987-05 и внесение протеолитического ферментных препаратов Протоферм FP и Висколаза 150L в водно-мучнистую суспензию пшеницы позволяет сократить длительность брожения с 72 до 54 ч, увеличить выход этанола до с 9,1 до 11,1 % об., снизить содержание

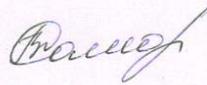
несброженных углеводов с 0,7 до 0,4 г/100 см³, а также в 1,5-2 раза снизить образование побочных метаболитов, сопутствующих синтезу этанола, и повысить концентрацию аминного азота в сусле в 2 раза.

6. Получена обогащенная легкоусвояемым протеином белковая добавка с содержанием протеина не менее 30 % в количестве 40 т/сутки.

Предложенная технология производства этилового спирта из концентрированного зернового сусла, с выделением на отдельных стадиях технологического процесса глютена и получением кормовой белковой добавки может быть рекомендована к внедрению на спиртовых предприятиях.

Представитель ОАО «Новопесчанское»

Гл. технолог



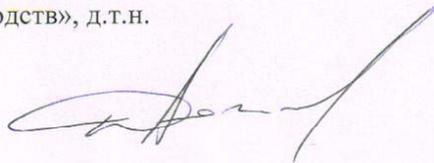
В.Ю. Самойлова

Представители ФГБОУ ВПО «ВГУИТ»

Профессор кафедры «Технология бродильных и сахаристых производств», д.т.н.

Г.В. Агафонов

Аспирант



А.Н. Долгов

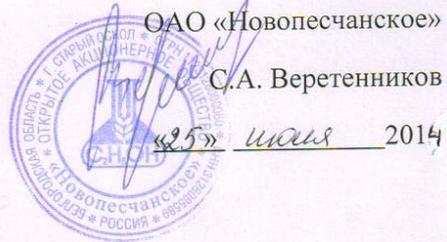
ПРИЛОЖЕНИЕ В

Утверждаю

Генеральный директор

ОАО «Новопесчанское»

С.А. Веретенников



АКТ

О производственном внедрении результатов диссертационной работы Долгова А.Н., выполненной по теме «Глубокая переработка зернового сырья с получением этилового спирта и белкового продукта»

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационной работы Долгова А.Н. «Глубокая переработка зернового сырья с получением этилового спирта и белкового продукта» внедрены на спиртзаводе ОАО «Новопесчанское» с февраля 2015 года.

Гл. технолог

ОАО «Новопесчанское»

В.Ю. Самойлова

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научной и
инновационной деятельности
ФБГОУ ВПО ВГУИТ,
д.т.н., профессор



С. Е. Антипов
«25» июля 2014 г.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ОАО «Новопесчанское»



С.А. Веретенников

«25» июля 2014 г.

**Производственный технологический регламент
на получение сухой кормовой барды из цельной
зерновой барды по безотходной технологии для
ОАО «НОВОПЕСЧАНСКОЕ»**

ИНН 3128085589**Юридический адрес и адрес производства:**

309539 Белгородская обл.,

Старооскольский р-он,

с. Песчанка, ул. Заводская, д.10

2014 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Динамика эффективности деструкции биополимеров белковой природы концентрированного суслу в зависимости от дозировки ферментного препарата Протоферм FP

Продук-ты деструк-ции	Продолжительность протеолиза, мин																			
	0	10	15	20	25	0	10	15	20	25	0	10	15	20	25	0	10	15	20	25
	Дозировка Протоферма FP, ед ПС/г белка																			
	0,2				0,4				0,6				0,8				1,0			
Содержа-ние растворимого белка, мг/см ³	2,3	3,2	6,0	7,1	6,8	2,2	5,7	7,5	8,0	8,1	2,2	5,5	7,2	8,1	8,2	2,2	5,8	7,6	8,1	8,15
Содержа-ние пептидов и аминокислот, мг/100см ³	11,2	12,0	20,0	25,1	28,1	10,8	13,9	24,5	27,3	32,0	11,1	14,8	25,0	28,2	35,0	10,2	14,1	25,0	30,2	35,0
Содержа-ние аминокислоты Тирозина, мкмоль/см ³	0,2	0,25	0,68	0,7	0,8	0,2	0,31	0,72	0,92	1,0	0,2	0,3	0,71	0,91	1,2	0,2	0,3	0,78	0,91	1,21

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Матрица планирования и результаты эксперимента

№ п/п	Значения						Выходные параметры		
	Кодированные			Натуральные					
	X1	X2	X3	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
1	-	-	-	45	10	0,2	1,72	25,81	0,465
2	-	+	-	45	20	0,6	1,726	25,84	0,468
3	+	-	-	45	30	0,8	1,82	25,91	0,473
4	+	+	-	55	10	0,2	3,121	32,78	0,53
5	-	-	+	55	20	0,6	3,4	33,0	0,56
6	-	+	+	55	30	0,8	3,38	32,91	0,55
7	+	-	+	65	10	0,2	2,72	27,31	0,47
8	+	+	+	65	20	0,6	2,81	27,7	0,460
9	-1,682	0	0	65	30	0,8	2,79	27,3	0,458
10	+1,682	0	0	45	20	0,2	1,74	26,0	0,476
11	0	-1,682	0	45	10	0,6	1,731	26,1	0,480
12	0	+1,682	0	45	20	0,8	1,824	26,5	0,482
13	0	0	-1,682	55	20	0,2	3,13	32,69	0,50
14	0	0	+1,682	55	10	0,6	3,37	32,71	0,495
15	0	0	0	55	30	0,8	3,14	32,78	0,491
16	0	0	0	65	20	0,2	2,52	27,5	0,488
17	0	0	0	65	10	0,6	2,64	27,52	0,481
18	0	0	0	65	10	0,8	2,65	27,6	0,478
19	0	0	0	45	30	0,6	2,91	31,94	0,464
20	0	0	0	55	30	0,6	2,64	27,6	0,497

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Описание аппаратурно-технологической схемы производства этилового спирта из концентрированного зернового сусла с выделением на отдельных стадиях технологического процесса глютена и получением кормовой белковой добавки

Зерно со склада подают автомашиной, после взвешивания на весах, в авторазгрузочный бункер 1. После взвешивания на весах зерно хранят в четырех складах напольного типа общей вместимостью 3000 т и в силосах вместимостью 2000 тонн.

Из бункера 1 зерно шнеком 2 и норией 3 направляют через магнитный сепаратор 4 на зерноочистительную машину 5, где его очищают от примесей. Далее зерно проходит очистку воздухом от легких примесей в воздушном сепараторе 6, поступает через камнеловушку 7 в башмак нории 8, которая направляет очищенное зерно в силос 9. Выделенные из зерна при очистке посторонние примеси (камни, земля, сор и т.д.) собирают в помещении для зерноотходов и далее удаляют в кузов автомашины и вывозят с территории завода.

Из силоса 9 зерно шнеком 10 и норией 11 через поточные весы 12 подают в машину для увлажнения зерна 13, где его обрабатывают острым паром и водой. Далее зерно самотеком через магнитный сепаратор 14 поступает на вальцевые станки 15 для измельчения.

Измельченное зерно с вальцевых станков 15 самотеком поступает на норию 11, которая направляет помол на рассев 16. На расसेве 16 помол разделяют на фракции по степени измельчения, отделяя при этом отруби в количестве 20 %: крупная и мелкая крупка, мука. Требуемая степень измельчения зерна: 100 % проход частиц через сито с диаметром отверстий 0,25 мм, проход частиц через сито с отверстиями 1 мм не менее 95 % , остаток частиц на сите 2,0 мм не более 1 %; на сите 3 мм - не должно быть. Мука самотеком поступает в насос гидродинамический 18, куда одновременно

поступает вода для приготовления замеса. Крупную и мелкую фракции помола направляют на дальнейшее измельчение на вальцевые станки. С вальцевого станка продукт самотеком поступает на норию 11, которая направляет помол на машину бичевую отбойную 17, где отбивают муку от отрубей. Выделенные отруби поступают в сборник 19, откуда их направляют на реализацию.

Мука из машины бичевой отбойной 17 поступает в насос гидродинамический 18, где ее смешивают с холодной водой во избежание налипания теста в коммуникациях. Соотношение зерна и воды, поступающих в смеситель, составляет 1,5:1, такой гидромодуль устанавливается с целью получения высококонцентрированного суслу, чтобы концентрация суслу в осаживателе была 20-24 % по сахаромеру. Затем смесь муки и воды поступает в тестомеситель 20, куда одновременно через дозаторы 21 поступают растворы ферментных препаратов: источников целлюлазы и протеазы. Перемешивание осуществляется насосом 22.

Расход целлюлолитического ферментного препарата источника – Висколазы 120 L составляет расхода 0,01 % к массе зерна, протеолитического – Протоферм FP 0,4 ед. ПС/г белка. В смесителе должно обеспечиваться равномерное перемешивание измельченного сырья, воды и раствора ферментных препаратов.

В смесителе происходит начальная стадия разжижения и снижение вязкости суслу за счет гидролиза некрахмалистых полисахаридов, таких, как целлюлоза, что позволит получить дополнительный источник сбраживаемых углеводов, а воздействуя на растворимую фракцию гемицеллюлоз - снизить вязкость замесов, в результате чего обеспечивается нормальная текучесть массы. Протеолитический ферментный препарат ускоряет гидролиз пептидных связей в белках и пептидах с целью повышения содержания аминного азота в сусле на стадии осаживания. Время пребывания замеса в смесителе при температуре составляет порядка 20 мин. Далее тесто подвергается гомогенизации 23. После чего на гидроциклоне 24 разделяется

на 2 потока. Первый поток содержит А-крахмал и волокна, второй поток содержит глютен, В-крахмал, пентозаны и растворимые белки. А-крахмал после гидроциклонов подается в промежуточный сборник 25, а далее на систему сит 27, где происходит его промывка. Глютен и В-крахмал из промежуточного сборника также поступают на ситование на барабанных ситах 27. Выделенный глютен собирают в сборник 31, а затем высушивают в сушилке 32. После чего направляли на реализацию. Концентрированное сусло, полученное при смешивании А-крахмала с В-крахмалом с содержанием сухих веществ 24 % собирали в сборник 30, затем разваривают и осахаривают.

Концентрированное сусло насосом подается на контактную головку 33, где подогревается вторичным или острым паром до температуры 75 °С, и поступает в аппарат гидродинамической и ферментативной обработки первой ступени ГДФО-1 35. Куда с помощью дозатора 42 поступает разжижающий ферментный препарат источник α -амилазы–Термоферм 3500 L в дозировке 1 ед АС/г.у.к. Замес выдерживается при температуре 75 °С в течение 1 ч. На этой стадии происходит клейстеризация крахмала, декстринизация и гидролиз крахмала под действием введенной α -амилазы. После заполнения аппарата примерно на 1/3 включается циркуляционный контур с центробежным насосом 36 для перемешивания массы в аппарате. Коэффициент заполнения аппарата составляет 0,75 - 0,80, температура массы при переработке зернового замеса должна поддерживаться в пределах 70 - 75 °С. Далее замес из аппарата ГДФО-1 самотеком отводится в аппарат гидродинамической и ферментативной обработки второй ступени ГДФО-2 37. После заполнения аппарата примерно на 1/3 включается циркуляционный контур с плунжерным насосом 38 для перемешивания массы в аппарате. При этом масса прокачивается через контактную головку 26, где замес подогревается до температуры 90-95 °С. Объем аппарата обеспечивает выдержку в нем замеса не менее 1 ч. В зоне этих температур осуществляется более интенсивная клейстеризация крахмала.

С помощью насоса 38 масса перекачивается в паросепаратор 40, выполняющий роль накопителя.

При переработке недоброкачественного дефектного сырья необходим более жесткий тепловой режим. В этом случае насосом 36 масса подается на контактную головку 34, где подогревается острым паром до температуры 110-115 °С. При этой температуре масса проходит трубчатый стерилизатор 39 в течение 5-6 мин и выдувается в паросепаратор 40.

В паросепараторе от разваренной массы, в результате перепада давления, отделяется вторичный пар, который направляется на подогрев замеса. Масса в паросепараторе выдерживается 15-20 мин при температуре 104-105 °С и давлении 0,03 - 0,04 МПа.

Из паросепаратора 40 разваренная масса поступает в вакуумный испаритель-осахариватель 43. В поток разваренной массы вводят осахаривающее средство Биозим 800L с помощью специального пневматического дозатора 42. Расход Биозим 800L составляет 7,5 ед. Гла/т крахмала. За счет инжекционного эффекта идет интенсивное перемешивание осахаривающих средств с разваренной массой. В вакуумном испарителе-осахаривателе с помощью барометрического конденсатора 45 и вакуум-насоса 46 поддерживается разрежение 0,081 МПа (600 - 610 мм рт. ст.), благодаря чему масса вскипает, выделяется вторичный пар и масса почти мгновенно охлаждается до температуры осахаривания.

Пар, выделившийся в вакуум испарителе – осахаривателе, поступает в барометрический конденсатор 45, охлаждается водой. Конденсат пара вместе с водой сливается в барометрический сборник 47. Несконденсировавшиеся газы и воздух из барометрического конденсатора откачивают вакуум-насосом 46. Оптимальные условия проведения процесса осахаривания следующие: температура 58 °С, продолжительность 30 - 35 мин.

Сусло из теплообменника 48, где оно охладилось до температуры складки (27 °С), поступает в бродильное отделение.

При данном способе сбраживания сусла в дрожжевом отделении завода устанавливают 2-3 дрожжанки и 1-2 возбравителя. Дрожжи по данному способу готовят в 2 стадии – сначала в дрожжанках 55, а затем в возбравителе 56, т.е. дрожжи, получаемые в дрожжанке 55, являются засевными для следующей дрожжанки и для возбравителя. В бродильную батарею подаются дрожжи из возбравителя 56.

Вместимость каждой дрожжанки должна быть 25-30 % вместимости возбравителя, вместимость которого должна составлять 40-50 % от вместимости головного бродильного аппарата.

Маточник 49 используется только для приготовления дрожжей в начале производства, и его объем должен составлять 25 % от вместимости дрожжанки.

Для приготовления дрожжевого сусла предусматривается подача питательных солей и серной кислоты в дрожжанку из сборников 50 и 51 соответственно.

Приготовление дрожжей в дрожжанках 55 ведется на пастеризованном подкисленном сусле. Дрожжи, созревшие в первой дрожжанке, используются в качестве засевных для двух других дрожжанок, которые должны быть на 1/2 заполнены предварительно приготовленным суслом (прошедшим доосахаривание, пастеризацию и подкисление).

Срок приготовления дрожжей в первой дрожжанке координируется с таким расчетом, чтобы к моменту их созревания в двух других дрожжанках сусло прошло все стадии подготовки. Дрожжи, получаемые во второй и третьей дрожжанке, используются в качестве засевных для первой 15 %, а остальное количество дрожжей идет в возбравитель 56. К этому времени в возбравителе должно быть набрано сусло и подкислено серной кислотой до pH 4,7 (0,4 градуса кислотности), т.е. в возбравителе сусло не пастеризуют, а всего лишь подкисляют серной кислотой.

Приготовление дрожжей в возбравителях ведется при температуре не выше 30 ° C в течение 14-16 ч. Отброд в зрелых дрожжах должен

составлять $1/3$ от первоначальной концентрации сусла, количество дрожжевых клеток должно быть не менее 90-100 млн. в 1 см^3 .

Работа дрожжевого отделения планируется таким образом, чтобы каждые 48 ч. (в начале каждого потока) зрелые дрожжи из возбуживателя 56 передавались в головной бродильный аппарат 60.

Для осуществления непрерывно – поточного брожения с рециркуляцией сусла в бродильном отделении завода устанавливают одну бродильную батарею с 8-10 бродильными аппаратами последовательно соединенных переточными коммуникациями (трубами).

Из возбуживателя 56 в головной бродильный аппарат 60, в который поступает сусло температурой $32 \text{ }^\circ\text{C}$, оно подается в количестве 18-20 % в час от полезного объема головного бродильного аппарата. При заполнении первого бродильного аппарата бражка по переточной трубе перетекает во второй, затем в третий и т.д. из аппарата в аппарат по потоку. Работа бродильной батареи с рециркуляцией бродящего сусла начинается после заполнения второго бродильного аппарата на $1/3$, для этого включают насос 57, обеспечивающий циркуляцию сусла сначала из 2-го, а затем при заполнении 3-го из него в 1-й бродильный аппарат.

Величина расхода циркуляции потока составляет 100-150 % по отношению к притоку сусла в батарею. Рециркуляция бродящего сусла осуществляется до окончания залива потока, пока основное сусло (из осаживателя) подается в 1-й головной бродильный аппарат.

Через 48-56 ч приток сусла в первый бродильный аппарат прекращают и начинают во 2-й головной бродильный аппарат 60, при этом рециркуляцию прекращают, трубопроводы рециркуляционного контура промывают водой и пропаривают.

Насосом 58 содержимое 1-го бродильного аппарата перекачивают во 2-й. Первый бродильный аппарат моют и стерилизуют паром. После проведения стерилизации в 1-й головной бродильный аппарат задают дрожжи из возбуживателя 56 и начинают следующий залив батареи сусла,

т.е. в него начинают подавать сусло, а во 2-й прекращают. Насосом 59 освобождают 2-й головной бродильный аппарат путем перекачки его содержимого в последующий бродильный аппарат по потоку, а поток сброживаемого сусла из 1-го бродильного аппарата направляют в 3-й, минуя 2-й, для этого имеются дополнительные коммуникации. Второй бродильный аппарат моют и стерилизуют, после стерилизации поток сброживаемого сусла из 1-го аппарата направляется во 2-й.

Насосом 59 поочередно освобождаются поточные бродильные аппараты путем перекачки бражки в последующий аппарат по потоку. Имеются переточные трубы, позволяющие пустить поток сброживаемого сусла, минуя один из аппаратов.

Зрелая бражка из последнего бродильного аппарата 60 насосом 65 подается в передаточную емкость 64, из которой насосом 66 на перегонку - ректификацию.

Температура в бродильных аппаратах поддерживается от 28 до 36°C.

Первые 4-6 аппаратов бродильной батареи, в которых протекает главное брожение, оборудуются змеевиками, которые служат для поддержания необходимой температуры.

Стерилизацию паром и дезинфекцию головных бродильных аппаратов 60 проводят через 48-60 ч, поточных – 60-72 ч.

Во время брожения все аппараты соединены со спиртоловушкой 62, которая служит для конденсации паров спиртов, уносимых углекислым газом.

Водно-спиртовая жидкость со спиртоловушки 62 поступает в сборник 63, из которого периодически (раз в смену) насосом 65 подается в передаточную емкость 64 .

На заводе производительностью 6000 дал абсолютного алкоголя в сутки получают зрелую бражку в количестве 37 м³/ч. Из зрелой бражки сепарацией на сепараторах 69 и 71 выделяют дрожжи в количестве 3 т (влажностью 70 %).

Дрожжевой концентрат направляют в плазмолизатор 74 с целью обезвреживания концентрата и облегчения последующей сушки. Из плазмолизатора 74 дрожжевой концентрат поступает в сборник дрожжевого концентрата 75, откуда его подают на распылительную сушилку 76, где дрожжевой концентрат смешивается с отрубями из сборника отрубей 77. В результате высушивания получают белковую добавку с влажностью 8-10 %, обогащенную легкоусвояемым белком (содержание протеина не менее 25 %). Полученную добавку направляют в накопительный бункер 78. С помощью шнекового дозатора 79 добавка поступает в гранулятор 80. Сформированные гранулы с помощью нории 81 подаются в охладитель гранул 82, после чего на вибрационный просеиватель 83, где полученные гранулы сортируются по размеру. Полноценные гранулы поступают на автоматические весы 84, а полученный после просеивания отсев снова направляется в накопительный бункер 78. После взвешивания гранулы упаковываются на упаковочной машине 85 и с помощью автомобилепогрузчика 86 отправляются в склад готовой продукции, а далее к потребителю, где используются в качестве белковой добавки к кормам.

Зрелая бражка из передаточной емкости 87 насосом 88 подается в подогреватель бражки 89. Бражка нагревается в подогревателе 89 водно-спиртовыми парами, поступающими из бражной колонны 90 до 70 – 75 °С, направляется в сепаратор 91, освобождается в нем от диоксида углерода и поступает на верхнюю тарелку бражной колонны 90. Выделенные из бражки водно-спиртовые пары с примесями через пеноловушку 92 последовательно проходят через бражную 90 и водяную 93 секцию подогревателя бражки и конденсатора 94 бражной колонны, где они конденсируются и вместе с дистиллятом из конденсатора CO₂ 95 в виде бражного дистиллята с содержанием спирта 40 - 50 % по объему поступают на 25 тарелку питания эспорационной колонны 96. Греющий пар, введенный в низ бражной колонны 90, движется по ней вверх и, встречаясь со стекающей навстречу по тарелкам бражкой, вываривает из нее спирт и сопутствующие ему примеси.

Бражка, освобожденная от спирта и летучих примесей, выводится снизу бражной колонны 90 с помощью бардорегулятора 97. Контроль за потерями спирта с бардой осуществляется с помощью пробного холодильника 98. Содержание спирта в барде допускается не более 0,015 % об.

Из эпурационной колонны 96 спиртовые пары, содержащие головные примеси, поступают в дефлегматор 99 и конденсатор 100 (частично) в виде флегмы возвращаются на верхнюю тарелку колонны. Из конденсатора 100 отбирается эфиро-альдегидная фракция (ЭАФ) в количестве 3-4 %, которая проходит холодильник 101, эпруветку 102, контрольный снаряд 103 и поступает в спиртоприемное отделение. ЭАФ подается на 21-ю или 25-ю тарелку разгонной колонны 104. Разгонная колонна служит для концентрирования ЭАФ и тем самым увеличения отбора спирта ректификата.

Из разгонной колонны 104 спиртовые пары, содержащие головные примеси, поступают в дефлегматор 109 и конденсатор 110, где конденсируются и в виде флегмы возвращаются на верхнюю тарелку колонны. Из конденсатора 110 отбирается концентрат эфиро-альдегидной фракции (КЭАФ) в количестве 0,5 – 0,7 %, который поступает в холодильник 112.

Выделенный из головной фракции этиловый спирт перемещается в выварную камеру колонны 104 и отводится из нее в передаточную емкость или на 23-ю тарелку бражной колонны 90.

Для разбавления ГФЭС и лучшего выделения головных примесей на верхнюю тарелку разгонной колонны подают лютерную воду из сборника 119.

Эпюрат с концентрацией спирта 35 - 40 % об. снизу эпурационной колонны 96 поступает на 16-ю тарелку (тарелку питания) ректификационной колонны 108.

Для улучшения качества спирта в эпурационной колонне осуществляется гидроселекция примесей. Из напорного сборника 119

лютерная вода подается на 32-ю тарелку эспурационной колонны 96 в таком количестве, чтобы содержание спирта в эспурате было 15 – 20 % об. До 32-й тарелки устанавливается зона сравнительно низких концентраций спирта и выше высоких, что позволяет создать условия для концентрирования в этой зоне промежуточных примесей, которые с 31-й и 33-й тарелок через ротометр отводятся в сборник промежуточной фракции, а затем перерабатываются при получении спирта низкого качества. По второму варианту из напорного сборника 119 лютерная вода подается на верхнюю тарелку эспурационной колонны 96 в таком количестве, чтобы содержание спирта в эспурате было 15 – 20 % об. Промежуточные примеси отводятся вместе с ЭАФ.

В ректификационной колонне 108 происходит укрепление спирта, а также концентрирование компонентов сивушного масла и пастеризация спирта, т.е. дополнительная его очистка от головных примесей на тарелках, расположенных над зоной отбора спирта.

Пары спирта из ректификационной колонны 108 поступают в дефлегматор 109, конденсируются в нем и в виде флегмы возвращаются на верхнюю тарелку колонны. Несконденсировавшаяся часть спиртовых паров из дефлегматора 109 поступает в конденсатор 110, в котором происходит полная конденсация.

Из конденсатора 110 производится отбор непастеризованного спирта (в количестве до 3,0 %), который направляется на верхнюю тарелку разгонной колонны 104 или по необходимости отводится на фонарь головной фракции. Избыточное количество дистиллята из конденсатора 110 в виде флегмы возвращается в ректификационную колонну 108. Несконденсировавшиеся пары отводятся в спиртоловушку 111.

Ректифицированный спирт выводится из 7, 8, 9 или 11-й (считая сверху) тарелок колонны, затем он направляется на холодильник спирта 112, эпруветку 113, контрольный снаряд 114 и в спиртоприемное отделение или поступает на колонну окончательной очистки 115. Из зоны 5, 9, 10 и 11-й

(считая снизу) колонны отбираются пары сивушного масла, которые в количестве 3 - 4 % поступают в конденсатор паров сивушного масла 116, а затем в декантатор 117, в котором происходит промывка и отделение сивушного масла лютерной водой, поступающей из напорного сборника 119. Снизу декантатора 117 водно - спиртовая жидкость с содержанием спирта 1,5-3,0 % об. поступает в передаточную емкость или на 12-ю тарелку бражной колонны 90. С верхней части декантатора 117 в количестве 0,3 - 0,4 % отводится товарное сивушное масло, которое поступает в сборник 138.

С 17, 18, 20 и 25-й (считая снизу) тарелок ректификационной колонны отбирается сивушный спирт (в количестве 2 %), который поступает в холодильник сивушного спирта 112 и отводится в сборник промывных вод для переработки на установке. Лютерная вода из ректификационной колонны 108 через лютероотводчик 118 отводится в сборник 119 или направляется в канализацию. Содержание спирта в лютерной воде не допускается.

Контроль за потерями спирта с лютерной водой осуществляется с помощью пробного холодильника.

Колонна окончательной очистки 115 снабжена дефлегматором 120 и конденсатором 121. В зависимости от выполняемой задачи ее используют как в режиме эюрации спирта, так и в режиме его повторной ректификации. При работе колонны окончательной очистки в режиме эюрации ректифицированный спирт направляется на 10-ю, 14-ю, 20-ю (считая снизу) тарелку питания колонны. Выбор тарелки питания обуславливается перепадом высот между штуцерами для выхода и входа спирта, величина которого должна составлять не менее 1500 мм. Колонна окончательной очистки 115 обогревается паром через выносной кипятильник 122.

Головные примеси, выделенные из спирта и сконцентрированные в колонне окончательной очистки, отбираются из конденсатора колонны в количестве 1,0-1,5 % и отводятся на 3-4-ю (считая сверху) тарелку разгонной колонны 104 или на фонарь головной фракции. Избыточное количество погона

из конденсатора 121 возвращается на верхнюю тарелку колонны в виде флегмы. Неконденсирующиеся газы и увлекаемые ими частицы спирта поступают в спиртоловушку 123, откуда поступают на верхнюю тарелку разгонной колонны 104.

Отбор спирта из колонны производится из выварной камеры, откуда спирт поступает в холодильник, эпруветку 130, контрольные снаряды 131 и в спиртоприемное отделение или на 16-ю тарелку ректификационной колонны 108 в случае брака.

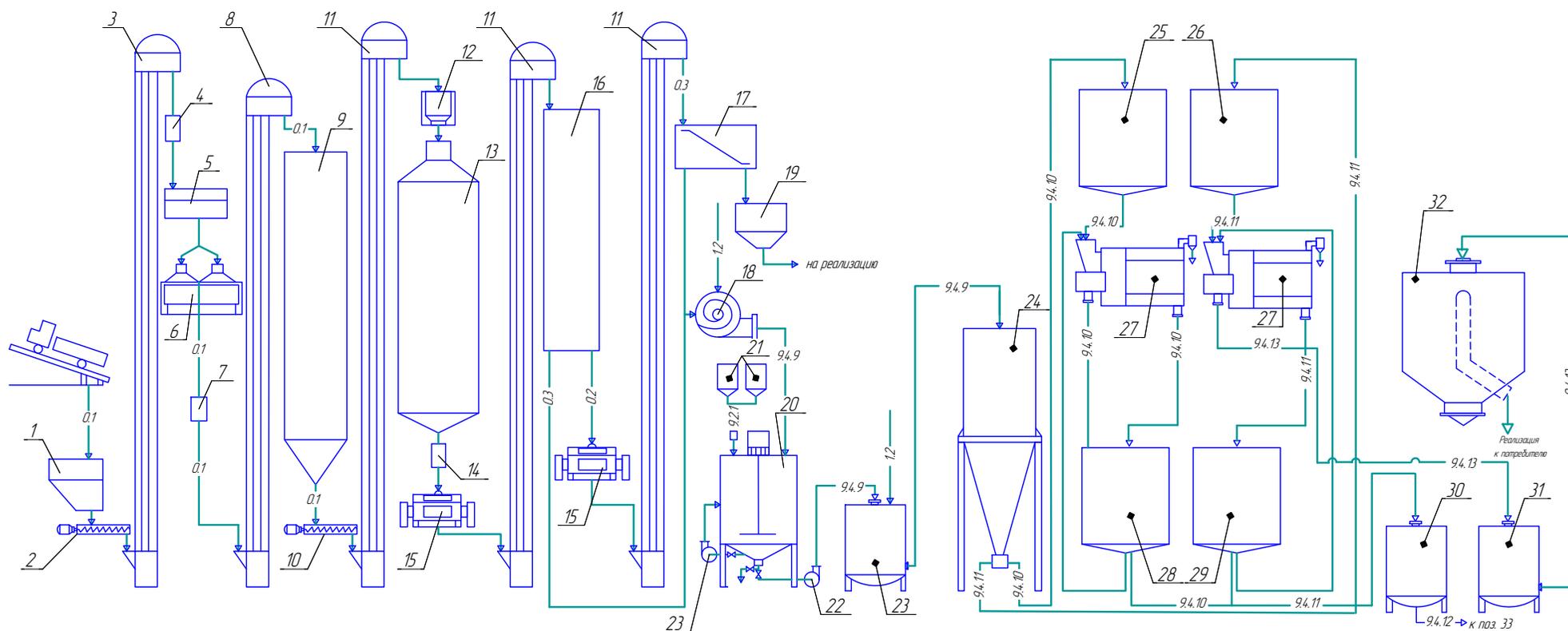
При использовании колонны окончательной очистки в режиме эспюрации спирта ректифицированный спирт на выходе из ректификационной колонны должен иметь крепость на 0,1 % об. выше, чем это предусмотрено ГОСТ, т. е. в классическом варианте колонна окончательной очистки снижает производительность брагоректификационной установки.

Работа колонны окончательной очистки в режиме повторной ректификации спирта: ректифицированный спирт с одной из тарелок гребенки отбора ректификационной колонны через ротаметр поступает на 2-ю или 4-ю (считая снизу) тарелку колонны окончательной очистки. Пары спирта, двигаясь вверх по колонне, встречаются с потоком флегмы, укрепляются и обогащаются головными примесями, затем поступают в дефлегматор 120, где конденсируются и в виде флегмы возвращаются на верхнюю тарелку колонны 115. Несконденсировавшаяся часть парового потока поступает в конденсатор 121. Непастеризованный спирт из конденсатора через ротаметр направляется на 3—4-ю (считая сверху) тарелку разгонной колонны 104 или отводится на фонарь головной фракции. Избыток дистиллята из конденсатора 121 в виде флегмы поступает на верхнюю тарелку колонны. Отбор ректифицированного спирта производится с 8-й или 10-й (считая сверху) тарелок колонны.

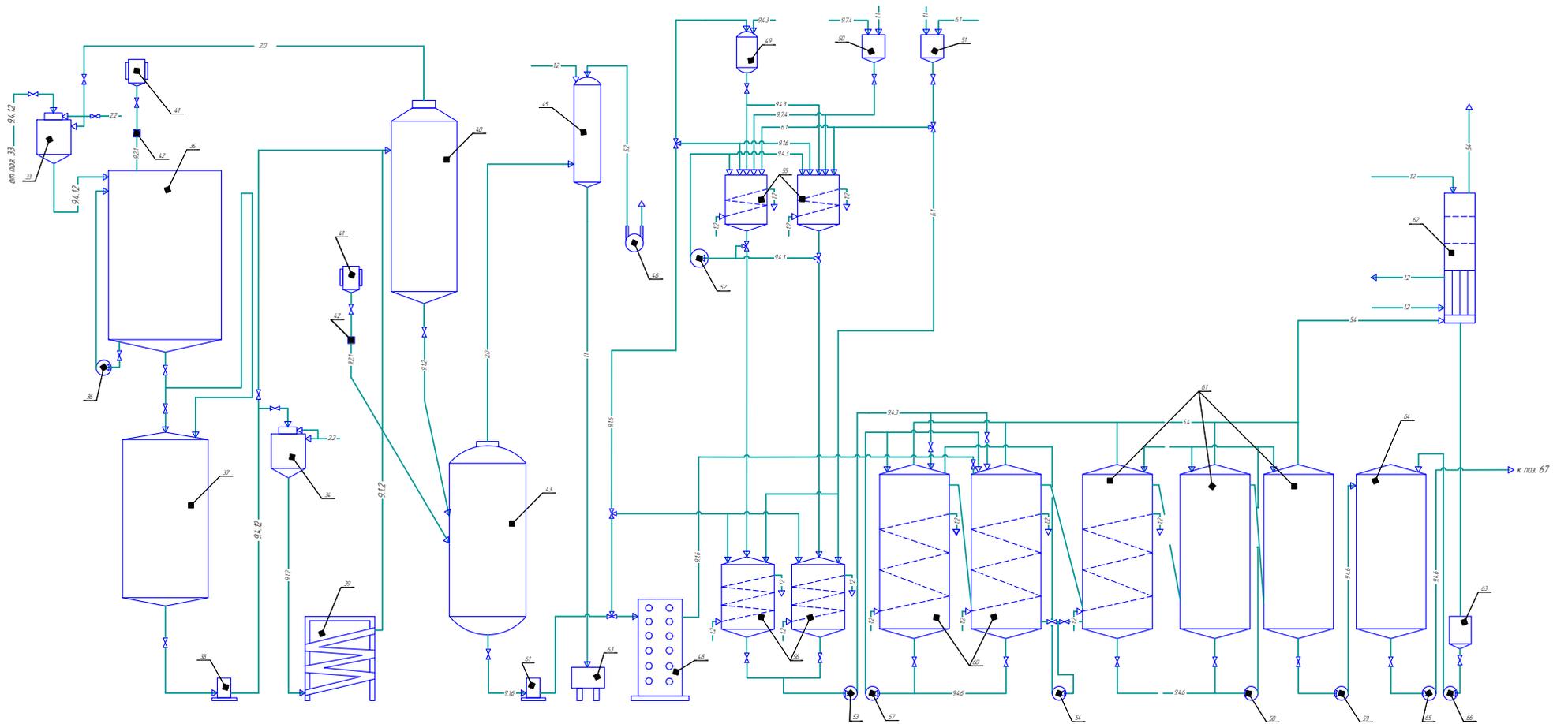
Каждая из колонн в верхней и нижней частях взаимосвязана с самозаливающимися вакуум-прерывателями 124, вынесенными для удобства контроля за давлением на площадку обслуживания.

ПРИЛОЖЕНИЕ И

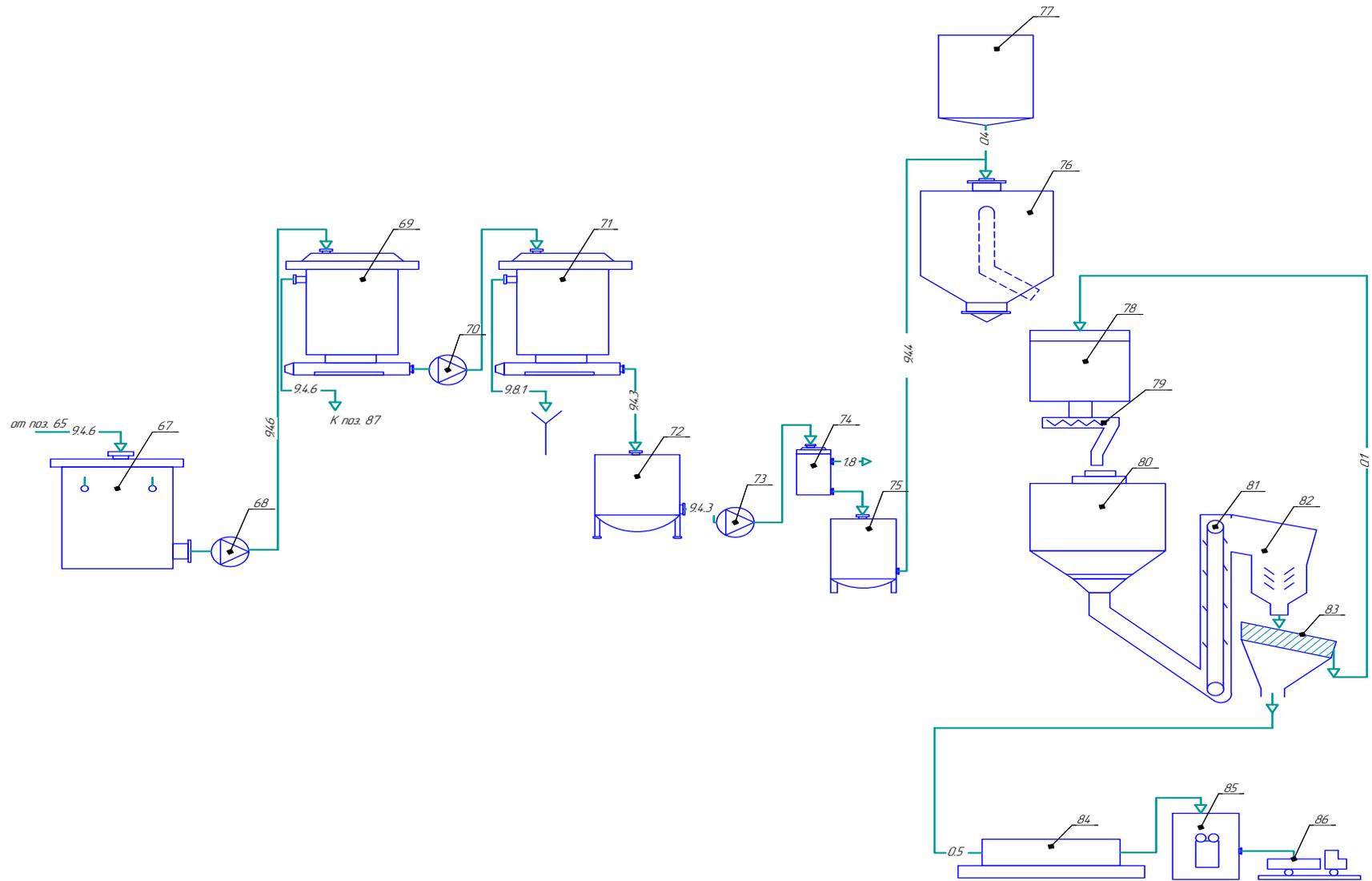
Схемы



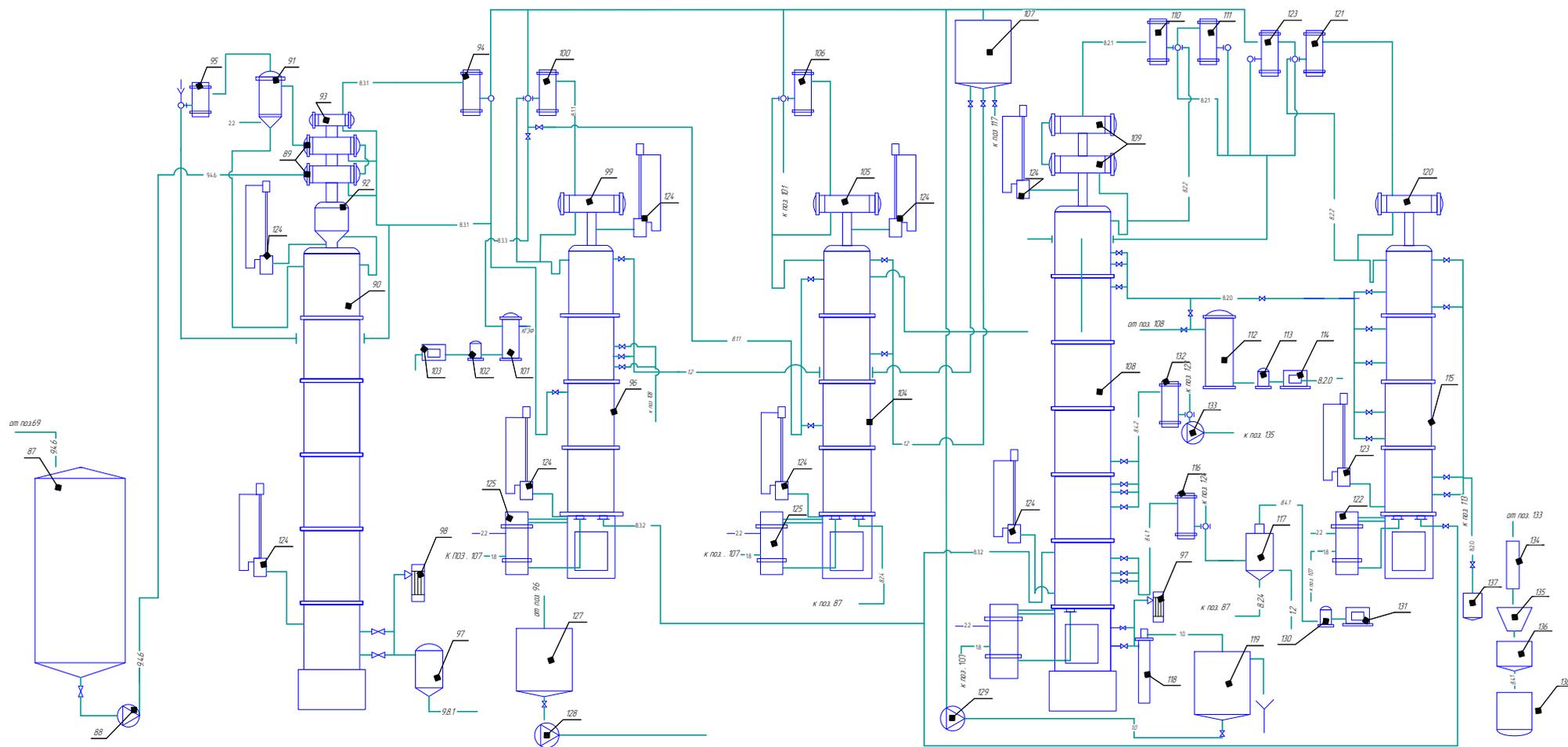
Аппаратурно-технологическая схема участка подработки зерна на ОАО «Новопесчанское»



Аппаратурно-технологическая схема варочного и броидильного отделений на ОАО «Новопесчанское»



Аппаратно-технологическая схема получения кормовой белковой добавки на ОАО «Новопесчанское»



Аппаратурно-технологическая схема браго-ректификационного отделения на ОАО «Новопесчанское»

138	Сборник сивушных масел	1	
137	Приемник спирта	1	
136	Приемник ЭАФ	1	
135	Конический мерник	1	

9.8.1	Барда
9.7.4	Раствор питательных солей
9.5.1	Белковая добавка
9.5	Дрожжевой концентрат
9.4.13	Макрый глютен
9.4.12	Концентрированное сусло
9.4.11	Крахмал Б
9.4.10	Крахмал А
9.4.9	Водно-мучнистая суспензия пшеницы
9.4.6	Бражка
9.4.4	Дрожжевой концентрат
9.4.3	Дрожжи
9.2.1	Ферментные препараты
9.16	Сусло
9.12	Разваренная масса
9.11	Замес
8.4.2	Сивушный спирт
8.4.1	Сивушные масла
8.3.3	Концентрат головной фракции
8.3.2	Экстракт
8.3.1	Бражной дистиллят
8.2.4	Водно-спиртовая жидкость
8.2.2	Флегма
8.2.1	Спирт неаpasteризованный
8.2.0	Спирт этиловый
8.1.1	Спирт этиловый головная фракция
6.1	Серная кислота
5.4	Углекислый газ
5.2	Воздух
4.8	Водно-спиртовые пары
2.2	Острый пар
2.0	Вторичный пар
1.8	Конденсат пара
1.2	Техническая вода
1.1	Отрабатанная вода
1.0	Лотерная вода
0.5	Гранулированный кормпродукт
0.4	Отруди
0.3	Мука
0.2	Крупка
0.1	Зерно
Обозначение	Наименование

134	Цилиндрический мерник	1	
133	Центробежный насос	1	
132	Конденсатор сивушных спиртов	1	
131	Спиртоизмерительный снаряд	1	
130	Эпруветка	1	
129	Насос лотерной воды в лотерный бак	1	
128	Насос отпечи прожекторной фракции	1	
127	Сборник прожекторной фракции	1	
126	Испаритель(кислотильник) РК	1	
125	Испаритель(кислотильник) ЭК	1	
124	Вакуум-прерыватель	6	
123	Спирталабушка	1	
122	Испаритель(кислотильник) КОД	1	
121	Конденсатор КОД	1	
120	Дефлегматор КОД	1	
119	Сборник лотерной воды	1	
118	Лотеротводчик	1	
117	Декантатор	1	
116	Холодильник сивушного масла	1	
115	Колонна оконательной очистки	1	
114	Спиртоизмерительный снаряд	1	
113	Эпруветка	1	
112	Холодильник спирта	1	
111	Спирталабушка	1	
110	Конденсатор РК	1	
109	Дефлегматор РК	1	
108	Ректификационная колонна	1	
107	Сборник мягкой воды	1	
106	Конденсатор разгонной колонны	1	
105	Дефлегматор разгонной колонны	1	
104	Разгонная колонна	1	
103	Спиртоизмеряющий снаряд	1	
102	Эпруветка	1	
101	Холодильные КГЭАФ	1	
100	Конденсатор ЭК	1	
99	Дефлегматор ЭК	1	
98	Грабный холодильник	1	
97	Бардрегулятор	1	
96	Этапационная колонна	1	
95	Конденсатор сепаратора	1	
94	Конденсатор фракной колонны	1	
93	Водная секция подработенной фракции	1	
92	Пенолабушка	1	
91	Сепаратор углекислоты	1	
90	Бражная колонна	1	
89	Подогреватель бражки	1	
88	Центробежный насос	1	
87	Ворон опаривательный (вспомогательной фракции)	1	
86	Автоматизированный	1	
85	Упаковочная машина	1	
84	Автоматические весы	1	
83	Вибрационный просеиватель	1	
82	Охладитель гранул	1	
81	Нория	1	
80	Гранулятор	1	

79	Шнекавый дозатор	1	
78	Накопительный бункер	1	
77	Сборник отрудей	1	
76	Распылительная сушилка	1	
75	Сборник дрожжевого концентрата	1	
74	Плазмоллизатор	1	
73	Центробежный насос	1	
72	Сборник сгущенной дрожжевой суспензии	1	
71	Сепаратор 2 ступени	1	
70	Водоотстойный насос	1	
69	Сепаратор 1 ступени	1	
68	Центробежный насос	1	
67	Сборник зрелой бражки	1	
66	Центробежный насос	1	
65	Пилнжерный насос	1	
64	Передачная емкость	1	
63	Сборник водно-спиртовой жидкости	1	
62	Спирталабушка	1	
61	Поточные доильные аппараты	5	
60	Головной доильный аппарат	6	
57, 58, 59	Центробежный насос	3	
56	Воздухиватель	2	
55	Дрожжанка	3	
52, 53, 54	Центробежный насос	3	
51	Мерник серной кислоты	1	
50	Мерник растворов питательных солей	1	
49	Маточник	1	
48	Теплообменник тип "труба в труде"	1	
47	Сборник дараметрической воды	1	
46	Вакуумный насос	1	
45	Барометрический конденсатор	1	
44	Пилнжерный насос	2	
43	Вакуумный испаритель-дозатор	1	
42	Дозатор	4	
41	Сборник ферментных препаратов	2	
40	Паросепаратор	1	
39	Трубообразный стерилизатор	1	
38	Пилнжерный насос	1	
37	ДФФ-2	1	
36	Центробежный насос	1	
35	ДФФ-1	1	
33, 34	Контактная головка	2	
32	Сушилка	1	
31	Промежуточные сборник макрога глютенна	1	
30	Сборник концентрированного сусла	1	
27	Барабанные сита	2	
26, 29	Сборник крахмала Б	2	
25, 28	Сборник крахмала А	2	
24	Гидроциклонный аппарат	1	
23	Гомогенизатор	1	
22	Насос	1	
21	Дозатор ферментных препаратов	2	
20	Тестамеситель	1	
19	Сборник отрудей	1	
18	Гидродинамический насос	1	
17	Отбойная дробильная машина	1	
16	Сита	1	
15	Вальцевый станок	1	
14	Магнитный сепаратор	1	
13	Машина для увлажнения зерна	1	
12	Поточные весы	1	
11	Нория	1	
10	Шнек	1	
9	Силос	1	
8	Нория	1	
7	Камчеллабушка	1	
6	Воздушный сепаратор	1	
5	Зерноочистительная машина	1	
4	Магнитный сепаратор	1	
3	Нория	1	
2	Шнек	1	
1	Автоматизированный бункер	1	
Обознач.	Наименование	кол-во	Примечание