На правах рукописи

БОРИСЕНКО Владимир Александрович

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПИВА С ПОВЫШЕННОЙ КОЛЛОИДНОЙ И ВКУСОВОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ

Специальность: 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов
(Пивобезалкогольная, спиртовая и винодельческая промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Кемерово 2006

Работа выполнена в ГОУ ВПО Кемеровский технологический институт пищевой промышленности

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Маюрникова Л.А..

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Мирошников А.М.

кандидат технических наук, доцент Габинская О.С.

Ведущая организация: ФГУП «Завод пищевых продуктов «Томский»

Защита состоится «01» декабря 2006 г. в часов на заседании диссертационного совета **К 212.089.01** при Кемеровском технологическом институте пищевой промышленности по адресу: 650056 , г. Кемерово, бульвар Строителей, 47.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кемеровского технологического института пищевой промышленности.

Автореферат разослан «01» ноября 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент Бакин И.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Пивоваренная индустрия в настоящее время относится к одной из наиболее динамично развивающихся отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности. Значительный рост объёмов производства пива привёл к жёсткой конкуренции на рынке его сбыта. Поэтому сегодня как никогда актуальна проблема повышения стабильности этого популярного напитка, решение которой позволяет сделать его конкурентно способным и повышает эффективность производства в целом.

На сегодняшний день с успехом решена проблема повышения биологической стойкости пива путём использования пастеризации и обеспложивающей фильтрации. Но до конца не решена проблема повышения коллоидной и вкусовой стабильности продукта, несмотря на пристальное внимание к ней пивоваров у нас и за рубежом.

Существующие способы и приёмы повышения коллоидной стабильности основаны на двух основных принципах: на снижении содержания в пиве основных мутеобразователей, в частности, полифенолов, белков с помощью адсорбентов и минимизации окислительных процессов. Вкусовую стабильность на современном производстве увеличивают также путём снижения негативного влияния на продукт кислорода.

Для сорбции полифенолов в основном, применяют дорогостоящий поливинилполипирролидон. В литературе имеются единичные сведения о возможности эффективного удаления полифенолов из продукта с помощью более дешёвых и доступных средств, например, пищевой добавкой гексаметилентетрамин. Для минимизации негативного влияния кислорода на технологический процесс и качество пива применяют антиоксиданты, которые вносят на конечном этапе производства продукта. Однако окислительные процессы протекают и на более ранних стадиях приготовления пива, отрицательно влияя на фильтруемость заторов, выход сусла, цвет пива и его вкусовую стабильность. На основании всего вышеизложенного можно сказать, что решение вопросов повышения коллоидной и вкусовой стабильности путем устранения негативного влияния полифенолов и кислорода в ходе всех технологических процессов является актуальным и перспективным направлением.

Цель и задачи исследования

Целью работы является разработка технологии пива с повышенной коллоидной и вкусовой стабильностью путем применения гексаметилентетрамина и антиоксидантов.

Реализация поставленной цели достигается решением следующих задач:

– исследовать влияние гексаметилентетрамина на процесс приготовления сусла, его сбраживание и качество готового пива с целью разработки технологии стойкого напитка;

– изучить возможность совершенствования технологии и повышения стабильности пива путём использования при затирании аскорбиновой кислоты;

– рассмотреть возможность повышения вкусовой и коллоидной стойкости пива с использованием в качестве антиоксидантов природных источников флавоноидов;

– разработать способ обогащения остаточных пивных дрожжей глютатионом и исследовать влияние обогащённых дрожжей на процессы приготовления сусла и пива;

– рассмотреть возможность использования в качестве источника антиоксидантов проросшего ячменя;

– провести производственные испытания разработанных технологий.

Научная новизна

Обоснована целесообразность и возможность удаления полифенолов на стадии затирания зернопродуктов с использованием гексаметилентетрамина. Показано положительное влияние удаления из среды мутеобразующих полифенолов на активность ферментных систем затора, выход экстракта, химический состав сусла и его прозрачность, коллоидную и вкусовую стабильность пива.

Обоснована необходимость минимизации окислительных процессов при затирании путём внесения антиоксидантов: аскорбиновой кислоты, природных источников флавоноидов, глютатионосодержащих продуктов. Показано положительное влияние антиоксидантов на ферменты солода, фильтрование заторов, процесс сбраживания, вкусовую и коллоидную стабильность пива.

Установлена взаимосвязь между восстанавливающей способностью сусла, стабильностью пива и содержанием в нём побочных и вторичных продуктов брожения.

Показана эффективность использования дрожжей, обогащенных глютатионом, в качестве антиоксидантной добавки при затирании. Получена математическая зависимость влияния условий обработки дрожжей на накопление в них трипептида.

Практическая значимость работы

Разработана технология стойкого пива с использованием гексаметилентетрамина, внедрение которой позволит значительно повысить стабильность продукта.

Разработана технология пива с использованием аскорбиновой кислоты, позволяющая значительно увеличить выход сусла, ускорить фильтрование заторов и повысить как вкусовую, так и коллоидную стойкость напитка. Внедрение разработанной технологии позволит получить значительный экономический эффект за счёт увеличения выхода продукта.

Предложена практическая реализация способов производства стойкого пива с использованием в качестве природных источников флавоноидов прополиса, кровохлёбки; в качестве антиоксидантов - остаточных дрожжей, проросшего ячменя. Разработан способ обогащения дрожжей глютатионом. Обогащённые дрожжи могут найти применение не только в пивоварении, но и в других отраслях пищевой промышленности, а также в медицине.

Модифицирован метод определения гексамина для контроля его остаточного содержания в пиве.

Разработана и утверждена техническая документация: ТИ 9184 – 054 – 02068315 – 2006 « Технологическая инструкция по производству коллоидно-стойкого пива с использованием пищевой добавки гексаметилентетрамина; ТИ 9184 – 055 – 02068315 – 2006 «Технологическая инструкция по производству пива с использованием аскорбиновой кислоты».

Проведены производственные испытания разработанных технологий на ЗАО «Иркутскпищепром», ОАО «Тогучинский ПивВинкомбинат», ОАО «Новокемеровский пивобезалкогольный завод».

Выполнен расчёт экономической эффективности применения при затирании аскорбиновой кислоты.

Апробация работы

Основные положения работы докладывались на научно-практических конференциях: «Пищевые продукты и здоровье человека», (г. Кемерово, 200г.), «Совершенствование технологии и оборудования производства алкогольной, слабоалкогольной и безалкогольной продукции и методов анализа их качества» (г. Минск, 2004г.), «Образование для новой России: опыт, проблемы, перспективы» (г. Юрга, 2005г.), «Пищевые продукты и здоровье человека» (г. Кемерово, 2006г.).

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 9 работ и получено положительное решение по заявке на патент «Способ производства пива».

Структура и объём диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, методической части, экспериментальной части, выводов, списка литературы и приложений.

Основная часть работы изложена на 186 стр., включает 41 рисунок, 29 таблиц, приложения на 23 стр. Список литературы включает наименований. 165

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность, сформулирована цель работы, дана её общая характеристика.

В первой главе, посвящённой обзору литературы, дана современная информация о механизме образования в пиве коллоидных осадков и приведён обзор существующих способов повышения коллоидной стойкости пива.

Охарактеризованы вещества, влияющие на вкус пива, и приведён механизм старения вкуса. Обобщена информация по технологическим приёмам и специальным способам повышения вкусовой стабильности пива.

Во второй главе описана методика проведения эксперимента, объекты и методы исследований.

Экспериментальные исследования проводились в Кемеровском технологическом институте пищевой промышленности.

Объекты исследований

Объектами исследования являлась пищевая добавка гексаметилентетрамин (Е239) – уротропин фармакопейный ЗАО «Вектон» (г. С-Петербург), пищевая аскорбиновая кислота по ГОСТ Р51174 – 98. В качестве источника флавоноидов применяли прополис пчеловодческих хозяйств Кемеровской области, корневище и корень кровохлёбки производства ООО «АПЕКС» (г. С-Петербург), препарат Танал фирмы «ОМНИХЕМ» и белковый осадитель Вирфлок фирмы «КВЕСТ». Как источник глютатиона, использовали остаточные пивные дрожжи с Новокемеровского пивобезалкогольного завода и ячмень, пророщенный в лабораторных условиях.

Методы исследований

В работе использовались как традиционные, так и современные методы исследований.

Анализ сусла и пива проводили общепринятыми в пивоварении методами.

Тиобарбитуровое число определяли по методу МЕБАК, измеряя интенсивность окрашивания растворов на спектрофотометре СФ-46.

Амилолитическую способность сусла определяли колориметрическим методом, протеолитическую – методом Ансона. Цитолитическую активность характеризовали по эффективности гидролиза ферментами сусла фильтровальной бумаги. Количество образовавшейся глюкозы определяли глюкозооксидазным методом с использованием набора реактивов «НОВОГЛЮК – К, М (500)». Восстанавливающую способность сусла и пива определяли модифицированным методом Штейнера и характеризовали по проценту обесцвечивания красителя 2,6 – дихлорфенолиндофенолята.

Прогноз коллоидной стабильности пива делали форсированным тестом $40^0C/0^0C$ – 1/1.

Вкусовую стабильность определяли дегустацией пива, подвергнутого искусственному старению, с оценкой вкуса по шкале Araki.

Содержание в пиве высших спиртов, альдегидов, эфиров определяли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе с пламенно-ионизационным детектором.

Определение общего содержания липидов в сусле проводилось гравиметрическим методом, а группового – с помощью тонкослойной хроматографии.

Все исследования проводились в 3 – 4-х кратной повторности и обрабатывались статистически. В экспериментальной части приведены средние значения показателей.

В третьей главе, изложены основные результаты исследований и их анализ. Глава состоит из нескольких разделов.

Разработка технологии стойкого пива с использованием гексаметилентетрамина (гексамин)

Для удаления из сусла мутсобразующих полифенолов была выбрана пищевая добавка гексамин. На первоначальном этапе эксперимента исследовали его влияние на процесс приготовления и качество сусла.

Готовили сусло классическим настойным способом. В начале процесса в затор вносили гексамин в количестве от 50 до 500 г/т солода. Влияние добавки на процесс фильтрования и качество сусла дано в табл.1.

Таблица 1- Характеристика лабораторного сусла

Показатели	Дозировка, г/т					
	0	50	100	200	400	500
Массовая доля экстракта, %	8,0	8,0	8,1	8,2	8,2	8,2
Редуцирующие вещества, г/100 см^3	6,49	6,49	6,52	6,71	6,81	6,86
Аминный азот, мг/100 см^3	21,3	22,0	22,4	23,8	26,0	28,6
Фракция белка А, мг/100 см^3	10,80	10,30	9,60	9,45	9,28	9,20
Полифенолы, мг/ дм^3	59,9	47,3	34,0	18,0	8,3	7,7
Вязкость, Мпа*с	1,50	1,51	1,49	1,50	1,51	1,50
Цветность, цв. ед.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Кислотность, к.ед.	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Время фильтрования, мин.	80	72	65	60	56	54

Результаты эксперимента показали, что гексамин эффективно удаляет из затора полифенольные вещества даже при добавлении незначительной дозировки препарата, что положительно отражается на всех показателях качества сусла и на фильтруемость заторов. Однако ощутимое влияние добавки на процесс затирания и качество сусла наблюдается при дозировках гексамина 200-400 г/т, которые выбраны в качестве рациональных. Существенное снижение концентрации полифенолов и высокомолекулярных белковых веществ при помощи гексамина можно предположительно объяснить следующим. По-видимому, в заторе гексамин распадается с образованием формальдегида, который вступает в реакцию поликонденсации с фенольными веществами солода. Молекулы полифенолов укрупняются, возрастает их реакционная способность по отношению к белкам. Образуются нерастворимые белково-дубильные комплексы. Повышение концентрации мальтозы и аминного азота связано, вероятно, с увеличением активности основных гидролитических ферментов за счёт удаления фенольных веществ.

Изучение влияния гексамина на ферментные системы затора

Следующий этап исследований был посвящён изучению влияния гексамина на ферментные системы затора. Для этого готовили заторы настойным способом с внесением добавки в количестве 400 г/т. В конце белковой, мальтозной пауз и паузы осахаривания, а также перед подачей затора на фильтрование отбирали пробы сусла и определяли в них амилолитическую (АС), протеолитическую (ПС) и цитолитическую (ЦА) способности.

Проведённый эксперимент показал, что добавление в затор гексамина увеличивает активность амилолитических, протеолитических и цитолитических ферментов. Так на белковой паузе активность амилаз опытных образцов сусла превышала активность контрольных на 13 %, на мальтозной паузе - на 39 %, а

на стадии осахаривания – уже на 58 %. Перед фильтрованием при температуре 78 ^{0}С АС опытного сусла была выше АС контрольного на 68 %. Существенно возрастала и активность протеолитических ферментов. На белковой паузе ПС опытного сусла превышала ПС контрольного на 39 %, на мальтозной – на 31,9 %, на стадии осахаривания - на 19,6 %. Активность протеолитических ферментов при 78 ^{0}С не определялась. При добавлении в затор гексамина активизировались и цитазы. На паузе цитолиза при температуре 40 ^{0}С ЦА опытного сусла превышала ЦА контрольного на 11,2 % , на белковой паузе – на 13,6%, на мальтозной паузе – на 12,5%.

Полученные данные свидетельствуют, что при добавлении в затор гексамина активизируются и стабилизируются основные гидролитические ферменты.

Влияние гексамина на процесс брожения сусла, физиологическое состояние дрожжей и качество пива

Процесс брожения опытных и контрольного образцов сусла проводили дрожжами 34 расы при температуре 8 ^{0}С. Скорость брожения опытных образцов была выше, что, очевидно, связано с пониженным содержанием в них полифенолов и более оптимальным азотистым и углеводным составом. Внесение в затор гексамина положительно отразилось и на жизнедеятельности дрожжей: время генерации клеток сократилось при сбраживании опытных образцов в 1,4 – 1,5 раза. Дрожжи после сбраживания опытных образцов содержали меньше мёртвых и больше почкующихся клеток и клеток с гликогеном. Образцы молодого пива снимали с дрожжей и дображивали 21 сутки. Физико-химические показатели готового пива приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Влияние гексамина на качество пива

Показатели	Контроль	Опыт	
		200г/т	400г/т
Экстрактивность начального сусла,%	11,0	11,0	11,0
Объёмная доля спирта, %	4,0	4,2	4,4
Кислотность, к.ед.	2,3	2,2	2,2
Цвет, ц.ед.	0,52	0,51	0,51
Полифенолы, мг/дм^3	96,6	53,3	46,0
Фракция белка А, мг/100 см^3	9,2	8,5	7,8
Мутность, ед.ЕВС	1,5	1,1	1,0
Предел осаждения	13	15	15
Прогнозируемая стойкость, месяц	2	3	3
ПОК, %	52	52	49

Опытное пиво выгодно отличается от контрольного по содержанию спирта, цвету и прозрачности, а также по показателям, прогнозирующим его коллоидную стабильность. Концентрация полифенолов в образцах с добавлением гексамина в количестве 200 мг/кг ниже, чем в пиве без добавки на 45 %, а при внесении гексамина в количестве 400 мг/кг – уже на 47,6 %.

В литературе имеются данные о том, что целесообразно удалять из пива до 40 % полифенольных веществ, чтобы не снизить полноту вкуса и восстанавливающую способность напитка. Дегустация же показала, что существенное снижение фенольных веществ отразилось на сенсорной характеристике опытного пива только положительно: оно отличалось мягким полным вкусом, хорошей насыщенностью CO_2, высокой устойчивой пеной и получило отличную оценку.

Так как отдельные фенольные вещества являются антиоксидантами, то представляло интерес выявить влияние гексамина на восстанавливающую способность пива,которую оценивали по величине ПОК. Как показывают данные, представленные в табл. 2, внесение в затор 200 г/т гексамина не повлияло на восстанавливающую способность пива, а более высокие дозы добавки несколько снизили процент обесцвечивания красителя, хотя он остался ещё на достаточно высоком уровне. Следовательно, гексамин в умеренных дозах практически не влияет на восстанавливающую способность пива.

Исследовали влияние гексамина на устойчивость коллоидной системы пива (рис.1).

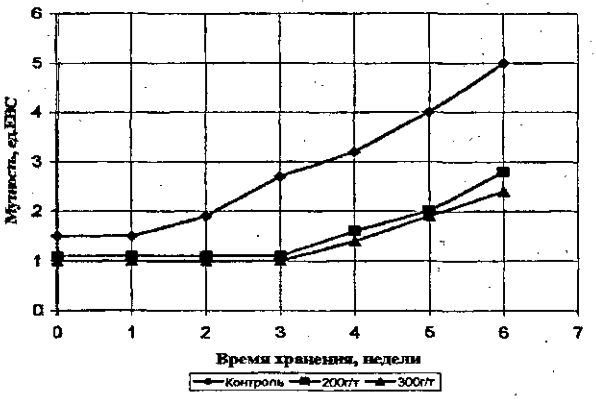

Рисунок 1 Изменение мутности пива в процессе хранения

Рис.1 наглядно показывает, что гексамин значительно повышает стойкость пива к образованию коллоидных помутнений. Контрольные образцы пива сохраняли свою исходную прозрачность только в течение одной недели, в то время как в опытном пиве нарастание мутности началось лишь спустя 3 недели выдержки. Видно также, что в пиве, приготовленном с гексамином, увеличение мутности происходит менее интенсивно.

Влияние гексамина на вкусовую стойкость пива

Вкус старого пива связан с появлением в нём карбонилов старения. Среди причин образования в пиве карбонилов старения – окисление жирных кислот. Как показывают современные исследования, количество липидов в

сусле напрямую связано с его прозрачностью. Так как внесение в затор гексамина значительно повышает прозрачность сусла, то, вероятно, препарат будет способствовать и снижению содержания в нём липидов.

В сусле, приготовленном с гексамином, определяли общее содержание липидов и их групповой состав (табл. 3). Концентрация липидов в опытных образцах составила 264 мг/дм^3, в то время как в контрольных – 391 мг/дм^3. Концентрация липидов в опытном сусле ниже, чем в контрольном на 32,5% и коррелирует с прозрачностью сусла, которая была выше в опытных образцах на 28 %.

Как видно из табл.3, опытное и контрольное сусло имеет идентичный качественный состав липидов. Во всех исследуемых образцах присутствуют фосфолипиды, стерины, ди- и триглицериды, жирные кислоты и эфиры стеролов. Однако соотношение отдельных фракций в липидах контрольного и опытного сусла несколько отличается. В липидах сусла, приготовленного с использованием гексамина, меньше жирных кислот, фосфолипидов, триглицеридов и эфиров стеролов, но больше диглицеридов и стеринов.

Таблица 3 - Характеристика липидного состава сусла

Фракция	Контроль		Опыт	
	%	мг/дм^3	%	мг/дм^3
Фосфолипиды	13,07	51,10	7,50	19,80
Стерины	6,54	25,57	15,81	41,74
Диглицериды	22,88	89,46	35,29	93,17
Жирные кислоты	15,80	61,78	12,00	31,68
Триглицериды	13,07	51,10	11,76	31,05
Эфиры стеролов	28,64	111,98	17,64	46,57

Известно, что жирные кислоты отрицательно влияют на вкусовую стабильность пива. Поэтому состав липидов опытного сусла позволяет спрогнозировать более высокую вкусовую стабильность пива. Однако жирные кислоты и стерины необходимы дрожжам для синтеза компонентов клеточных мембран, входят в состав протоплазмы и выполняют структурную, ростовую и защитную функции. По сумме жирных кислот и стеринов (27,81%) липиды опытного сусла выгодно отличаются от липидов контрольного образца (22,34%), что свидетельствует о полноценности состава липидов опытного сусла для обеспечения нормальной жизнедеятельности дрожжей.

Эксперимент показал, что в более прозрачных опытных образцах меньше жирных кислот. Изменение липидного состава сусла при внесении гексамина положительно отразилось на вкусовой стабильности пива, которую оценивали по дегустации искусственно состаренного напитка. Пиво, приготовленное с использованием гексамина, имело слабые тона старения, в то время как контрольное пиво имело вкус и аромат старого пива.

Исследование возможности использования гексамина при кипячении сусла с хмелем

Современными исследованиями доказано, что прозрачность сусла при кипячении его с хмелем повышается при удалении не только белков, но и полифенолов. Изучена возможность совместного использования белкового осадителя Вирфлока и гексамина, эффективно удаляющего из сусла полифенолы. На основании проведённых экспериментов была разработана комбинированная добавка, включающая Вирфлок в дозировке 2 г/гл и гексамин в той же концентрации, использование которой значительно повышает прозрачность сусла, что способствует ускорению его сбраживания и повышает коллоидную стабильность напитка.

Разработка метода определения в пиве гексаметилентетрамина

Гексаметилентетрамин является пищевой добавкой и относится к группе консервантов. Этот препарат в данной работе вносится на стадии затирания, поэтому предположительно не должен попадать в пиво, так как выпадает в осадок в составе белково-дубильных комплексов. Однако необходимо было проконтролировать опытное пиво на наличие в нём пищевой добавки.

В настоящее время отсутствует методика определения в пиве гексамина. Поэтому одной из задач исследования являлась разработка метода определения в пиве уротропина. За основу приняли метод определения уротропина в икре по ГОСТ 7636-85, который был нами модифицирован. С использованием различных сортов пива, в которое вносили гексамин до концентрации 5,10,15,20,50 мг/дм³ был набран массив данных, который был обработан на ЭВМ. Получили уравнение регрессии, описывающее зависимость содержания гексамина Y от количества пошедшего на титрование раствора $Na_2S_2O_3$ концентрацией 0,1моль/дм³:

$$Y = -22{,}219X + 295{,}94, \qquad R^2 = 0{,}994$$

Исследование возможности совершенствования технологии и повышения вкусовой и коллоидной стабильности пива с использованием аскорбиновой кислоты

Для минимизации отрицательного воздействия кислорода на ход технологических процессов и качество напитка используют антиоксиданты, которые вносят, как правило, на конечных стадиях производства пива. Однако доказано, что негативное воздействие кислорода начинается уже на стадии дробления и затирания солода и связано с окислением липидов и фенольных веществ. Вышеизложенное указало на целесообразность использования антиоксидантов на ранних стадиях производства – при затирании. В качестве антиоксиданта была выбрана аскорбиновая кислота.

Влияние аскорбиновой кислоты на процесс приготовления сусла и его качество

Готовили сусло с внесением в затор различных количеств аскорбиновой кислоты (100-500г/т). Определяли время фильтрования, количество сусла и содержание в нём мальтозы, аминного азота, белка, полифенолов. Продукты окисления липидов контролировали по тиобарбитуровому числу – ТБЧ.

Эксперимент выявил положительное влияние антиоксиданта на все исследуемые показатели.

Рисунок 2 Влияние аскорбиновой кислоты на продолжительность фильтрования

Была выбрана оптимальная дозировка аскорбиновой кислоты – 300-400г/т солода. При этом на 2 % увеличился выход экстракта и время фильтрования сократилось на 52 %. Опытное сусло по сравнению с контрольным содержало больше мальтозы (на 5%), аминного азота (на 21%), меньше высокомолекулярной фракции белка А (на 23%), полифенолов (на 15%). Аскорбиновая кислота препятствует окислению липидов, о чём свидетельствует снижение тиобарбитурового числа на 1,5-2 ед. при внесении в затор антиоксиданта.

Влияние аскорбиновой кислоты на ферментные системы затора

Полученные данные по влиянию аскорбиновой кислоты на качество сусла показали, что в присутствии антиоксиданта более активно идут гидролитические процессы, вероятно вследствие активирующего и стабилизирующего воздействия витамина С на ферментные системы затора. С целью проверки этого предположения определяли амилолитическую, протеолитическую и цитолитическую активность сусла на основных паузах затирания (табл.3).

Анализ результатов показал, что в присутствии аскорбиновой кислоты активизируются и стабилизируются ферменты солода. Так АС сусла в конце белковой и мальтозной пауз увеличилась на 11 % по сравнению с контролем, после паузы осахаривания – на 15 %, а в конце затирания – на 24 %. Значительно возрастает в присутствии витамина С и активность протеаз. В начале процесса ПС опытных образцов превышает ПС контрольных на 39 %, на мальтозной паузе – на 29%, а в конце затирания – на 17 %. Цитолитическая активность сусла при внесении в затор аскорбиновой кислоты возрасла на паузе цитолиза, белковой и мальтозной паузах на 18, 10 и 25 % соответственно.

Таблица 3- Влияние аскорбиновой кислоты на ферментные системы затора

Активность сусла, ед/100см^3		Стадия затирания				
		пауза цитолиза, 40 ^{0}C	белковая пауза, 50 ^{0}C	мальтозная пауза, 63 ^{0}C	пауза осахаривания, 70 ^{0}C	конец затирания, 78 ^{0}C
Амилолитическая, АС	контроль	-	162,8	229,2	155,0	100,0
	опыт	-	180,2	252,4	178,5	124,0
Протеолитическая,ПС	контроль	-	1,55	0,80	0,52	-
	опыт	-	2,15	1,03	0,61	-
Цитолитическая, ЦА	контроль	117	114	16	-	-
	опыт	138	125	20	-	-

Исследование процесса сбраживания сусла и качества пива, приготовленного с использованием аскорбиновой кислоты

Контрольный и опытный образцы охмелённого сусла сбраживали дрожжами 34 расы. Анализ динамики брожения показал, что в опытном образце более интенсивно протекал процесс, в нем активнее размножались дрожжи. После сбраживания дрожжи содержали меньше мёртвых и больше клеток с гликогеном. Готовое пиво выгодно отличалось от контрольного по всем основным показателям (табл. 4).

Таблица 4 - Характеристика готового пива

Показатели	Контроль	Опыт
Экстрактивность начального сусла, %	11,0	11,0
Объёмная доля спирта, %	4,20	4,58
Кислотность, к.ед.	2,0	2,1
Цветность, ц.ед.	0,53	0,50
Фрация белка А, мг/100см^3	8,9	7 ,0
Полифенолы, мг/дм^3	120	104
Предел осаждения, см^3	16	20
Мутность, ед. ЕВС	1,5	1,1
Прогнозируемая стойкость, мес.	3	4
ПОК,%	52	77
Пена: высота, мм стойкость, мин.	 60 5	 70 6

В опытном пиве была более устойчивой коллоидная система и выше восстанавливающая способность, что указывает на повышенную стабильность напитка, приготовленного с использованием аскорбиновой кислоты. Дегустационная оценка показала, что опытное пиво имеет чистый, полный,

гармоничный вкус, отличается устойчивой высокой пеной. Пиво, приготовленное с использованием аскорбиновой кислоты, получило отличную оценку.

Исследовали влияние аскорбиновой кислоты на состав побочных продуктов брожения. В опытном образце содержалось меньше высших спиртов (на 6,8 %), ацетальдегида (на 28,7 %), диацетила (на 25,6 %) и на 20 % больше этилацетата. Выявленную закономерность в изменении концентрации высших спиртов и эфиров можно объяснить более низким содержанием в среде кислорода в присутствии аскорбиновой кислоты и интенсификацией восстановления метаболитов окислительного обмена дрожжей.

Исследование содержания аскорбиновой кислоты в процессе производства пива

В способе, предложенном в данной работе, аскорбиновая кислота вносится в начале затирания и подвергается воздействию высоких температур, что может негативно отразиться на её сохранности. Однако, полученные результаты показывают, что витамин С остаётся и в готовом пиве, выполняя свои антиоксидантные функции: восстанавливающая способность опытных образцов пива значительно выше, чем контрольных. Анализ содержания аскорбиновой кислоты в процессе производства сусла и пива показал, что к концу приготовления затора содержание аскорбиновой кислоты снижается на 28,5 %.

При кипячении сусла с хмелем концентрация аскорбиновой кислоты *понижается на 46,2 %. В готовом сусле остаётся 3,08 мг% витамина С*, что на 61,5 % ниже содержания его в начале затирания.

Результаты показывают, что по разработанному способу аскорбиновая кислота находится в среде на всех стадиях производства пива и остаётся в готовом продукте в количестве, достаточном для выполнения ею антиоксидантных функций.

Влияние аскорбиновой кислоты на вкусовую стабильность пива

Вкусовую стабильность пива оценивали по результатам дегустации образцов, подвергнутых искусственному старению.

Пиво, приготовленное с использованием аскорбиновой кислоты, имело слабые тона старения и получило среднюю оценку 2 балла, в то время как контрольное пиво отличалось ярко выраженным вкусом и ароматом «старого» пива. Средняя оценка контрольных образцов – 4,2 балла.

В пиве, полученном по разработанному способу в условиях Иркутского пивобезалкогольного комбината, определили некоторые типичные карбонилы старения – бензальдегид и 2 – метилбутаналь. Полученные результаты представлены на рис.3.

Результаты свидетельствуют, что аскорбиновая кислота способствует снижению содержания в пиве карбонилов старения.

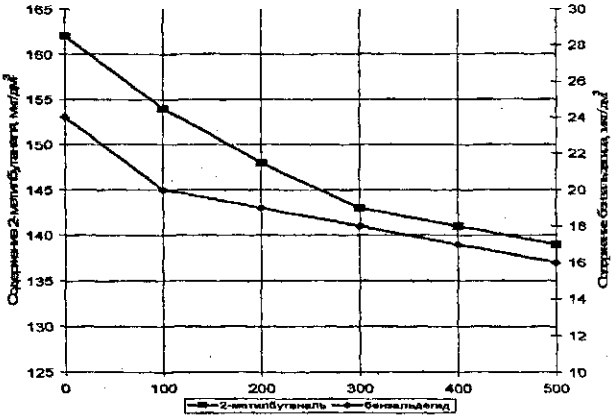

Рисунок 3 Влияние аскорбиновой кислоты на содержание в пиве карбонилов старения

Изучение возможности совершенствования технологии и повышения стойкости пива с использованием на стадии затирания антиоксидантов фенольной природы

Высокой антиоксидантой способностью обладают фенольные соединения, в частности, флавоноиды. В данном разделе диссертации исследована возможность использования при затирании в качестве антиоксидантов природных источников флавоноидов: прополиса, кровохлёбки, препарата Танал.

Изучение возможности использования при затирании в качестве антиоксиданта экстракта прополиса

Исследовано влияние прополиса на процесс фильтрования, выход экстракта, физико-химические показатели сусла. Для этого в затор вносили различные количества спиртового экстракта прополиса. В ходе эксперимента обнаружено, что данная добавка способствует повышению выхода экстракта и значительно ускоряет фильтрование заторов. При этом в сусле увеличивается содержание редуцирующих веществ и аминного азота, снижается концентрация полифенолов и высокомолекулярной фракции белка А, ниже тиобарбитуровое число. Была подобрана оптимальная доза экстракта – 300 дм³/т солода, при которой наиболее эффективно снижается концентрация высокомолекулярной фракции белка А (на 10,4 %) и тиобарбитуровое число (на 9,4 %).

Охмелённое сусло характеризовалось повышенной восстанавливающей способностью и быстро сбраживалось. Полученное пиво выгодно отличалось от контрольного по прозрачности, содержанию спирта и потенциальных мутеобразователей, по восстанавливающей способности и пенистым свойствам. Пиво, приготовленное с прополисом, имело более устойчивую коллоидную систему, и его прогнозируемая стойкость была на месяц выше контрольного.

По дегустационным показателям опытное пиво отличается от контрольного более тонким гармоничным вкусом и ароматом, что связано, вероятно, с пониженным содержанием в нём продуктов окисления. Дегустировали и пиво, подвергнутое искусственному старению. Контрольные образцы имели вкус и аромат, свойственные старому напитку, а опытное пиво отличалось вкусом и ароматом свежего пива.

Исследование возможности использования в производстве сусла кровохлёбки в качестве антиоксиданта

Изучили принципиальную возможность применения корневищ кровохлёбки для повышения антиоксидантного потенциала затора. Было обнаружено, при дозировке добавки 200г/т солода кровохлёбка ускоряет процесс фильтрования, повышает выход сусла и снижает тиобарбитуровое число, что свидетельствует о менее интенсивном протекании окислительных процессов в присутствии добавки. Положительного влияния на содержание в сусле редуцирующих веществ и аминного азота не выявлено. Сусло, приготовленное с кровохлёбкой, было более прозрачным и быстрее сбраживалось. Готовое пиво выгодно отличалось от контрольного по восстанавливающей способности, прозрачности, содержанию спирта и высокомолекулярной фракции белка А, по пределу осаждения, кислотности и цвету. Несмотря на некоторое увеличение содержания в опытном пиве полифенольных веществ (на 6,7 %), оно имело устойчивую коллоидную систему – прогнозируемая стойкость была на месяц выше, чем у контрольного пива. Было показано также повышение вкусовой стабильности пива при внесении в затор кровохлёбки.

Известно, что кровохлёбка обладает бактерицидными свойствами. Поэтому провели сравнительный анализ интенсивности размножения микроорганизмов в опытных и контрольных образцах пива в процессе его хранения. В результате эксперимента выявлено менее активное размножение в пиве микрофлоры в присутствии добавки.

Исследование эффективности применения в производстве сусла препарата Танал

В данном разделе изучили влияние препарата Танал компании Омнихем, который представляет природный высокомолекулярный галлотаннин из дубильных орешков, на процесс приготовления сусла, его сбраживание и качество пива. Исследование проводили с дозировкой Танала, рекомендуемой фирмой в качестве оптимальной – 400 г/т. Эксперимент показал, что использование при затирании Танала, ускоряет фильтрование, интенсифицирует гидролитические процессы: в сусле повышается содержание мальтозы, аминного азота, снижается фракция белка А. Менее активно в присутствии препарата протекает окисление липидов, о чём свидетельствует снижение ТБЧ. Танал способствует значительному повышению прозрачности сусла, что положительно отражается на его сбраживании. При использовании данной добавки получается пиво с высокой восстанавливающей способностью и более устойчивой коллоидной системой. Повышается и вкусовая стабильность пива. Однако в ходе эксперимента выявлено, что в пиве,

полученном с использованием Танала, ощущается терпковатое послевкусие При использовании Танала, также как и кровохлёбки, в сусле повышается содержание полифенолов – на 10,6 %. Однако, это не отражается негативно на ферментативных процессах.

Разработка технологии стойкого пива с использованием глютатионсодержащих продуктов

Известно, что трипептид глютатион является сильнейшим антиоксидантом. Он входит в состав антиоксидантой системы живых клеток. Глютатион является также активатором тиолсодержащих ферментов. В связи с этим, целесообразно использование глютатионсодержащего сырья в качестве антиоксиданта при затирании с целью повышения вкусовой и коллоидной стабильности пива, а также для активации ферментных систем затора. Источником глютатиона являются остаточные пивные дрожжи и проросший ячмень. В данном разделе диссертации приведены результаты исследований по возможности использования этого сырья в производстве пива на стадии затирания.

Разработка способа обогащения дрожжей глютатионом

В литературе имеются сведения, что при определённых температурах в присутствии сульфитов некоторыми видами дрожжей активно синтезируется глютатион. Это позволило предположить, что выдержка остаточных пивных дрожжей в присутствии сульфитов будет способствовать накоплению в них глютатиона.

Для этой цели остаточные дрожжи с Новокемеровского пивзавода выдерживали сутки при температуре 2 ^{0}C с внесением сульфита натрия в количестве 1 % к массе дрожжей. Наблюдалось увеличение содержания глютатиона 2,2 раза. Дальнейшие исследования были посвящены выявлению влияния различных факторов на накопление в дрожжах глютатиона: количества Na_2SO_3, температуры, времени выдержки в присутствии сульфита. Обнаружено, что на накопление в дрожжах трипептида влияют все исследуемые параметры.

Для выявления оптимальных условий обработки дрожжей с целью накопления в них максимального количества глютатиона был спланирован и реализован трёхфакторный эксперимент 3^3. В качестве факторов варьирования приняты: X1 – дозировка сульфита, %; X2 - температура, ^{0}C; X3 - время выдержки, сут. Критерий оптимизации Y - концентрация глютатиона Экспериментальные данные были обработаны на ЭВМ с использованием программы «MATLAB 5». Было получено уравнение регрессии, которое имеет следующий вид:

$$Y = -15,6553 + 7,5045*X1 + 6,4752X2 + 3,1600*X3 - 1,0742*X1^2 - 0,4005*X2^2 - 0,4783*X3^2 + 0,3772*X1*X2$$

С помощью анализа уравнения были построены поверхности отклика и карты линий уровней, анализ которых позволил выявить оптимальные условия обработки дрожжей: температура 6,5-9 °C и дозировка сульфита 3-4 % при времени выдержки 3 суток.

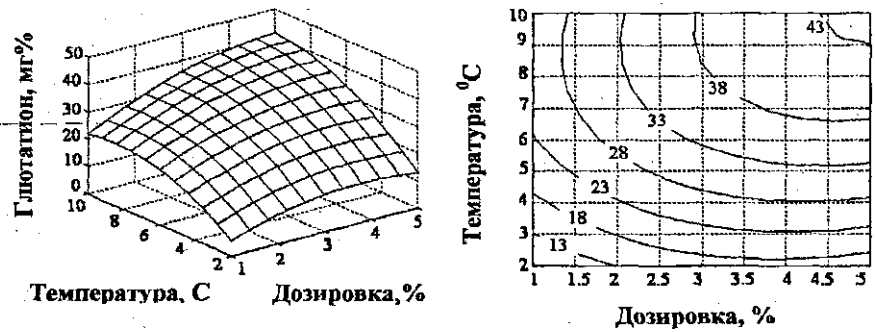

Рисунок 4 Зависимость содержания глютатиона от дозировки сульфита и температуры обработки и линии уровней при ХЗ= 3 суток

Обработка дрожжей в оптимальных условиях позволяет повысить содержание в них глютатиона в 12-13 раз.

Исследование процесса приготовления сусла и пива с использованием дрожжей, обогащённых глютатионом

На данном этапе работы готовили сусло с внесением в затор 5 % к засыпи обычных дрожжей (контроль) и обогащённых глютатионом (опыт). При добавлении дрожжей, обогащенных глютатионом, время фильтрации сократилось на 24 %, на 4 % повысился выход экстракта, соответственно на 50 % и 8,2 % увеличилась концентрация аминного азота и сахаров. Образцы сусла, приготовленного с обогащёнными дрожжами, выгодно отличались от контрольных по содержанию основных мутеобразователей и продуктов окисления липидов.

Исследовали влияние дрожжей на ферментные системы затора. Было выявлено, что дрожжи, обогащенные глютатионом, активизируют и стабилизируют основные гидролитические ферменты солода. Так АС сусла в присутствии дрожжей увеличилась в среднем на 22 %; на 40 % и 19 % возросла активность протеаз и цитаз, соответственно.

Анализ охмелённого сусла выявил, что в опытных образцах на 30-40 % выше восстанавливающий потенциал. Сусло, приготовленное с обогащёнными дрожжами, сбраживается на 2 суток быстрее, а готовое пиво имеет повышенную коллоидную и вкусовую стабильность.

Исследование возможности использования при затирании проросшего ячменя в качестве источника глютатиона

Известно, что в процессе проращивания зерна идёт активное накопление глютатиона как естественного компонента антиоксидантной системы клетки и активатора ферментов. Исследовали накопление глютатиона в процессе проращивания ячменя. Обнаружено, что максимальное количество трипептида накапливается на четвёртые сутки и увеличивается по сравнению с содержанием в исходном зерне на 26,8 %.

При внесении в затор проросшего ячменя в количестве 3 % к засыпи менее интенсивно протекает окисление липидов, о чём свидетельствует снижение тиобарбитурового числа. Активнее идёт гидролиз белка и крахмала, повышается выход экстракта, ускоряется фильтрование и снижается содержание в сусле потенциальных мутеобразователей. Брожение опытных образцов протекало более интенсивно, а готовое пиво характеризовалось высокой восстанавливающей способностью и стабильностью.

Разработанные технологии прошли успешные производственные испытания на 3-х пивоваренных предприятиях.

ВЫВОДЫ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Исследовано влияние гексаметилентетрамина на процессы приготовления сусла, его сбраживание и качество готового пива. Показано, что внесение в затор гексамина в концентрации 200..400 г/т ускоряет фильтруемость, повышает выход экстракта, снижает концентрацию полифенольных веществ, что положительно отражается на активности ферментных систем затора. Разработаны технологические инструкции по производству пива с использованием гексамина.
2. Изучена возможность совершенствования технологии и повышения стабильности пива путём использования при затирании аскорбиновой кислоты. Показана высокая эффективность внесения в затор антиоксиданта, который способствует ускорению фильтрования заторов, повышению качества сусла, ускорению его сбраживания и положительно влияет на коллоидную и вкусовую стабильность напитка. Разработан способ производства пива с использованием аскорбиновой кислоты (положительное решение по заявке на патент №2005116351/13(018677)
3. Обоснована целесообразность и показана возможность повышения вкусовой и коллоидной стойкости пива с использованием в качестве антиоксидантов природных источников флавоноидов: прополиса, корня кровохлебки, Танала.
4. Предложен способ обогащения остаточных пивных дрожжей глютатионом. Получена математическая зависимость, описывающая влияние на накопление в дрожжах глютатиона дозировки Na_2SO_3, температуры, времени обработки, определены оптимальные параметры обработки: температура 6,5-9 °С и дозировка сульфита 3-4 % при времени выдержки 3 суток.
5. Исследован характер изменения концентрации глютатиона в зерне в процессе его проращивания и показана принципиальная возможность использования ячменя четырёх суток ращения при затирании в качестве антиоксиданта.
6. Разработанные способы производства пива с использованием гексамина и аскорбиновой кислоты прошли производственные испытания на ЗАО «Иркутскпищепром», ОАО «Тогучинский ПивВинкомбинат», ОАО «Новокемеровский пивобезалкогольный завод».

Перечень публикаций

1. **Борисенко, В.А.** Изучение возможности удаления потенциальных мутеобразователей пива с помощью гексаметилентетрамина / **В.А. Борисенко**, Т.А. Коровкина // Пищевые продукты и здоровье человека: сборник тезисов докладов региональной аспирантско-студенческой конференции. – Кемерово, 2004. – С.36
2. **Борисенко, В.А.** Прогнозирование коллоидной стойкости пива / **В.А. Борисенко**, Л.А. Маюрникова, Т.Н. Борисенко // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов: сборник научных работ, выпуск 7. – Кемерово, 2004. – С.90.
3. **Борисенко, В.А.** Об эффективности применения в пивоварении препарата Танал / **В.А. Борисенко**, Л.А. Маюрникова, Т.Н. Борисенко // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов: сборник научных работ, выпуск 8. – Кемерово, 2004. – С.83.
4. **Борисенко, В.А.** Изучение процессов приготовление сусла и пива с использованием гексаметилентетрамина / **В.А. Борисенко**, Л.А. Маюрникова, Т.Н. Борисенко // Совершенствование технологии и оборудования производства алкогольной, слабоалкогольной и безалкогольной продукции и методов анализа их качества: материалы международной научно-практической конференции. – Минск, 2004. – С.59.
5. **Борисенко, В.А.** Ускорение фильтрования пивных заторов с использованием антиоксидантов / **В.А. Борисенко**, Л.А. Маюрникова, Т.Н. Борисенко // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов: сборник научных работ, выпуск 10. – Кемерово, 2005. – С.28.
6. **Борисенко, В.А.** Стабилизация пива путём применения при затирании автолизата дрожжей / В.А. Борисенко, Л.А. Маюрникова, Т.Н. Борисенко // Образование для новой России: опыт, проблемы, перспективы: тезисы Всероссийской научно-практической конференции. – Юрга, 2005. – С.141.
7. **Борисенко, В.А.** Влияние гексамина на ферментные системы затора и качество пива / **В.А. Борисенко**, Л.А. Маюрникова, Т.Н. Борисенко // Техника и технология пищевых производств: сборник научных работ. – Кемерово, 2006. – С.33.
8. **Борисенко, В.А.** Повышение вкусовой стабильности пива путём снижения содержания в сусле липидов / **В.А. Борисенко**, О.А. Тимешина // Пищевые продукты и здоровье человека: тезисы докладов V1 региональной конференции студентов и аспирантов. – Кемерово, 2006. – С.38.
9. **Борисенко В.А.** Совершенствование технологии пива с использованием аскорбиновой кислоты / В.А. Борисенко, Л.А. Маюрникова, Т.Н. Борисенко // Пиво и напитки.– 2006. – №3. - С.24-25.
10. Борисенко Т.Н. Способ производства пива / Т.Н. Борисенко, Л.А. Маюрникова, **В.А. Борисенко** // Положительное решение по заявке на патент №2005116351/13(018677)

Подписано к печати 19.10.06 г. Формат 60x84/16. Тираж 70 экз.
Объем 1,3 п.л. Заказ №215. Отпечатано на ризографе.
Кемеровский технологический институт пищевой промышленности,
650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47.
Отпечатано в лаборатории множительной техники КемТИППа,
650010, г. Кемерово, ул. Красноармейская, 52