

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА С ЗАДАНЫМИ ВКУСОАРОМАТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ И ПОНИЖЕННЫМИ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Разработан комплекс научно-технических решений, которые могут быть применены в совокупности или в отдельности при организации технологического процесса производства пива с заданными свойствами. Предложенные в статье технические решения могут послужить технологическим средством борьбы с пивным алкоголизмом.

Ключевые слова: озонирование и микронизация зернового сырья; фильтрационный автомат; сусловарочный котел; единый танк разбраживания; управление основным брожением; снижение токсичности пива.

Государственная стратегия борьбы с пандемией пивного алкоголизма смещена в зону ограничительных и запретительных мер, а также законодательного регулирования потребления пива. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в Стратегии антиалкогольной политики для Европы, предписывая допустимые нормы потребления пива не более 330 мл 5% пива в сутки, оставила в стороне проблему международной стандартизации состава пива, его качества и безопасности как пищевого продукта. Благие пожелания чиновников перевести потребление алкоголя в Европе с водки и крепких напитков на, казалось бы, менее опасное потребление пива обернулись бурным ростом пивного алкоголизма среди молодежи таких пивопроизводящих стран, как Германия, Австрия, Чехия. На рекомендации ВОЗ наиболее технологически развитые пивопроизводящие компании ответили еще более агрессивной рекламой цвета и высоты пены своих национальных брендов пива, расфасованных в удобную (по 330 мл) тару.

Ранее были обоснованы предложения для стран ВТО по принятию единого стандарта состава пива [1–3], в котором сформулированы требования к качеству и безопасности пива, присущие пищевому продукту. Предложения основаны на новой концепции оценки качества пива, определяемой отношением фактических концентраций веществ (мг/л), определяющих вкус и аромат пива, к величинам порогов их органолептического восприятия (мг/л). Естественно, «вкусовые отпечатки пальцев» каждого бренда пива различаются на определенные величины, и этими различиями можно управ-

лять технологическими способами. Аналогичным образом мы показали возможность управления содержанием в составе пива веществ, токсичность которых для человека определяется их концентрацией в 1 л пива. При этом взамен таких статистически недостоверных критериев токсичности, как нулевой уровень токсичности (ПДК) или уровень пороговых доз (TLV), мы применили статистически значимый уровень среднесмертельной концентрации LD_{50} , выраженный в миллиграммах на каждый килограмм массы тела экспериментального животного. Этот подход позволил выделить из состава почти двух тысяч компонентов пива вещества, практически не влияющие на вкус и аромат пива, но обладающие повышенной токсичностью. При этом мы дали рекомендации по методу выбора веществ, которые необходимо удалять из состава пива [4].

Анализ научно-технического уровня развития пивоварения позволил выделить технологические приемы, снижающие уровень образования этих токсичных веществ или ограничивающие возможности их перехода из сырья в готовый продукт. Наши разработки, оформленные в виде заявок на предполагаемые изобретения и полезные модели, привели нас к техническим решениям, обеспечивающим возможность создания гибкой технологической линии производства пива с заданными вкусоароматическими свойствами и пониженными токсикологическими характеристиками. При этом разработана методология автоматизированного управления всем процессом пивоварения и основными его этапами на принципах двухуровневых интеллектуальных нейронных сетей,

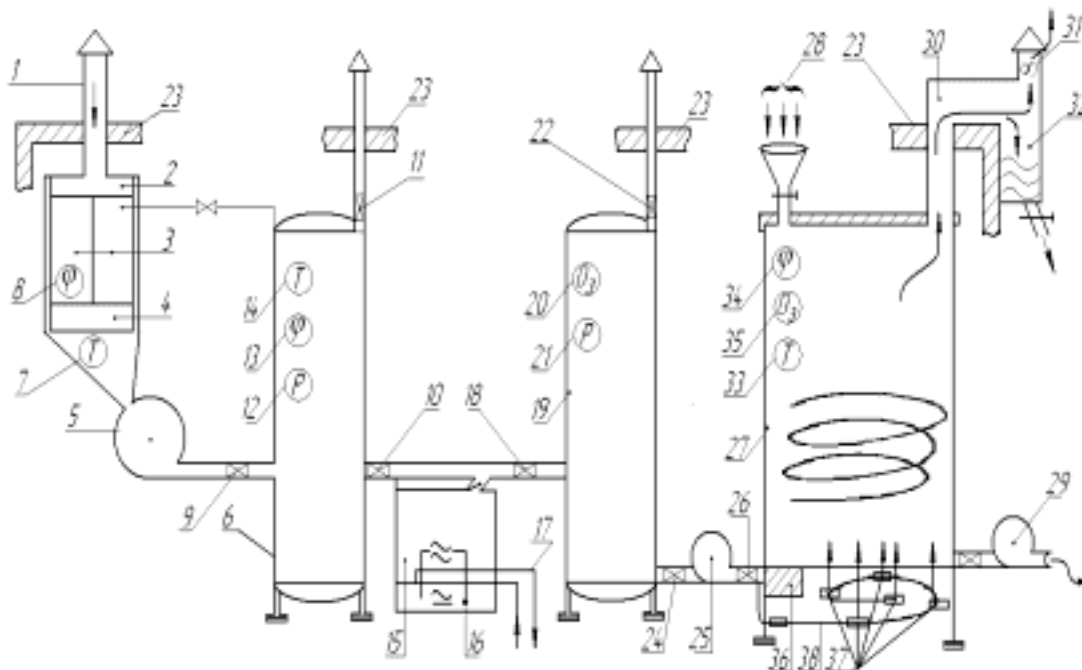
причем формальный нейрон нижнего уровня удалось обеспечить обратной связью и управлением по отклонению [5]. При этом известный принцип управления по мониторингу параметров технологического процесса и состояния оборудования дополнен поэтапным мониторингом и управлением качеством полупродукта в процессе биотехнологического преобразования сырья в готовый продукт.

Технологическая линия производства пива нового поколения кроме новых принципов автоматизации управления процессом включает новые методы обработки (подготовки) сырья, фильтрации затора, новый тип суслотарного котла, а также новый принцип проведения главного (основного) брожения.

Обработка зернового сырья. Мы проследили динамику перехода концентраций основных компонентов состава сырья в готовый продукт и убедились, что в пиво из сырья переходит не более 10,0% полезных минеральных веществ и витаминов его состава [6]. Чешские спе-

циалисты показывают еще более существенные потери: в пиво переходит не более 1,0–2,0% минерального состава сырья [7, 8].

Оказалось, что основные потери анализируемых нами 25-ти минеральных веществ приходится на начальные этапы пивоварения (до 90,0% из состава зернового сырья), т.е. теряются вместе с дробинкой, что требует модернизации способов приготовления затора. При этом выявлено, что наиболее токсичные вещества, переходящие в готовый продукт из состава сырья, относятся не к экологическим загрязнителям и не к полевым микробиям, а к так называемым микробиям зернохранилищ. Накопления в пиве микотоксинов можно избежать, если вовремя устранить условия размножения их продуцентов или уничтожить соответствующие спорообразующие микроорганизмы уже на стадии обработки сырья и солодоращения. С позиций юридической защиты пивоваров следует регламентировать нормативы внешнего загрязнения поступающего зернового сырья. Например, для пре-



Условные обозначения: 1 – воздухозаборное устройство; 2 – отделение тонкой очистки воздуха; 3 – контейнер осушки воздуха; 4 – устройство охлаждения воздуха; 5 – компрессор; 6 – ресивер; 7 – датчик температуры; 8 – датчик температуры; 9, 10 – управляемые электромагнитные клапаны; 11 – клапан сброса давления; 12 – датчик давления; 13 – датчик относительной влажности; 15 – генератор озона; 16 – водоохлаждаемые разрядные электроды; 17 – датчик температуры; 18 – электроуправляемый клапан; 19 – ресивер озоновоздушной смеси; 20 – датчик контроля концентрации озона; 21 – датчик давления; 22 – клапан сброса избытка давления; 23 – крыша здания; 24 – электромагнитный клапан; 25 – компрессор; 26 – управляемый клапан; 27 – стерилизационная камера; 28 – входной шлюз; 29 – выходной шлюз; 30 – вытяжная вентиляционная линия; 31 – вентилятор; 32 – пылеуловитель; 33 – датчик температуры; 34 – датчик влажности; 35 – датчик концентрации озона; 36 – блок поочередного включения сопел; 37 – сопла ввода озоновоздушной смеси; 38 – распределительное устройство.

Рисунок 1. Схема линии осушки и стерилизации зернопродуктов

Таблица 1. Эффективность микронизации

Способ обработки	Время, с	Массовая доля влаги, %	Крахмал, % СВ	Декстрины, % СВ	Редуцирующие сахара	Аминный азот, мг/100 г
экструдирование	12	9,5/14	57,8/60,5	8,2/0,1	6,58/1,2	47,5/39,6
барогидротермическая обработка	10-50	12,6/12,1	50/62,0	–	0,6/0,31	47,4/39,4
микронизация	30	27/11	44/55	6,8/0,09	1,22/0,61	–
Примечание:	В числителе приведены показатели, достигнутые после обработки, в знаменателе – значение показателя контрольного образца					

Применение микронизации позволило повысить качество подготовки суслу [11].

дотвращения попадания в пивоваренное зерновое сырье ртутьсодержащих и хлорорганических препаратов, применяемых сельхозпроизводителями, мы предложили [4] ввести в проект ФЗ «Технический регламент на пивоваренную продукцию» требование запрета на использование при производстве пивоваренного зернового сырья химических реагентов с токсичностью более $2,0 \cdot 10^{-2}$ ед., т.е. при величине $LD_{50} < 50,0$ мг/кг.

В качестве технологических мер борьбы с микробным загрязнением зернового сырья нами разработан способ периодической осушки и обеззараживания зернового сырья с использованием озонозооных смесей.

Схема единой автоматизированной системы осушки и стерилизации зернопродуктов на этапах хранения в силосах-зернохранилищах пивоваренных предприятий приведена на рисунке 1 [9].

Технологическая линия обеспечивает осушку и периодическую плановую стерилизацию солода или несоложенного сырья при их длительном хранении в заводских условиях.

Осушку и стерилизацию солода или зернового сырья проводят в «кипящем слое», создаваемом чередующимися струями осушенной озонозооной смеси.

Непосредственно перед дроблением зернового сырья мы рекомендуем использование установок микронизации, например типа УТЗ-4. При этом технологическому этапу «микронизация» придан принципиально новый физико-технический смысл. Вместо первоначального понятия «микронизации» как способа теплового воздействия с целью разрушения механической структуры увлажненного зерна со вспучиванием и разрывом зерновой оболочки, так же как это происходит при «экструдировании зерна» или при «тепловом ударе», механизм волнового воздействия на зерно дорабо-

тан и переориентирован на «волновой гидролиз крахмала» [10].

Экспериментально установлено, что при этом достигается не только практически полная стерилизация зернового сырья, но и повышение его осаживающей способности (см. табл. 1). Оказалось, что количество декстринов после микронизации увеличивается более чем в 70 раз, а количество редуцирующих сахаров – в 2 раза. При этом степень клейстеризации крахмала увеличивается в 25 раз, а его ферментная атакуемость возрастает более чем в 3 раза.

Фильтрация затора. Фильтрационный автомат. Множество технических модификаций фильтр-чанов [12, 13] так и не решили проблемы контроля полноты выщелачивания дробины и ускорения процесса фильтрации затора. Это приводит к большим потерям исходного сырья и простоям оборудования на последующих этапах пивоварения. Согласно исследованиям Якоба (цит. по [14, с. 178–179]), в процессе фильтрации одновременно участвует менее 1,0% суммарной площади отверстий фильтр-сеток: остальные забиты дробинкой. Использование мешалок, ножей, применение воздействий механическими скребками, промывание водными струями и даже попытки центрифугированием восстановить или повысить скорость фильтрации до сих пор малоэффективны.

Нами разработан способ регулирования скорости фильтрации затора путем создания «кипящего слоя» дробины под воздействием пара или инертного газа, подаваемых снизу на фильтрационную решетку и устраняющих закупорку фильтрационных отверстий [15]. При этом кроме ускорения фильтрации осуществляется контроль полноты выщелачивания дробины до теоретически возможного (показания конгрессного суслу при заданной крупности помола партии сырья данного качества). При-

чем автоматизацию управления процессом фильтрации предлагается проводить на базе оригинального четырехконтурного фильтрационного автомата [16] (рис. 2).

Контур управления процессом эвакуации сусла из накопителя (сборника 5) включает уровень высоты отфильтрованного сусла 4, установленный с возможностью подачи информационного сигнала в микропроцессор 1 при накоплении определенного объема сусла в сборнике 5 (например, каждые 100 л), при этом микропроцессор 1 подает управляющие сигналы на отсечной клапан 14 линии стока сусла и на насос 16 перекачки сусла из сборника 5 в сепаратор 11.

Контур переключения потока мутного сусла, настроенный на перекачку в заторный чан 19 порций сусла с мутью, отстоявшейся в сепараторе 11, включает фотометр 10 и трехходовой клапан 17, взаимосвязанный с насосом перекачки 16, причем сигнал о появлении прозрачных порций сусла с фотометра 10 в микропроцессор 1 инициирует переключение трехходового клапана 17 и насоса 16 на перекачку сусла в сусловарочный котел 18.

Контур управления скоростью фильтрации в фильтрационном чане 3 включает схему регуляции и поддержания оптимальной температуры зоны фильтрации затора; схему контроля верхнего и нижнего уровней жидкой составляющей фильтрующегося затора, информирующую о динамике процесса фильтрации; схему управления подачей газа для очистки забивающихся пор фильтрационных сит 7 и придания дробине свойств «кипящего слоя».

Контур контроля полноты выщелачивания дробины затора содержит датчик плотности 8 каждой порции отфильтрованного сусла в сборнике 5 и расходомер перекачиваемого отфильтрованного сусла. Измеренные значения показателей, сопоставленные в микропроцессоре 1 с прогнозными величинами объемной плотности всей порции отфильтрованного затора, дают представление о полноте выщелачивания дробины данной порции затора.

Применение низкотемпературного сусловарочного котла для приготовления сусла. Информация о влиянии твердых смол состава хмеля на процессы канцерогенеза в организме потребителя пива заставляет по-другому относиться к необходимости существующей практики длительной (90-минутной) варки сусла с хмелем.

Тем более, что анализ существующих технических предложений по использованию хмеля и хмелепродуктов дает неоднозначный вывод: критическими параметрами свойств хмеля, напрямую связанными с качеством и безопасностью пива, являются его канцерогенные и органолептические свойства. Технологически управлять этими критическими точками можно путем отказа от кипячения сусла с хмелем и привнесением нужных концентраций экстрактов ароматических и антиканцерогенных препаратов состава хмеля (ксантогумол и др.) уже в готовое пиво. Важнейшей реакцией в процессе приготовления пива для достижения желаемой степени горечи является превращение α -кислоты в изо- α -кислоту. В ходе новейших исследований было установлено, что реакция изомеризации зависит от температуры. Константами скорости для реакции изомеризации α -кислот в изо- α -кислоты являются:

$$k_1 = (7,9 \times 10^{11}) e^{(-11858/T)},$$

а для последующей потери изо- α -кислот из-за превращения в неопределяемые продукты деградации –

$$k_2 = (4,1 \times 10^{12}) e^{(-12994/T)},$$

где T – температура по Кельвину.

Фактически это означает, что при перегреве теряются лучшие свойства хмеля. Понимание этого осложнения привело к тому, что западные пивовары наладили производство предварительно изомеризованных хмелепродуктов для их использования в ходе приготовления сусла или сразу же после брожения. Это стало экономически и технологически целесообразным [17, с. 143-167].

Таким образом, направление мирового научно-технического прогресса в области технологии пивоварения однозначно сводится к отказу от кипячения сусла с хмелем. Доказано, что внесение хмелевого эфирного масла (в дозах от 1,0 до 5,0 г/г) в сусловарочный котел приводит к большим потерям. При внесении хмелевого эфирного масла перед брожением (0,5–2,0 г/г) меняются его характерные свойства из-за метаболизма дрожжей и под действием химических реакций с летучими соединениями – продуктами брожения. Оптимальным принято внесение хмелевого эфирного масла (0,05–0,3 г/г) перед фильтрованием, что обеспечивает требуемую интенсивность хмелевого вкуса, аромата и характера молодого пива [17, с. 143–167]. При этом органолептические характеристики пива не изменялись.

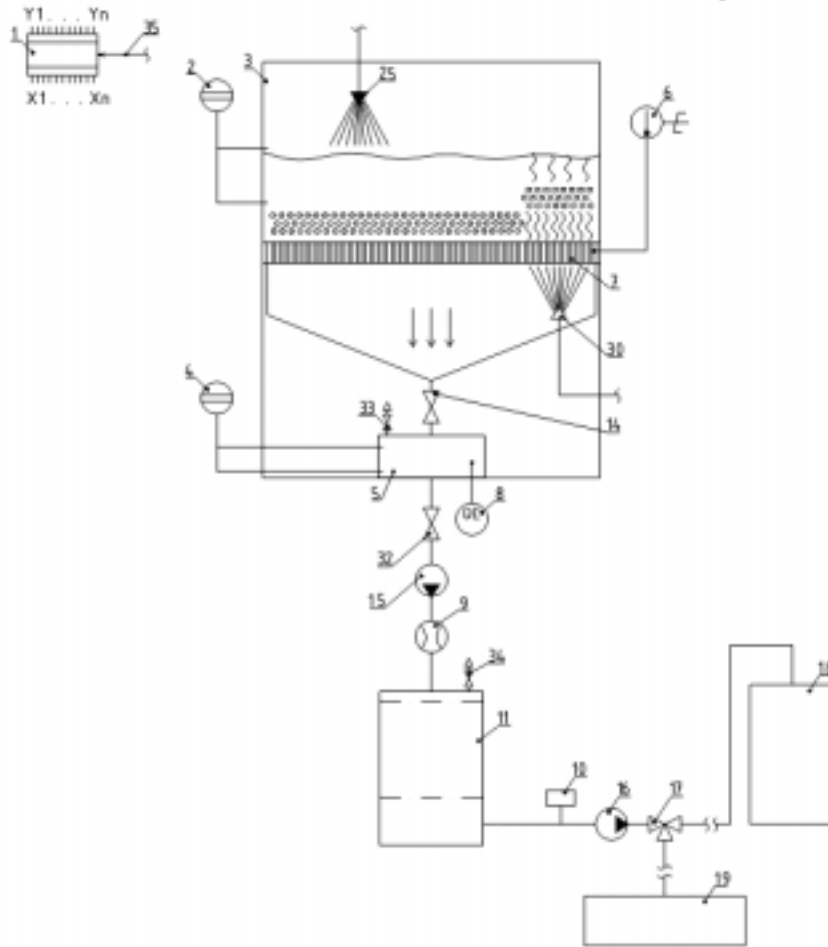
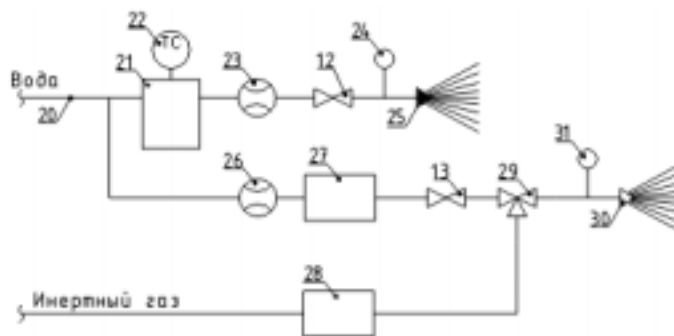


Рисунок 2а. Схема фильтрационного автомата



- 1 – микропроцессор; 2 – уровнемер высоты затора; 3 – фильтрационный чан; 4 – уровнемер высоты отфильтрованного сусла; 5 – сборник сусла; 6 – датчик температуры; 7 – фильтрационные сита; 8 – датчик плотности сусла; 9 – расходомер перекачиваемого отфильтрованного сусла; 10 – фотометр отстоявшегося сусла; 11 – сепаратор; 12 – исполнительные механизмы; 13 – отсечные клапаны линий подачи промывных вод, подачи инертного газа и пара; 14 – линия стока сусла; 15 – насос перекачки мутного сусла; 16 – насос перекачки отстоявшегося сусла; 17 – трехходовой клапан; 18 – сусловарочный котел; 19 – заторный чан; 20 – линия подачи промывных вод; 21 – электрический бойлер; 22 – регулятор температуры; 23 – расходомер промывных вод; 24 – исполнительный механизм перемещения; 25 – разбрызгиватель промывных вод; 26 – расходомер воды; 27 – парогенератор; 28 – регулятор давления и расхода инертного газа; 29 – трехходовой клапан; 30 – газовое сопло; 31 – механизм перемещения газовой форсунки; 32 – отсечной клапан; 33, 34 – спускные клапаны воздуха; 35 – внешний канал ввода установочной информации.

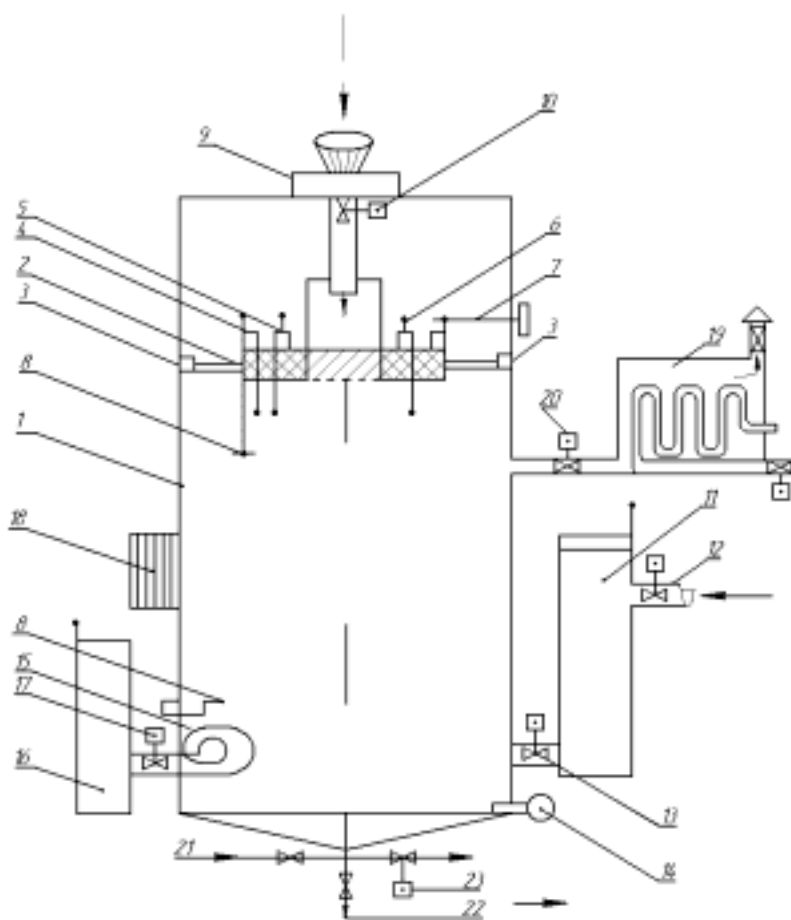
Рисунок 2б. Схема подводящих линий воды, пара и инертного газа

В связи тем, что исчезла необходимость варки суслу с хмелем для получения качественного пива, возникла необходимость разработки нового типа сусловарочного котла. Эти факты предопределили необходимость изменения конструкции сусловарочного котла. Упрощенная схема разработанной нами конструкции низкотемпературного сусловарочного котла [18], исключаяющего переход канцерогенных смол хмеля в сусло и готовое пиво, представлена на рисунке 3. Отказ от кипячения позволяет экономить энергию на обязательное последующее охлаждение суслу перед его подачей на основное

брожение и проводить охлаждение непосредственно в сусловарочном котле.

При этом мы использовали новейшие достижения смежных отраслей. В частности, доказано, что получить полную стерилизацию суслу (пива или молока) можно за 1,5–2,0 секунды при использовании потока СВЧ-энергии, обеспечивающего внутриклеточный энергетический взрыв любой микробиоты. При использовании серийно выпускаемых СВЧ-пастеризаторов [19] достигается дополнительная экономия энергии за счет устранения необходимости охлаждения суслу, обязательного после длительного кипячения. Контроль качества суслу, подготавливаемого для главного (основного) брожения, мы рекомендуем производить автоматически комплексом устройств, размещенных на «плавающей крышке» внутри сусловарочного котла (см. рис. 3). Таким образом, кроме экономии энергоресурсов можно добиться существенного оздоровления пива.

Новый принцип организации главного брожения. Существующий традиционный способ проведения главного брожения объединяет два биотехнологических процесса, требующих принципиально разных условий для оптимального протекания: аэробный процесс размножения биомассы дрожжей при оптимуме температуры в +30,0 °С и анаэробный процесс гликолиза дрожжами углеводов суслу с продуцированием этанола, требующий температурного режима в более широком диапазоне (например, от +5,0 до +8,0 °С). Выделение этанола биологически тормозит процесс размножения дрожжей путем гибели молодых почкующихся клеток (эффект Грабтри) [20, 21]. Кроме того, дисбаланс азотистой и углеводной составляющих суслу приводит к прекращению роста биомассы дрож-



Условные обозначения: 1 – корпус котла; 2 – плавающая крышка с беспроводными датчиками и измерителями; 3 – роликовые направляющие; 4 – датчик и измеритель температуры суслу; 5 – датчик и измеритель плотности суслу; 6 – датчик и измеритель кислотности суслу; 7 – датчик верхнего уровня; 8 – датчик нижнего уровня суслу в котле; 9 – контейнер-дозатор технологических добавок с управляемым краном 10; 11 – выносной пастеризатор с управляемыми кранами 12, 13; 14 – циркуляционный насос; 15 – охлаждающий змеевик теплообменника; 16 – выносное охлаждающее устройство с управляемым краном 17; 18 – микропроцессор; 19 – пластинчатый выносной выпарной аппарат; 20 – линия откачки суслу; 21 – линия промывных вод; 22 – сброс в канализацию.

Рисунок 3. Схема предлагаемого низкотемпературного сусловарочного котла

жей, активизации процессов полиауксии (с формированием ППБ) и запускает процесс автолиза (саморазрушения) клеток. При этом аэробный и анаэробный процессы, требующие взаимоисключающих условий, до сих пор проводят в единой технологической емкости. Причем в век электроники традиционные технологические решения по контролю качества среды брожения и протекания фаз брожения относятся к разряду органолептических наблюдений за образованием «типа завитков» или пробных пересчетов дозы выделившейся при гликолизе углекислоты. Контроль и подразделение стадий главного (основного) брожения проводят по внешнему виду и цвету пены на поверхности бродящего сула, а также по показаниям сахарометра и пикнометра [22, с. 536–541].

В настоящее время существуют оптимизированные технологии контроля, позволяющие регулировать выработку продуктов обмена дрожжей, скорость их размножения, поглощения субстрата, кислорода и выделения углекислого газа. По мнению авторов [23], становится возможным автоматическое регулирование процесса брожения, что ведет к улучшению качества пива и уменьшению затрат на его производство. Однако такая система основана на учете соотношений косвенных параметров жизнедеятельности дрожжей, но никак не связана с качеством полупродуктов и конечного продукта пивоварения.

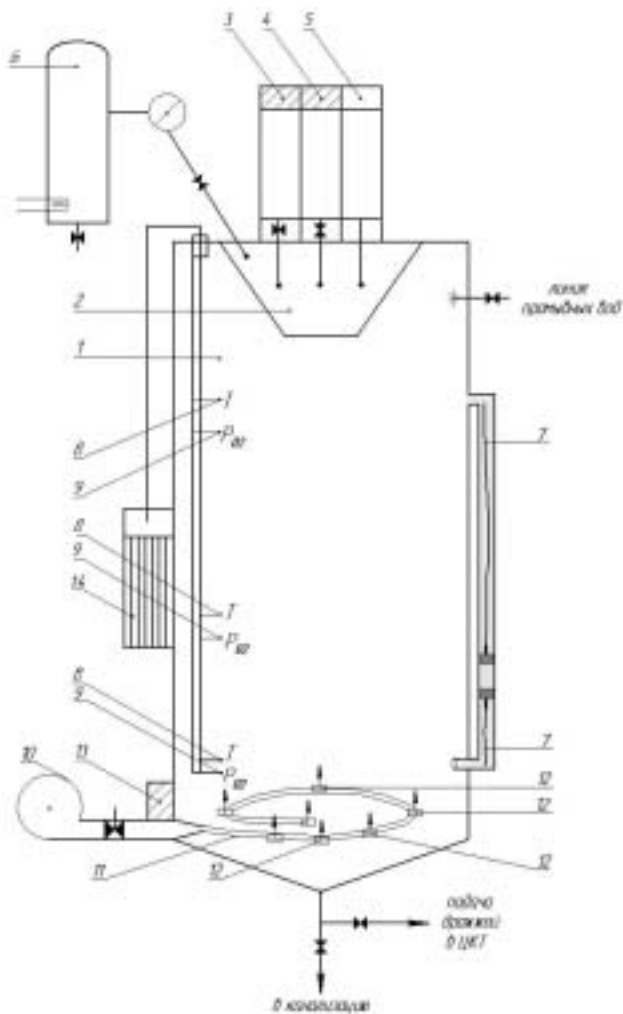
Суть предлагаемого нами технического решения состоит в разделении указанных двух биотехнологических процессов и создании оптимальных условий протекания каждого отдельного процесса в различных технологических емкостях. Размножение дрожжей предлагается проводить в пропагаторе или едином «танке разбраживания» по законам микробиологической науки путем оптимизации роста культуры дрожжей на специально регулируемых культуральных средах; а проведение гликолиза всей массой размноженных дрожжей до объема «окончательного количества» в бродильном чане – в среде, оптимизированной для реализации гликолиза биомассой дрожжей. При этом в едином «танке разбраживания» мы создали оптимизированную среду для размножения семенных дрожжей в виде культуральной среды на базе сула и плазмолизата, сбалансированной по потребностям для роста биомассы источников углерода и азота, регулярно пополняемых

по мере увеличения биомассы пивных дрожжей. Это исключает многочисленные пересевы семенных дрожжей.

Конструкция единого «танка разбраживания» позволяет поддерживать всю биомассу дрожжей во взвешенном состоянии путем регулируемого барботажа емкости воздухом при автоматизированном поддержании концентрации растворенного кислорода на уровне 8,0 мг/л, а для поддержания оптимума температуры размножения дрожжей (от +30,0 до +33,0 °С) осуществляется термостатирование емкости танка разбраживания. При этом все параметры, включая скорости подачи воды, сула и плазмолизата, поддерживаются на заданном уровне автоматизированным блоком управления (рис. 4) [25].

После получения в танке разбраживания нужной концентрации дрожжевых клеток (не менее $100,0 \cdot 10^6$ кл./см³) при объеме танка не менее 5,0 м³, что соответствует объему засеваемых дрожжей на вторые сутки размножения обычных порций дрожжей в типовом цилиндрико-коническом танке, вся биомасса дрожжей перекачивается в чан главного брожения для проведения гликолиза, т.е. для получения концентрации этанола, заданной рецептом данного сорта пива.

Разработана полезная модель поточного ионометрического экспресс-анализатора (рис. 5), которая включает батарею сенсорных ионометрических датчиков 1, расположенных в аналитической камере 2 эталонной жидкости, соединенной с дозатором 3 эталонной жидкости, при этом аналитическая камера 2 оснащена блоком промывки, включающим соединение с водопроводом 4 и сливом 5 промывочной жидкости в канализацию; при этом измерительные тракты каждого из ионоселективных электродов батареи сенсорных ионометрических датчиков 1 имеют выходы 6 в блоки сравнения 7 микроконтроллера 8. При этом каждая ячейка блока сравнения 7 соединена с выходом измерительных трактов 9 каждого из датчиков бактерии сенсорных ионометрических датчиков 10, размещенных в аналитической камере 11 анализируемой жидкости (суло, молодое пиво или готовое пиво), соединенной пробоотборным устройством 12 с магистральным продуктопроводом 13 (или технологической емкостью). При этом аналитическая камера 11 имеет соединения с водопроводной сетью 14 и сливом в канализацию 15, используемыми для промывки камеры 11 перед каждым анализом. Микроконтроллер 8



1 – корпус «танка разбраживания»; 2 – смеситель составляющих культуральной жидкости; 3 – дозатор автолизата пивных дрожжей; 4 – дозатор сусле; 5 – колба Карсберга (хранитель семенных дрожжей); 6 – бойлер (проточный подогреватель воды); 7 – выносной поплавковый уровнемер; 8 – датчики температуры; 9 – измерители растворенного кислорода; 10 – воздуходувка; 11 – спиралевидное распределительное устройство подачи воздуха; 12 – воздухоподающие сопла; 13 – управляющее устройство воздухоподающих сопел; 14 – микропроцессор.

Рисунок 4. Устройство единого «танка разбраживания» пивных дрожжей

имеет выходы 16 на исполнительные механизмы 17 (дозаторы), включаемые импульсом с соответствующего блока сравнения 7 при выявлении существенных расхождений фактических параметров среды, выявленных блоком сравнения конкретной пары датчиков батарей 1 и 10, и заданных программой микроконтроллера 8 диапазонов. Причем для привлечения внимания оператора устройство оснащено тревожной сигнализацией 18.

Проведение гликолиза в бродильном чане предлагаемой нами конструкции обеспечивается за счет создания и поддержания следующих оптимальных условий:

- температурного оптимума сусле, гармонизированного по всей технологической емкости в интервале от +5,0 до +8,0 °С;
- нахождении биомассы дрожжей во взвешенном состоянии не за счет барботажного воздуха, нарушающего анаэробный режим гликолиза, а посредством вертикальных движений струй сусле, производимых погруженным насосом.

При этом контроль оптимизированного минерального состава бродящего сусле и дробное (порционно через автоматизированный дозатор) увеличение содержания сбраживаемых сахаров производится по показаниям специально разработанного поточного ионометрического экспресс-анализатора (рис. 5).

Выявлены и запатентованы оптимальные критерии окончания главного брожения как компромиссное решение между минимальным допустимым уровнем накопления в молодом пиве токсичных ППБ, максимально достижимым уровнем получения этилового спирта и оптимальной степенью сбраживания сусле. Вариант принятия управленческих решений по длительности брожения представлен на рисунке 6. Компромисс между нормируемыми показателями процесса главного (основного) брожения может быть только на пятом дне брожения.

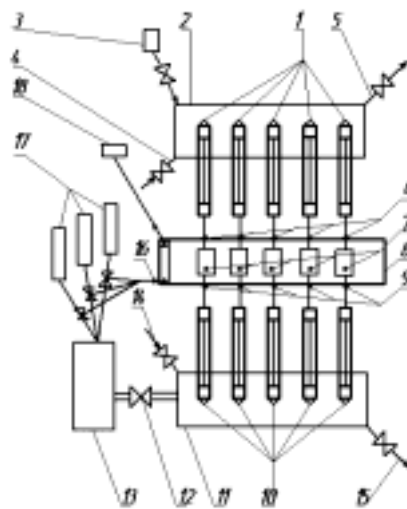


Рисунок 5. Схема поточного ионометрического экспресс-анализатора контроля качества сусле, молодого и готового пива

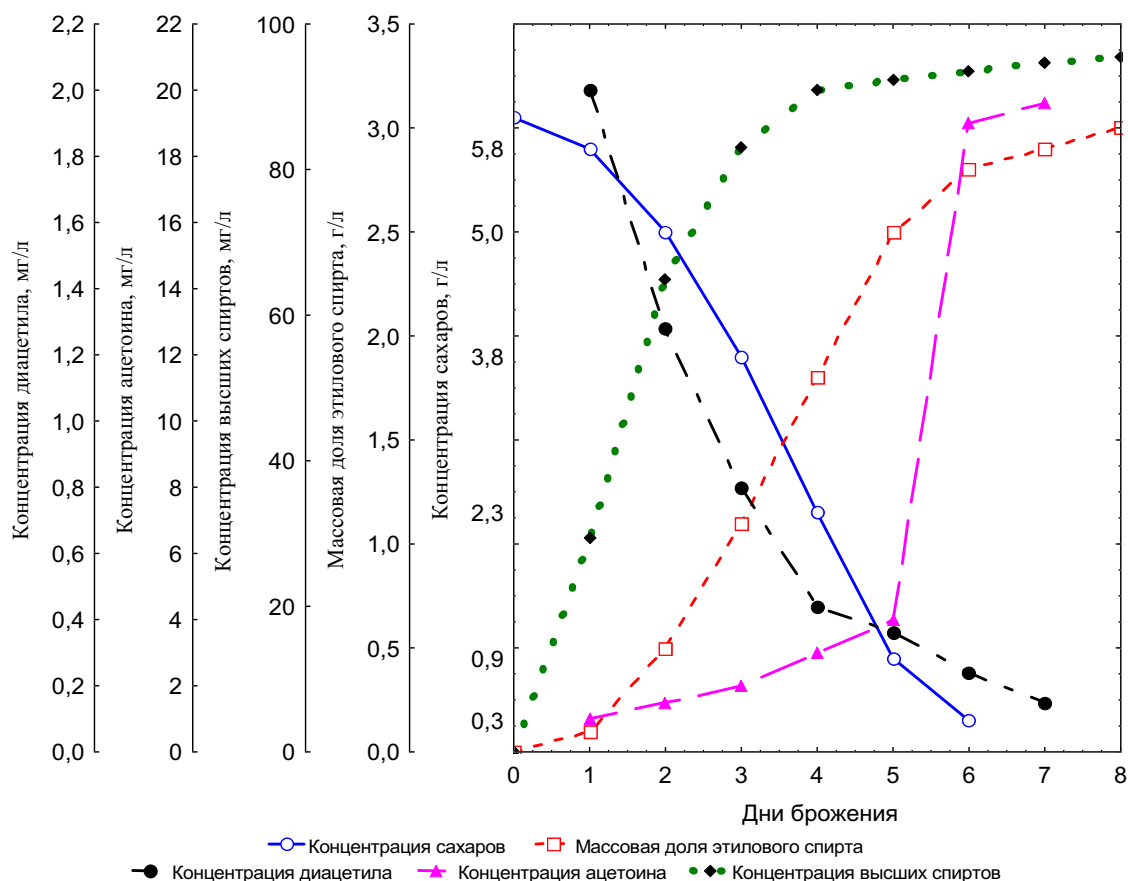


Рисунок 6. Динамика основных параметров процесса главного брожения

Применение разработанных устройств позволяет регулировать длительность главного брожения, сократив его до 4–5 суток. При более длительных сроках главного брожения в условиях исчерпания запасов сахаров пивные дрожжи начинают активно использовать свою способность к полиауксии с массовой выработкой высших спиртов и других более токсичных ППБ [26].

Получение пива с заданными целебными свойствами. Важно отметить, что разработанный принцип двухэтапного проведения главного брожения позволяет получить молодое пиво с заданными свойствами более быстрыми темпами. При этом за счет использования плазмолизата отработанных пивных дрожжей можно обогатить молодое пиво не только полноценным комплексом из 25 минералов, но также витаминами и пребиотиками состава дрожжевого плазмолизата. Причем нужные объемы плазмолизата предлагается получать из отработанных пивных дрожжей путем центрифугирования остаточных количеств дрожжей после брожения на промышленной центрифуге не менее 10 мин. при

частоте вращения 3000 об/мин. При этом полная стерилизация плазмолизата достигается кратковременным ультразвуковым облучением с применением переносных установок.

Анализ результатов международных специальных исследований по влиянию традиционных сортов пива на функциональные системы организма потребителя показал, что «безопасная доза потребления пива в виде 330 мл в сутки», рекомендуемая специалистами ВОЗ, выглядит даже завышенной. Наши специальные расчеты по методике РАМН [27] показали, что 1 л прекрасного чешского эля содержит 130 единиц риска превышения ПДК. Однако это риск превышения «нулевого, т.е. недействующего» уровня токсичности. Международные правила (Кодекс Алиментариус) [28] рекомендуют оценивать токсичность пива по какому-нибудь одному показателю, например этанолу. Но при учете суммарной токсичности основных компонентов состава пива мы получили суммарную дозу токсичности, равную 8,61 средне- смертельной дозы, приходящуюся на один ки-

лограммы массы тела экспериментального животного. Учитывая возможность суммации токсического влияния компонентов состава пива и разницу масс тела потребителя и экспериментального животного, введен коэффициент защиты потребителя $K_{\text{защ}}$, равный 60 [3].

Тем не менее мы считаем необходимым введение в состав пива биологически активных растительных добавок, которые бы нивелировали вредное влияние на человека отдельных компонентов состава пива и обеспечили бы защиту его органов-мишеней. Законодательными актами Германии и Шотландии уже обязали пивопроизводителей этих стран вводить в состав пива избыточные дозы витаминов группы В в концентрациях, применяемых для лечения алкоголиков. Однако нервная система – лишь одна из четырех систем, наиболее подверженных токсическому влиянию пива.

Мы провели анализ возможного влияния на организм человека 30 основных компонентов состава пива с применением компьютерной программы PASS [29]. Проведенный компьютерный прогноз возможных токсикологических эффектов в организме человека в зависимости от химической структуры составляющих пищевых компонентов показал, что у любителей пива необходимо защищать мозг, печень, системы иммунитета, а также клеточный уровень энергетического обмена.

В связи с этим мы предлагаем для защиты потребителя вводить в состав пива перед филь-

трацией и бутилированием препараты типа адаптогенов, например настойку элеутерококка; гепатопротекторы, например раствор стандартизованного экстракта расторопши, а также антиканцерогены, например ксантогумол и органические соединения селена [11].

Реализация всего комплекса предлагаемых технических решений позволит наладить производство пива не только с заданными вкусоароматическими свойствами и пониженными токсикологическими характеристиками. Это позволит сохранить в готовом продукте полезные вещества состава сырья.

Таким образом, внедрение технологии производства «безвредного или целебного пива» необходимо реализовывать законодательными мерами: путем утверждения гармонизированного со странами Европы стандарта качества и безопасности пива как пищевого продукта и соответствующей коррекции проекта ФЗ «Технический регламент на пивоваренную продукцию».

Предложения по созданию гибких автоматизированных систем производства пива могут быть реализованы пивоварами, использующими традиционные технологии, в рамках модернизации производства. Это может быть достигнуто встраиванием блоков автоматизированного управления технологическим оборудованием на основных технологических этапах пивоварения. Обязательным условием является мониторинг качества полупродукта в процессе его превращения из сырья в готовый продукт с заданными свойствами.

22.10.2010

Список использованной литературы:

1. Третьяк, Л.Н. Унифицированный стандарт качества и безопасности пива / Л.Н. Третьяк, Е.М. Герасимов // Индустрия напитков. – 2009. – №3. – С. 32-34.
2. Третьяк, Л.Н. Россия и ВТО: Критерии пересмотра принципов нормирования показателей качества и безопасности пива. / Л.Н. Третьяк, Е.М. Герасимов // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. – 2009. – №9 (103). – С. 154-160.
3. Третьяк, Л.Н. Россия и ВТО. Пути гармонизации пивоваренных стандартов / Л.Н. Третьяк, Е.М. Герасимов // Индустрия напитков. – 2010. – №1. – С. 42-47.
4. Третьяк, Л.Н. Требования к безопасности пивоваренной продукции. Предложения по изменению проекта ФЗ «Технический регламент на пивоваренную продукцию» / Л.Н. Третьяк, Е.М. Герасимов // Стандарты и качество. – 2010. – №1. – С. 32-34.
5. Третьяк, Л.Н. Управление технологическим процессом пивоварения на базе формального нейрона, обладающего обратной связью / Третьяк Л.Н., Герасимов Е.М. // Совершенствование систем автоматизации технологических процессов. Материалы Международной научно-технической конференции. – Минск, 24-25 мая 2010 г. – Минск, БНТУ, 2010. – С. 47-48;
6. Третьяк, Л.Н. Миграция химических элементов в ходе технологического процесса производства пива. / Л.Н. Третьяк, А.В. Скальный, Е.М. Герасимов // Известия вузов. Пищевая промышленность. – 2009. - №5-6. – С. 24-26.
7. Пиво - напиток с самым низким содержанием тяжелых металлов / Павел Досталек и [др.] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.proprivo.ru/sens/32/beer.html>. – 19.10.2009.
8. Павел Чейка. Содержание веществ в пивоваренном сырье и готовом пиве / Чейка П. [и др.] // Пиво и жизнь. – 2005. – №5. – С. 28-32.
9. «Устройство осушки и стерилизации зернопродуктов»: полезная модель 98091 Рос. Федерации МПК⁷ A23L 3/3409 / Третьяк Л.Н., Герасимов Е.М.; заявитель и патентообладатель Оренбургский государственный университет. 2010114982/15; заяв. 14.04.2010; опубл. 10.10.2010, Бюл. №28, 2 с.
10. Третьяк, Л.Н. Модель амилазной активности ферментов / Л.Н. Третьяк, А.Ф. Кройтор // Вестн. Оренбург. гос ун-та. 2010. №4. – С. 22-23.

11. Пат. 2383587 Российская Федерация, МПК7 C12C 11/00. Способ производства пива / Л. Н. Третьяк, Е. М. Герасимов; заявитель и патентообладатель Оренбург. гос. ун-т. – 2008119253/13; заявл. 15.05.2008; 10.03.2010, Бюл. № 7. – 9 с.
12. Кунце, В. Технология солода и пива: пер. с нем. / В. Кунце, Г. Мит. – СПб.: Профессия, 2003. – 912 с.
13. Федоренко, Б.Н. Пивоваренная инженерия: технологическое оборудование отрасли / Б.Н. Федоренко. – СПб.: Профессия, 2009. – 1000 с.
14. Главачек, Ф. Пивоварение / Ф. Главачек, А. Лхотский. – М.: Пищпром, 1977. – 623 с.
15. Способ получения пивного сусла: пат. 2391388 Рос. Федерации МПК7 C12C7/00 / Третьяк Л.Н., Герасимов Е.М.; заявитель и патентообладатель Оренбургский государственный университет. 2008147387/13; заяв. 01.12.2008; опубл. 10.06.2010, Бюл. №16. – 10 с.
16. Фильтрационный автомат : пат. 2405812 Рос. Федерации, МПК7 C12C7/00 / Л.Н. Третьяк, Е.М. Герасимов, М.С. Зобков ; заявитель и патентообладатель Оренбург. гос. ун-т. – №2009102154/02 ; заяв. 22.01.2009 ; опубл. 10.06.10. – Бюл. № 34. – 12 с
17. С. Schonberger, Joh.Barth. Переработка хмеля // Новое в пивоварении / ред. Ч.У. Бэмфорт. – 2007. – 520 с.
18. Низкотемпературный суловарочный котел: полезная модель 97130 Рос. Федерации МПК7 C12 C13/00 / Третьяк Л.Н., Герасимов Е.М.; заявитель и патентообладатель Оренбургский государственный университет. 2010114981/10; заяв. 14.04.2010; опубл. 27.08.2010, Бюл. №24. – 2 с.
19. Универсальный автоматизированный СВЧ-пастеризатор жидких пищевых продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ptechology.ru/MainPart/PishaTech/PishaTech13.html> // Научный промышленный журнал. – 19.04.2010.
20. Magner, H.J., Annemuller, G.; Speed of Yeast Propagation in Breweries-Basis for Planning and Sizing a Yeast Propagation Plant. Brauwelt Internat. №19. – 2001. P. 117-123.
21. Гавин, М. ЦКТ пивзавода «Велке Поповице»: пропатор дрожжей, двустороннее наполнение, промывка и гомогенизация дрожжей с помощью CO₂ / М. Гавин и [др.] // Пиво и жизнь – журнал для профессионалов и любителей. URL: <http://www.pgrpivo.ru/> – 10.12.2009.
22. Мальцев, П.М. Технология солода и пива: специальный курс / П.М. Мальцев – М.: Пищевая промышленность, 1964. – 859 с.
23. Автоматизация в пивоварении / EVOG GROUP [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.evocipc.ru/solutions/solutiondetail.aspx?id=Automatic-Control-of-Beer-Production> – 23.07.2010.
24. Заявка №2009148846 на предполагаемое изобретение «Способ производства пива», приоритет от 28.12.2009.
25. Устройство для размножения семенных пивных дрожжей: полезная модель 98001 Рос. Федерации МПК7 C12C 13/00, C12N 1/14 / Третьяк Л.Н., Герасимов Е.М.; заявитель и патентообладатель Оренбургский государственный университет. 2010114980/10; заяв. 14.04.2010; опубл. 27.09.2010, Бюл. №27, 2 с.
26. Способ определения полиауксии при культивировании микроорганизмов: пат. 302362 Рос. Федерация, МПК6 C12Q1/02 / заявитель Осовик А. Н., Украинский научно-исследовательский институт спиртовой, ликеро-водочной промышленности. – №1402687; опубл. 01.01.1971. // ФГУ ФИПС. URL: http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet (дата обращения: 10.08.2010).
27. Келина, Н.Ю. Токсикология в таблицах и схемах / Н.Ю. Келина, Н.В. Безручко. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 144 с.
28. Что такое Кодекс Алиментариус? : пер. с англ. / ФАО/ВОЗ. - М. : Весь Мир, 2006. – 44 с.
29. Демонстрационная система PASS в Интернет // Институт биомедицинской химии им. В. Н. Ореховича РАН: [сайт]. Режим доступа: URL: <http://195.178.207.233/PASS/PASSDEMO.ZIP> – 20.12.2009.

Сведения об авторе:

Третьяк Людмила Николаевна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и сертификации
Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, доцент
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел. (3532) 372510, e-mail: tretiyak@mail.osu.ru

UDC 663.4:006.83

Tretiyak L.N.

TECHNOLOGY OF BEER PRODUCTION WITH GIVEN FLAVOR PROPERTIES AND REDUCED TOXICOLOGICAL CHARACTERISTICS

A complex of scientific and technological solutions that can be used together or separately in the organization of the technological process of beer production with the desired properties is worked out in this work. Proposed in the paper the technical solutions can serve as a technological tool in the fight with beer drinking.

Key words: ozonation and micronization of grain raw material, filtration machine; brewing kettle, single tank of fret; control of the main fermentation, reduction of beer toxicity.