3. Spirichev V.B., Shatnyuk L.N., Poznyakoskiy V.M. *Obogaschenie pischevyih produktov vitaminami i mineralnymi veschestvami. Nauka i tehnologii* [Food fortification with vitamins and minerals. Science and technology]. Novosibirsk, Sib. univ. izd-vo, 2005. 548 p.

4. Guryanov Yu.G. *Pantogematogen i spetsializirovannyie produktyi s ego ispolzovaniem: novyie tehnologii, otsenka kachestva i effektivnosti* [Pantogematogen and specialized products with its use: new technologies, evaluation of quality and efficiency]. Kemerovo, Kuzbassvuzizdat, 2010. 288 p.

5. *TR TS 021/2011. Tekhnicheskii reglament tamozhennogo soiuza. O bezopasnosti pishchevoi produktsii* [TR CU 021/2011. Technical Regulations of the Customs Union. On food safety produktsii]. Moscow, 2011. 242 p.

6. *SanPiN 2.3.2.1078-01. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu i bezopasnosti prodovolstvennogo syirya i pischevyih produktov* [Sanitary norms and rules 2.3.2.1078-01. Hygienic requirements for quality and safety of food raw materials and food products]. Moscow, FGUP «InterSEN», 2002. – 168 p.

7. *MR 2.3.1.2432-08. Normyi fiziologicheskih potrebnostey v energii i pischevyih veschestvah dlya razlichnyih grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii* [MR 2.3.1.2432-08 .Norms of physiological needs for energy and nutrients for different groups of the population of the Russian Federation]. Moscow, Ministerstvo zdravoohraneniya RF, 2008. 42 p.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology,
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia.
Phone/fax: +7 (3842) 73-40-40,
e-mail: office@kemtipp.ru

Дата поступления: 22.12.2014

УДК 663.4:62-13

Е.А. Сафонова, А.Н. Потапов, Е.А. Вагайцева

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОГО АППАРАТА

С целью интенсификации пивоваренного производства предложено использовать новое высокоэффективное оборудование, повышающее производительность предприятий за счет экономии сырья, снижения энергозатрат и сокращения продолжительности изготовления конечного продукта. Для этого выделены следующие стадии в классической технологической схеме приготовления пива: затирание, брожение и дображивание. Затирание является экстракционным процессом, для которого предложено использовать роторно-пульсационный аппарат. При работе данного аппарата происходят следующие процессы: интенсивные турбулентные течения, гидродинамические микропотоки, колебание частиц материала в местах трения, кавитация. Пиво является продуктом биохимической деятельности дрожжей. Рассмотрен способ активации дрожжей в роторно-пульсационном аппарате, при котором используются процессы кавитационного воздействия, аэрации, повышения температуры. В качестве защитной функции для клеточных оболочек дрожжей от жесткого механического воздействия предложено использовать питательные среды: молочную сыворотку и пивное сусло. Целью данной работы является исследование способов интенсификации процессов затирания, брожения и дображивания при использовании роторно-пульсационного аппарата. Проведенные эксперименты доказали эффективность использования аппарата при проведении процесса затирания – длительность приготовления пивного сусла составила 10–15 мин. Показано, что обработка дрожжей в роторно-пульсационном аппарате совместно с питательными средами оказывает положительное влияние на физиологические и биохимические показатели культуры. Данный способ активации дрожжей позволяет сократить время сбраживания пивного сусла на 1,5 сут. Установлены оптимальные технические характеристики аппарата для проведения процессов. Физико-химические и органолептические показатели готового пива, сваренного из опытных образцов, получили хорошую оценку. Проведенное исследование показывает преимущества использования роторно-пульсационного аппарата для пивоваренного производства и дальнейшего его исследования для других отраслей промышленности.

Экстрагирование, интенсификация, роторно-пульсационный аппарат, пивоваренное производство, затирание, активация дрожжей.

Введение

Интенсификация различных производственных процессов является одной из существенных проблем технических наук и одним из факторов экономического роста, чего невозможно достичь без привлечения новых инновационных технологий. Поэтому внимание ученых направлено на создание нового высокоэффективного оборудования, повышающего производительность предприятий за счет экономии сырья, снижения энергозатрат и сокращения продолжительности изготовления конечного продукта. В пивоваренной промышленности интен-

сификация может быть достигнута за счет сокращения продолжительности отдельных технологических стадий приготовления пива.

Пиво – слабоалкогольный, игристый напиток с характерными хмелевыми ароматами и горчинкой. Пиво обогащено питательными и биологически активными веществами – белками, углеводами, микроэлементами и витаминами [1]. Анализируя классическую технологическую схему приготовления пива, можно выделить стадии затирания, брожения и дображивания, обусловливающие производительность всего процесса.

Затирание – смешивание дроблёных зернопродуктов в определённой пропорции с тёплой водой и последующее контролируемое нагревание полученной смеси с выдержками пауз при определенных температурах 52, 63 и 70 ºС (белковой, мальтозной и осахаривания) с целью максимального извлечения сухих веществ из зернового сырья [1].

Под действием накопленных при солодоращении ферментов осуществляется осахаривание крахмалистых веществ солода, сопровождающееся их переводом из нерастворимой формы в растворимую, и экстрагирование растворимых веществ. Окончание процесса осахаривания определяют йодной пробой. После этого затор нагревают до 78 ºС (для инактивации ферментов и снижения вязкости) и подают на фильтрацию. На современном производстве процесс затирания осуществляется в заторных котлах, обогреваемых паром или горячей водой. Длительность этой стадии от полутора до двух часов. Таким образом, для ее проведения требуются большие затраты энергии и времени. Вследствие этого возникает необходимость разработки и внедрения нового оборудования.

Затирание – это экстракционный процесс. Поэтому для улучшения процесса следует использовать основные теории, методы интенсификации и методики расчета, применяемые для экстрагирования веществ жидким растворителем из твердой фазы. Следуя из механизма экстрагирования, процесс отвода целевого вещества из внутренних капилляров твердой фазы к границе раздела фаз происходит за счет молекулярной диффузии. Величина коэффициента молекулярной диффузии напрямую зависит от структуры твердого тела, температурного воздействия и концентрации растворимых частиц вещества. Отвод целевого компонента от границы разделения фаз в основной поток растворителя определяется за счет коэффициента массоотдачи. К главным факторам, влияющим на величину коэффициента массоотдачи, относятся характер движения экстрагента, физические (диффузионные) свойства растворителя, геометрия частиц твердой фазы (их форма и размер), а также конструкция аппарата, проводящего данный процесс. Изменение коэффициентов молекулярной диффузии и массоотдачи отражает две разные стороны процесса. На коэффициент диффузии влияют только диффузионные характеристики частиц твердой фазы, и он не изменяет своей величины от того, где проводится изучаемый процесс. Величина коэффициента массоотдачи имеет большую зависимость от конструкции экстрактора.

На интенсивность проведения рассматриваемого процесса оказывают влияние многие факторы, основные из которых: гидродинамические условия течения экстрагента, величина поверхности соприкосновения фаз, разность концентраций (движущая сила), длительность процесса, вязкость экстрагента, температура проведения процесса. Кроме того, на полноту и скорость извлечения влияют: добавка поверхностно-активных веществ, характер загрузки сырья, подбор экстрагента, пористость и порозность слоя, различные физические воздействия на взаимодействующие фазы (СВЧ-воздействие, воздействие пульсаций, вибраций, электроимпульсный заряд в жидкой среде, магнитное воздействие, измельчение и деформация сырья в экстрагенте). Анализ влияния этих факторов [2] и конструкций экстракторов позволил сделать вывод о перспективности применения для процесса затирания роторно-пульсационного аппарата, при работе которого происходят следующие явления.

1. Интенсивное воздействие на твердую фазу приводит к сильным турбулентным течениям, гидродинамическим микропотокам, что, в свою очередь, улучшает перенос массы, растворение компонентов. Это явление замечается как снаружи твердой фазы, так и во внутренних ее капиллярах. Данные факторы приводят к интенсивному перемешиванию даже внутри отдельных клеток материала.

2. Интенсивное колебание частиц материала в местах трения приводит к локальному повышению температуры, снижению вязкости экстрагента, что, в свою очередь, влияет на увеличение коэффициента внутренней диффузии.

3. За счет повышения турбулентности потока экстрагента, нарушения структуры прилегающих слоев пограничный диффузионный слой значительно уменьшается либо будет иметь небольшую толщину.

4. В результате интенсивных колебаний появляются чередующиеся зоны сжимания и расширения. За счет расширения в жидкой фазе появляются области разрыва жидкого экстрагента (кавитационные зоны), которые схлопываются с силой в несколько сот атмосфер. Данное воздействие приводит к диспергированию частиц, что, в свою очередь, увеличивает поверхность взаимодействия фаз.

Влияние турбулентного перемешивания снаружи и внутри клеток заменяет молекулярно-кинетическое движение конвективным, за счет чего поддерживается на высоком уровне разность концентраций (движущая сила процесса экстрагирования).

Большое внимание следует уделить тому, что пиво является продуктом биохимической деятельности дрожжей. Дрожжам принадлежит существенная роль в проведении процессов брожения сусла и дображивания молодого пива. Их физиологическое и биохимическое состояние влияет на скорость протекания данных процессов и в итоге на качество готового продукта. Однако хранению и подготовке дрожжей на производстве не всегда

уделяют должное внимание, что приводит к ухудшению их показателей. Поэтому одним из способов повышения качественных характеристик дрожжей является их активация.

За последние годы исследовано множество путей интенсификации процессов брожения и созревания пива. Большое распространение получили способы интенсификации путем увеличения поверхности контакта дрожжей со средой, использования физических факторов, активных штаммов дрожжей и т.д. Применение физических методов (воздействия ультразвуком, электростатического, лазерного излучения, фотоактивации, высокочастотной обработки) позволяет интенсифицировать технологический процесс, улучшить качество и выход конечного продукта, используя для этого поточные автоматизированные линии [3]. Однако большинство этих методов требуют применения специального дорогостоящего оборудования, что экономически не всегда оправдано.

Нами для активации пивных дрожжей предложено использовать роторно-пульсационный аппарат. При обработке дрожжевой суспензии в данном аппарате явление кавитации увеличивает проницаемость клеточной мембраны, вследствие чего ряд веществ будет с большей скоростью поступать внутрь клеток. Пивные дрожжи после цикла брожения на поверхности сорбируют различные вещества сусла (белки, горькие кислоты, полисахариды и др.). Они сокращают активную поверхность, через которую идёт поступление питательных веществ. За счет кавитационного воздействия происходит освобождение поверхности клеток, что ускоряет транспортировку компонентов среды в дрожжевую клетку.

Кроме того, важным фактором активирования дрожжей является насыщение обрабатываемой среды кислородом воздуха за счет его диспергирования в аппарате. Кислород необходим дрожжам в начальный момент размножения для синтеза некоторых липидных компонентов клетки. В практике пивоварения предусмотрена аэрация пивного сусла перед введением в него дрожжей. При этом происходит окисление некоторых веществ (азотистых, горьких кислот, углеводов и др.), что приводит к изменению состава сусла, увеличению его цвета. Существующие исследования показали, что наиболее целесообразно проводить аэрацию дрожжевой суспензии, в результате чего бродильная активность повышается на 15–20 %.

В процессе обработки среды в роторно-пульсационном аппарате происходит повышение температуры, что также ускоряет все ферментативные процессы в клетке.

В то же время роторно-пульсационный аппарат оказывает жесткое механическое воздействие на клетки, что может привести их к гибели. В данном случае защитную функцию для клеточных оболочек дрожжей может оказать использование питательных сред, например, молочной сыворотки и пивного сусла.

Молочная сыворотка в значительных количествах богата аминокислотами, витаминами группы В, биотином, пантотеновой кислотой и минеральными веществами (фосфорные соединения, цинк, магний, медь и др.) [4], необходимыми дрожжам для нормального развития. Кроме того, в сыворотке в небольших концентрациях содержатся липидные компоненты, в том числе фосфолипиды, в которых нуждаются дрожжи в начальный период размножения. Источником аминокислот является также и пивное сусло, которое служит традиционной средой для активации дрожжей. В нем содержатся все вещества, необходимые дрожжам (азотистые, минеральные, углеводы). При смешивании молочной сыворотки и пивного сусла восполняется недостаток некоторых незаменимых аминокислот (фенилаланина, изолейцина), фосфорных и минеральных веществ, витаминов за счет сыворотки.

Целью данной работы является исследование способов интенсификации процессов затирания, брожения и дображивания при использовании роторно-пульсационного аппарата.

Объект и методы исследования

На кафедре процессов и аппаратов пищевых производств КемТИПП был разработан роторно-пульсационный аппарат [5], который работает следующим образом. Через входной патрубок подаются компоненты жидкой и твердой фаз в рабочую область, где под действием центробежных сил материальный поток движется через зубья ротора и статора, при этом твердое тело подвергается измельчению, истиранию и ударным нагрузкам. Затем во внешней рабочей области аппарата поток прямоугольными лопастями, направляется в нижнюю часть аппарата, где за счет насосного эффекта проходит через отверстия в ступице ротора. За счет закрепленных на внутренней стенке корпуса лопастей происходит интенсивная, направленная и многократная циркуляция потока из внутренней во внешнюю рабочую область аппарата. При работе аппарата происходит перекрывание прорезей ротора и статора, вследствие чего возникают пульсации потока и кавитационные явления. Температура проведения процессов поддерживается с помощью охлаждающей рубашки. Ниже приведена техническая характеристика экспериментальной установки:

– объем – РПА $1{,}12 \cdot 10^{-3}$ м^3;

– передаточное число клиноременной передачи – 1,47;

– частота вращения рабочего органа – до 4000 об/мин;

– число лопастей – 0, 4, 8, 12 шт;

– межцилиндровый зазор – $0{,}1 \cdot 10^{-3} \ldots 0{,}5 \cdot 10^{-3}$ м;

– количество отверстий в ступице ротора – 4.

Необходимый температурный режим обеспечивался при помощи термостата, соединенного с тепловой рубашкой аппарата.

При изучении процесса затирания для пивоваренного производства в качестве объектов исследования использовали солод пивоваренный ячменный производителя «Невский берег» (ГОСТ 29294 – 92) и воду питьевую (СанПиН 2.1.4.10749-01).

Оценка работы аппарата осуществлялась путем сравнения значений концентрации растворимых сухих веществ и других компонентов в пивном сусле, полученном в роторно-пульсационном аппарате и приготовленном классическим настойным способом. Эксперименты проводились следующим образом.

В роторно-пульсационный аппарат, в соотношении 1:3, загружали недробленый солод и экстрагент – воду. В ходе предварительных испытаний [2] была определена величина межцилиндрового зазора – $0{,}1 \cdot 10^{-3}$ м, число лопастей – 8 шт. и частота вращения ротора – 2000 об/мин. Данные параметры обеспечивают высокий выход сухих веществ при минимальных затратах энергии. Варьируя продолжительность процесса и его температуру, проводили затирание. Во время проведения экспериментов контролировалось осахаривание, чтобы убедиться, что в заторе не осталось крахмала, так как это существенно влияет на качество конечного продукта [1]. Для этого на фарфоровой пластинке смешивали каплю затора и каплю йода – изменение цвета свидетельствует о присутствии крахмала, если цвет не изменился – произошло полное осахаривание. Полученный затор анализировали по физико-химическим показателям.

Для исследования процесса активации дрожжей объектом изучения служили пивные дрожжи с Новокемеровского пивобезалкогольного завода (г. Кемерово) расы 95 и 34 со второй по седьмую генерации.

Оценку влияния работы роторно-пульсационного аппарата на дрожжи проводили на основании определения количества мертвых клеток известным методом [6], значение которого для исходной культуры составило 6,6 % от общего их числа. По предварительным испытаниям были определены технические параметры аппарата, при которых содержание в дрожжевой суспензии мертвых клеток после ее обработки без питательных сред не превышало 10 %: межцилиндровый зазор $0{,}4 \cdot 10^{-3}$ м, частота вращения ротора 2000 об/мин и 3000 об/мин, продолжительность обработки 2 мин, без лопастей. В качестве питательных сред использовались 11%-ное пивное сусло с данного завода и сухая молочная сыворотка по ГОСТ Р 53492-2009. Молочную сыворотку предварительно разбавляли водой до содержания сухих веществ 5 и 10 %. Также использовали смесь 5%-ной сыворотки и пивного сусла в соотношении 1 : 1.

Дрожжевую суспензию смешивали с питательной средой в соотношении 1 : 0,5 и 1 : 1. Контрольным образцом служили дрожжи, смешанные с водой в соответствующем соотношении. В исследуемых образцах контролировали концентрацию мертвых клеток, почкующихся и с гликогеном [7].

При проведении экспериментов применяли традиционные физико-химические, биохимические и микробиологические методы исследования, принятые в пивоваренной промышленности [7]. Определение концентрации сухих веществ в полученных образцах осуществлялось при помощи рефрактометрического анализа на установке ИРФ-454Б2М. Готовое пиво анализировали также общепринятыми методами [7].

Результаты и их обсуждение

Эксперименты по обработке заторов в роторно-пульсационном аппарате проводились при температурах 60, 70 и 80 ºС. Анализ полученных результатов показал, что после 10 минут механизм извлечения сухих веществ в ходе массоотдачи стабилизируется и дальнейшая обработка становится не рациональной.

В опытах, проведенных при температуре 60 ºС, затор не осахаривался, что свидетельствует о неполном гидролизе крахмала. После 10 минут работы аппарата при температуре 70–80 ºС йодная проба показала полное осахаривание полученного затора.

Проведенные эксперименты показали, что при температуре 70–80 ºС и частоте вращения ротора 2000 об/мин выход сухих веществ максимален. Но следует отметить, что при работе аппарата, в результате трения материала о стенки корпуса и рабочие органы, температура повышается на несколько градусов. Превышение порога в 80 ºС при затирании приводит к возникновению необратимых биохимических процессов, которые негативно влияют на качество конечного продукта. Поэтому следует снизить температуру на несколько градусов. Учитывая эти данные, дальнейшие эксперименты проводились при температурах 65, 70 и 75 ºС. Физико-химические показатели полученного сусла представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели опытного сусла

Показатель	Контроль	65 ºС	70 ºС	75 ºС
Массовая доля сухих веществ, %	20,9	21,0	21,5	21,5
Содержание аминного азота, мг/100 г сухих веществ	273,3	226,5	320,3	283,1
Содержание фракции белка А, мг/100 г сухих веществ	188,6	115,4	108,3	106,0
Мутность, ед. опт. плотн.	0,46	0,44	0,34	0,30

Для соблюдения технологических условий приготовления пива после проведения экспериментов бралась проба на осахаривание. На всех опытах йодная проба показала полный гидролиз крахмала.

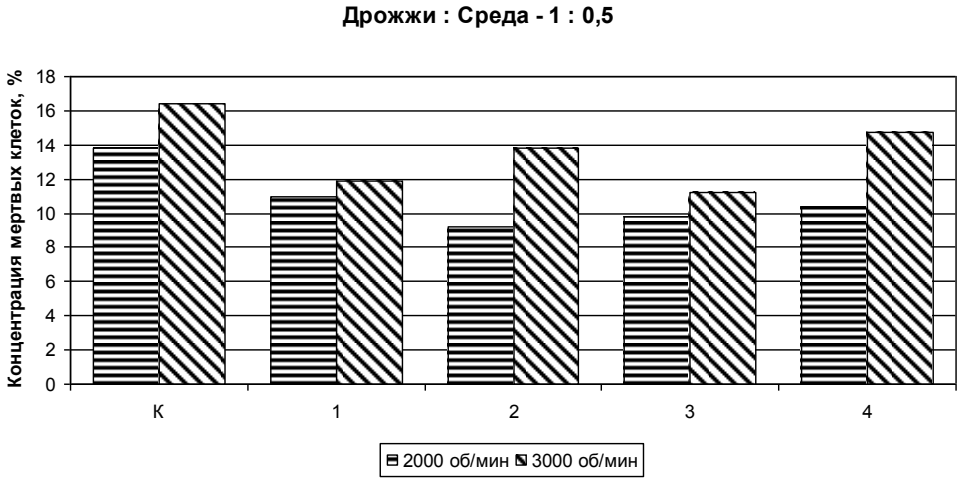
Анализируя результаты экспериментов, можно увидеть, что лучшие физико-химические показатели отмечаются у сусла, полученного при темпе-

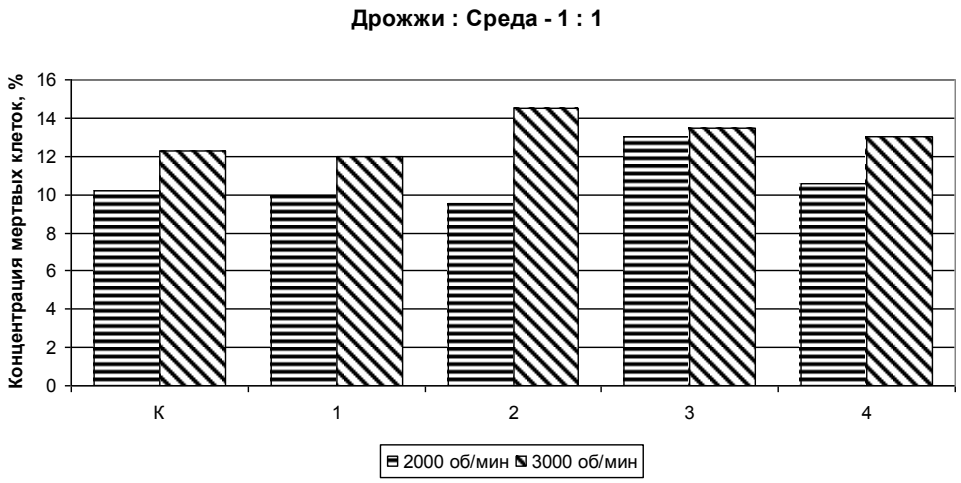
ратуре 70 ºС. Однако полученные опытные образцы содержат недостаточное количество аминного азота, который является источником питания дрожжей. Поэтому, следующий этап исследований заключался в активации пивных дрожжей в роторно-пульсационном аппарате.

Обработка дрожжевой суспензии совместно с питательными средами показала, что концентрация мертвых клеток во всех средах при частоте вращения ротора 2000 об/мин практически не превышает допустимой нормы (рис. 1). При этом условия обработки в молочной сыворотке и ее смеси с пивным суслом при соотношении дрожжи : среда (1 : 0,5) – являются наиболее благоприятными.

Аналогичные результаты показали исследования изменений количества почкующихся клеток и клеток с гликогеном. Очевидно, что молочную сыворотку и ее смесь с пивным суслом можно считать наиболее полноценной средой.

Существенных отличий при обработке дрожжей с 5 и 10%-ными растворами сыворотки не отмечено, но по влиянию этих сред на концентрации мертвых клеток более предпочтителен первый. Вероятно, более высокие концентрации лактозы, белковых и минеральных веществ оказывают отрицательное воздействие на дрожжи вследствие повышающегося осмотического давления в среде.





К – контрольный образец; 1 – с пивным суслом; 2 – с 5%-ным раствором молочной сыворотки; 3 – с 10%-ным раствором молочной сыворотки; 4 – со смесью молочной сыворотки и пивного сусла 1 : 1

Рис. 1. Концентрация мертвых клеток в дрожжевой суспензии после обработки в аппарате совместно с питательными средами

Таким образом, можно сделать вывод о том, что обработка дрожжей в роторно-пульсационном аппарате совместно с питательными средами оказывает положительное влияние на физиологические и биохимические показатели культуры. 5%-ная молочная сыворотка и ее смесь с пивным суслом являются наиболее предпочтительными средами для активирования дрожжей. Оптимальными параметрами обработки выбраны: зазор $0{,}4 \cdot 10^{-3}$ м, частота вращения 2000 об/мин, продолжительность обработки 2 мин, соотношение дрожжи : среда – 1 : 0,5.

Для более полной оценки опытных образцов был проведен процесс сбраживания пивного сусла, полученного в роторно-пульсационном аппарате из первой части исследования, активированными дрожжами с оптимальными параметрами обработ-

ки и определено их влияние на качество пива и состав побочных продуктов брожения. Контрольным образцом здесь служили необработанные в аппарате дрожжи. Полученная динамика брожения показала существенное ускорение сбраживания сусла опытных образцов по сравнению с контрольным. Необработанные дрожжи имели более высокую начальную скорость брожения, однако обработанная культура более активно сбраживала среду к 3–4 сут.

Дрожжи, обработанные в воде, пивном сусле и смеси сусла с молочной сывороткой к середине процесса замедляли утилизацию субстракта. Динамика брожения этих образцов достаточно близка, конечная степень сбраживания в них выше, чем в контрольном.

Наиболее глубокое сбраживание сусла достигалось дрожжами, обработанными в роторно-пульсационном аппарате в молочной сыворотке. Учитывая, что видимый экстракт в молодом пиве должен быть в диапазоне 4,0–4,2 %, сбраживание этого образца может быть закончено к 5,5–6 суткам. В конечном итоге достигается ускорение процесса сбраживания на 1–1,5 сут (14,3–21,4 %).

Физико-химические показатели готового пива, полученного из опытного сусла, приготовленного в аппарате с использованием активированных дрожжей, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Физико-химические показатели готового пива, полученного с использованием активированных дрожжей

Показатель	Контроль	Опытные образцы – дрожжи, обработанные в аппарате:			
		с водой	с пивным суслом	с 5%-ной молочной сывороткой	со смесью 5%-ной молочной сыворотки и пивного сусла 1 : 1
Действительный экстракт, %	3,5	2,5	2,4	2,3	2,3
Объемная доля спирта, %	4,58	5,17	5,27	5,35	5,32
Кислотность, к. ед.	2,3	2,4	2,4	2,4	2,3
Цветность, ц. ед.	1,1	1,1	1,1	1,0	1,2
Действительная степень сбраживания, %	68,2	77,3	78,2	79,1	79,1
Содержание полифенолов, мг/100 см^3	165,2	166,0	145,4	143,8	147,2
Таниновый показатель, ед. опт. плотности	0,33	0,30	0,27	0,29	0,31
Содержание, мг/дм – высших спиртов; – диацетила	 118,2 0,68	 112,4 0,65	 102,2 0,55	 97,4 0,42	 109,7 0,45

Как видно из представленных данных, содержание спирта и степень сбраживания в опытных образцах значительно выше, чем в контрольном. Наименьшее содержание высших спиртов и диацетила наблюдается в образцах 3 и 4. Это можно объяснить более высокой активностью дрожжей в них, в результате чего лучше идет редукция диацетила. Количество побочных продуктов находится на допустимом уровне и при дегустации не оказывает отрицательного влияния на вкус и аромат напитков.

Показатели, характеризующие коллоидную стойкость пива, – содержание полифенолов и таниновый показатель также не превышают допустимых норм. Значение последнего в опытных образцах меньше, чем в контрольном. Очевидно, брожение с активированными дрожжами способствует лучшему удалению нестойких азотистых соединений.

Дегустационная оценка пива, приготовленного с использованием роторно-пульсационного аппарата на стадиях затирания, брожения и дображивания показала, что продукт отличается чистым, полным, гармоничным вкусом и получил высокую балловую оценку.

Таким образом, использование аппарата на стадии затирания позволяет сократить длительность приготовления пивного сусла до 10–15 минут при низких материало- и энергозатратах, а предложенный способ активации пивных дрожжей в нём – сократить время сбраживания пивного сусла на 1,5 сут.

Проведенное исследование показывает преимущества использования роторно-пульсационного аппарата для пивоваренного производства и дальнейшего его исследования для других отраслей промышленности.

Список литературы

1. Кунце, В. Технология солода и пива / В. Кунце. – СПб.: Профессия, 2003. – 912 с.

2. Разработка экстракторов для системы «твердое тело – жидкость» / А.Н. Потапов, М.В. Просин, А.М. Магилина, М.В. Понамарева // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 3 (30). – С. 80–85.

3. Каданер, Я.Д. Перспективы применения электрофизических воздействий в технологии пива и безалкогольных напитков. Обзорная информация. Серия 22. Пивоваренная и безалкогольная промышленность // Я.Д. Каданер, В.З. Вадачкория. – М.: АгрНИИТЭИПП, 1992. – Вып. 3. – 28 с.

4. Процессы пищевой биотехнологии в производстве молочной основы для напитков / В.Н. Юрин, Ю.В. Комодемьянский, С.А. Бредихин, А.В. Кулаков // Пищевая промышленность. – 2001. – № 11. – С. 24.

5. Пат. № 2397793 Российская Федерация, МПК B01D 11/02 D01F 7/00 / Роторно-пульсационный экстрактор с направляющими лопастями / Потапов А.Н., Светкина Е.А., Попик А.М., Просин М.В.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» (Ru). – № 2009126346/15; заявл. 08.07.2009; опубл. 27.08.2010; Бюл. № 24.

6. Слюсаренко Т.П. Лабораторный практикум по микробиологии пищевых производств / Т.П. Слюсаренко. – М.: легкая и пищевая промышленность, 1984. – 208 с.

7. Ермолаева Г.А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия / Г.А. Ермолаева. – СПб.: Профессия, 2004. – 546 с.

ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47.
Тел/факс: +7 (3842) 73-40-40,
e-mail: office@kemtipp.ru

SUMMARY

E.A. Safonova, A.N. Potapov, E.A. Vagaytseva

INTENSIFICATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF BEER PRODUCTION USING ROTARY-PULSATION APPARATUS

To intensify the brewing industry it has been proposed to use new highly effective equipment that increases productivity by saving raw materials, lowing energy costs and reducing the duration of manufacture of the final product. For this purpose the following stages in brewing are distinguished – mashing, fermentation and afterfermentation. Mashing is an extraction process, a rotary-pulsation apparatus being proposed for application in this process. When operating this unit the following processes occur: intensive turbulent flows, hydrodynamic micro flows, oscillation of material particles in the places of friction, cavitation. Beer is a product of the yeast biochemical activity. The method of yeast activation in a rotor-pulsation apparatus that uses processes of cavitation, aeration and temperature rise has been studied. The use of whey and wort syrup has been proposed as a protective function for the yeast cell walls from the rigid mechanical action. The aim of this research is to study the intensification methods of mashing, fermentation and afterfermentation when using a rotor-pulsation apparatus. The experiments have proved the effectiveness of using the apparatus during mashing, the period of wort syrup formation being 10 – 15 minutes. It has been proved that yeast treatment in the rotor-pulsation apparatus together with yeast food has a positive effect on the physiological and biochemical properties of the culture. This yeast activation method enables to reduce the fermentation period of wort syrup by 1.5 days. The optimal technical characteristics of the apparatus have been determined. Physical and chemical, and organoleptic indices of the finished beer brewed from control samples have been estimated as good. This study shows the benefits of using a rotor-pulsation apparatus for the brewing industry and its application in other industries.

Extraction, intensification, rotary-pulsation apparatus, brewery, mashing, activation of yeast.

References

1. Kunce V. *Tekhnologiia soloda i piva* [Technology malt and beer]. St. Petersburg.: Profession, 2003. 912 p.

2. Potapov A.N., Prosin M.V., Magilina A.M., Ponamareva M.V. Razrabotka ekstraktorov dlia sistemy «tverdoe telo – zhidkost'» [Development of extractors for system of solid – liquid]. *Tekhnika i tekhnologiia pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2013, no. 3 (30), pp. 80-85.

3. Kadaner Ja.D., Vadachkorija V.Z. *Perspektivy primeneniia elektrofizicheskikh vozdeistvii v tekhnologii piva i bezalkogol'nykh napitkov. Obzornaia informatsiia. Seriia 22. Pivovarennaia i bezalkogol'naia promyshlennost'* [Prospects of application of electro-physical impacts in the technology of beer and soft drinks. Survey information. Series 22. Brewing and beverage industry]. Moscow, Agronomic R & d Institute of information and technical-economic research food industry, 1992. 28 p.

4. Jurin V.N., Komodem'janskij Ju.V., Bredihin S.A., Kulakov A.V. Protsessy pishchevoi biotekhnologii v proizvodstve molochnoi osnovy dlia napitkov [The processes of food biotechnology in the production of dairy bases for beverages]. *Pishchevaia promyshlennost'* [Food industry], 2001, no. 11, p. 24.

5. Potapov A.N., Svetkina E.A., Popik A.M., Prosin M.V. *Rotorno-pul'satsionnyi ekstraktor s napravliaiushchimi lopastiami* [Rotary-pulsation extractor with vanes]. Patent RF, no. 2397793, 2010.

6. Sljusarenko T.P. *Laboratornyi praktikum po mikrobiologii pishchevykh proizvodstv* [Laboratory of Microbiology of food production]. Moscow, Light and food industry, 1984. 208 p.

7. Ermolaeva G.A. *Spravochnik rabotnika laboratorii pivovarennogo predpriiatiia* [Employee Handbook lab brewing company]. St. Petersburg, Profession, 2004. 546 p.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology,
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia.
Phone/fax: +7 (3842) 73-40-40,
e-mail: office@kemtipp.ru

Дата поступления: 12.11.2014