

дорогом или (и) более масштабном оборудовании. Представляется, что студент (или группа студентов) может самостоятельно *собирать* лабораторную установку под запланированный лабораторный эксперимент и затем самостоятельно *провести* этот эксперимент, в ходе которого получить возможность *активных самостоятельных действий* с реальным оборудованием и приборами. Таким образом,

**Секция «Процессы, машины и аппараты пищевых производств»,
научный руководитель – Бородулин Д.М., канд. техн. наук, доцент, профессор РАЕ**

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РАЗБАВЛЕНИЯ В ВИБРАЦИОННОМ СМЕСИТЕЛЕ

Злобин С.В., Рокосов С.Ю.

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, Кемерово, e-mail: half@mail.ru

Известен вибрационный смеситель непрерывного действия [1] для приготовления композиций из сыпучих материалов, состоящий из вертикального цилиндрического загрузочного бункера с верхним и нижним отверстиями в стенке, между которыми на его внешней поверхности с подъемом в сторону движения сыпучего материала закреплен основной спиральный желоб с перфорированными витками, кроме нижнего. На конце желоба у верхнего отверстия установлены выгрузочный патрубок и подвижная заслонка. На дне загрузочного бункера, расположенного на уровне нижнего отверстия, установлена соосно с ним вставка по форме тела вращения и неподвижная заслонка, на которой закреплена дополнительная спиральная лопасть, состоящая из одного или нескольких витков. Независимо от количества ее витков, нижний виток сплошной, остальные – перфорированные. Примыкая к внутренней поверхности загрузочного бункера, лопасть образует желоб с уклоном в сторону движения материала.

Недостатком этого смесителя является сложность получения композиций хорошего качества с коэффициентом неоднородности V_c менее 4% при соотношении ингредиентов превышающем 1:50.

Мы предлагаем расширить диапазон соотношений ингредиентов за счет применения метода «последовательного разбавления» путем уменьшения ширины верхнего витка спиральной лопасти, находящейся в загрузочном бункере.

Теперь ингредиент с наименьшим расходом, который принимают в качестве «ключевого», вместе с частью «фонового» подают на верхний узкий перфорированный виток желоба, ширина которого должна быть пропорциональна их суммарному расходу при условии обеспечения толщины виброкипящего слоя сыпучего материала на витке в диапазоне равном 10–30 мм. Под действием направленной вибрации ингредиенты перемещаются под уклон и смешиваются. Небольшая их часть просыпается через перфорацию на нижележащий виток, куда поступает оставшаяся доля «фонового» компонента.

После осуществления процесса «последовательного разбавления» ингредиентов на витках и последующего их предварительного смешивания на желобе, композиция с помощью неподвижной заслонки направляется через отверстие на нижний сплошной виток внешнего спирального желоба. Поскольку он является основным рабочим органом устройства, то смесь в процессе вибродвижения по нему вверх достигает требуемой однородности. Здесь предпочтительная высота виброкипящего слоя равна 10–50 мм.

Список литературы

1. Патент РФ 2286203 C1, кл. В 01 F 11/00, В 01 F 3/18, опубл. 27.10.2006, Бюл. № 30.

здесь удаётся в полном объеме реализовать весь комплекс образовательных функций, возложенных на лабораторный практикум.

Список литературы

1. Штерендихт Д.В. Гидравлика: Учебник для вузов. – М.: КолосС, 2007. – 656 с.
2. <http://www.rosuchpribor.ru>.
3. Слабожанин Г.Д. Разработка минилабораторий для учебного эксперимента по гидравлике // Учебный эксперимент в образовании. – 2012. – № 1. – С. 29–36.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОКАТАЛИЗАТОРОВ И РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОГО АППАРАТА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИВНЫХ НАПИТКОВ

Понамарева М.В., Овсянникова Е.А.

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, Кемерово, e-mail: marybeer@mail.ru

Производство пивных напитков является одним из специфических направлений пивоварения в пищевой промышленности, позволяющее на сегодняшний день снизить себестоимость готового продукта за счет использования большого количества несоложенного сырья, в частности ячменя, заменяя им солод. При этом важно интенсифицировать процесс экстракции, протекающий на стадии затирания, которая является определяющей для основных показателей пива и пивных напитков.

Увеличения выхода экстракта можно добиться использованием ферментных препаратов и применением современного оборудования при затирании.

Интенсивно извлекать экстрагируемые вещества позволяют ферментные препараты за счет биокаталитического воздействия на ценные компоненты ячменя и солода, растворяя их крахмалы, белки и целлюлозу.

Роторно-пульсационные аппараты (РПА) широко используют при проведении гидромеханических, химических, тепло-массообменных процессов, например, при экстракции, гомогенизации, диспергирования и т.д. Они характеризуются низкой удельной энерго- и металлоёмкостью при высоком качестве получаемого готового продукта. Это является одной из приоритетных задач развития науки и техники.

Учитывая вышесказанное, РПА и вносимые в затор ферментные препараты предлагается использовать как способ интенсификации процесса экстрагирования на стадии затирания зернопродуктов при приготовлении пивных напитков с высоким содержанием ячменя.

Принимая во внимание термостабильность, пространственность, относительную дешевизну и эффективность воздействия на зернопродукты, при исследовании были использованы препарат цитолитического действия Целловеридин Г10х и комплексный препарат амилолитического действия МЭК1.

При проведении исследования процесса экстрагирования при производстве пивных напитков зернопродукты (ячмень и солод ячменный) и ферментные препараты (Целловеридин Г10х и МЭК1) в различных соотношениях и дозировках смешивали с водой, подогретой до температуры 40–80 °С и обрабатывали в роторно-пульсационном аппарате.

Соотношение расхода твердой и жидкой фаз составило 1:3. Время обработки 5–15 мин. Частота вращения ротора 1000–2000 об/мин. Начальная температура обработки 40–80 °С. Межцилиндрический зазор на протяжении всех экспериментов оставался постоянным (0,1–0,3 мм).

В ходе предварительных экспериментов были определены режимы обработки сырья в РПА и дозировки ферментных препаратов.

Предварительно готовили контрольное сусло на классическом заторном аппарате. Для этого дробленные

зернопродукты ($d = 1-2$ мм) смешивали с водой в соотношении 1:3, подогретой до температуры 45°C и ферментными препаратами Целловеридин Г10х и МЭК1 в различных дозировках. Непрерывно помешивая, соблюдали следующий температурно-временной режим:

$45^\circ\text{C} - 30 \text{ мин} \rightarrow 50^\circ\text{C} - 45 \text{ мин} \rightarrow 63^\circ\text{C} - 60 \text{ мин} \rightarrow 70^\circ\text{C} - 30 \text{ мин} \rightarrow 72-73^\circ\text{C} - 15 \text{ мин} \rightarrow 78^\circ\text{C} \rightarrow \text{фильтрация}$

Экстрагирование в заторном аппарате проводилось в следующих вариантах соотношений зернопродуктов и дозировок ферментных препаратов (табл. 1):

Полученное в РПА и заторном аппарате сусло фильтровали и сравнивали, анализируя процентное содержание сухих веществ. Результаты качественного анализа контрольного сусла представлены в табл. 2.

Таблица 1

Соотношения зернопродуктов и ферментных препаратов

№ п/п	Ячмень, %	Солод, %	Целловеридин Г10х, г/т	МЭК1, г/т
1	15	85	0	0
2	15	85	200	20
3	50	50	300	250
4	75	25	300	250
5	100	0	300	250
6	50	50	500	550
7	75	25	500	550
8	100	0	500	550

Таблица 2

Качественные показатели сусла, приготовленного в классическом заторном аппарате

Опыт №	Время фильт., мин	Содержание сухих веществ, %	Кислотность, к.ед.	Мальтоза, г/100 см ³	Аминный азот, мг/100 см ³
1	120	7,0	1,2	6,6	30,8
2	80	7,0	1,4	6,9	35,0
3	50	7,0	1,6	6,0	28,0
4	80	7,0	1,3	5,8	19,6
5	-	2,0	0,8	1,1	16,8
6	100	6,5	1,6	2,1	25,2
7	85	6,5	1,5	5,3	19,6
8	-	2,0	1,1	6,0	12,6

Из таблицы видно, что рациональным является использование ячменя в количестве от 50% до 75% к общей засыпи зернопродуктов при дозировках препаратов Целловеридин Г10х и МЭК1 300г/т и 250 г/т соответственно. Об этом свидетельствуют достаточно хорошие качественные показатели.

В роторно-пульсационном аппарате эксперименты проводились при различных начальных составах смеси (НС), учитывалось соотношение с водой 1:3. Составы смесей представлены в табл. 3.

Наиболее значимые результаты исследований при различных сочетаниях факторов, определяющих эффективность процесса, отражены в табл. 4.

Таблица 3

Начальный состав смеси в экспериментах

Обозначение	Ячмень, %	Солод, %	Препарат Целловеридин Г10х, г/т	Препарат МЭК1, г/т
НС1	15	85	200	20
НС2	50	50	300	250
НС3	75	25	300	250
НС4	50	50	500	550
НС5	75	25	500	550

Таблица 4

Качественные показатели сусла, приготовленного в РПА при различных составах НС

№	τ , мин	t , $^\circ\text{C}$	n , об/мин	СВ НС1, %	СВ НС2, %	СВ НС3, %	СВ НС4, %	СВ НС5, %
1	15	80	1000	7,9	7,7	7,7	7,2	7
2	10	80	1000	8	7,7	7,5	7,6	7
3	10	60	1000	7,8	7,9	7,3	7,4	7,2
4	15	40	2000	8	7,9	7,4	7,2	7
5	10	40	2000	8	8	7,7	7,3	6,8
6	15	80	2000	8	8,1	8	7,5	7,5
8	15	60	2000	7,9	7,9	8	8	7,5
9	10	60	2000	8,2	8,2	8,2	7,8	7,7
10	15	80	1500	8	8	7,8	7,7	7,3
11	10	80	1500	8,3	8,2	8,2	7,8	7,7
12	15	60	1500	8,3	8	7,9	7,9	7,5
13	10	60	1500	8,3	8,2	7,9	8,1	7,7

Приведенные в таблице 4 данные наглядно показывают, что для получения пивных основ из смеси зернопродуктов, содержащей большой процент ячменя, целесообразно использовать роторно-пульсационный аппарат. При этом рациональные режимные параметры работы аппарата будут следующие: частота вращения ротора – 1500 об/мин, продолжительность обработки – 10 мин, температурный режим – 60 °С. Оптимальные соотношения зернопродуктов и дозирования ферментных препаратов: содержание солода – 25 %, ячменя – 75 %; количество Целловеридина Г10х – 300 г/т, МЭК1 – 250 г/т. Видно так же, что наибольшее влияние на содержание экстрактивных веществ в пивных основах оказывает время пребывания смеси в РПА.

С применением биокатализаторов и роторно-пульсационного аппарата в производстве пивных напитков содержание сухих веществ в сусле возросло на 24,6 %, а время проведения экстрагирования существенно сократилось, что свидетельствует об интенсификации процесса.

ПРИМЕНЕНИЕ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННЫХ АППАРАТОВ В ПИВОВАРЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Просин М.В., Попик А.М.

*Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, Кемерово,
e-mail: santa-dlx@yandex.ru*

Решить проблему повышения эффективности производства пива на современном этапе развития экономики невозможно без привлечения новых инновационных технологий и современного высокоэффективного оборудования.

В настоящее время в различных отраслях промышленности, в том числе и при переработке зерна, все большее распространение находят мельницы тонкого помола и механохимические активаторы, позволяющие обеспечить более глубокую переработку сельскохозяйственного сырья. Механическая обработка ускоряет процессы диспергирования, экстрагирования, гидролиза компонентов зерна, сокращая время технологических операций.

В ряде отраслей промышленности нашли широкое применение роторно-пульсационные аппараты (РПА), которые сочетают принципы работы центробежного насоса, дисмембратора, дезинтегратора и коллоидной мельницы. РПА используют при переработке растительного сырья, в том числе и зернопродуктов.

РПА обеспечивает активный гидродинамический режим, эффективные турбулизации и пульсации потока, кавитационные эффекты. Эффективность переработки сырья с использованием РПА достигается за счет одновременного протекания процессов доизмельчения помола зерна, растворения и гидролиза крахмала. Все эти процессы проходят с высокой скоростью массообмена в условиях механокавитационного воздействия на водно-зерновую смесь.

Целью данной работы является доказать возможность замены традиционного оборудования для затираания на РПА.

Затирание является важнейшим процессом производства сусла, цель которого заключается в переводе нерастворимых веществ солода в растворимые.

В качестве объектов исследования использовали солод ячменный пивоваренный; пивное сусло, полученное традиционным способом и путем обработки заторов на РПА; дрожжи; готовое пиво; воду питьевую. При проведении экспериментов применяли

современные физико-химические, биохимические и микробиологические методы исследования.

Обработка заторов осуществлялась в РПА. Отличительной особенностью данного аппарата от традиционных конструкций является установка направляющих лопастей в области между зубьями ротора и внутренней стенкой корпуса. Лопасты позволяют осуществить направленное движение материальных потоков, что увеличивает продолжительность обработки сырья в рабочей зоне за счет многократного прохождения обрабатываемого продукта через прорези ротора и статора. Кроме этого установка направляющих лопастей приводит к снижению потребляемой энергии (приблизительно на 10 %). Это можно объяснить снижением гидравлических сопротивлений при движении потока в области между зубьями ротора и внутренней стенкой корпуса. Температурный режим обеспечивался при помощи термостата соединенного с тепловой рубашкой аппарата.

На процесс затираания зернопродуктов оказывают влияние различные факторы: температура, длительность процесса, концентрация затора и др. Особое значение имеет температурный режим, который и определяет ход биохимических превращений.

Рациональные параметры процесса были получены в ходе предварительных исследований с использованием метода планирования экспериментов: частота вращения ротора – 1450 об/мин, величина межцилиндрового зазора – $0,1 \cdot 10^3$ м, количество направляющих лопастей – 4, продолжительность обработки – 10 мин, диапазон температур 65 – 80 °С, коэффициент загрузки сырья – 90 %, гидромодуль 1:3.

Контрольный образец сусла готовили классическим настольным способом затираания с выдержкой затора при температурах 52, 63, 72 °С в течение 30 минут и 15 минут при температуре 78 °С.

Анализируя экспериментальные данные по влиянию обработки заторов в РПА на физико-химические показатели сусла, выявили, что наиболее благоприятными условиями для протекания процесса является температура 70 °С. Обработка заторов в РПА в течение 10 минут является достаточной для осахаривания затора и накопления необходимого количества сухих веществ, приводит к более полному расщеплению белка, снижает экстракцию полифенолов.

При использовании таких условий обработки на 17 % увеличилось содержание аминного азота, на 43 % снизилось содержание высокомолекулярной фракции белка А, на 68 % уменьшилось количество полифенольных веществ, мутность сусла снизилась на 26 %.

С целью контроля процесса брожения готовили охмеленное сусло, полученное обработкой затора в РПА с выбранными рациональными параметрами, и сбраживали его дрожжами. Экстрактивность начального сусла контрольного и опытного образцов составила 11 %. В обоих случаях наблюдалась высокая скорость сбраживания: продолжительность процесса составила 6 суток.

Полученные кинетические показатели роста дрожжевой культуры позволяют сделать вывод о том, что обработка затора в РПА положительно повлияла на процесс спиртового брожения.

Дегустационные испытания готового пива показали, что опытное пиво отличается чистым, полным, гармоничным вкусом и получило высокую оценку.

Таким образом, обработка заторов в РПА повышает эффективность производства пива за счет большего извлечения экстрактивных веществ солода, экономии сырья, также улучшает качество пивного сусла, положительно влияет на процесс брожения и качество готового напитка.