

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПИВНЫХ ОСНОВ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОМ АППАРАТЕ

Представлены результаты исследования процесса получения пивных основ в роторно-пульсационном аппарате с использованием ферментных препаратов, а также определены рациональные режимные параметры его работы.

Ключевые слова: несоложеное сырье, роторно-пульсационный аппарат, ферментные препараты, экстрагирование.

A.N. Potapov, M.V. Ponomareva, E.A. Ovsyannikova

THE RESEARCH OF BEER BASE OBTAINING IN THE ROTOR-PULSATING APPARATUS

The research results of beer base obtaining in the rotor-pulsating apparatus with the use of ferment preparations are presented. Rational mode parameters of its work are determined.

Key words: non-malt raw materials, rotor-pulsating apparatus, ferment preparations, extraction.

Введение. В настоящее время экономические условия требуют новых подходов к решению ряда технических и технологических проблем на пивоваренных предприятиях. Одним из специфических направлений пивобезалкогольной промышленности является производство пивных напитков, отличное от традиционной технологии приготовления пива применением большого количества несоложеного сырья, в частности ячменя. Сокращение до минимума использования солода в пивоварении и интенсивное извлечение экстракта из ячменя позволяет снизить себестоимость готового продукта и расширить ассортимент выпускаемой продукции.

Важную роль в пивоваренном производстве играет процесс экстракции. Он осуществляется на стадии затирания, которая определяет основные показатели пива и пивных напитков.

Добиться увеличения выхода сухих веществ можно использованием ферментных препаратов и применением современного оборудования на стадии затирания зернопродуктов.

Ферментативная обработка позволяет интенсивно извлекать экстрагируемые вещества за счет биокаталитического воздействия на ценные компоненты ячменя и солода, растворяя их крахмалы, белки и целлюлозу [1].

Роторно-пульсационные аппараты (РПА) широко используют при проведении гидромеханических, химических, тепло-массообменных процессов, например, при экстракции, гомогенизации, диспергировании и т.д. Они характеризуются низкой удельной энерго- и металлоёмкостью при высоком качестве получаемого готового продукта. Высокая степень воздействия на обрабатываемую среду объясняется развитой турбулентностью, интенсивной акустической импульсной кавитацией, большими сдвиговыми напряжениями, гидравлическими ударами и другими механическими воздействиями. В РПА возникают переходные гидромеханические процессы, интенсивная импульсная акустическая кавитация, резонансные явления, позволяющие интенсифицировать различные химико-технологические процессы с существенным снижением удельных энергозатрат, что является одной из приоритетных задач развития науки и техники [2].

Цели и задачи. С целью интенсификации получения пивных основ за счет проведения процесса в роторно-пульсационном аппарате были поставлены следующие задачи:

- исследование процесса производства пивных напитков с применением высокого содержания несоложеного сырья и ферментных препаратов;
- исследование процесса экстрагирования в роторно-пульсационном аппарате с определением рациональных режимов обработки сырья.

Методы исследования. При проведении исследования процесса экстрагирования при производстве пивных основ 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.

Учитывая термостабильность, распространенность, относительную дешевизну и эффективность воздействия на зернопродукты, при исследовании были использованы препарат цитолитического действия Целловеридин Г10х и комплексный препарат амилолитического действия МЭК1.

Краткие технические характеристики РПА: объем $V = 1,12 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; частота вращения ротора n до 2000 об/мин; межцилиндровый зазор $h = 0,1 \cdot 10^{-3} - 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

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. Межцилиндровый зазор на протяжении всех экспериментов оставался постоянным ($0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$).

Режимы обработки сырья в РПА и дозирования ферментных препаратов были определены в ходе предварительных экспериментов.

В качестве контроля готовили сусло на классическом заторном аппарате. Для этого дробленые зернопродукты ($d = 1-2 \text{ мм}$) смешивали с водой в соотношении 1:3, подогретой до температуры 45 °С, и ферментными препаратами Целловеридин Г10х и МЭК1 в различных дозировках. Непрерывно помешивая, поддерживали следующий температурно-временной режим [1, 3]:

45°С – 30мин → 50°С – 45 мин → 63°С – 60 мин → 70°С – 30 мин → 72–73°С – 15 мин → 78°С →
фильтрация

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

Таблица 1

Соотношения зернопродуктов и ферментных препаратов

Номер 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

Полученное в РПА и заторном аппарате сусло подвергали фильтрованию и сравнивали, анализируя по процентному содержанию сухих веществ. Сусло, приготовленное в заторном аппарате, дополнительно подвергалось качественному анализу по следующим показателям: время фильтрования в минутах, кислотность, содержание мальтозы и аминного азота [4–6].

Результаты и их обсуждение. Качественные показатели сусла, полученного при обработке смесей зернопродуктов и ферментных препаратов в различных соотношениях и дозировках с водой, в классическом заторном аппарате представлены в таблице 2.

Таблица 2

Качественные показатели сусла, приготовленного в классическом заторном аппарате

Номер опыта	Время фильтр., мин	Содержание сухих веществ, %	Кислотность, к.ед.	Мальтоза, г/100см 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

Как видно из таблицы, рациональным является использование несоложенного сырья в количестве от 50 до 75% к общей засыпи зернопродуктов при дозировках препаратов Целловеридин Г10х и МЭК1 300 и 250 г/т соответственно. Об этом свидетельствуют достаточно хорошие качественные показатели. Например, содержание сухих веществ составляет 6,5–7% и содержание мальтозы от 5,3 до 6 г/100см³. К тому же, при

50%-м содержании ячменя с той же дозировкой препаратов значительно сократилось время фильтрации (на 58%) в сравнении с контрольными показателями, что свидетельствует об интенсификации процесса. Использование 100%-го несоложенного сырья в исследуемом диапазоне дозировок ферментных препаратов не соответствует удовлетворительным значениям качественных показателей и сильно затрудняет процесс фильтрации.

Эксперименты, проведенные в роторно-пульсационном аппарате, проводились при различных начальных составах смеси (НС), учитывая соотношение с водой 1:3. Составы смесей представлены в таблице 3.

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

Результаты исследований при различных сочетаниях факторов, определяющих эффективность процесса, отражены в таблице 4.

Таблица 4

Качественные показатели сусла при различных составах НС

Номер п/п	t, мин	t, °C	n, об/мин	СВ НС1, %	СВ НС2, %	СВ НС3, %	СВ НС4, %	СВ НС5, %
1	5	40	1000	4,8	5,3	4,5	4,3	4,0
2	15	40	1000	6,8	6,0	5,7	5,7	5,3
3	10	40	1000	7,0	7,2	7,2	7,0	3,3
4	5	80	1000	4,4	4,7	4,6	4,0	4,0
5	15	80	1000	7,9	7,7	7,7	7,2	7,0
6	10	80	1000	8,0	7,7	7,5	7,6	7,0
7	5	60	1000	4,0	3,4	3,0	3,8	3,3
8	15	60	1000	5,0	2,2	3,0	3,9	3,5
9	10	60	1000	7,8	7,9	7,3	7,4	7,2
10	5	40	2000	4,7	3,3	3,9	7,2	6,8
11	15	40	2000	8,0	7,9	7,4	7,2	7,0
12	10	40	2000	8,0	8,0	7,7	7,3	6,8
13	5	80	2000	5,2	5,0	4,8	4,5	3,9
14	15	80	2000	8,0	8,1	8,0	7,5	7,5
15	10	80	2000	8,0	7,3	7,2	7,0	6,5
16	5	60	2000	4,8	3,0	3,2	3,2	2,5
17	15	60	2000	7,9	7,9	8,0	8,0	7,5
18	10	60	2000	8,2	8,2	8,2	7,8	7,7
19	5	40	1500	4,0	3,2	3,3	3,3	3,0
20	15	40	1500	6,9	7,0	7,0	7,0	6,5
21	10	40	1500	6,2	6,1	5,8	5,4	5,0
22	5	80	1500	4,2	4,4	4,0	4,0	4,0
23	15	80	1500	8,0	8,0	7,8	7,7	7,3
24	10	80	1500	8,3	8,2	8,2	7,8	7,7
25	5	60	1500	4,4	4,3	3,9	3,7	3,3
26	15	60	1500	8,3	8,0	7,9	7,9	7,5
27	10	60	1500	8,3	8,2	7,9	8,1	7,7

Из таблицы 4 видно, что содержание сухих веществ в полученных пивных основах достигает 8,3% для смеси с относительно небольшим содержанием ячменя и применением ферментных препаратов. Значения

этих показателей достигаются при температуре 60–80°C, частоте вращения ротора 1500 об/мин и продолжительности пребывания смеси в аппарате 10–15 минут.

Для смесей с высоким содержанием ячменя (50–75%) и дозировкой препарата 300 г/т Целловеридина Г10х и 250 г/т МЭК1 содержание сухих веществ достигает 8,2%. При этом температура проведения процесса составляет 60–80°C, частота вращения ротора 1500–2000 об/мин, продолжительность пребывания смеси в аппарате 10 минут.

Для смесей с содержанием ячменя 50–75% и дозировкой ферментного препарата 500 г/т Целловеридина Г10х и 550 г/т МЭК1 показатели содержания сухих веществ увеличиваются до 7,7–8,1%, в то время как применение классического заторного аппарата позволяет получить до 6,5–7% СВ.

Видно, что наибольшее влияние на содержание в пивных основах сухих веществ оказывает время пребывания смеси в роторно-пульсационном аппарате.

При продолжительности экстрагирования в течение 5 минут содержание сухих веществ ни в одном случае не превышает 5%, что не удовлетворяет качественные технологические потребности [4, 5]. Экстрагирование в течение 15 минут также дает хорошие результаты, но дальнейшее увеличение времени пребывания нерационально из-за стабилизации процесса массоотдачи. Превышение температурного порога 80°C приводит к возникновению необратимых биохимических процессов, которые негативно влияют на качество получаемого продукта. Опытным путем было выявлено, что увеличение дозировки ферментных препаратов также нецелесообразно.

Выводы. В ходе теоретических и экспериментальных исследований установлено, что для получения пивных основ из смеси зернопродуктов, содержащей большой процент ячменя, целесообразно использовать роторно-пульсационный аппарат.

Применение роторно-пульсационного аппарата при производстве пивных напитков на стадии затирания зернопродуктов позволило существенно сократить время проведения процесса, при этом содержание сухих веществ в сусле возросло на 24,6%.

Определены рациональные режимные параметры работы роторно-пульсационного аппарата, а именно: частота вращения ротора – 1500 об/мин, продолжительность обработки – 10 мин, температурный режим – 60°C. Также были выявлены оптимальные соотношения зернопродуктов и дозировок ферментных препаратов: содержание солода – 25%; ячменя – 75%; количество Целловеридина Г10х – 300 г/т; МЭК1 – 250 г/т.

Литература

1. *Борисенко Т.Н.* Технология отрасли: технология пива: учеб. пособие. Кемерово: Изд-во КемГИПП, 2007. – 136 с.
2. *Федоренко Б.Н.* Пивоваренная инженерия: технологическое оборудование отрасли: учеб. – СПб.: Профессия, 2009.
3. *Пищевые продукты и здоровье человека: мат-лы Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых.* – Кемерово: Изд-во Кемеров. технолог. ин-т пищ. пром-сти, 2012. – 663 с.
4. *Борисенко Т.Н., Нуштаева Т.И.* Методы исследования качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции бродильных производств: лаборатор. практикум: в 3 ч. – Кемерово, 2003. – Ч. 3. – 104 с.
5. *Великая Е.И., Суходол В.Ф.* Лабораторный практикум по общей технологии бродильных производств. – М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1983. – 312 с.
6. *Сизова Л.С.* Рефрактометрический метод анализа: метод. указания к лаборатор. работам. – Кемерово, 1993. – 32 с.

