

ДИСКРЕТНО-ИМПУЛЬСНЫЙ ВВОД ЭНЕРГИИ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СПИРТОВОМ И ХЛЕБОПЕКАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А. Н. Ободович
А. И. Чайка
А. Н. Недбайло
А. Ю. Лымарь

Институт технической теплофизики НАН Украины, Киев

E-mail: icsushka@gmail.com

Изучена возможность применения дискретно-импульсного ввода энергии в технологии бродительного и хлебопекарного производства. Установлено, что использование этого метода в технологии производства спирта из крахмалсодержащего сырья позволит сократить продолжительность процесса сбраживания от 72 до 40 ч, увеличить крепость бражки от 9,0 до 10,4 об. %.

Активация хлебопекарных дрожжей посредством роторно-пульсационных аппаратов повышает их подъемную силу на 12–14% и на эту же величину снижает расход при выпечке единицы готовой продукции.

Ключевые слова: бражка, дискретно-импульсный ввод энергии, роторно-пульсационный аппарат.

Дискретно-импульсный ввод энергии (ДИВЭ) нашел широкое применение в пищевых теплотехнологиях [1, 2], однако в бродительной промышленности практически не использовался. В ИТТФ НАН Украины были проведены исследования, базирующиеся на методе ДИВЭ, на основе которых предложены технология и оборудование для интенсификации процессов спиртового брожения и улучшения технологических свойств хлебопекарных дрожжей. Суть метода заключается в том, что обрабатываемая среда подвергается пульсационному воздействию комплекса гидродинамических явлений: больших скоростей и ускорений, динамики роста и схлопывания парогазовых пузырьков, разрушению тонких пленок жидкости, созданию кавитационных каверн и мощной турбулентности на межфазной поверхности. Перечисленные процессы возникают при обработке сред в роторно-пульсационных аппаратах (РПА) [3].

Цель работы — изучение влияния ДИВЭ на технологические свойства хлебопекарных дрожжей и процесс сбраживания крахмалсодержащего сусла при производстве спирта.

Конструктивно роторно-пульсационный аппарат состоит из бункера объемом 0,1 м³, роторно-пульсационного узла, насоса,

электродвигателя, корпуса и трубопровода для рециркуляции готового продукта. Основным рабочим органом аппарата является роторно-пульсационный узел, включающий установленный на валу электродвигателя диск с лопатками — своеобразное рабочее колесо центробежного насоса и два статора, между которыми находится ротор. При вращении ротора происходит поочередное совпадение пазов ротора и статоров, что вызывает значительные знакопеременные перепады давления, высокоградиентные течения в зазорах, а также большие градиенты сдвиговых напряжений. Возникают локальные скорости сдвига потока обрабатываемой среды от 50 до $500 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ и частоты импульсов от 3 до 30 кГц.

При изучении сбраживания сусла в процессах спиртового производства путем роторно-пульсационной обработки исследования проводили по следующей методике [4]. В сусло из крахмалсодержащего сырья вводили дрожжи и перемешивали при температуре 28–29 °С в бродительном аппарате. После включения РПА смесь проходила через ловушку, которая предохраняет аппарат от попадания в него посторонних включений, и поступала во внутреннюю полость РПА, где подвергалась высокочастотной обработке. Далее бражка рециркулировала по контуру

и возвращалась в бродильный аппарат. Такую обработку выполняли непрерывно в течение 38–40 ч до полного сбраживания углеводов и низкомолекулярных декстринов, находящихся в сусле.

В ходе экспериментальных исследований зрелую бражку подвергали химическому анализу. Полученные физико-химические показатели зрелой бражки свидетельствуют о сокращении продолжительности процесса сбраживания от 72 до 40 ч и увеличении крепости бражки от 9,0 до 10,4 об. % по сравнению с показателями классического способа сбраживания. Сопоставление данных представлено в таблице. Увеличение скорости спиртового брожения свидетельствует о том, что благодаря интенсивной роторно-пульсационной обработке поверхность контакта между активным центром энзимов дрожжей и субстратом существенно увеличивается, возрастает скорость удаления углекислого газа и возникают благоприятные условия для аэрации (подвода кислорода воздуха). В результате происходит ускорение промежуточных реакций образования спирта и его выхода из единицы сырья.

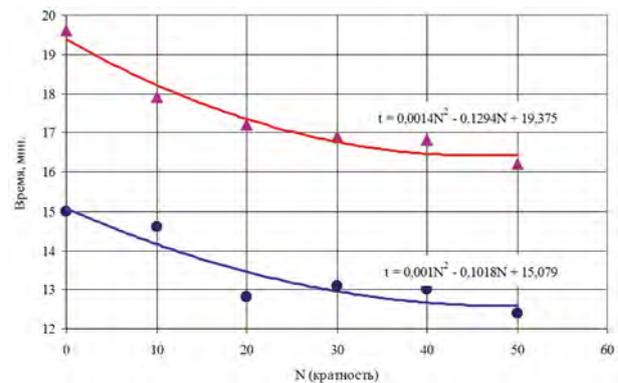
Предлагаемая схема сбраживания суслу из крахмалсодержащего сырья имеет ряд преимуществ по сравнению с классической. Она позволяет существенно сократить продолжительность процесса брожения и, следовательно, расход электроэнергии, а также улучшить на 28–30% физико-химические показатели бражки, вследствие чего увеличивается выход спирта из единицы сырья.

На втором этапе данной работы было изучено влияние роторно-пульсационного воздействия на технологические свойства хлебопекарных дрожжей. Качество дрожжей определяли по основному показателю — подъемной силе по методу А. И. Островского [5].

В процессе исследования 1250 г дрожжей растворяли в 20 л воды и проводили механоактивацию полученной дрожжевой суспензии. За цикл механоактивации принимали процесс, когда весь объем дрожжей суспензии подвергался одноразовой роторно-пульсационной обработке. Пробы активированных

дрожжевых суспензий из дрожжей Харьковского и Львовского заводов отбирали через 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50 циклов обработки.

Полученные результаты представлены на рисунке. Выполнена аппроксимация экспериментальных данных и выведены зависимости подъемной силы дрожжей (t) и кратности (N). Как видно, подъемная сила хлебопекарных дрожжей производства Харьковского завода после 30 циклов обработки увеличивается и составляет 13 мин, в то время как до механоактивации — 15 мин. Дальнейшее увеличение количества циклов обработки дрожжевой суспензии практически не увеличивает подъемную силу, а ведет лишь к дополнительным затратам электроэнергии. Дрожжи производства Львовского завода имели изначально более слабую подъемную силу — 19 мин. В данном случае для успешной механоактивации этих дрожжей потребовалось 40 циклов обработки, при этом максимальная подъемная сила достигла 17 мин.



Зависимость подъемной силы дрожжей (t) от кратности обработки (N)
 Дрожжи производства: ▲ — Львовского завода;
 ● — Харьковского завода

Установлено, что активация дрожжевой суспензии посредством РПА позволяет увеличить подъемную силу дрожжей на 12–14%, но количество циклов обработки для достижения этого результата зависит от исходных физико-химических показателей

Физико-химические показатели зрелой бражки

Технология сбраживания	Количество дрожжевых клеток, млн./мл	Количество выделившегося CO ₂ , г	рН зрелой бражки	Содержание в зрелой бражке				
				Этанола, об. %	Углеводов, %		Нерастворенного крахмала, %	Дрожжевых клеток, млн./мл
					общих	растворимых		
Классическая	181	12,4	4,17	8,42	0,542	0,391	0,136	137
Предлагаемая	190	15,5	4,15	10,42	0,407	0,294	0,102	139

дрожжей. Поскольку изначально харьковские дрожжи имели более высокое качество, т. е. зимазный комплекс их энзимов был активнее, то для дрожжей Львовского производства потребовалось на 10 циклов обработки больше. Вероятно, увеличение подъемной силы дрожжей происходит за счет активации зимазного комплекса их энзимов посредством физико-химических процессов трансформации энергии.

Таким образом, применение дискретно-импульсного ввода энергии в технологии производства спирта из крахмалсодержаще-

го сырья даст возможность сократить продолжительность процесса сбраживания от 72 до 40 ч и увеличить крепость бражки от 9,0 до 10,4 об. % по сравнению с показателями классического способа сбраживания. Активация хлебопекарных дрожжей с использованием роторно-пульсационных аппаратов позволит увеличить подъемную силу дрожжей на 12–14%. Как следствие, на эту же величину уменьшится их массовая доля при выпуске единицы готовой продукции, что соответственно приведет к снижению ее себестоимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долинский А. А., Басок Б. И., Гулый С. И. и др. Дискретно-импульсный ввод энергии в теплотехнологиях. — К.: Наук. книга, 1996. — 208 с.
2. Басок Б. И., Кашурин А. Н., Пироженко И. А. и др. Дискретно-импульсный ввод энергии в технологии бродильного производства // Пром. тепло-техника. — 2004. — Т. 26, № 1. — С. 94–96.
3. Басок Б. И., Давыденко Б. В., Ободович А. Н., Пироженко И. А. Диссипация энергии в ак-

- тивной зоне роторно-пульсационного аппарата // Доп. НАН України. — 2006. — № 12. — С. 81 — 87.
4. Басок Б. И., Ободович О. М., Коба А. Р., Пироженко И. А. Деклараци́йний патент на винахід «Спосіб зброджування суслу з сировини, що містить крохмаль». №54118, кл. 7 С12F3/00. — К., 2003. — Бюл. № 2.
 5. Мальцев П. М. Технология бродильных производств. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 560 с.

ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНЕ ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СПИРТОВОМУ І ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

О. М. Ободович
О. І. Чайка
О. М. Недбайло
А. Ю. Лумар

Інститут технічної теплофізики
НАН України, Київ

E-mail: icsushka@gmail.com

Вивчено можливість застосування дискретно-імпульсного введення енергії в технології бродильного і хлебопекарського виробництва. Встановлено, що використання цього методу в технології виробництва спирту з крохмалевмісної сировини дасть можливість скоротити тривалість процесу бродіння від 72 до 40 год, збільшити міцність бражки від 9,0 до 10,4%.

Активация хлебопекарських дріжджів за допомогою роторно-пульсаци́йних апаратів збільшує їхню піднімальну силу на 12–14% і на цю саму величину знижує витрати під час випікання одиниці готової продукції.

Ключові слова: бражка, дискретно-імпульсне введення енергії, роторно-пульсаци́йний апарат.

DISCRETE-PULSE INPUT OF ENERGY FOR INTENSIFICATION OF BIOTECHNOLOGICAL PROCESSES IN ETHANOL AND BREADMAKING

A. Obodovich
A. Chaika
A. Netbailo
A. Lumar

Institute of Engineering Thermophysics
of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

E-mail: icsushka@gmail.com

Possibility of the discrete pulse input of energy (DPIE) application at the spirit and bakery industry was studied. It is obtained, that using DPIE method in technology of alcohol production from starch allows reducing the fermentation process from 72 to 40 hours, to increase mash strength from 9.0 to 10.4%.

The baker's yeast activation by the rotor-pulse device increases their lifting capacity on 12–14% and reduces consumption on the same quantity under baking of the finished product unity.

Key words: mash, discrete pulse input of energy, rotor-pulse device.