

Ободович А. Н.

Институт  
технической  
теплофизики  
НАН Украины

УДК 663.1(0,75) + 536.25

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЫРАЩИВАНИЯ ТОВАРНЫХ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ДИСКРЕТНО- ИМПУЛЬСНОГО ВВОДА ЭНЕРГИИ (ДИВЭ)

*Вдосконалена технологія вирощування товарних хлібопекарських дріжджів із застосуванням методу дискретно-імпульсного вводу енергії (ДІВЕ). Приведені експериментальні дані і доведено, що метод ДІВЕ доцільно реалізувати із використанням роторно-пульсаційного апарату (РПА) марки ТФГ. Обробку дріжджової суспензії в апараті слід проводити при частоті пульсацій 4 – 5 кГц. При цьому збільшується питома швидкість росту і накопичення біомаси дріжджів на 20 – 30 %. Як наслідок на цю ж величину може бути скорочена тривалість технологічного процесу.*

*Technology of the growing marketable baker's yeast with application discrete pulse input of energy (DPIE) was advanced. Experimental data have been represented and it was proved, that DPIE reasonable to realize with using rotor-pulse device of the TFG type. Yeast suspension processing should be spent at ripple frequency 4-5 kHz. Due to this, the specific growing rate and biomass accumulation of the yeast increase on 20-30 %. As consequence, technological process duration can be reduced to the same quantity.*

*Key words: marketable baker's yeast, discrete pulse input of energy, rotor-pulse device.*

Для хлебопечения вырабатываются прессованные и сухие дрожжи. Свежие прессованные дрожжи представляют собой пастообразную массу светло-серого цвета, а сухие – гранулированный продукт светло-коричневого цвета.

В хлебопечении дрожжи используют главным образом в качестве разрыхлителя теста. Зимазный комплекс ферментов дрожжей вызывает спиртовое брожение сахаров теста. Образующийся при брожении диоксид углерода пронизывает толщу теста тонкими каналцами, поднимает и разрыхляет его, что обеспечивает выпечке необходимую пористость хлеба. Вследствие большого содержания белковых

веществ дрожжи повышают также питательную ценность хлеба, так как около половины их массы составляют ценные в пищевом отношении белки.

Основной задачей дрожжевого производства является накопление биомассы дрожжей путем размножения их на жидких питательных средах. Выделенные из жидких сред прессованные дрожжи представляют собой готовый продукт в виде массы живых микроорганизмов.

Принципиальная технологическая схема выращивания и выделения товарных дрожжей с последующей их обработкой представлена на рис. 1.



**Рисунок 1. Принципиальная технологическая схема выращивания и выделения товарных дрожжей с последующей их обработкой**

Выращивание дрожжей в товарной стадии ведут по воздушно-приточному способу в дрожжерастительном аппарате. При этом процесс выращивания подразделяется на два периода: накопительный и отборочный. В течение первых 7 часов дрожжи выращивают по воздушно-приточному способу. Затем начинают непрерывный отбор из аппарата некоторого количества его содержимого в отдельный отборочный аппарат и одновременно в таком же количестве подают в него меласное сусло, растворы солей и воду. В дрожжерастительном аппарате в результате отборов стабилизируются условия выращивания дрожжей. Общая продолжительность процесса составляет 12 часов и более.

После периода отборов дрожжевая суспензия поступает на сепарирование и вакуум-фильтрование. Полученная дрожжевая масса идет на формирование, упаковку, охлаждение и реализацию [1].

Недостатками изложенной технологии являются: большая продолжительность технологического процесса, низкая продуктивность накопления биомассы дрожжей и низкая удельная скорость их роста.

В связи с этим целью работы является совершенствование технологического процесса выращивания товарных хлебопекарных дрожжей с применением метода дискретно-импульсного ввода энергии (ДИВЭ). А именно, увеличение удельной скорости роста и продуктивности накопления биомассы дрожжей и, как следствие, сокращение технологического процесса, повышение качества готовой продукции.

Для достижения поставленной цели в технологическом процессе выращивания товарных хлебопекарных дрожжей на стадии накопительного периода и периода отборов был применен метод ДИВЭ. Сущность этого метода состоит в том, что вводимая в многокомпонентные дисперсные среды энергия распределяется в рабочем объеме дискретно, причем в каждом локальном элементе в течение очень короткого времени выделяется чрезвычайно высокая удельная мощность. Реализация метода ДИВЭ предполагает создание большого количества равномерно распределенных в дисперсной среде паровых или парогазовых пузырьков, которые трансформируют стационарную тепловую или механическую энергию в энергетически

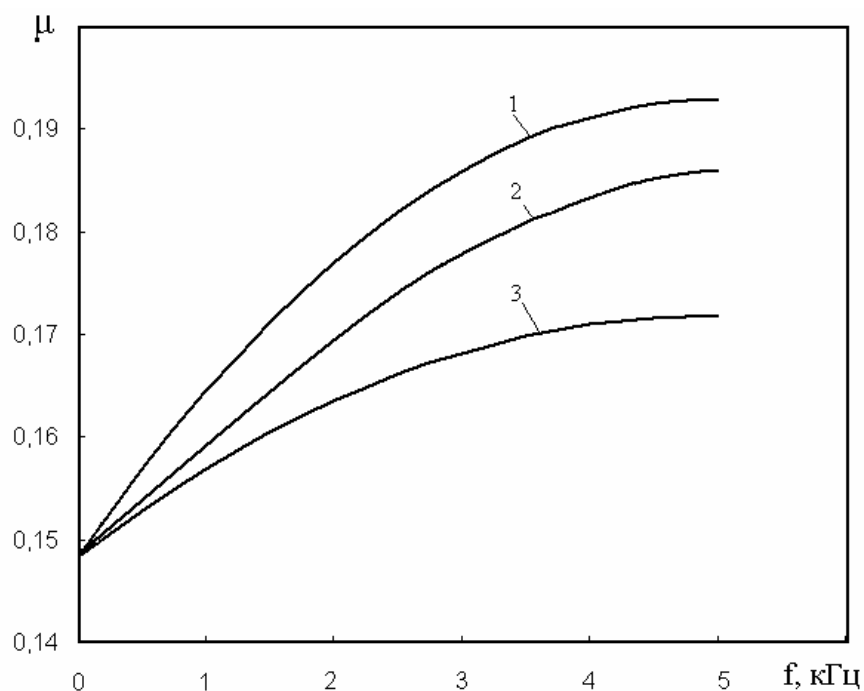


мощные импульсы, дискретные во времени и в пространстве. При быстром изменении параметров состояния в многофазной среде происходит импульсное расширение или сжатие пузырька, сопровождающееся высокочастотными пульсациями его поверхности. При этом в локальной окрестности каждого пузырька возникают аномально амплитудные значения скорости (до 2000 м/с), ускорения (в миллионы раз превышающие ускорение земного тяготения), локального давления (до тысячи атмосфер). Сопровождающие эти явления ударные волны, межфазная турбулентность, микрокавитация, проникающие микроструи вызывают на межфазных поверхностях неустойчивости типа Релея-Тейлора или типа Кельвина-Гельмгольца, что приводит к интенсивному дроблению дисперсных включений, значительному увеличению поверхности контакта фаз и повышению процессов массо- и теплопереноса [2]. Реализуется метод ДИВЭ при помощи роторно-пульсационных аппаратов (РПА).

Конструктивно установка состоит из роторно-пульсационного узла, насоса, электродвигателя, корпуса и трубопровода для

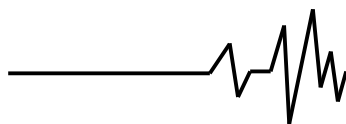
рециркуляции готового продукта. Основным рабочим органом аппарата является роторно-пульсационный узел, который включает установленные на валу двигателя диск с лопатками – своеобразное рабочее колесо центробежного насоса и два статора, между которыми находится ротор. При вращении ротора происходит поочередное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

При проведении опытов на стадии выращивания товарных дрожжей в накопительный период и период отборов устанавливались РПА различных модификаций (ТФГ, БГ-3, ТФ-2). Данные аппараты могут работать как в прямотоке, так и в режиме рециркуляции. Производительность аппаратов при обработке дрожжевой суспензии от 20 до 30 м<sup>3</sup>/ч. РПА отличается друг от друга величиной зазора между статором и ротором и угловой скоростью вращения ротора.



**Рисунок 2. Зависимость удельной скорости роста дрожжей ( $\mu$ ) от частоты пульсаций среды, проходящей через РПА различных модификаций ( $f$ ).**

- 1 – РПА марки ТФГ
- 2 – РПА марки БГ-3
- 3 – РПА марки ТФ2



Одним из наиболее важных показателей эффективности работы РПА является частота пульсации среды в рабочем органе. При проведении исследований была определена зависимость удельной скорости роста дрожжей от частоты пульсаций среды, проходящей через РПА различных модификаций (рис.2). Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что с повышением частоты пульсаций дрожжевой суспензии от 0 до 5 кГц удельная скорость роста дрожжей увеличивается с применением аппарата марки ТФ-2 - на 23%, БГ-3 - на 33%, ТФГ - на 38 %. Увеличение

частоты пульсаций свыше 5 кГц не приводит к дальнейшему увеличению скорости роста дрожжей.

Анализируя кривые (рис. 2), можно сделать вывод, что обрабатывать дрожжевую суспензию целесообразно с применением РПА марки ТФГ при частоте пульсаций 4 – 5 кГц.

Продуктивность накопления биомассы дрожжей ( $\text{кг}\cdot\text{м}^3/\text{ч}$ ) в зависимости от частоты пульсаций дрожжевой суспензии в РПА различных модификаций представлена в табл.2.

**Продуктивность накопления биомассы дрожжей ( $\text{кг}\cdot\text{м}^3/\text{ч}$ ) в зависимости от частоты пульсаций среды в РПА различных модификаций**

**Таблица 2**

Модификация РПА	Частота пульсаций, кГц					
	0	1	2	3	4	5
ТФГ	5,1	5,5	5,8	6,1	6,4	6,6
БГ-3	5,1	5,4	5,7	6,0	6,3	6,4
ТФ-2	5,1	5,3	5,5	5,7	6,0	6,1

Из табл. 2 следует, что увеличение частоты пульсаций дрожжевой суспензии от 0 до 5 кГц способствует повышению накопления биомассы дрожжей на 15 – 30 % в зависимости от марки РПА.

Установлено, что для выращивания товарных хлебопекарных дрожжей наиболее эффективно применять РПА марки ТФГ. Обрабатывать дрожжевую суспензию следует при частоте пульсаций 4 – 5 кГц. Увеличение удельной скорости роста дрожжей и накопления биомассы с применением в технологическом процессе РПА объясняется тем, что увеличивается разница в осмотическом давлении снаружи и внутри клетки и, как следствие, улучшается усвоение клеткой питательных веществ.

Улучшение процессов массообмена и массопереноса в дрожжевой суспензии повышает отток метаболитов из клетки, а следовательно способствует размножению дрожжей. Нанопроцессы, проходящие в РПА, разрушают конгломераты дрожжей с выстраиванием их в отдельные цепочки и даже с появлением одиночных клеток. Это способствует увеличению суммарной поверхности дрожжевых клеток, находящихся в единице объема, что улучшает поглощение кислорода и питательных веществ.

**Выводы**

Совершенствование технологического процесса выращивания товарных хлебопекарных дрожжей с применением метода ДИВЭ позволит увеличить удельную скорость роста и продуктивность накопления биомассы на 20 – 30 % . В связи с этим на эту же величину может быть сокращена продолжительность процесса. Обрабатывать дрожжевую суспензию целесообразно на РПА марки ТФГ при частоте пульсаций 4 – 5 кГц.

**Литература**

1. Мальцев П.М. Технология бродильных производств. М: Пищевая промышленность, 1980. – 560 с.
2. Долинский А.А., Басок Б.И., Гулый И.С. и др. Дискретно-импульсный ввод энергии в теплотехнологиях. – Киев: Научная книга, 1996. – 208 с.
3. Басок Б.И., Ободович А.Н., Пироженко И.А., Коба А.Р. Дискретно-импульсный ввод энергии в технологии бродильного производства. //Промышленная теплотехника, 2003. Приложение к журналу № 4, С. 94-96.