величины (0,08-0,15 мм). В меньшей степени это касается композиционных борированных слоев значительной толщины (0,5-1,0 мм) с эвтектической или псевдоэвтектической структурой, которые имеют меньшую твердость и достаточный припуск на доводку. При получении слоев боридов, состоящих из диффузионной зоны и осажденной зоны вне начальной поверхности, общее приращение размеров детали зависит от режима обработки и должно подбираться индивидуально для каждого случая.

В других случаях изменение размеров определяется исходным состоянием материала подложки, скоростью охлаждения после борирования, видом применяемой последующей термической обработки. Поэтому, особенно при обработке прецизионных деталей сложной формы, закономерность изменения размеров следует определять экспериментальным путем и учитывать эти изменения при изготовлении борируемых изделий.

1. Крукович М.Г., Прусаков Б.А., Сизов И.Г. Пластичность борированных слоев. – М.: Физматлит, 2010, 365 с.
2. Krukovich M.G., Prusakov B.A., Sizov I.G. Plasticity of Boronized Layers/ Springer Series in Materials Science, V. 237. – Springer International Publishing Switzerland 2016. – 364 pp.
3. Косков В.Д. Повышение долговечности деталей буровой техники путем формирования на поверхности комплексно-легированного боридного слоя. – Автореф. канд. дис. – Свердловск, УПИ, 1986, - 20 с.
4. Далисов В.В., Мардаревич Р.С., Бродяк Я.П. Формирование многослойного никель-бор-хромового покрытия. – Защитные покрытия на металлах. – Киев: Наукова думка, 1988, вып. 22, С. 58-61.
5. Шматко И.О. Структурообразование гальванофоретических покрытий на основе тугоплавких соединений при жидкостном спекании и разработка технологии получения износостойких покрытий. – Автореф. канд. дис. – Киев, 1991, - 26 с.
6. Веропах Н.В.; Зубехин А.П. Патент РФ № 2135631, C23C8/42, C23D3/00, Опубл. 27.08.1999.
7. Ворошнин Л.Г., Ляхович Л.С. Борирование стали. – М.: Металлургия, 1978. -239 с.
8. Борисенок Г.В., Васильев Л.А., Ворошнин Л.Г., Горбунов Н.С., Дубинин Г.Н., Жунковский Г.Л., Крукович М.Г. и др. Химико-термическая обработка металлов и сплавов/Справочник. Под ред. Л.С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981. - 424 с.
9. Али Эрдемир, Осман Эриилмаз. Материалы Аргоннской национальной лаборатории США (2012), www.zoominfo.com/p/Osman.../395153033.
10. Кухарева Н.Г., Галынская Н.А., Петрович С.Н. Диффузионные покрытия, полученные из композиционных сред. Наука и техника, № 5, 2013. - С. 21 – 26.
11. Крукович М.Г. Механизм формирования диффузионных слоев. В сборнике «Новые материалы и технологии в машиностроении», - Брянск (РФ): Изд-во БГИТА, 2012, вып. 15, С.69-76

Ларин И.С.

Активация развития популяции пивных дрожжей низового брожения обработкой светом с длинами волн видимого диапазона

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/sr-10-12-2018-11

idsp: sciencerrussia-10-12-2018-11

Аннотация

В статье приведены результаты исследований способа активации развития популяции пивных дрожжей низового брожения за счет обработки засевной суспензии монохроматическим светом с длинами волн из видимого диапазона. Показано, что такая обработка может в зависимости от длины волны света приводить как к снижению, так и к увеличению значений контролируемых показателей: общего титра клеток, нежизнеспособных клеток, клеток с гликогеном. Установлено, что фотообработка при длине волны света 500 нм приводит к увеличению общего титра на 4 %, а доли клеток с гликогеном почти на 8 % по сравнению с контролем. На основании приведенных данных сделан вывод о целесообразности продолжения исследований в данном направлении.

Ключевые слова: фотостимуляция, пивные дрожжи низового брожения, развитие дрожжевой популяции

Abstract

The article presents the results of studies on the method of activating of the development of a population of bottom-fermenting brewer's yeast by treating of a seed yeast suspension by monochromatic light with wavelengths from the visible range. It is shown that such treatment can, depending on the wavelength of light, lead to both a decrease and an increase in the values of controlled parameters: total cell titer, nonviable cells, cells with glycogen. It is established that phototreatment at the wavelength of 500 nm leads to an increase in total cell titer by 4%, and the percentage of cells with glycogen by almost 8% compared to the control. Based on the above data, it is concluded that it would be advisable to continue researches in this area.

Keywords: photostimulation, bottom-fermenting brewer's yeast, development of the yeast population

Развитие дрожжевой популяции является ключевой стадией во многих пищевых производствах, в первую очередь, бродильных, в частности, в пивоварении. В силу того, что в производственных условиях пивоварения большинство параметров стадии культивирования дрожжевой популяции (температура, состав питательной, затем сбраживаемой среды, количество посторонних микроорганизмов, а в ряде случаев и продолжительность процесса) не являются оптимальными для клеток дрожжей, необходимые результаты главного брожения во многом определяются исходным физиологическим состоянием засевных дрожжей, их бродильной активностью. Эти характеристики зависят как от условий ведения чистой культуры/состояния и хранения семенных дрожжей, так и от используемых технологом способов активации, например, применения дрожжевых «подкормок».

В научной литературе приводится информация и о других способах активации микробных, в частности дрожжевых клеток. Некоторые из них базируются на обработке микробных клеток перед их использованием в технологическом процессе волновыми/полевыми воздействиями [6, 10]. Это позволяет, очевидно, ввести в систему дополнительную энергию, что приводит к изменению характера функционирования ее компонентов, в частности, ферментов. Это предположение подтверждается информацией ряда литературных источников, в которых рассматриваются возможности улучшения технологических характеристик различных видов сырья и вспомогательных материалов бродильных производств с помощью обработки звуком слышимого диапазона [1, 2, 3, 4, 5].

Не менее интересным, по нашему мнению, является подход, базирующийся на использовании активации клеток путем воздействия света, в первую очередь, видимого спектра. Результаты исследований в этой области были опубликованы достаточно давно [7, 9], однако, судя по анализу литературной информации, дальнейшее развитие получили только в последнее время [8]. В этих исследованиях показана возможность фотостимуляции развития популяции пивных дрожжей верхового брожения. Эффект фотообработки оценивали по изменению убили веса сбраживаемой среды, приросту общего числа клеток и изменению количества мертвых клеток в опытных (обработанных светом) вариантах по сравнению с контрольными. Установлено, что обработка засевных дрожжей светом с длиной волны 750 нм в течение 40 минут позволила увеличить убыль веса на 55 % и прирост общего титра клеток на 82 % по сравнению с контролем при незначительном увеличении числа мертвых клеток.

В Российской Федерации в настоящее время основной объем производимого пива представлен пивом низового брожения, поэтому целью наших исследований было определение возможности фотостимуляции развития популяции пивных дрожжей именно

низового брожения. В качестве таковых использовали семенные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* (Döemens 308) первой генерации.

Для обработки дрожжевой суспензии до засева ею производственного пивного суслу (концентрация сухих веществ 15 %) использовали монохроматический свет видимого диапазона, который генерировали с помощью спектрофотометра Genesys 6 (Thermo Fisher Scientific, Финляндия). Контроль развития популяции осуществляли, определяя прямым микроскопированием в камере Горяева общий титр дрожжевых клеток, нежизнеспособные клетки (с метиленовым синим), а также клетки с гликогеном (с раствором Люголя). Перечисленные показатели определяли в исходной суспензии дрожжей, затем ее объем разделяли для формирования контрольных и опытных вариантов. Опытные объемы суспензии дрожжевых дрожжей помещали в кювету спектрофотометра и воздействовали на нее светом определенной длины волны (значения приведены в таблице 1 и рисунке 1) в течение 60 мин при комнатной температуре. Каждые 15 мин содержимое кюветы перемешивали. Контрольные образцы выдерживали при комнатной температуре в течение того же времени в темном месте, исключая воздействие света из какого-либо источника. Затем производили засев одинаковых объемов производственного пивного суслу и вели культивирование микробных популяций при температуре 25о С в течение 3 суток без принудительного перемешивания среды. По окончании процесса в опытных и контрольных образцах определяли те же показатели, что и в засевной суспензии дрожжей. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели дрожжевых популяций после обработки светом различных длин волн

Вариант	Длина волны, λ	Общее количество клеток дрожжей, млн/см ³	Клетки с гликогеном, %	Нежизнеспособные клетки дрожжей, % к общему количеству
K1	Без обработки	8500	91	5
K2	Без обработки	8900	89	4,5
O1	380	7900	90	6
O2	400	8100	93	5
O3	500	9100	97	6
O4	600	6750	98	3,4
O5	700	7100	88	7,4
O6	750	8100	96	3,4

Рисунок 1. Влияние обработки светом с различными длинами волн на показатели, характеризующие развитие дрожжевой популяции

Данные таблицы позволяют заключить, по нашему мнению, что фотообработка засевной суспензии существенно меняет характер и результаты развития популяции пивных дрожжей низового брожения. Необходимо отметить, что обработка монохроматическим светом в условиях экспериментов приводила как к улучшению, так и ухудшению результатов культивирования в зависимости от использованной длины волны. Для большей наглядности полученные результаты были выражены в процентах к средним значениям контрольных образцов и представлены на рисунке 1.

Видно, что воздействие света по-разному влияет на величины контролируемых показателей, однако наиболее целесообразной следует признать обработку при длине волны, равной 500 нм: в опытном варианте общий титр был на 4,6 %, а доля клеток с гликогеном почти на 8 % выше, чем аналогичные средние показатели контрольных образцов. Заметное увеличение доли мертвых клеток в опыте может быть объяснено более интенсивным развитием дрожжевой популяции.

Зафиксированные улучшения не слишком велики, однако свидетельствуют о принципиальной возможности стимуляции развития популяции пивных дрожжей низового брожения светом видимого диапазона, а также позволяют предположить, что при установлении рациональных параметров обработки монохроматическим светом засевной суспензии (в первую очередь, продолжительности и длины волны) будет обеспечен технологически и экономически значимый прирост значений контролируемых показателей, что позволит интенсифицировать протекание стадии главного брожения пивоваренного производства.

1. Данильчук, Т.Н. Биологические эффекты некоторых физических факторов колебательной природы на прорастающее зерно ячменя / Т.Н. Данильчук, И.А. Рогов // В сборнике: Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов ВНИИПБТ; Под редакцией В.А. Полякова, Л.В. Римаревой. - 2016. - С. 158-163.
2. Карпенко, Д.В. Изучение влияния акустических колебаний на качество пивоваренного ячменного солода / Д.В. Карпенко, М.А. Беркетова // Пиво и напитки: безалкогольные, алкогольные, соки, вино. - 2012. - № 5. - С. 14-16.
3. Карпенко, Д.В. Оптимизация параметров акустической обработки пивоваренного ячменного солода / Д.В. Карпенко, М.А. Беркетова // Пиво и напитки: безалкогольные, алкогольные, соки, вино. - 2012. - № 4. - С. 8-10.
4. Карпенко, Д.В. Способ активации амилалитического ферментного препарата / Д.В. Карпенко, Т.А. Тихонова, К.К. Ходарев, Ю.Б. Овчинников, В.В. Безгубов // Пиво и напитки: безалкогольные, алкогольные, соки, вино. - 2015. - № 4. - С. 42-44.
5. Карпенко, Д.В. Повышение экстрактивности хмеля с помощью акустической обработки / Д.В. Карпенко, И.Э. Позднякова // Пиво и напитки: безалкогольные, алкогольные, соки, вино. - 2016. - № 6. - С. 46-49.
6. Карпенко, Д.В. Улучшение качественных характеристик сырья и полупродуктов пивоварения за счет акустической обработки / Д.В. Карпенко // В книге: Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука. - 2017. - С. 60-63.
7. Конев, С. В. Индуцируемые светом структурные перестройки мембран как возможные механизмы регулирования жизненных процессов / С. В. Конев // Фоторегуляция метаболизма и морфогенеза растений. – М.: Наука, 1975. – С.37 – 47.
8. Супрунюк, А.Ю. Влияние обработки монохроматическим светом на характеристики пивных дрожжей / А.Ю. Супрунюк, Д.В. Карпенко // В сборнике: День Науки Общеуниверситетская научная конференция молодых учёных и специалистов. - 2016. - С. 134-138.
9. Шабурова, Г. В. Интенсификация производства пива путем фотостимуляции метаболизма дрожжей : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.07, 05.18.11 / Шабурова Галина Васильевна. – Кемерово, 1984. – 185 с.
10. Щебелев, Л.И. Влияние низкоинтенсивной акустической обработки на жизнедеятельность бактерий *Lactobacillus plantarum* / Л.И. Щебелев, Т.Н. Данильчук // В сборнике: Живые системы и биологическая безопасность населения. Сборник материалов XV международной научной конференции студентов и молодых ученых. - 2017. - С. 13-15.