

УДК 579.66

Толоконин П.С., Баурин Д.В.

ПИВНАЯ ДРОБИНА: КИСЛОТНЫЙ ГИДРОЛИЗ И ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ БИОКОНВЕРСИИ

Толоконин Павел Сергеевич, студент 3 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии, e-mail: eldaolos1@gmail.com;

Баурин Дмитрий Витальевич, к.т.н., м.н.с. кафедры биотехнологии;

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*Пивная дробина – крупнотоннажный вторичный продукт процесса пивоварения, обладающий достаточно высоким количеством белка и имеющий потенциал использования в качестве кормовой добавки для скота. В данной статье рассмотрен потенциал пивной дробины для биоконверсии, возможные условия кислотного гидролиза этого сырья, проведено культивирование дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на полученном гидролизате.*

Ключевые слова: пивная дробина, кислотный гидролиз, биоконверсия.

BREWER'S SPENT GRAIN: ACID HYDROLYSIS AND BIOCONVERSION POTENTIAL.

Tolokonin P.S., Baurin D.V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

*Brewer's spent grain is a major by-product of brewing. It has a high level of proteins and potential for use as livestock feed. In this article we realize its potential for bioconversion, find possible conditions for acid hydrolysis, conduct fermentation of hydrolysate by *Saccharomyces cerevisiae*.*

Keywords: brewer's spent grain, acid hydrolysis, bioconversion.

Введение

В России стоит серьезная проблема низкой доступности качественных сбалансированных кормов для сельскохозяйственной промышленности. Их недостаток связан с высокой долей зерновых компонентов, которая составляет порядка 70%, тогда как в развитых европейских странах – 40-45%[1]. Подобная особенность российских кормов ставит их в серьезную зависимость от урожая зерна, а также приводит к малой сбалансированности по основным питательным компонентам.

Снизить долю зерновых компонентов можно с помощью белка одноклеточных. Он обладает высокой усваиваемостью (до 95%), обогащен витаминами и многими минеральными веществами. Однако здесь возникает другая проблема - наличие значительных количеств нуклеиновых кислот, что ограничивает их применение в составе кормов до 3-5%. В состав кормов также могут входить и различные вторичные продукты производств, такие как соевый и подсолнечный шроты, пивная дробина.

Пивная дробина - побочный продукт процесса пивоварения, твердый остаток, полученный после фильтрования затора. В среднем, 80% этого отхода - клеточные стенки зерна, состоящие из целлюлозы, лигнина и гемицеллюлозы. Остальная масса - в основном различные белки[2]. Питательная ценность пивной дробины составляет 1/5 от питательной ценности такого же количества ячменя,

однако она обладает лучшей перевариваемостью. Более того, она не содержит никаких витаминов, что исключает ее использование в чистом виде для корма скота.

Производство пива в России за 2016г составило 727 млн декалитров[3]. В среднем, на один декалитр пива приходится 55-58 кг пивной дробины с влажностью 70-80%[4].

Проблема утилизации пивной дробины остается актуальной. Сушка очень энергоемкий процесс и чаще всего не входит в технологическую цепочку предприятия, что ведет к быстрому развитию процессов гниения. Это одна из причин непопулярности использования пивной дробины в качестве корма - ее необходимо скармливать либо свежей, либо силосовать после доставки.

Сегодня пивная дробина используется как источник углерода для микроорганизмов при производстве амилаз[5], как сырье для производства биоэтанола [2]. В нашей стране разработана технология добавления пивной дробины в хлебобулочные изделия[6]. Ранее проведенные на кафедре биотехнологии исследования показали применимость пивной дробины для производства комплексных добавок с пробиотическими свойствами [7,8]. Помимо этого, был исследован кислотный и ферментативный гидролиз[9], а также процесс фильтрации [10]. Наша работа отличается от уже проделанных объектом исследования – используется высушенная пивная дробина.

Цель нашей работы - подбор условий кислотного гидролиза и оценка потенциала биоконверсии сухой пивной дробины путём проведения нулевого эксперимента.

Экспериментальная часть

Материалы. В качестве объекта исследования была взята высушенная пивная дробина с содержанием влаги 8%. Количество сырого протеина, определенного по методу Кьельдаля составило 22%. В качестве микроорганизма были выбраны дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, в связи с большим опытом их применения в качестве кормовой добавки.

Подбор условий кислотного гидролиза. Был приготовлен ряд суспензий пивной дробины с концентрацией 50г/л объемом 50мл с различными

значениями pH. Кислотность варьировали добавлением концентрированной серной кислоты. Гидролиз проводили в автоклаве при 1 Ати в течение 30 и 60 минут. После этого измерили количество редуцирующих веществ (РВ) методом Бертрона.

Опыт показал, что гидролиз дробины начинается при pH 2 и ниже. Максимальный выход достигался при значении pH=1. Гидролиз в течении 60 минут показал меньшую эффективность, это связано с образованием продуктов окисления гексоз и пентоз – фурфурола и его производных, глицеральдегида, пирувальдегид и др. [11].

Для определения оптимального соотношения твердой и жидкой фаз была приготовлена серия суспензий объемом 50мл, которые гидролизовали при pH=1 в течение 30 мин. при температуре 120°C.

Таблица 1. Влияние концентрации сухой пивной дробины на выход РВ при гидролизе

Концентрация субстрата, г/л	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
РВ, г/л	11,8	13,4	14,7	16,6	21,1	21,5	22,7	24,6	25,7	29,5	33,7
Выход РВ на 1г субстрата, г	0,24	0,22	0,21	0,21	0,23	0,22	0,21	0,20	0,20	0,21	0,22

При культивировании дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на гидролизатах, полученных с использованием серной и фосфорной кислот без добавления солей при 25°C в течение 48ч на орбитальном шейкере. Подсчет клеток осуществляли в счетной камере Горяева. pH в гидролизатах доводили 40% раствором NaOH до 5,0. В рамках этого опыта было проведено сравнение гетеро- и гомофазного режимов. Гидролизаты были профильтрованы с помощью воронки бюхнера на бумажном фильтре. Результаты представлены на рисунке 1.

Для оценки влияния гидромодуля на скорость прироста биомассы был проведен аналогичный опыт, гидролиз проводился концентрированной серной кислотой, результаты представлены в таблице 2.

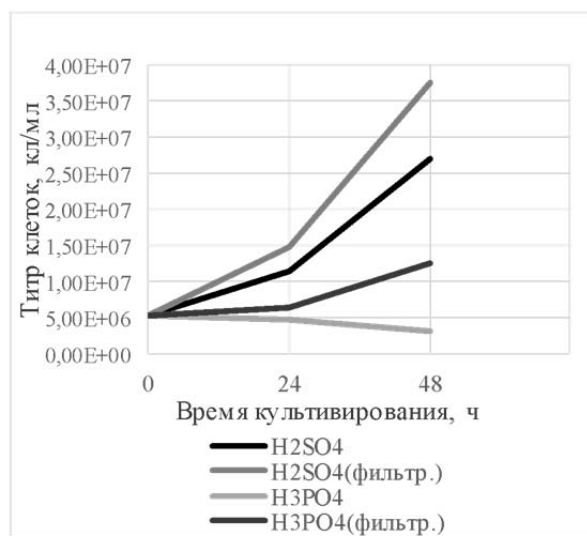


Рис.1. Сравнение гетерофазного и гомофазного режимов культивирования

Таблица 2. Влияние концентрации твердой фазы на скорость роста *S. cerevisiae*

Концентрация твердой фазы, г/л	0 часов		24 часа		48 часов		144 часа	
	РВ, г/л	Титр клеток, 10 ⁶ кл/мл	РВ, г/л	Титр клеток, 10 ⁶ кл/мл	РВ, г/л	Титр клеток, кл/мл	РВ, г/л	Титр клеток, 10 ⁶ кл/мл
50	9,8	0,917	6,2	15,3	6,0	15,8	5,1	23,3
60	11,2	0,917	6,6	11,3	6,4	11,8	5,6	30,8
70	12,3	0,917	8,4	7,75	6,8	6,50	5,6	38,3
80	14,0	0,917	11,6	5,75	9,60	6,50	6,0	43,3
90	17,5	0,917	11,7	3,50	10,0	6,75	6,9	48,3
100	17,6	0,917	11,8	3,25	10,9	6,75	7,4	51,8
110	18,9	0,917	13,1	3,00	11,2	5,75	8,7	45,8
120	20,5	0,917	13,1	2,75	12,0	5,00	8,9	40,8
130	21,4	0,917	14,7	2,75	13,7	3,75	9,7	39,8
140	24,6	0,917	15,3	2,75	15,0	3,50	10,4	39,5
150	28,1	0,917	19,3	2,50	16,0	3,25	11,8	38,8

Выводы

В ходе работы было определено, что максимальный удельный выход биомассы достигается при концентрации пивной дробины 70 г/л и составляет 42,6 мкг дрожжей на 1 г исходной дробины, потребление субстрата при этом составило 54%. Низкая скорость роста микроорганизмов в эксперименте объясняется отсутствием минеральных солей и факторов роста.

Список литературы

1. М.Ю. Павлов В.М.Лагутин. Состояние и перспективы развития российской комбикормовой промышленности [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tsenovik.ru/business/articles/mkorm/sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-rossiyskoy-kombikormovoy-promyshlennosti-situation-and-developmen/>(дата обращения: 22.05.2017).
2. White J.S., Yohannan B.K., Walker G.M. Bioconversion of brewer's spent grains to bioethanol // FEMS Yeast Res. 2008. Vol. 8, № 7. P. 1175–1184.
3. ЕМИСС [Электронный ресурс]. URL: <https://fedstat.ru/indicator/40557> (дата обращения: 22.05.2017).
4. Кунце, В. Технология солода и пива [Текст] / В. Кунце; пер. с нем. Г.В. Даркова. – СПб.: Профессия, 2001. – 912 с.
5. Bogar B. et al. Production of α -Amylase with *Aspergillus oryzae* on Spent Brewing Grain by Solid Substrate Fermentation // Appl. Biochem. Biotechnol. Humana Press, 2002. Vol. 102–103, № 1–6. P. 453–462.

6. Е.А. Казмирова., Е.В. Лютова. Технология хлебобулочных изделий, обогащенных компонентами пивной дробины // Вестник молодежной науки. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2016. № 4 (6).
7. Н.Б. Градова. Технология получения многофункциональных кормовых добавок на основе биоконверсии целлюлозосодержащего сырья // Биотехнология реальность и перспективы в сельском хозяйстве. 2013. С. 246–249.
8. Касаткина А.Н. Зерновая дробина как основа для получения биологически активных добавок с пробиотическими свойствами : диссертация ... кандидата биологических наук - Москва, 2008. - 146 с.
9. Васильев А.В. Кислотный и ферментативный гидролиз отходов пивоваренной промышленности / А. В. Васильев, В.И. Панфилов, И. В. Шакир, А.В. Афанасьев, М.А. Цыганков // Химическая технология – 2007. – Т. 8 – №1 – 17–21с.
10. Васильев А.В. Исследование процесса фильтрации ферментационных суспензий на основе кислотных гидролизатов пивной дробины / А. В. Васильев, И. В. Шакир, Т. В. Гусева, В. И. Панфилов // Химическая промышленность сегодня – 2015. – № 1–45–52с.
11. Holgate H.R., Meyer J.C., Tester J.W. Glucose hydrolysis and oxidation in supercritical water // AIChE J. 1995. Vol. 41, № 3. P. 637–648.