



УДК 68.39.15

Е.В. Башашкина, Е.А. Пашина, А.Е. Пашинин, Н.А. Суясов

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

## **КОФЕЙНЫЙ ШЛАМ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ**

The increasing use of soluble or instant coffee has resulted in the accumulation of sizeable quantities of coffee pulp. Coffee pulp is barely utilized and therefore it is considered the most abundant of environment. It is known that for every 1 ton of coffee cherries processed, nearly half-ton coffee pulp is generated. On this account the aim of this work is to work out the technology of biodegradation of coffee pulp for production animal feed. Moreover in this work was determined the ability of microorganism of degrading coffee pulp.

Ежегодное производство растворимого и быстрорастворимого кофе приводит к накоплению большого количества кофейного шлама. Кофейный шлам плохо перерабатывается и, следовательно, считается главным загрязнителем окружающей среды. Известно, что при переработке 1 т кофейных зерен накапливается около 0,5 т кофейного шлама. В связи с этим целью данной работы является разработка технологии биодegradации кофейного шлама с целью получения кормовой добавки. Кроме того, в этой работе была определена способность микроорганизмов разлагать кофейный шлам.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом растительная биомасса является ценным, а в некоторых случаях и единственным сырьем для получения кормовых добавок для сельскохозяйственной птицы и скота.

Ежегодно в ходе работы кофейных производств, с целью получения растворимого и быстрорастворимого кофе в мире накапливаются большие количества отходов, основным из которых является кофейный шлам. Известно, что при переработке 1 т кофейных зерен обычно получают свыше 0,5 т отходов и всего лишь 0,33-0,37 т порошка растворимого кофе [1].

Кофейный шлам – это основной побочный продукт, получаемый после влажной обработки кофейных зерен, необходимой для отделения кофейных гранул или кофейной шелухи. Несмотря на то, что кофейный шлам является достаточно богатым по своему составу продуктом, в настоящее время не существует приемлемой технологической схемы по его переработке, и он просто уничтожается или в лучшем случае перерабатывается только частично (извлечение ароматических и красящих веществ из кофейных отходов, использование кофейного шлама как сырья для получения кофейного масла). Следует отметить, что присутствие белка, сахаров и неорганических веществ в кофейном шламе и его высокая влажность благоприятствуют быстрому росту микроорганизмов, и если он не перерабатывается сразу же, то вызывает загрязнение окружающей среды [2]. Целью данной работы является разработка основ технологии биодegradации отходов производства кофе.

Основным объектом исследования являлся кофейный шлам одного из Московских предприятий по производству кофе. Культивирование микроорганизмов проводили в колбах объемом 250 мл (100 мл среды) при перемешивании (150 об/мин) и в ферментере объемом 5 л с заполнением питательной средой на 70 % при перемешивании (250 об/мин). Содержание сырого протеина, истинного белка, общих углеводов, общего жира в микробной биомассе определяли в соответствии с ГОСТ 28178-89 [3].

В ходе исследования состава кофейного шлама установлено, что в нем содержится 60 % клетчатки, 13 % сырого протеина, 13,5 % жира, 1,2 % углеводов. Нами был осуществлен подбор микроорганизмов, способных максимально полно утилизировать данный отход в варианте глубинного гетерофазного культивирования. Выбор микроорганизма был обусловлен необходимостью утилизировать углеводы, содер-



жащиеся в кофейном шламе.

В качестве биодеструкторов нами были выбраны 13 культур из коллекции кафедры биотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева (*Saccharomyces cerevisiae* штаммов SL-100, а также промышленные расы “Я”, II, XII, *Saccharomyces carlsbergensis*, *Candida tropicalis*, *C. utilis* и *C. maltoza*, *Rhodotorula rubra*, *Torulopsis famata* и *Torulopsis utilis*, *Yarrowia lipolytica*, а также рекомендованный для кормовых целей гриб *Endomycopsis fibuligera*). Культивирование проводилось на минеральной основе среды Ридера [4]. Во всех случаях мы сравнивали ростовые характеристики всех культур и состав конечного продукта по содержанию белковых веществ. В ходе эксперимента мы определили, что наиболее подходящим является дрожжевой штамм *Saccharomyces cerevisiae* II, при этом содержание белковых веществ в конечном продукте составляло около 27 %.

Из литературных данных известно, что некоторые ионы металлов могут оказывать существенное влияние на ферменты гидролитического цикла, они могут существенно повышать или снижать эффективность процесса [5]. Нами было изучено влияние следующих ионов:  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  и  $Ba^{2+}$ . Оказалось, что стимулирующее воздействие на рост дрожжевой культуры *Saccharomyces cerevisiae* II на кофейном шламе оказывает внесение ионов  $Fe^{2+}$  в концентрации  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л, что соответствует стандартам водопроводной воды. При этом максимальное накопление биомассы составляет 20,3 г/л, а содержание белковых веществ в конечном продукте составляет 29,3%. Возможно, полученный результат связан с наличием железо-зависимых ферментных систем в данном микроорганизме, и дополнительное внесение ионов этого металла позволяет более полно ассимилировать субстрат.

Следующим этапом нашего исследования стало изучение влияния витаминов на ростовые характеристики *Saccharomyces cerevisiae* II при культивировании на кофейном шламе. Несмотря на то, что некоторое количество факторов роста вносится в питательную среду с дрожжевым экстрактом, возможно внесение дополнительного количества некоторых витаминов окажет стимулирующий эффект. Нами было исследовано влияние витаминов С, В<sub>1</sub>, В<sub>12</sub>, А, РР, пиридоксина, биотина и фолиевой кислоты. Полученные результаты свидетельствуют о том, что практически все рассматриваемые витамины, за исключением пиридоксина, биотина и витамина РР, оказывают стимулирующее воздействие на рост культуры. Однако наибольший стимулирующий эффект оказывает внесение витамина С в концентрации 100 мг/л. При этом максимальное накопление биомассы составляет 29,4 г/л, а содержание белковых веществ (сырого протеина) 36,1%. При этом следует заметить, что при внесении нескольких витаминов в питательную среду необходимо учитывать их взаимное влияние, поскольку известно, что многие витамины могут ингибировать действие друг друга и являться несовместимыми.

Известно, что в состав кофейного шлама входят некоторые токсические вещества, такие как кофеин, общие фенолы и танины, которые могут оказывать ингибирующее воздействие на рост дрожжей [6]. Одним из путей, позволяющих повысить эффективность биодеградации различных отходов, а именно - более полное потребление субстрата, повышение выхода биомассы и содержания белковых веществ, является проведение селекции выбранной дрожжевой культуры. Селекция была проведена путем многократных последовательных пересевов дрожжей на среды, содержащие отходы производства кофе. В результате проведенного исследования удалось установить, что наилучшие результаты наблюдаются к 5 пересеву, при этом урожай биомассы и удельная скорость роста повысилась до 26,5 г/л (0,53 г/г) и 0,14 час<sup>-1</sup>, соответственно.

Таким образом, для эффективного осуществления биодеструкции кофейного шлама необходимо использовать штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* II, селекционирован-



ный в отношении субстрата, так как в ходе селекции удастся выделить субпопуляции микроорганизмов, обладающие наиболее высокими ростовыми характеристиками.

Кофейный шлам является достаточно гигроскопичным субстратом, в процессе хранения на поверхности обнаруживается рост микроскопических грибов, предположительно р. *Aspergillus* и р. *Penicillium*.

Необходимо отметить, что главной составной частью отходов производства кофе является целлюлоза, которая редко находится в свободном состоянии, ей, как правило, сопутствуют гемицеллюлозы и лигнин [7]. Поэтому целесообразно предварительно предобрабатывать растительное сырье, что позволит значительно повысить его биодеструкцию микроорганизмами. В связи с этим мы провели ферментативный гидролиз с помощью технического ферментного препарата - целловиридина, как наиболее доступного и широко применяемого при получении кормовых продуктов. В результате эксперимента было установлено, что ферментативный гидролиз необходимо проводить в течение 2-х часов при температуре 50°C, а количество вносимого фермента – 2 % от массы субстрата. Однако предварительная экономическая оценка ферментативной предобработка питательной среды показала низкую эффективность. Поэтому в настоящий момент наши исследования направлены на интенсификацию других вариантов предобработки питательной среды (ультразвуковая предобработка, кислотный гидролиз и т.д.).

Таким образом, использование кофейного шлама в качестве сырья для белковой кормовой добавки является перспективным и целесообразным.

#### Список литературы

1. Roussos, S. Biotechnological management of coffee pulp - isolation, screening, characterization, selection of caffeine-degrading fungi and natural microflora present in coffee pulp and husk/ S. Roussos, M. de los Angeles Aquifihuatl, M. del Refugio Trejo-Hernandez et al.//Appl Microbiol Biotechnol 42, 1995.- P. 756 – 762.
2. Dulce Salmones Comparative culturing of *Pleurotus* spp. on coffee pulp and wheat straw: biomass production and substrate biodegradation/ Dulce Salmones, Gerardo Mata and Krzysztof N. Waliszewski.//Bioresource Technology, V. 96, Is. 5, 2005.- P. 537 – 544.
3. Дрожжи кормовые: методы испытания. - ГОСТ 28178-89.
4. Шакир, И.В. Общая биотехнология: Лабораторный практикум/ И.В.Шакир, А.А. Красноштанова, Е.В.Парфенова. – М.: РХТУ, 2001.- 63 с.
5. Грачева, И.М. Теоретические основы биотехнологии, биохимические основы синтеза биологически активных веществ. – М., 2003.
6. Ulloa Rojas, J. B. Biological treatments affect the chemical composition of coffee pulp/ J. B. Ulloa Rojas, J. A. J. Verreth, S. Amato and E. A. Huisman// Bioresource Technology, V. 95, Is. 3, 2003.- P. 267–274.
7. Gloria Sanchez Accelerated coffee pulp composting| Gloria Sanchez, Eugenia J. Olguin and Gabriel Mercado//Biodegradation 10, 1999.- P. 35 – 41.

УДК [502:061],003.13:66.013

А.Н. Васильев, В.А. Немтинов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ВТОРИЧНЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА**