

очистки воды с помощью коагулянтов и флокулянтов для уменьшения их расхода и увеличения производительности очистных сооружений.

Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ грант 05-08-50324.

Список литературы

1. Феофанов, В.А. Гальванокоагуляция: теория и практика бессточного водопользования/ В.А.Феофанов, Ф.А.Дзюбинский.- Магнитогорск: ООО «МиниТип», 2006.
2. Малышев, В.В. Теория и практика гальванокоагуляционного метода очистки/ В.В.Малышев //Экология производства, 2006.- №3.
3. Жалсанова, Д.Б. Исследование и разработка технологии гальванокоагуляционной очистки сточных вод от органических загрязнителей (на примере красителей и фенолов). Автореф. канд. дисс./ Д.Б. Жалсанова.- Новосибирск, 2000.
4. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод/ С.В.Яковлев, Ю.В.Воронов.-М.: АСВ, 2004.

УДК 68.39.15

Е.В. Башашкина, Н.А. Суясов

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

БИОКОНВЕРСИЯ ЖИРОВЫХ ОТХОДОВ МАСЛОЖИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА В ДРОЖЖЕВУЮ БИОМАССУ КОРМОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

A mixture of different animal fats are the main waste products in oil-processing industry. We suggest using fatty wastes of margarine as a substrate to cultivate nutrient yeast. The impact of substrate concentration, mineral components concentration, pH ratio on the growth of *Yarrowia lipolytica* and protein accumulation were studied. The raw protein contents in the final product are 40%.

Основным отходом масложирового комплекса является смесь различных жиров. Мы предлагаем использовать отходы, образующиеся при производстве маргарина, в качестве субстрата для культивирования кормовых дрожжей. Проведено исследование предполагаемого субстрата, так же исследовано влияние на рост культуры *Yarrowia lipolytica* концентрации субстрата и pH среды. Содержание истинного белка в готовом продукте составляет около 40 %.

В настоящее время российская пищевая промышленность по объему производства является одним из лидирующих направлений народного хозяйства. Основной проблемой современных производств является их выведение на экологический чистый уровень путем внедрения малоотходных технологий. Существенное увеличение масштабов производств масложирового комплекса остро ставит вопрос переработки отходов, которые образуются при получении маргарина и различных видов масел.

Необходимо отметить, что данные отходы отличаются многокомпонентностью состава, который может существенно варьироваться в зависимости от режима работы предприятия, в связи с чем большинство существующих технологий применимы только с рядом ограничений. Существующие технологии переработки жировых отходов можно разделить на два типа: физико-химические и микробиологические. Первые, включающие щелочной гидролиз и окисление, вытопку жира, озонирование стоков и др., обладают рядом существенных недостатков. Они требуют жестких условий, существенных капитальных затрат, малоэффективны, а спрос на предлагаемые ими продукты переработки отходов недостаточно высок. Микробиологические технологии переработки жиросодержащих отходов предполагают использование биопрепаратов, со-

державших живые клетки микроорганизмов, или комплексы ферментов, последующее доокисление жиров перманганатом калия и перекисью водорода. Также предлагается использовать биофильтры и проводить биодеструкцию анаэробным сбраживанием. Биологические методы отличаются высокой эффективностью, однако их существенным недостатком является то, что они не предполагают получение продукта, а предусматривают лишь утилизацию отходов. Это существенно снижает их ценность с позиций повышения рентабельности основного производства.

В настоящее время накоплен огромный опыт в области микробиологической переработки отходов различного происхождения. К отличительным особенностям таких технологий можно отнести способность применяемых микроорганизмов ассимилировать широкий спектр органических соединений, а также их высокую приспособляемость к изменению состава используемого сырья. Микробиологические процессы в сравнении с традиционными химическими технологиями протекают в более мягких условиях, а образующаяся микробная биомасса может быть использована в качестве ценной кормовой добавки для сельскохозяйственной птицы и скота. Таким образом, современные народнохозяйственные потребности включают необходимость производства белковых кормовых добавок и решение экологических вопросов при переработке отходов масложирового производства.

Основным объектом исследования являлись жиродержащие отходы, образующиеся при производстве маргарина. Химические показатели отходов (общий жир, свободно-извлекаемые жиры, кислотное число жира) определяли в соответствии с ГОСТ 23042-85 [1]. В качестве микробного объекта был выбран штамм дрожжей из коллекции кафедры биотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева – *Yarrowia lipolytica*, предоставленный проф. Звягильской Р.А. Культивирование 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, нуклеиновых кислот в микробной биомассе определяли в соответствии с ГОСТ 28178-89 [2].

В настоящее время на кафедре биотехнологии РХТУ имени Д.И. Менделеева проводятся исследования, направленные на переработку жировых отходов мясокомбинатов [3, 4]. Большое количество отходов также образуется в ходе работы предприятий масложирового комплекса. В связи с этим, целью нашей работы было исследование возможности использования отходов, образующихся при производстве маргарина, в качестве субстрата для культивирования микроорганизмов. Ранее было установлено, что дрожжевая культура *Y. lipolytica*, обладающая высокой липолитической активностью, способна ассимилировать жировые отходы в качестве единственного источника углерода, причем образующаяся биомасса может быть отнесена к высокобелковым. Нами был исследован процесс роста дрожжей *Y. lipolytica* в лабораторном ферментере на среде, содержащей в качестве субстрата отходы маргарина в количестве 30 г/л. Установлено, что продолжительность процесса достигает 5 суток, удельная скорость роста не превышает $0,05 \text{ ч}^{-1}$, а получаемая биомасса содержит до 18,5 % масс. жироподобных веществ, что свидетельствует о неполном потреблении субстрата, и, следовательно, о необходимости оптимизации условий проведения процесса. В ходе работы были подобраны следующие условия: температура культивирования – $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$; pH – 5,0 - 5,5. Также выявлено, что при увеличении концентрации жирового субстрата свыше 30 г/л происходит существенное снижение скорости роста дрожжей и максимального накопления биомассы, что связано с трудностями в аэрировании, поскольку снижается содержание растворенного кислорода в питательной среде и часть его расходуется на спонтанные окислительные процессы компонентов жира. Подбор опти-

мальных условий позволил повысить выход биомассы и удельную скорость роста на 3,5 и 5%, соответственно, при этом продолжительность процесса составляет 3 суток.

Необходимо отметить, что в составе отходов маргарина могут содержаться метаболиты естественной микрофлоры, подавляющие рост дрожжей *Y.lipolytica*. Негативный эффект воздействия метаболитов может быть устранен селекцией дрожжей в направлении их адаптации к хранящемуся жировому субстрату многократными последовательными пересевами дрожжей на среды, содержащие жировые отходы. В результате к 7 пассажу существенно повысилась удельная скорость роста микроорганизма и выход биомассы.

В ходе проведенной работы обнаружено, что повышение эффективности процесса культивирования дрожжей на жировых субстратах может быть достигнуто за счет проведения ультразвуковой предобработки питательной среды, которая осуществляет диспергирование и частичное окисление субстрата, тем самым повышая его биодоступность, что согласуется с литературными данными [5]. Было установлено, что для отходов маргарина лучшая диспергируемость жиров в минеральной среде наблюдается при обработке в течение не менее 10 мин. и начальной температуре не ниже 22 °С. Кроме того, ультразвуковая обработка жировых отходов способна заменить техническую стерилизацию и существенно снизить содержание жизнеспособных микроорганизмов естественной микрофлоры, а биомасса, полученная указанным путем, обладает высокой кормовой ценностью, поскольку богата незаменимыми аминокислотами, в частности такой ценной аминокислотой, как лизин. Также установлено, что воздействия мягким ультрафиолетом и перекисью водорода на дрожжевые клетки *Y.lipolytica* при подготовке посевного материала существенно увеличивают эффективность ассимиляции жиросодержащих субстратов и качество получаемой микробной биомассы. Необходимо отметить, что практический интерес представляет только воздействие перекисью водорода, что связано со спецификой используемого субстрата. Жировая дисперсия способна нацело поглощать ультрафиолетовые лучи, чем существенно препятствует прямому воздействию облучения на клетки. В случае использования перекиси водорода в качестве агента окислительного стресса наилучший эффект достигается при однократном внесении перекиси водорода в питательную среду на 46 час роста при подготовке посевного материала (середина экспоненциальной фазы), причем оптимальная концентрация, вызывающая положительный эффект при культивировании на жировых питательных средах, составляет 2,5 г/л.

На основе полученных результатов была разработана технология биоконверсии отходов масложирового комплекса в дрожжевую биомассу кормового назначения с эффективностью усвоения субстрата не менее 95 %. Технологическая схема включает ультразвуковую предобработку питательной среды, воздействие факторами окислительного стресса на посевной материал, культивирование дрожжей *Y.lipolytica* в непрерывном режиме со скоростью протока 0,24 ч⁻¹, концентрирование биомассы отстаиванием до 158 г/л по АСБ (абсолютно сухая биомасса) и последующую сушку. Конечный продукт содержит около 40% белковых веществ и не более 7,9 % общего жира. Согласно предварительной технико-экономической оценке реализация предложенной технологии позволяет получить продукт с себестоимостью около 4000 руб/т, при годовом выпуске продукции 10000 т, что свидетельствует о целесообразности данного направления исследования.

Список литературы

1. ГОСТ 23042-85. Мясо и мясные продукты. Метод определения жира.
2. ГОСТ 28178-89. Дрожжи кормовые: методы испытания.

3. Миркин, Н.Г. Разработка основ технологии переработки жиросодержащих отходов мясоперерабатывающей промышленности/ Н.Г.Миркин, А.В.Кошелева, И.Б.Горнова, Н.Б.Градова, А.В.Цапина //Химическая промышленность сегодня. - Москва, 2000. С. 28-31.
4. Суясов, Н.А. Биоконверсия твердой фазы сточных вод мясокомбинатов/ Н.А.Суясов, И.В.Шакир, В.И. Панфилов // Мясная индустрия, 2005.- № 10.- С. 65-67.
5. Патент 2004121603 РФ, МПК А23К1/00, А23К1/165. Способ получения белковой кормовой добавки/ И.В.Шакир, Н.А.Суясов, Б.А.Кареткин, И.А.Крылов, В.И.Панфилов, А.В.Ва-силев. Заявлен 15.07.2004, опубликован 10.01.2006. Бюл. № 01.

УДК 577.152.277*16:663.15

Е. А. Дудникова, Е. А. Питтель

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

РАЗРАБОТКА СТАДИЙ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ РИБОНУКЛЕАЗЫ ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ БЫЧЬЕЙ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ.

The possibility of use of stages ultrafiltration, diafiltration and precipitation from water and water-alcohol solutions for isolation ribonuclease from extracts was investigated.

Исследована возможность применения стадии ультрафильтрации, диафильтрации и осаждение из водно и водно-спиртовых растворов для выделения рибонуклеазы из экстракта.

Рибонуклеаза (РНК-аза) поджелудочной железы крупного рогатого скота (КРС), являющаяся наиболее изученной и нашедшей широкое применение нуклеазой, относится к рибонуклеазам (I) (рибонуклеинат - 3'- пиримидино-олигонуклеотидгидролазам) – эндонуклеазам, ускоряющим реакцию гидролиза по пиримидиновым нуклеотидным остаткам.

Терапевтическое применение РНК-азы включает лечение заболеваний дыхательных органов, таких как бронхит, астма; в оториноларингологии, при лечении отитов и трахеобронхита; в одонтологии, например при лечении пародонтоза и в хирургии, при обработке заражённых ран и ожогов [1]. Также РНК-азу используют для получения панкреатического гидролизата дрожжевой РНК, известного под названием Энкад [2]. Характерной особенностью этого фермента является то, что он устойчив в широком интервале значений рН и термостабилен в слабокислых растворах, а в щелочи инактивируется очень легко [3]. Существуют технологии выделения фермента из ПЖ в жёстких условиях, которые позволяют инактивировать другие ферменты, но с другой препарат РНК-азы оказывается загрязнённым большим количеством балластных белков, что осложняет его очистку.

Комплексная переработка биомассы поджелудочной железы (ПЖ) предполагает одновременное получение нескольких ферментов. Поэтому, прежде всего, необходимо подобрать условия наиболее полного извлечения одного фермента при минимальных потерях активности других. Из литературных данных известно [4], что помимо РНК-азы протеазы также обладают достаточной устойчивостью в кислых растворах, что нельзя сказать об амилазе и липазе. Поэтому эти ферменты извлекают на первой стадии обработки ПЖ, рибонуклеазу выделяют в последнюю очередь.

Целью данной работы была разработка технологии и подбор оптимальных условий для извлечения РНК-азы из поджелудочной железы крупного рогатого скота, прошедшей выделение других ферментов.

Материалы и методы. В качестве объекта исследований использовали поджелудочную железу крупного рогатого скота (ПЖ КРС), которая являлась твёрдым отходом