

## ГИДРОЛИЗАТЫ ЗЕРНА - ЭФФЕКТИВНЫЕ СТИМУЛЯТОРЫ РОСТА КОРМОВЫХ ДРОЖЖЕЙ

Шишаков Е.П., Федорова О.И., Каральчук Т.В., Зильберглейт М.А., Стебакова С.А.  
Белорусский государственный технологический университет, Минск, РБ  
Косяк А.П., Шевчук О.М.

Речицкий опытно-промышленный гидролизный завод, Речица, РБ

В начале 90-х годов в СССР действовало 46 гидролизных заводов, производящих кормовые дрожжи, этиловый спирт, фурфурол и некоторую другую продукцию. В настоящее время в СНГ действуют 16 гидролизных заводов, преимущественно спиртового профиля. Основной причиной массового закрытия гидролизных заводов послужили высокие удельные расходы сырья, энергии и химикатов на производство кормовых дрожжей. Это привело к тому, что кормовые дрожжи оказались неконкурентноспособны по сравнению с соевым шротом и рыбной мукой. В тоже время экономическая, а следовательно, и политическая независимость страны невозможна без самообеспечения основными кормовыми добавками. Хорошо известно, что по содержанию ряда незаменимых аминокислот, витаминов группы В, провитамина D<sub>2</sub> кормовые дрожжи превосходят большинство кормовых добавок и являются ценным компонентом комбикормов. В Республике Беларусь действуют 2 гидролизных завода, суммарная мощность которых составляет 22-24 тыс. тонн дрожжей в год. Улучшить экономические показатели гидролизных заводов можно совершенствованием технологии производства кормовых дрожжей.

Гидролизаты древесного сырья являются неполноценной средой для роста микроорганизмов. Они содержат крайне мало ростовых веществ и минеральных солей и много ингибиторов. В процессе подготовки гидролизатов они обогащаются минеральными солями и из них частично удаляются ингибиторы. Однако и после этого гидролизаты являются недостаточно полноценной средой и пригодны для роста только некоторых культур микроорганизмов, преимущественно дрожжей рода *Candida*. В процессе ферментации выход биомассы дрожжей не превышает 50-55 % от суммы сахаров и органических кислот, что составляет 70-75 % от теоретически возможного.

Повысить выход биомассы дрожжей, а следовательно, экономические показатели их производства, можно применением стимуляторов роста. В настоящее время известно большое количество стимуляторов роста микроорганизмов: гидролизаты молочной сыворотки, мясокостной муки, экстракты печени, дестебиотин, кукурузный экстракт и др. Однако, промышленного применения эти и другие стимуляторы в производстве кормовых дрожжей не нашли по причинам экономического и технологического характера, в частности из-за сильной обсемененности и нестабильности при хранении. Доступным и относительно недорогим источником углеводов, аминокислот, минеральных солей и ростовых веществ для микроорганизмов может служить зерно злаковых культур

Химический анализ зерна показал, что по сравнению с древесиной зерно содержит значительно больше легкогидролизуемых полисахаридов и азотистых веществ и очень мало лигнина. Эти отличия особенно характерны для зерна ржи и ячменя. Зерно овса по химическому составу ближе к древесному сырью, вероятно, из-за значительной доли оболочки в этом виде зерна.

Значительные отличия в химическом составе зерна и древесины требуют разработки новых режимов гидролиза. Выполненные авторами исследования гидролиза зерна разбавленными растворами серной и фосфорной кислот показали, что по уменьшению гидролитической способности зерно злаковых культур располагается в следующей последовательности: рожь, ячмень, пшеница, овес. На нейтрализацию зольных элементов и азотистых веществ зерна необходимо повышенное количество кислоты. Средний расход серной кислоты на нейтрализацию составляет 10-15 кг на 100 кг зерна. Растворение легкогидролизуемых полисахаридов и части азотистых веществ происходит в относительно мягких условиях (130-140<sup>0</sup>С, 0,3-0,5% раствор кислоты, 20-40 минут). Трудногидролизуемые полисахариды зерна по гидролизваемости приближаются к полисахаридам древесины. Основная часть азотистых веществ (60-80 %) являются трудногидролизуемыми. Их гидролитическая устойчивость выше, чем у древесной целлюлозы. По растворяющей способности фосфорная кислота не уступает серной и может быть использована для гидролиза зерна.

Исследования показали, что рост дрожжей на гидролизатах древесно-зерновых смесей проходит значительно активнее, чем на чисто древесных: сокращается продолжительность лаг-фазы, увеличивается скорость роста и выход биомассы дрожжей. Наиболее сильный стимулирующий эффект наблюдается у дрожжей *Candida utilis*, *Candida vini*, *Candida silvanorum* и *Hansenula anomala* - увеличение выхода дрожжей составляет 35-165 %, а удельной скорости роста - 60-140 %. Менее сильный стимулирующий эффект наблюдается у дрожжей *Candida scottii* и *Candida tropicalis* - основных продуцентов кормового белка на гидролизных заводах. У этих дрожжей увеличение выхода биомассы составляет 8-17 %, а удельной скорости роста - 13-27 %. Биомасса дрожжей содержит 52-58 % сырого протеина, что на 4-8 % выше чем в контрольном опыте. Отмеченная особенность связана, вероятно, с тем, что дрожжи *C. scottii* и *C. tropicalis* способны синтезировать все необходимые ростовые вещества.

Проведенные лабораторные исследования послужили основой для проведения опытно-промышленных испытаний, осуществленных на Речицком гидролизном заводе. Технология проведения испытаний состояла в следующем: в середине загрузки гидролизатора на транспортерную ленту вместе с древесным сырьем пода-

валось фуражное зерно. Расход зерна составлял от 40 до 500 кг на одну загрузку или от 0,8 до 10 % от массы древесного сырья. Текущий контроль за ходом испытаний проводили по типовым методикам принятым в гидролизной промышленности. Было установлено, что технологический процесс гидролиза древесно-зерновых смесей проходит без осложнений, содержание сахаров, органических кислот, а также основных ингибиторов не превышает допустимых пределов. Из одного кг. зерна, поданого на загрузку получается в среднем 0,6 кг сахара. Контрольные выращивания заводских ассоциаций дрожжей проведенные в условиях ЦЗЛ завода показали, что гидролизаты, полученные с использованием зерна обладают более высокой биологической доброкачественностью: дрожжи быстрее растут и дают более высокий выход биомассы. С увеличением дозировки зерна выход дрожжей с одной загрузки возрастает. Укрупненный расчет показал, что использование одного кг. зерна позволяет получить 0,6-0,7 кг. дрожжей. Полученные положительные результаты позволили перейти к отработке новой технологии на всем технологическом потоке. Для этого было изготовлен и смонтирован бункер для хранения зерна, дозирующее устройство и эстакада.

Во время отработки новой технологии на всем технологическом потоке расход зерна был снижен до 1,7 % от массы древесного сырья. По данным микробиологического контроля использование зерна позволило значительно улучшить состояние дрожжей в чанах: увеличилось число делящихся клеток, уменьшилось число сгустков и мицелия, снизились недоброды. Это позволило уменьшить число работающих чанов с 6 до 5, повысить концентрацию дрожжей в чанах и увеличить выработку дрожжей. Выход дрожжей с 1 варки за время испытаний повысился в среднем на 13 %. Отмечена тенденция к повышению качества дрожжей: содержание сырого протеина увеличилось на 1,5-1,7, а истинного белка - на 0,9-1,2 % абс. Особенно эффективно использование добавки зерна к древесине при значительных нарушениях технологического режима, токсикации дрожжей некачественным сырьем или технологической водой.

УДК 579.22 + 577.152.1

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАН ДЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ГРИБНЫХ ГЛЮКОЗООКСИДАЗ

**Шишко Ж.Ф., Лобанок А.Г., Михайлова Р.В., Ясенко М.И.,  
Бельдюкевич А.В.\*, Касперчик В.П.\***

Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь, \*Институт физико-органической химии НАН Беларуси, Минск, Беларусь.

Среди ферментов, относящихся к классу оксидоредуктаз, особое место занимает глюкозооксидаза ( $\beta$ -D-глюкозо:  $O_2$ -1-оксидоредуктаза, КФ 1.1.3.4), катализирующая окисление  $\beta$ -D-глюкозы до  $\beta$ -D-глюконо- $\delta$ -лактона и перекиси водорода. Глюкозооксидаза в качестве аналитического реагента применяется в клинической диагностике для определения глюкозы в биологических жидкостях [1]. Фермент широко используется в пищевой и химической промышленности [2, 3]. Области применения глюкозооксидазы ставят задачу получения очищенных и высокоочищенных ферментных препаратов.

Для выделения фермента из культуральной жидкости, полученной после глубинного культивирования микроорганизмов-продуцентов, применяют множество методов. Особенно обосновано применение мембранных технологий, позволяющих разделить высоко- и низкомолекулярные компоненты смеси, обеспечить обесщелачивание и концентрирование ферментных растворов [4, 5].

Ранее нами выделены перспективные продуценты глюкозооксидазы – *P.funiculosum* Г-15 и *P.adametzii* БИМ-90, оптимизированы составы питательных сред и условий культивирования грибов [6, 7].

Цель настоящей работы заключается в изучении возможности применения отечественных ультрафильтрационных мембран различной селективности для концентрирования и обессоливания культуральных жидкостей *P.funiculosum* Г-15 и *P.adametzii* БИМ-90, содержащих глюкозооксидазу.

Для выполнения поставленной цели было проведено глубинное культивирование *P.funiculosum* Г-15 и *P.adametzii* БИМ-90. В фильтратах культуральной жидкости (ФКЖ) определяли активность глюкозооксидазы спектрофотометрическим методом [8], белок – по методу Бредфорда [9].

Полученные образцы ФКЖ представляли собой растворы, содержащие остатки питательных веществ и продукты метаболизма, в том числе и внеклеточные ферменты (таблица 1).

Таблица 1

### Характеристика ФКЖ *P.funiculosum* Г-15 и *P.adametzii* БИМ-90

Основные параметры	<i>P.funiculosum</i> Г-15	<i>P.adametzii</i> БИМ-90
Конечный рН	3,3	3,4
Белок, мг/мл	0,049	0,024
ГО, ед/мл	12,04	2,7