

## СПИРТОВОЕ БРОЖЕНИЕ КАК ФОРМА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДРОЖЖЕЙ

Абрамова А.А., Жбанова Д.О., студенты 2 курса  
Института агrobiотехнологий

Научный руководитель – Чередниченко М.Ю.,  
кандидат биологических наук, доцент

ФГБОУ ВО Российский государственный университет – МСХА  
имени К.А. Тимирязева

*Ключевые слова:* спиртовое брожение, дрожжи, биотопливо, изобутанол, биотехнология

*Работа посвящена рассмотрению путей применения спиртового брожения у дрожжей при создании биотоплива, нынешних проблем выживаемости дрожжей, вариантов производства и развития «зеленого» применения модифицированных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.*

**Введение.** Технология приготовления спиртных напитков была открыта еще за семь тысяч лет до нашей эры в Вавилоне. В 1854 году Л. Пастер приступает к изучению брожения, и результатом его исследований становится доказательство, что брожение связано с жизнью микроорганизмов, а не их гибелью и дальнейшем разложении. В настоящее время производство этанола путем дрожжевого брожения представляет собой крупнейшую из всех мировых биотехнологий. Одним из актуальнейших направлений является разработка биотоплива, основанная на брожении *Saccharomyces cerevisiae*.

**Цель работы.** Изучение возможностей применения спиртового брожения при создании биотоплива.

**Результаты исследований.** В настоящее время спиртовое брожение, производимое дрожжами, не утратило своего значения. Текущие исследования направлены на разработку новых штаммов дрожжей, производящих изобутанол и изопентанол, для производства биотоплива. Глобальное потепление, загрязнение окружающей среды

только стимулируют интерес к производству химических веществ биологическим путем. Постепенно внедряется микробное производство 2,3-бутандиола. Это устойчивый процесс, безопасный для окружающей среды, так как снижает выбросы диоксида углерода. *Saccharomyces cerevisiae* широко используются для крупномасштабного коммерческого производства биоэтанола, а также многих других химических веществ. Поскольку пировиноградная кислота является предшественником как для спиртовой ферментации, так и для биосинтеза 2,3-бутандиола, важно блокировать производство этанола, чтобы направить поток углерода на синтез 2,3-бутандиола. Для этого используют штаммы дрожжей, выведенные путем делеции генов алкогольдегидрогеназы или пируватдекарбоксилазы. Однако удаление генов приводит к C2-ауксотрофии из-за дефицита производства цитозольного ацетальдегида. Это может быть преодолено путем введения в среду C2-соединения, такого как этанол, или путем эволюционной адаптации. Глицерин является основным побочным продуктом производства 2,3-бутандиола *S. cerevisiae* штаммом, в котором производство этанола было исключено, и это связано с избытком NADH, образующегося в процессе превращения глюкозы в 2,3-бутандиол. При этом создают новый путь окисления NADH путем сверхэкспрессии гомологичной митохондриальной внешней NADH-дегидрогеназы и альтернативной оксидазы. Данные стратегии привели к получению высокоэффективных штаммов дрожжей, демонстрирующих комбинацию высокого выхода, высокого титра и высокой производительности для производства 2,3-бутандиола, пригодного для промышленного применения [1].

Поскольку выход биотоплива из микробных источников недостаточен для удовлетворения текущих потребностей рынка и требует высокого технологического прогресса, возникает необходимость в рассмотрении иных способов. Дрожжи имеют преимущество перед бактериальными штаммами, так как имеют высокий уровень толерантности к спирту и устойчивость к ингибиторам, таким как а-галогенные кислоты, антивитамины, фунгициды, антибиотики. Эти положительные отличия от остальных микроорганизмов позволили *S. cerevisiae* осуществлять производство спиртов (в т.ч. жирных) и впоследствии биотопливо. Однако

неспособность эффективно производить сбраживание при высоких температурах и неспособность использования некоторых субстратов являются недостатками данного метода. Для производства биотоплива также использовались нетрадиционные дрожжи, включая *Yarrowia lipolytica*, *Kluuyveromyces lactis* и *Pichia pastoris*, благодаря их способности выживать в суровых условиях окружающей среды и более высокой продуктивности для конкретного биотоплива [2].

Штамм *Pichia* обладает мощными и строго контролируруемыми промоторами для экспрессии рекомбинантных белков высокого уровня. Клетки продуцируют внеклеточные полимерные вещества и могут легко прикрепляться к твердой поверхности, что в дальнейшем может привести к образованию биопленки. Благодаря своей способности производить широкий спектр соединений, которые могут быть использованы для устойчивого удовлетворения текущих товарных потребностей, фабрики микробных клеток на основе дрожжей развиваются и привлекают большое внимание [3].

**Заключение.** Производство этанола путем дрожжевого брожения представляет собой крупнейшую из всех мировых биотехнологий. Хотя человечество тысячелетиями использовало ферментативную активность дрожжей, многие аспекты алкогольного брожения остаются малоизученными. Важность нынешних исследований заключается в повышении выживаемости дрожжей в высоких концентрациях этанола и увеличении выхода нужного спирта за счет спиртовой ферментации, то есть выведение новых штаммов дрожжевых грибов, использование нетрадиционных дрожжей, в связи с их положительными особенностями, а также производство биотоплива по данным стратегиям.

#### **Библиографический список:**

1. Huo, G. Development of an industrial yeast strain for efficient production of 2,3-butanediol. – Текст : непосредственный. / G. Huo, M. R. Foulquié-Moreno, J. M. Thevelein // *Microbial Cell Factories*. – 2022. – Vol. 21. - Art. 199. – 16 p.

2. Rupesh Maurya, Nisarg Gohil. Rewiring of metabolic pathways in yeasts for sustainable production of biofuels. *Journal of Bioresource*

Technology. Volume 372. March 2023 (дата обращения 24.02.2023). – Режим доступа: Научный журнал journals.scholarsportal.info.

3. A. Shrivastava, M. Pal, R. K. Sharma. Pichia as yeast cell factory for production of industrially important bio-products: Current trends, challenges, and future prospects. Journal of Bioresources and Bioproducts. Volume 8, Issue 1. February 2023 (дата обращения: 27.02.2023). – Режим доступа: Научный журнал jbb.xml-journal.net.

## ALCOHOLIC FERMENTATION AS A FORM OF VITAL ACTIVITY OF YEAST

**Abramova A.A., Zhbanova D.O.**

**Keywords:** *alcoholic fermentation, yeast, biofuels, isobutanol, biotechnology*

*The work is devoted to the consideration of ways to use alcoholic fermentation in yeast to create biofuels, the current problems of yeast survival, options for the production and development of the "green" use of modified yeast Saccharomyces cerevisiae.*