

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ТОЛЕРАНТНОСТЬ И БРОДИЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЛАКТОЗОСБРАЖИВАЮЩИХ ДРОЖЖЕЙ

Соловей В.В., студент

Научные руководители: Водчиц Н.В., Сидоренко А.В.

Учреждение образования «Полесский государственный университет»,
Государственное научное учреждение «Институт микробиологии
Национальной академии наук Беларуси», Беларусь

В статье представлены результаты сравнительного анализа температурной толерантности и бродительной активности пяти штаммов лактозосбраживающих дрожжей родов *Kluyveromyces* и *Debaryomyces* при культивировании на среде на основе пермеата молочной сыворотки в аэрируемых и статических условиях.

Ключевые слова: лактозосбраживающие дрожжи, *Kluyveromyces marxianus*, *Kluyveromyces lactis*, пермеат молочной сыворотки, температурная толерантность, бродительная активность, этанол.

Молочная сыворотка является одним из наиболее многотоннажных побочных продуктов молочной промышленности. Ее основной углевод – лактоза – представляет значительный потенциал для биоконверсии в этанол. Перспективными продуцентами этанола из лактозосодержащего сырья являются дрожжи рода *Kluyveromyces*, обладающие β -галактозидазной активностью. Цель работы – изучить температурную толерантность и бродительную активность штаммов лактозосбраживающих дрожжей коллекции БИМ при культивировании на пермеате молочной сыворотки.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили пять штаммов дрожжей из Белорусской коллекции микроорганизмов (БИМ): *Kluyveromyces marxianus* БИМ У-186, *K. marxianus* БИМ У-193, *K. marxianus* БИМ У-200, *K. lactis* БИМ У-194 и *Debaryomyces* sp. БИМ У-187.

Температурный диапазон роста определяли путем культивирования на сусло-агаре при температурах +6,5; +18; +24; +28; +30 и +37 °С в течение 48 ч. Бродительную активность оценивали при глубинном культивировании на среде, приготовленной на основе сухого сывороточного пермеата (14 % углеводов), в двух режимах: с аэрацией (180 об/мин) и без аэрации (статика). Содержание этанола и остаточных углеводов определяли по плотности культуральной жидкости, измеряемой спиртометром до и после сбраживания.

Результаты и обсуждение. Исследование температурной толерантности показало, что все пять штаммов являются мезофилами: отсутствие роста при +6,5 °С, слабый рост при +18 °С, умеренный при +24 °С, максимальная интенсивность роста в диапазоне 28–30 °С, значительное снижение при +37 °С. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рост дрожжевых штаммов при различных температурах культивирования

Штамм	+6,5 °С	+18 °С	+24 °С	+28 °С	+30 °С	+37 °С
Y-186	–	+	++	++	+++	+
Y-193	–	+	+	++	++	+
Y-194	–	+	+	+++	+++	+
Y-200	–	+	+	+++	+++	+
Y-187	–	+	+	++	+++	+

Примечание: «–» – отсутствие роста; «+» – слабый рост; «++» – умеренный рост; «+++» – интенсивный рост.

Оценка бродильной активности в аэрируемых условиях показала, что штаммы *K. marxianus* БИМ Y-186, Y-193 и Y-200, а также *K. lactis* БИМ Y-194 обеспечивали снижение содержания углеводов с 14 до 9–11 % и накопление этанола до 7 %. Штамм *Debaryomyces* sp. БИМ Y-187 не проявлял бродильной активности. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Бродильная активность дрожжей на пермеате молочной сыворотки в аэрируемых условиях

Штамм	Углеводы, %	Этанол, %	pH	Запах
Контроль	14	0	5,52	молочный
<i>K. marxianus</i> Y-193	9	7	5,30	молочный
<i>K. marxianus</i> Y-200	10	7	4,83	спиртовой
<i>K. marxianus</i> Y-186	9	7	5,01	спиртовой
<i>K. lactis</i> Y-194	11	7	5,30	спиртовой
<i>Debaryomyces</i> Y-187	14	0	6,26	молочный

В статических условиях бродильная активность большинства штаммов снижалась. Снижение содержания углеводов (до 12 %) и накопление этанола (6 %) наблюдали только у *K. marxianus* Y-200 и *K. lactis* Y-194. У штаммов Y-193 и Y-186 фиксировалась лишь кислотообразующая активность либо отсутствие заметных изменений. Таким образом, аэрируемые условия являются предпочтительными для получения этанола из пермеата.

Заключение. Все исследуемые штаммы являются мезофилами с оптимумом роста 28–30 °С. Наибольшую бродильную активность в аэрируемых условиях на пермеате молочной сыворотки проявили *K. marxianus* БИМ Y-186, Y-193 и Y-200, а также *K. lactis* БИМ Y-194, обеспечив накопление 7 % этанола. Штамм *Debaryomyces* sp. Y-187 не сбраживал пермеат. Аэрируемое культивирование повышает выход этанола по сравнению со статическими условиями. Полученные данные обосновывают перспективность штаммов рода *Kluyveromyces* для биоконверсии молочносывороточного пермеата в этанол.

Литература:

1. Институт микробиологии НАН Беларуси [Электронный ресурс]. - <https://mbio.bas-net.by/bim/ru> (Дата обращения 17.07.2025)
2. Pozo-Valdivia, A. I. Evaluation of *Kluyveromyces* spp. for conversion of lactose in different types of whey from dairy processing waste into ethanol / A. I. Pozo-Valdivia [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. – 2023. – Vol. 14. – Art. 1208284. - <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1208284> (Дата обращения 15.03.2026)
3. Amare, M. G. Evaluating crude whey for bioethanol production using non-*Saccharomyces* yeast, *Kluyveromyces marxianus* / M. G. Amare // *Discover Applied Sciences*. – 2021. – Vol. 3. – Art. 25. - <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03996-1> (Дата обращения 15.03.2026)