



УДК 579.2+579.6

<https://doi.org/10.26516/2073-3372.2022.39.3>

## Характеристика продуктивности дрожжей *Candida ethanolica* штамма ВКМ Y-2300 T

А. С. Кирюхина\*

*Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия*

**Аннотация.** Получены новые сведения об основных морфологических, культуральных и физиолого-биохимических свойствах дрожжей *Candida ethanolica* штамма ВКМ Y-2300 T. Определены оптимальные условия культивирования в лаборатории (степень аэрации, температура, pH питательной среды, устойчивость к концентрации веществ в питательной среде, вид и концентрация основного источника углерода). Оценена способность штамма к синтезу биологически ценных компонентов: белка, полисахаридов, витаминов, ферментов.

**Ключевые слова:** микробный кормовой белок, протеазы, липазы, *Candida ethanolica*, условия культивирования.

**Для цитирования:** Кирюхина А. С. Характеристика продуктивности дрожжей *Candida ethanolica* штамма ВКМ Y-2300 T // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2022. Т. 39. С. 3–14. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2022.39.3>

Original article

## Characteristics of the Yeast Strain *Candida ethanolica* ВКМ Y-2300 T Productivity

A. S. Kiryukhina\*

*Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation*

**Abstract.** In the modern world, the applying of microorganisms as producers of various valuable compounds is relevant. Such producers are often yeast *Candida*, which are used to synthesize various products – proteins, enzymes, vitamins. One of the representatives of the genus, *Candida ethanolica*, is interesting because it uses ethanol as a carbon source. Synthetic ethanol is a convenient raw material for the biotechnological process, since it has a lower cost compared to chemically pure carbohydrates, is well water-soluble and does not contain impurities. Since the *C. ethanolica* is insufficiently studied as a biotechnological object, the aim of the research was the obtaining new information about the strain *Candida ethanolica* (ВКМ strain Y-2300 T). The main morphological, cultural, physiological and biochemical properties of the yeast strain were studied. Part of them turned out to be typical for most yeast of genus *Candida*. In addition, the strain was facultatively anaerobic with respect to oxygen. In addition, the most suitable carbon source and its optimal concentration were selected for this strain. It showed the greatest preference to ethanol when grown in the presence of various carbon sources (carbohydrates, alcohols, oils). The biggest increasing of cell number and biomass was observed if an ethanol content in the medium was of 1.5% vol. The optimal conditions for laboratory cultivation for this strain were determined: aeration degree (200 rpm); temperature 37 ° C; pH of the medium (7.0). The yeast were resistant to salt concentrations from 4.5 to 5.0%. The strain was also

© Кирюхина А. С., 2022

\*Полные сведения об авторе см. на последней странице статьи.  
For complete information about the author, see the last page of the article.

tested for the activity of some enzymes important in the food and processing industry: saccharolytic, proteolytic, lipolytic, amylolytic, catalase, and urease. The most active enzymes were that hydrolyze sucrose, lipids and proteins. The ability of *C. ethanolica* to intracellular synthesis of protein, carbohydrates and vitamins was evaluated. This strain formed a small amount of carbohydrates and vitamins, but its protein quantity was quite substantial. The maximum amount of protein in the cells accumulated after 4 hours (from the start of cultivation) and was 31.10 %. This value was at the level of some well-known producers of cell protein. Thus, the studied strain is a potentially valuable producer for the biotechnology industry as a source of cell protein, glycosidase, lipase and protease. Further studies that are more specific are required to exploit the biosynthetic potential of this strain in industry.

**Keywords:** microbial feed protein, proteases, lipases, *Candida ethanolica*, cultivation conditions.

---

**For citation:** Kiryukhina A.S. Characteristics of the yeast strain *Candida ethanolica* ВКМ Y-2300 T productivity. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Biology. Ecology*, 2022, vol. 39, pp. 3-14. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2022.39.3> (in Russian)

---

## Введение

На использовании микроорганизмов основано множество современных биотехнологических процессов: дрожжи, мицелиальные грибы, бактерии являются основой производства различных ценных компонентов. Дрожжи используются в технологиях получения ферментных препаратов, органических кислот, спиртов, углеводов, белков, витаминов [Abbas, 2006]. Чаще всего для биотехнологических целей применяют культуры дрожжей, относящихся к родам *Candida*, *Trichosporon*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Hansenula* [Дрожжи в современной ... , 2016]. Так, дрожжи рода *Candida* известны в качестве продуцентов белка (*C. utilis* [Хабибулина, Красноштанова, Адучиева, 2015], *C. scotti* [Омарова, Омаров, 2016], *C. tropicalis* [Храпова, Сопрунова, 2011]), ферментов (*C. parapsilosis* [Гаскарова, 2015]), витаминов (*C. krusei* [Продуцирование витаминов ... , 2013], *C. famata* [Stahmann, Revuelta, Seulberger, 2000]). Одним из интересных представителей рода являются дрожжи *C. ethanolica*: в качестве источника углерода они могут использовать этанол. Синтетический этанол является удобным сырьём для биотехнологического процесса, поскольку имеет более низкую стоимость по сравнению с химически чистыми углеводами, хорошо растворим в воде, не содержит примесей<sup>1</sup> [Кухаренко, Винаров, 2001]. Анализ специальных публикаций показал, что информации об этом виде дрожжей как о продуценте недостаточно. В связи с этим целью настоящей работы стало получение расширенных знаний о свойствах одного из штаммов *C. ethanolica*.

## Материалы и методы

В качестве продуцента использовали дрожжи *Candida ethanolica* Rybarova, Stros et Kockova-Kratochvilova 1980 штамма ВКМ Y-2300 T из коллекции Института биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина РАН.

---

<sup>1</sup> Штамм дрожжей *Candida ethanolica* – продуцент биомассы: пат. Рос. Федерации 2061751. Бравичева Р. Н., Сатрутдинов А. Д., Благодатская В. М., Градова Н. Б., Ерошин В. К., Салихова Н. А., Шерова Т. Л., Блинчевская Н. Я., Чистякова Т. И., Заикина А. И., Бузург-Заде Д. Л., Исакова Е. П., Рогачева Р. А. № RU2061751C1; заявл. 13.04.92; опубл. 10.06.96. Бюл. № 16.

Штамм культивировали в колбах Эрленмейера на синтетической питательной среде следующего состава, г/л [Бурьян, 2003]:  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  – 10,0;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 10,0;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,7;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,0125;  $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,0125;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,0125;  $\text{NaCl}$  – 0,0063, pH среды 7,0, режим стерилизации – 1 атм 15 мин. Анаэробные условия создавали культивированием в термостате BD53 (Binder, Германия); аэробные условия – культивированием в инкубационном шейкере CERTOMAT BS-1 (Sartorius Stedim Biotech, Германия). Корректировку pH проводили внесением в питательную среду стерильных растворов 1%-ной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 1%-ной  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Чувствительность дрожжей к концентрации хлорида натрия оценивали по их возможности расти в мясопептонном бульоне (МПБ).

Количество клеток дрожжей контролировали по оптической плотности на фотометре КФК-3 (ЗОМЗ, Россия) при длине волны 540 нм и длине оптического пути 10 мм. Определение биомассы дрожжей осуществляли гравиметрическим методом [Бурьян, 2003; Sonnleitner, Locher, Fiechter, 1992].

В работе использованы классические микробиологические методы прижизненной диагностики микроорганизмов (морфологических и физиолого-биохимических признаков) [Семущина, Монахова, Гусарова, 1991; Нетрусов, Егорова, Захарчук, 2005]. Изучение штамма на способность к синтезу ценных компонентов проводили по нескольким критериям: наличию внеклеточных ферментов [Aebi, 1984; Cofactor engineering: a novel ... , 1998; Калитина, 2012; Выделение и изучение ... , 2017; Семанин, Васильев, Золотухин, 2017; Скрининг уреолитических микроорганизмов ... , 2019; Донкова, Донков, 2021; Иванчикова, Бубеев, Цыренов, 2021; Исследование эффективности деструкции ... , 2021], содержанию белка в клетке [Бузун, Джемухадзе, Милешко, 1982], содержанию углеводов в клетке [Cofactor engineering: a novel ... , 1956], способности к синтезу рибофлавина [British Pharmacopeia, 2007].

### Результаты и обсуждение

Были определены основные морфологические, культуральные и физиолого-химические свойства дрожжей изучаемого штамма (табл. 1).

Таблица 1

Основные морфологические, культуральные и физиолого-химические свойства дрожжей *C. ethanolica* штамма ВКМ У-2300 Т

Признак	Характеристика
Морфологические свойства (1-сут культура)	
Размер клеток	Овальные или круглые клетки 4,4–5±5,7–6,2 мкм
Характер соединения	Беспорядочно
Культуральные свойства	
Рост на агаризованной среде (6%-ный сусло-агар)	Колонии имеют круглую форму с фестончатым краем, диаметр колоний 1–1,5 мм; поверхность гладкая; профиль плоский изогнутый, матовый и непрозрачный; цвет от белого до кремового; край гладкий; структура однородная, консистенция мягкая, легко снимается с агара
Рост на жидкой питательной среде (6%-ное пивное сусло)	Умеренная степень помутнения. Плёнка точная гладкая. Осадок отсутствует
Рост на скошенной среде (6%-ный сусло-агар)	Посев умеренный, сплошной с волнистым краем. Цвет кремовый. Поверхность гладкая с мягкой консистенцией

Окончание табл. 1

Признак	Характеристика
Спорообразование	Отсутствует
Физиолого-биохимические признаки	
Использование азота минеральных солей	Отсутствует
Использование молекулярного азота	Отсутствует
Способность к денитрификации	Отсутствует
Рост на синтетической питательной среде	Слабовыраженный рост (для увеличения роста необходимо применять в качестве стимулятора дрожжевой экстракт)
Отношение к молекулярному кислороду	Факультативный анаэроб

Результаты исследования способности штамма к росту на различных источниках углерода представлены на рис. 1. Концентрация источников углерода составила 1,5 % об. Максимальный прирост числа клеток дрожжей через 24 ч был зафиксирован при росте на этаноле: 8,2 %. Наибольший прирост биомассы составил 70 % в опытных образцах, если источником углерода был этанол.

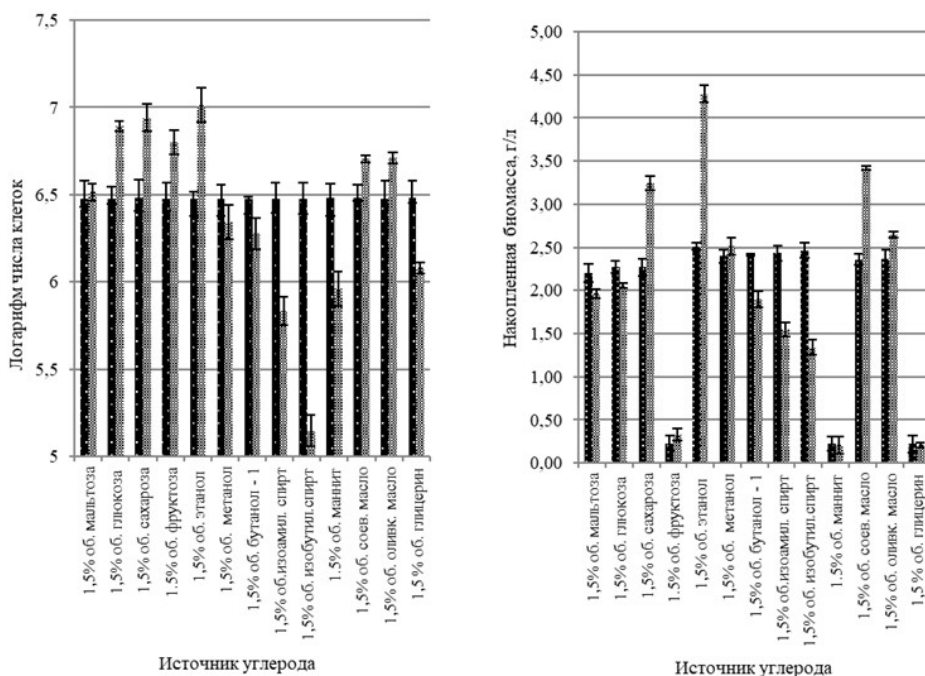


Рис. 1. Характеристики роста дрожжей *S. ethanolica* штамма ВКМ У-2300 Т на разных источниках углерода. Условные обозначения для рис. 1–3: ■ – 0 ч; ▨ – 24 ч

Далее определили оптимальное содержание этанола как источника углерода при культивировании. Выяснено, что жизнедеятельность дрожжей сохраняется при концентрации этанола в интервале 0,5–10,5 % об. Максимальный прирост числа клеток и биомассы отмечался при содержании этанола 1,5 % об. (рис. 2). При содержании этанола более 10,5 % об. дрожжи погибают.

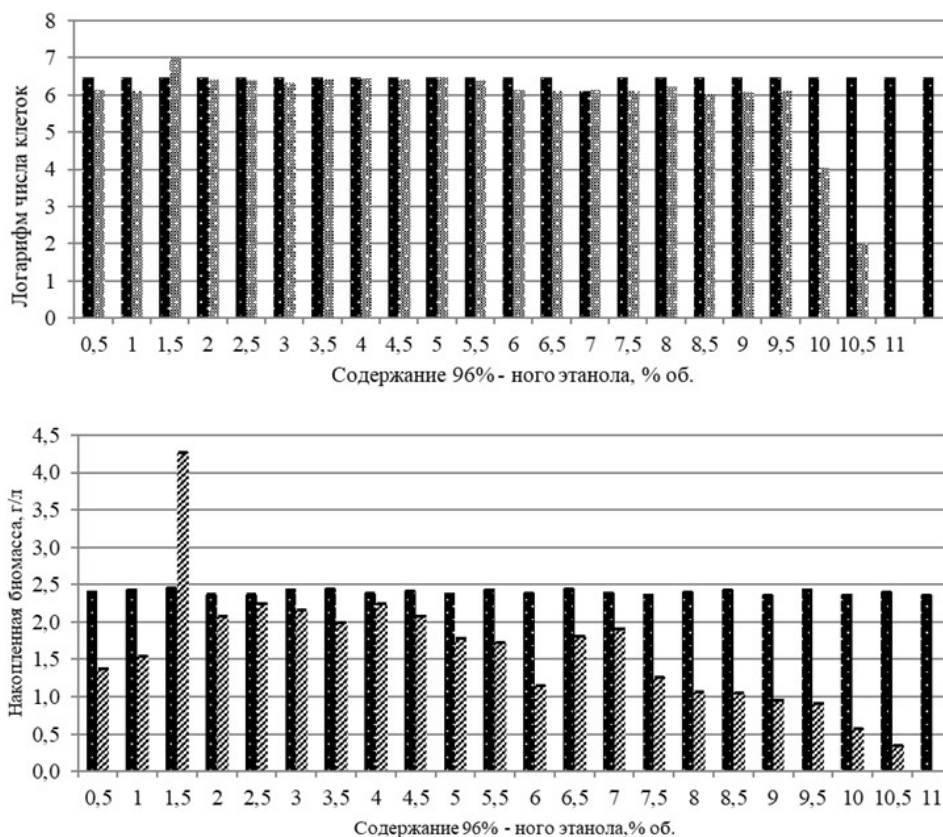


Рис. 2. Показатели численности и биомассы дрожжей *C. ethanolica* штамма ВКМ У-2300 Т в эксперименте по подбору оптимальной концентрации этанола как источника углерода при культивировании

Для определения оптимальной степени аэрации, температуры, рН, отношения к хлориду натрия дрожжи выращивали в течение 24 ч (рис. 3).

Максимальный прирост числа клеток и биомассы (8,0 и 80 % соответственно) зафиксировали при степени аэрации 200 об/мин (см. рис. 3, а).

Диапазон роста дрожжей находится в температурном интервале от 22 до 55 °С. Оптимальной температурой культивирования является 37 °С: число клеток и биомасса в этом варианте возросли на 8,5 и 82 % соответственно (см. рис. 3, б).

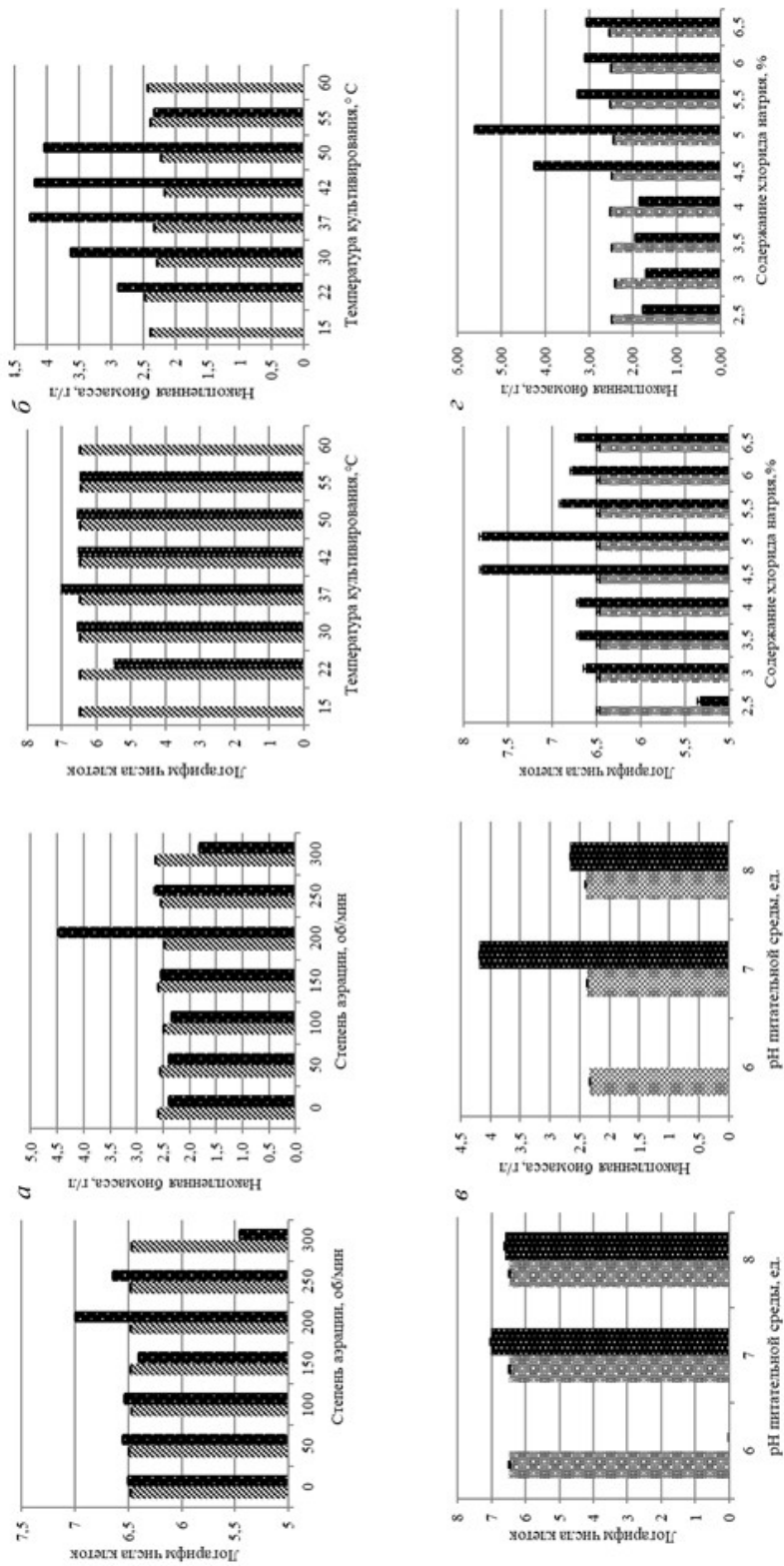


Рис. 3. Влияние параметров культивирования на продукционные характеристики дрожжей *S. ethanolica* штамма ВКМ У-2300 Т: а – степень аэрации; б – температура; в – pH; г – содержание хлорида натрия

Культивирование микроорганизма при рН от 6 до 8 (см. рис. 3, в) показало, что максимальное увеличение числа клеток и прирост биомассы наблюдаются в нейтральной среде: 8,5 и 83 % соответственно по сравнению с исходными значениями (см. рис. 3, в). В слабокислой среде рост микроорганизма полностью отсутствовал.

Дрожжи оказались устойчивы к концентрации соли от 4,5 до 5,0 %: прирост числа клеток составил 20 %, а биомассы 128 % (см. рис. 3, з).

Для исследуемого штамма провели изучение активности ряда ферментов: сахаролитических, протеолитических, липолитических, амилолитических, каталазы, уреазы. Результаты представлены в табл. 2. Анализ результатов показал перспективность *C. ethanolica* как продуцента гликозидаз, липаз, протеаз.

Таблица 2

Внеклеточный комплекс дрожжей *C. ethanolica* штамма ВКМ У-2300 Т

Тип активности, фермент	Характеристика метода / критерий оценивания	Результат
Сахаролитическая активность	Питательные среды Гисса / изменение окраски индикатора, наличие газообразования в питательной среде	Положительная реакция на мальтозу, сахарозу, глюкозу; газообразование не наблюдали. Отрицательная реакция – на лактозу, рамнозу, ксилозу, маннозу
Протеолитическая активность	Желатиназа – в пептонной воде и МПБ с добавлением 12%-ного раствора желатина; казеиназа – на 3%-ном молочном агаре / наличие зон роста в питательной среде и её разжижения	Обладает значительной активностью казеиназы; фермент желатиназа имеет слабо-выраженный характер
Липолитическая активность	Бульон Штерна (глицерин, оливковое, соевое, льняное масла) / рост микроорганизма	Обладает липолитической активностью (на оливковом и соевом маслах)
Амилолитическая активность	Выращивание на питательной среде с крахмалом / рост микроорганизма	Амилолитическая активность отсутствует
Каталаза	Обработка 1-суточной колонии дрожжей 1%-ной перекисью водорода / время появления пены	Слабовыраженная активность фермента (время образования пены 50 с)
Уреаза	Культивирование на питательной среде с мочевиной / наличие роста микроорганизма	Фермент отсутствует

Способность *C. ethanolica* к синтезированию белка, углеводов и витаминов представлена на рис. 4. Максимальное количество белка в клетках накапливается через 4 ч от начала культивирования и составляет 31,10 % (см. рис. 4, а). Сравнение с другими грибами рода, например *C. tropicalis* (28,1–36,6 %) [Технологические основы получения ..., 2018], *C. maltosa* (49 %), *C. utilis* (50 %) [Смирнова, 2012], выявило, что *C. ethanolica* также может оказаться перспективным продуцентом кормового белка.

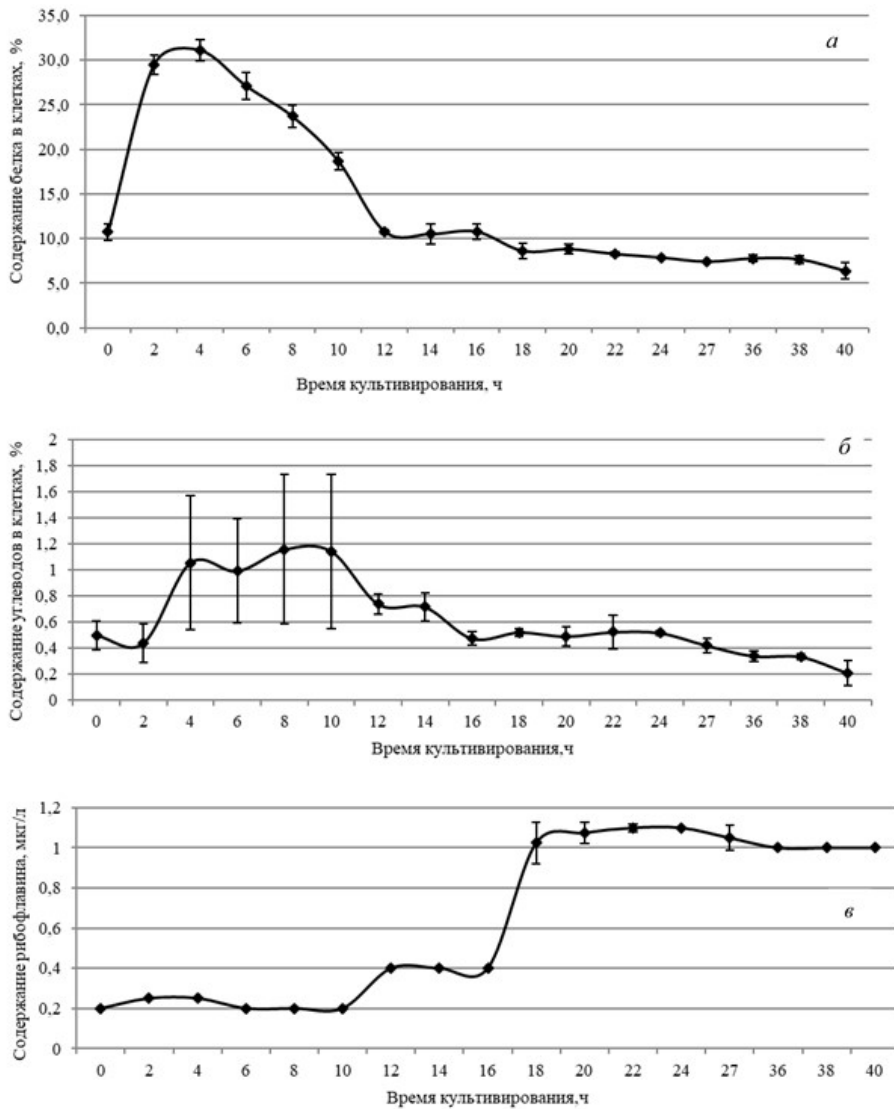


Рис. 4. Динамика образования белка (а), углеводов (б) и витаминов (в) в клетках дрожжей *C. ethanolica* штамма ВКМ У-2300 Т

Максимальное количество углеводов в биомассе накапливалось через 8 ч от начала культивирования и составляло 1,16 % (см. рис. 4, б). Сравнение штамма с другими продуцентами углеводов выявило его слабую способность к синтезу этих компонентов (*C. utilis* – 30 %, *Leucosporidium scottii* – 32 % [Хромова, 2012]).

Максимальное количество рибофлавина в клетках было зафиксировано спустя 22 ч культивирования и составило 1,075 мкг/л. Способность изученного штамма к синтезу рибофлавина невелика в сравнении с промышленными штаммами, применяемыми с этой целью: например, штаммы



*Eremothecium ashbyi* и *E. gossypii* продуцируют до 150 мг/л витамина В<sub>2</sub> [Шпичка, Семенова, Кузнецова, 2011].

### **Заключение**

В ходе проведённых исследований были изучены различные свойства штамма дрожжей *Candida ethanolica*. Получены данные о его основных морфологических, культуральных и физиолого-биохимических характеристиках. Определены оптимальные условия для лабораторного культивирования штамма (степень аэрации, температура, pH питательной среды, устойчивость к концентрации веществ в питательной среде); выбран наиболее подходящий источник углерода – этанол и установлена его оптимальная концентрация. Выявлена слабая способность штамма к синтезу полисахаридов и рибофлавина. Однако дрожжи оказались способны образовывать довольно значительное количество внутриклеточного белка. Кроме того, они показали довольно заметную способность к синтезу некоторых ферментов, имеющих значение в пищевой и перерабатывающей промышленности: липолитических, протеолитических, гликолитических.

Исследованный штамм является потенциально ценным продуцентом для биотехнологической промышленности как источник кормового белка, гликозидаз, липаз, протеаз. Требуется дальнейшие, более конкретные исследования для использования биосинтетического потенциала данного штамма в биотехнологической промышленности.

### **Список литературы**

- Бузун Г. А., Джемухадзе К. М., Милешко Л. Ф. Определение белка в растениях с помощью амидо-черного // Физиология растений. 1982. Т. 29, № 1. С. 196–204.
- Бурьян Н. И. Практическая микробиология виноделия. Симферополь : Таврида, 2003. 560 с.
- Выделение и изучение липидоокисляющих микроорганизмов – обитателей северного Каспия / О. В. Колотова, И. В. Соколова, И. В. Владимцева, Т. В. Беленькова, В. С. Шевцова // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20, № 6. С. 135–138.
- Гаскарова Е. Ф. Разработка технологии дрожжевой липазы для применения в пищевой промышленности : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2015. 26 с.
- Донкова Н. В., Донков С. А. Ферментативная активность бактерий из рода *Bacillus* при гидролизе крахмалсодержащего растительного сырья // Вестник КрасГАУ. 2021. № 5. С.174–179.
- Дрожжи в современной биотехнологии / Т. Е. Банницына, А. В. Канарский, А. В. Щербачев, В. К. Чеботарь, Е. И. Кипрушкина // Вестник Международной академии холода. 2016. № 1. С. 24–29.
- Исследование эффективности деструкции приоритетных органических загрязнителей микроорганизмами / О. В. Колотова, И. В. Могилевская, И. В. Владимцева, А. В. Ермоловский // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2021. № 1. С. 14–30.
- Калитина Е. Г. Влияние факторов среды и длительного хранения штаммов на синтез гидролитических ферментов микроорганизмами, изолированными из бухты Золотой Рог г. Владивостока // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 163–165.
- Кухаренко А. А., Винаров А. Ю. Безотходная биотехнология этилового спирта. М. : Энергоатомиздат, 2001. 272 с.
- Молекулярно-генетическая идентификация штаммов микроорганизмов, выделенных из активного ила, на основе анализа нуклеотидных последовательностей 16s rRNA гена / Е. А. Иванчиков, А. Т. Бубеев, В. Ж. Цыренов, А. В. Арбатская // Известия вузов. Прикладная

химия и биотехнология. 2021. Т. 11, № 1. С. 116–125. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-1-116-125>

Нетрусов А. И., Егорова М. А., Захарчук Л. М. Практикум по микробиологии. М. : Академия, 2005. 608 с.

Омарова К. М., Омаров М. С. Биотехнология получения микробного белка на комплексном растительном сырье // Наука и образование Большого Алтая. 2016. № 2. С. 65–69.

Продуцирование витаминов микроорганизмами-деструкторами / Л. Е. Матросова, В. В. Часов, М. Я. Трemasов, А. М. Трemasова // Аграрный вестник Урала. 2013. № 3 (109). С. 10–11.

Семанин А. Г., Васильев Д. А., Золотухин С. Н. Изучение дифференциальных тестов на основе биохимических свойств бактерий рода *Favobacterium* // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 3. С. 94–98.

Семущина Т. Н., Монахова Н. И., Гусарова Л. А. Микробиологический контроль гидролизно-дрожжевого производства. М. : Экология, 1991. 208 с.

Скрининг уреолитических микроорганизмов, перспективных для цементации песков / К. Д. Сембаев, Д. Ж. Сембаева, Г. А. Данлыбаева, Э. Ж. Хасенова, А. С. Сарсенова, Н. Б. Молдагулова // Проблемы современной науки и образования. 2019. № 8. С. 9–13.

Смирнова В. Д. Отходы производства концентрированных белковых продуктов из сои как сырьё для получения кормовых добавок : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2012. 19 с.

Технологические основы получения белковых кормопродуктов при переработке крахмалсодержащего сырья в биотехнологическую и химическую продукцию / М. В. Туршатов, В. В. Кононенко, В. П. Леденев, В. А. Кривченко, А. О. Соловьёв, Н. Д. Моисеева, Т. И. Лозанская, Н. М. Худякова // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 2. С. 5–8.

Хабибулина Н. В., Красноштанова А. А., Адучиева В. Д. Использование пермеата, полученного при ультрафильтрации экстракта гороховой муки, для культивирования *Candida utilis* // Евразийский союз ученых (ЕСУ). Биологические науки. 2015. № 4 (13). С. 38–41.

Храпова А. В., Сопрунова О. Б. Скрининг новых штаммов дрожжей для получения кормового белка // Известия Самарского НЦ РАН. 2011. Т. 13, № 5 (3). С. 210–213.

Хромова Н. Ю. Биотехнологическая конверсия зернового сырья для получения пробиотических продуктов и кормовых белковых добавок : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2012. 16 с.

Шпичка А. И., Семенова Е. Ф., Кузнецова А. В. К вопросу определения рибофлавина в биотехнологическом сырье // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 1. С. 30–32.

Abbas Ch. A. Production of Antioxidants, Aromas, Colours, Flavours, and Vitamins by Yeasts // Yeasts in Food and Beverages / eds. A. Querol, G. Fleet. Springer Verlag, 2006, P. 285–334.

Aebi H. Catalase *in vitro* // Methods in Enzymology / ed. L. Packer. 1984. Vol. 105. P. 121–126. [http://doi.org/10.1016/S0076-6879\(84\)05016-3](http://doi.org/10.1016/S0076-6879(84)05016-3)

British Pharmacopoeia on CD-ROM. 7th ed. System Simulation, Stationary Office, London, 2007.

Cofactor engineering: a novel approach to metabolic engineering in *Lactococcus lactis* by controlled of NADH oxidase / F. L. de Felipe, M. Kleerebezem, W. M. de Vos, J. Hugenholtz // J. Bacteriol. 1998. Vol. 180. P. 3804–3808. <https://doi.org/10.1128/jb.180.15.3804-3808.1998>

Colorimetric method for determination of sugars and related substances / M. Dubois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, F. Smith // Anal. Chem. 1956. Vol. 28, N 3. P. 350–356. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>

Sonnleitner B., Locher G., Fiechter A. Bio-mass determination // J. Biotechnol. 1992. Vol. 25. Is. 1–2. P. 5–22. [https://doi.org/10.1016/0168-1656\(92\)90107-K](https://doi.org/10.1016/0168-1656(92)90107-K)

Stahmann K. P., Revuelta J. L., Seulberger H. Three biotechnical processes using *Ashbya gossypii*, *Candida famata*, or *Bacillus subtilis* compete with chemical riboflavin production // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2000. Vol. 53, № 5. P. 509–516. <https://doi.org/10.1007/s002530051649>

## References

Buzun G.A., Dzhemukhadze K.M., Milesheko L.F. Opredelenie belka v rasteniyakh s pomoshch'yu amido-chernogo [Determination of protein in plants using amido-black]. *Sov. Plant Physiol.*, 1982, vol. 29, no. 1, pp. 196–204. (in Russian)

Buryan N.I. *Prakticheskaya mikrobiologiya vinodeliya* [Practical microbiology of winemaking]. Simferopol, Tavrida Publ., 2003, 560 p. (in Russian)

Kolotova O.V., Sokolova I.V., Vladimtseva I.V., Belenkova T.V., Shevtsova V.S. Vydelenie i izuchenie lipidookislyayushchikh mikroorganizmov – obitatelei severnogo Kaspiya [Isolation and study of lipid-oxidizing microorganisms – inhabitants of the Northern Caspian Sea]. *Bull. Kazan Technol. Univ.*, 2017, vol. 20, no. 6, pp. 135-138. (in Russian)

Gaskarova E.F. *Razrabotka tekhnologii drozhzhevoi lipazy dlya primeneniya v pishchevoi promyshlennosti* [Development of yeast lipase technology for use in the food industry]. Cand. sci. diss. abstr. Moscow, Inst. Brew. Bew. Win. Indust. Publ., 2015, 26 p. (in Russian)

Donkova N.V., Donkov S.A. [Enzymatic activity of bacteria from the genus *Bacillus* during hydrolysis of starch-containing plant raw materials]. *Bull. Krasnoyarsk St. Agric. Univ.*, 2021, no. 5, pp. 174-179. (in Russian)

Bannitsyna T.E., Kanarsky A.V., Shcherbakov A.V., Chebotar V.K., Kiprushkina E.I. Drozhzhi v sovremennoi biotekhnologii [Yeast in modern biotechnology]. *J. Int. Acad. Refriger.*, 2016, no. 1, pp. 24-29. (in Russian)

Kolotova O.V., Mogilevskaya I.V., Vladimtseva I.V., Ermolovsky A.V. Issledovanie effektivnosti destruktivnoy prioritetykh organicheskikh zagryaznitelei mikroorganizmami [Investigation of the efficiency of destruction of priority organic pollutants by microorganisms]. *Bul. Tula St. Univ. Ser. Earth Sci.*, 2021, no. 1, pp. 14-30. (in Russian)

Kalitina E. G. Vliyaniye faktorov sredy i dlitel'nogo khraneniya shtammov na sintez gidroliticheskikh fermentov mikroorganizmami, izolirovannymi iz bukhty Zolotoi Rog g. Vladivostoka [Influence of environmental factors and long-term storage of strains on the synthesis of hydrolytic enzymes by microorganisms isolated from the Zolotoi Rog Bay of Vladivostok]. *Bull. Belgorod St. Technol. Univ.*, 2012, no. 4, pp. 163-165. (in Russian)

Kukhareenko A.A., Vinarov A.Yu. *Bezotkhodnaya biotekhnologiya etilovogo spirta* [Waste-free biotechnology of ethyl alcohol]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 2001, 272 p. (in Russian)

Ivanchikov E.A., Bubeev A.T., Tsyrenov V.Zh., Arbatskaya A.V. Molekulyarno-geneticheskaya identifikatsiya shtammov mikroorganizmov, vydelennykh iz aktivnogo ilya, na osnove analiza nukleotidnykh posledovatel'nostei 16s rRNA gena [Molecular-genetic identification of microorganism strains isolated from activated sludge based on an analysis of nucleotide sequences of the 16s rRNA gene]. *Proc. Univ. Appl. Chem. Biotechnol.*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 116-125. (in Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-1-116-125>

Netrusov A.I., Egorova M.A., Zakharchuk L.M. *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on microbiology]. Moscow, Akademia Publ., 2005, 608 p. (in Russian)

Omarova K.M., Omarov M.S. Biotekhnologiya polucheniya mikrobnogo belka na kompleksnom rastitel'nom syr'e [Biotechnology of microbial protein production on complex plant raw materials]. *Grand Altai Research & Education*, 2016, no. 2, pp. 65-69. (in Russian)

Matrosova L.E., Chasov V.V., Tremasov M.Ya., Tremasova A.M. Produktsirovanie vitaminov mikroorganizmami-destruktorami [Production of vitamins by microorganisms-destructors]. *Agr. Bull. of the Urals*. 2013, no. 3 (109). pp.10-11. (in Russian)

Semanin A.G., Vasiliev D.A., Zolotukhin S.N. Izuchenie differentsial'nykh testov na osnove biokhimicheskikh svoystv bakterii roda *Favobacterium* [Study of differential tests based on biochemical properties of bacteria of the genus *Favobacterium*]. *Bull. Ulyanovsk St. Agric. Acad.*, 2017, no. 3, pp. 94-98. (in Russian)

Semushina T.N., Monakhova N.I., Gusarova L.A. *Mikrobiologicheskii kontrol gidrolizno-drozhzhevogo proizvodstva* [Microbiological control of hydrolysis-yeast production]. Moscow, Ecologia Publ., 1991, 208 p. (in Russian)

Sembayev K.D., Sembayeva D.Zh., Danlybayeva G.A., Khasanova E.Zh., Sarsenova A.S., Moldagulova N.B. Skriniring ureoliticheskikh mikroorganizmov, perspektivnykh dlya tsementatsii peskov [Screening of ureolytic microorganisms promising for sand cementation]. *Problems of modern science and education*, 2019, no. 8, pp. 9-13. (in Russian)

Smirnova V. D. *Otkhody proizvodstva konsentrirovannykh belkovykh produktov iz soi kak syr'e dlya polucheniya kormovykh dobavok* [Waste from the production of concentrated protein products from soybeans as raw materials for the production of feed additives: Candidate in Technics dissertation abstract]. Moscow, Mendeleev Univ. Chem. Technol. Publ., 2012, 19 p. (in Russian)

Turshatov M.V., Kononenko V.V., Ledenev V.P., Krivchenko V.A., Soloviev A.O., Moiseeva N.D., Lozanskaya T.I., Khudyakova N.M. Tekhnologicheskie osnovy polucheniya belkovykh kormoproduktov pri pererabotke krakhmalsoderzhashchego syr'ya v biotekhnologicheskuyu i khimicheskuyu produktivnyu [Technological basics of obtaining protein feed products during the processing of starch-containing raw materials into biotechnological and chemical products]. *Storage and Processing of Farm Products*, 2018, no. 2, pp. 5-8. (in Russian)

Khabibulina N.V., Krasnoshtanova A.A., Aduchieva V.D. Ispolzovanie permeata, poluchennogo pri ultrafiltratsii ekstrakta gorokhovoï muki, dlya kul'tivirovaniya *Candida utilis* [The use of permeate obtained by ultrafiltration of pea flour extract for the cultivation of *Candida utilis*]. *Evraziiskii Soyuz Uchenykh (ESU). Biologicheskije nauki* [Eurasian Union of Scientists (EUU). Biological Sciences], 2015, no. 4(13), pp. 38-41. (in Russian)

Khrapova A.V., Soprunova O.B. Skrining novykh shtammov drozhzhei dlya polucheniya kormovogo belka [Screening of new yeast strains for obtaining feed protein]. *Bull. Samara SC RAS*, 2011, vol. 13, no. 5(3), pp. 210-213. (in Russian)

Khromova N. Yu. Biotekhnologicheskaya konversiya zernovogo syr'ya dlya polucheniya probioticheskikh produktov i kormovykh belkovykh dobavok [Biotechnological conversion of grain raw materials for obtaining probiotic products and feed protein additives: Candidate in Technics dissertation abstract]. Moscow, Mendeleev Univ. Chem. Technol. Publ., 2012. 16 p. (in Russian)

Shpichka A.I., Semenova E.F., Kuznetsova A.V. K voprosu opredeleniya riboflavina v biotekhnologicheskomy syr'e [On the issue of determining riboflavin in biotechnological raw materials]. *Modern Problems of Science and Education*, 2011, no. 1, pp.30-32. (in Russian)

Abbas Ch. A. Production of Antioxidants, Aromas, Colours, Flavours, and Vitamins by Yeasts. *Yeasts in Food and Beverages*. A. Querol, G. Fleet (Eds). Springer Verlag, 2006, pp. 285-334.

Aebi H. Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*. L. Packer (Ed.), 1984, vol. 105, pp. 121-126. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(84\)05016-3](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(84)05016-3)

*British Pharmacopeia on CD-ROM*. 7th ed. System Simulation, Stationary Office, London, 2007.

M. Dubois, K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers, F. Smith Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 1956, vol. 28, no. 3, pp. 350-356. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>

de Felipe F.L., Kleerebezem M., de Vos W.M., Hugenholtz J. Cofactor engineering: a novel approach to metabolic engineering in *Lactococcus lactis* by controlled of NADH oxidase. *J. Bacteriol.*, 1998, vol. 180, pp. 3804-3808. <https://doi.org/10.1128/jb.180.15.3804-3808.1998>

Sonnleitner B., Locher G., Fiechter A. Bio-mass determination. *J. Biotechnol.*, 1992, vol. 25, is. 1-2, pp. 5-22. [https://doi.org/10.1016/0168-1656\(92\)90107-K](https://doi.org/10.1016/0168-1656(92)90107-K)

Stahmann K.P., Revuelta J.L., Seulberger H. Three biotechnical processes using *Ashbya gossypii*, *Candida famata*, or *Bacillus subtilis* compete with chemical riboflavin production. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2000, vol. 53, no. 5, pp. 509-516. <https://doi.org/10.1007/s002530051649>

#### Сведения об авторе

**Кирюхина Александра Сергеевна**

аспирант

Иркутский национальный исследовательский  
технический университет

Россия, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: alexandra.kirukhina@yandex.ru

#### Information about the author

**Kiryukhina Aleksandra Sergeevna**

Postgraduate

Irkutsk National Research Technical University  
83, Lermontov st., Irkutsk, 664074,

Russian Federation

e-mail: alexandra.kirukhina@yandex.ru

Статья поступила в редакцию **20.12.2021**; одобрена после рецензирования **24.02.2022**; принята к публикации **01.03.2022**  
Submitted **December, 20, 2021**; approved after reviewing **February, 24, 2022**; accepted for publication **March, 01, 2022**