

УДК: 573.4:579.6

## «Пекарские дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*) как модельный объект»

Коскина Я.В., Кабаева В.П., Малахова К.В.

ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава Российской Федерации - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Волгоградский государственный медицинский университет” Министерства здравоохранения Российской Федерации, направление подготовки “Биология”, Россия, Волгоград, e-mail: koskina.yana123@yandex.ru

### Аннотация

Использование пекарских дрожжей способствовало развитию биологических наук. Дрожжи являются отличной моделью для изучения многих процессов и явлений. На дрожжевых объектах выполнены различные исследования в генетической и биотехнологической сферах, так же они широко применяются в фармацевтическом производстве в виде белково-витаминных препаратов и в промышленном производстве в качестве продукта брожения.

**Ключевые слова:** Пекарские дрожжи, модельный объект, биологические характеристики, пробиотик, хемоорганотрофы

**"Baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as a model object"**

**Koskina Ya.V., Kabaeva V.P., Malakhova K.V.**

FGBOU IN VolgGMU of the Ministry of Health of the Russian Federation - Federal State Budgetary educational Institution of Higher Education “Volgogradsky State Medical University” Ministry of Health of the Russian Federation, the direction of training “Biology”, Russia, Volgograd, e-mail: koskina.yana123@yandex.ru

### Annotation

The use of baker's yeast contributed to the development of biological sciences. Yeast is an excellent model for studying many processes and phenomena. Various studies have been carried out on yeast facilities in the genetic and biotechnological fields, they are also widely used in pharmaceutical production in the form of protein-vitamin preparations and in industrial production as a fermentation product.

**Keywords:** Baker's yeast, model object, biological characteristics, probiotic, chemoorganotrophs

### Введение:

Моделирование - исследование явлений, процессов или систем объектов путем построения и изучения их моделей. Является основным способом научного познания.

Излюбленным объектом изучения эукариот являются *Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*), более известный как хлебопекарные дрожжи, который относится к Царству грибов – *Mycota*, Отделу – *Eumycota*, Классу – *Ascomycetes*, Семейству – *Saccharomycetaceae*, Роду – *Saccharomyces*, Виду - *Saccharomyces cerevisiae*.

Пожалуй, это наиболее изученный эукариотический организм на молекулярном и клеточном уровнях. *S. cerevisiae* — это всего лишь одноклеточный грибок, но многие процессы в его клеточном ядре аналогичны процессам у млекопитающих. Действительно, исследования дрожжей выявили многие молекулы и химические реакции, участвующие в процессах, которые нарушаются при раке. *S. cerevisiae* сложнее бактерий, чья ДНК широко используется в генной инженерии. Дрожжи используют в промышленном и лекарственном производстве.

### Основная часть.

#### Биологические характеристики.

*Saccharomyces cerevisiae* является хемоорганотрофным, так как он требует органических соединений в качестве источника энергии и не требует солнечного света для роста. Эти дрожжи могут использовать разные сахара, причем глюкоза является предпочтительным источником углерода.

*S. cerevisiae* является факультативным анаэробом, так как он способен расти в условиях дефицита кислорода. Во время этих условий глюкоза превращается в различные промежуточные продукты, такие как этанол, CO<sub>2</sub> и глицерин. [1]

### **Строение.**

Клетки дрожжей имеют разнообразную форму: круглую, овальную, эллиптическую, лимоноподобную. По сравнению с клетками других микроорганизмов дрожжи имеют довольно крупные размеры: от 2,5 до 7 мкм в поперечнике и от 4,0 до 14 мкм в длину.

Дрожжевая клетка имеет сложное строение и состав, она содержит компоненты, которые подразделяются на органеллы и включения. К органеллам относятся клеточная стенка, цитоплазматическая мембрана, цитоплазма и входящие в нее структуры – митохондрии, вакуоли, аппарат Гольджи, ядро. Помимо органелл в цитоплазме находятся запасные вещества -**включения**. Это волютин, липиды, гликоген, белки. Волютин, или метахроматин.

*Клеточная стенка (оболочка)* представляет собой жесткую структуру толщиной 25 нм, составляющую около 25 % сухого веса клетки. В химический состав клеточной стенки входят белково-поли-сахаридные комплексы, фосфаты и липиды. Полисахаридная часть комплекса состоит примерно из равных количеств глюкана и маннана. Третий углеводный компонент клеточной стенки – хитин – представляет собой полимер N-ацетилглюкозамина.

Белок составляет 10–13 % сухого веса клеточной стенки, часть его находится в виде связанных со стенкой ферментов. У дрожжей описано несколько таких ферментов, в том числе инвертаза, щелочная фосфатаза и липаза, а также глюканаза и маннаназа – два фермента, которые участвуют в размягчении клеточной стенки, способствуя формированию почек. Белковые комплексы насыщены также дисульфидными и сульфгидрильными группами.

Липиды в основном состоят из свободных жирных кислот (олеиновой, пальмитолеиновой, пальметиновой и стеариновой); остальную часть их представляют триглицериды, стеринны фосфолипиды.

*Клеточная или цитоплазматическая мембрана (плазмалемма)* дрожжевой клетки располагается сразу же за клеточной стенкой, тесно прилегая к ее внутренней поверхности. Плазмалемма состоит примерно из равного количества липидов и белков и из небольшого количества углеводов.

Цитоплазматическая мембрана осуществляет важнейшие функции клетки: действует как осмотический барьер, регулируя поступление питательных веществ из раствора в клетку и удаление продуктов обмена веществ, осуществляет биосинтез некоторых составных частей клетки (компонентов клеточной стенки), представляет собой место локализации некоторых ферментов и органелл (рибосомы). В мембранах локализованы участки инициации синтеза ДНК, цепи электронного транспорта, ферменты сопряжения окисления с фосфорилированием. Вблизи мембраны находятся ферменты окисления жиров, трикарбоновых кислот и т. д. На наружной стороне мембран расположены ферменты гликолиза, протеолиза, эстеразы и др. Плазмалемма участвует также в регуляции построения мультиэнзимных комплексов, включающих систему ионов натрия и калия, активируемую АТФ.

*Цитоплазма* представляет собой коллоидную систему, состоящую из белков, аминокислот, рибонуклеиновых кислот, углеводов, липидов, минеральных веществ, воды и низкомолекулярных соединений.

Цитоплазма клетки дрожжей содержит следующие структуры: ядро, митохондрии, рибосомы, аппарат Гольджи, эндоплазматический ретикулум (ЭПР), лизосомы, вакуоли. Они принимают активное участие в осуществлении важных ферментативных процессов в цитоплазме, например, первая стадия дыхания – гликолиз и спиртовое брожение – протекает в цитоплазме, а последующий этап – цикл трикарбоновых кислот – в митохондриях.

***Внутриклеточные включения и запасные вещества***, находящиеся в цитоплазме и вакуолях клеток в процессе их жизнедеятельности, – это морфологически дифференцированные образования гранул гликогена, капель жира и жироподобных веществ, метакроматина (волютина), скоплений серы, кристаллов кислот и сахаров.

*Трегалоза* (нередуцирующий дисахарид) и *гликоген* (полисахарид) могут содержаться в клетках в значительных пределах: трегалоза – от 20 до 150 мг, гликоген – от 30 до 300 мг на 1 г сухого вещества клеток. Гликоген представляет собой включения, образующие в цитоплазме большие гранулы.

*Липиды* (жиры и жироподобные вещества), являясь важными компонентами цитоплазматических мембран клетки, выполняют функцию запасного питательного материала. *Метакроматин* (волютин) находится в состоянии коллоидного раствора в вакуолях. Гранулы волютина состоят из комплекса РНК, белка и липидов. [2]

### **Жизненный цикл.**

Клетки *Saccharomyces cerevisiae* размножаются вегетативным образом при помощи почкования. Сначала появляется вырост на материнской клетке, затем происходит митотическое деление ядра, образование клеточной стенки и отделение клеток

друг от друга. На материнской клетке остается шрам от почкования, что позволяет определить её возраст. Обычно материнская клетка может образовывать 20—30 почек.

Клетки дрожжей могут пребывать в одном из двух стабильных состояниях (фазах): гаплоидном (сфероиды) и диплоидном (эллипсоиды), которые считаются различными поколениями. В течение каждой фазы пекарские дрожжи размножаются вегетативно почкованием. По продолжительности у пекарских дрожжей преобладает диплоидная фаза. Она переходит в гаплоидную фазу путём образования гаплоидных аскоспор в результате мейоза. Гаплоидная фаза переходит в диплоидную путём слияния образовавшихся из аскоспор гаплоидных клеток.

Для выращивания оптимальными условиями является раствор дрожжевого экстракта с температурой 30 °С, содержащий пептон и глюкозу. [3]

### **Научное значение.**

*Saccharomyces cerevisiae* — один из наиболее изученных модельных организмов, на примере которого происходит исследование клеток эукариотов, они легко выращиваются и имеют низкую патогенность для человеческого организма. По сравнению с кишечной палочкой (*Escherichia coli*), клетка дрожжей содержит в несколько раз больше ДНК и имеет более сложную организацию, чем бактерии. Клетки сохраняют жизнеспособность даже с множественными генетическими маркерами в своем генотипе, что существенно с точки зрения генной инженерии. [4]

### **Использование в качестве пробиотика.**

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* используются в медицине и животноводстве в качестве пробиотика. В частности, в медицине нашёл применение штамм *Saccharomyces cerevisiae* var. *bouardii*.

Ряд клинических исследований показал возможную пользу *S. cerevisiae* var. *bouardii* для предотвращения или лечения некоторых кишечных заболеваний. Имеются доказательства умеренного качества в пользу эффективности данного пробиотика для снижения риска диареи при лечении антибиотиками (как у детей, так и у взрослых), а также для снижения риска возникновения побочных эффектов при эрадикации *Helicobacter pylori*.

*Saccharomyces cerevisiae* var. *bouardii* считается безопасным в качестве лекарственного средства. [5]

### **Использование дрожжей в промышленности и в науке.**

Среди биологических объектов, изучение которых послужило основанием для развития современной биотехнологии, лидируют дрожжи-сахаромицеты. Исключительный интерес к ним связан с особенностями их метаболизма. Наличие двух путей энергетического обмена у дрожжей - анаэробного (гликолиза) и оксидативного, -каждый из которых может быть

реализован в отдельности, а также протекать одновременно, легло в основу получения продуктов брожения, в частности пива, и биомассы хлебопекарных дрожжей. [6]

Благодаря гомологичной рекомбинации у дрожжей можно произвольно изменять любую выбранную хромосомную последовательность ДНК и осуществлять различные манипуляции с участками хромосом в составе подвижных мобильных элементов.

С помощью микрочипов и белковых сетей, которые охватывают весь небольшой геном дрожжей можно проанализировать транскрипцию, связывания факторов транскрипции, модификации гистонов и белок-белковых взаимодействий. Такое большое количество методов позволили ученым исследовать механизмы регуляции формирования гетерохроматина и его физиологическую роль в клетках дрожжей.

Всего геном содержит 32 хромосомы. у дрожжей выявлено не менее 20 генов, способных влиять на продолжительность жизни.

Также ведётся углубленное изучение прионов дрожжей, близких по строению прионов млекопитающих, которые были открыты ранее.

Трансформация дрожжей является достаточно значимым для исследований открытием для клонирования генов в генетической инженерии. Благодаря данному методу рекомбинации были разработаны методы, которые применяются для анализа генной регуляции, а также для анализа взаимосвязи между структурой и функцией белков, структуры ДНК, РНК, и других важных вопросов биологии клетки. [7]

### **Заключение**

*Saccharomyces cerevisiae* — это одноклеточные дрожжевые клетки, которые использовались для производства спирта и выпекались в течение тысяч лет. Первоначально изучались, чтобы лучше понять процесс, в котором это происходит, исследования этого организма превратились в сложные биохимические исследования, которые позволили исследователям лучше понять эукариотические процессы. *S. cerevisiae* представляет собой отличный модельный организм, исследования которого продолжаются и сегодня, чтобы лучше понять биологические концепции и болезни человека.

Пекарские дрожжи значимы в области науки и производства. Их строение и морфо-функциональные признаки позволяют использовать их в качестве модельного объекта в общей биологии, исследования которого продолжаются и сегодня, чтобы лучше понять биологические концепции и болезни человека. Помимо этого дрожжи широко применяются и в генетике, т.к. геном полностью секвенирован, *Saccharomyces cerevisiae* легко выращиваются в больших количествах.

Список литературы:

1. *Saccharomyces cerevisiae*: характеристика, морфология, жизненный цикл - Наука - 2023 // warbletoncouncil [Электронный ресурс]. URL: <https://ru1.warbletoncouncil.org/saccharomyces-cerevisiae-8359>.

2. Характеристика хлебопекарных дрожжей // StudFiles [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/15925018/page:2/>.

3. *Saccharomyces cerevisiae* | это... Что такое *Saccharomyces cerevisiae*? // Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/746953>.

4. Характеристика пивных дрожжей, Морфология дрожжей *Saccharomycetaceae* - Микроорганизмы в производстве пива [Электронный ресурс]. URL: [https://studwood.net/1723567/meditsina/harakteristika\\_pivnyh\\_drozhzhey](https://studwood.net/1723567/meditsina/harakteristika_pivnyh_drozhzhey).

5. Дрожжи — Понимание здоровья [Электронный ресурс]. URL: <https://understandinghealth.ru/%d0%94%d1%80%d0%be%d0%b6%d0%b6%d0%b8/>.

6. РОЛЬ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* В РАЗВИТИИ СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ – тема научной статьи по промышленным биотехнологиям читайте бесплатно текст научно-исследовательской работы в электронной библиотеке КиберЛенинка [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-saccharomyces-cerevisiae-v-razvitii-sovremennoy-biotehnologii>.

7. *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* КАК МОДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ В ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ - Студенческий научный форум [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018002068>.