

АКТИВНОСТЬ ДРОЖЖЕЙ В СОСТОЯНИИ СТРЕССА

Христофорова И.С.

г. Гусь-Хрустальный, МБОУ «СОШ № 15 с углубленным изучением отдельных предметов»,
3 «А» класс

Руководитель: Миронова А.В., г. Гусь-Хрустальный, МБОУ «СОШ № 15 с углубленным изучением
отдельных предметов», заместитель директора по УР, учитель начальных классов

Я очень часто слышу слово «стресс». Стресс испытывают люди в различных ситуациях, проявляя массу эмоций: гнев, страх, радость, эйфорию. Для всех форм стресса существуют общие проявления, например, задействование всех адаптационных возможностей, сопротивление организма.

Канадский физиолог Ганс Селье писал: «Стресс есть неспецифический ответ организма на любое предъявленное ему требование».

А могут ли дрожжи испытывать стресс? Что происходит с дрожжами при изменении привычных для них условий, например, температурных, добавления сахара или соли?

Еще в далеком 1838 году французский естествоиспытатель Шарль Каньяр де Ла-Тур экспериментально доказал, что дрожжи – не просто химические вещества, а живые организмы, способные расти и размножаться.

Дрожжи – это маленькие микроорганизмы, которые человек стал использовать в процессе своей жизнедеятельности. Клетки дрожжей очень напоминают клетки человеческого организма, только у дрожжей она одна. Дрожжи использовали еще в Древнем Египте в виноделии и приготовлении хлеба. Египтяне смогли добиться разрыхления теста способом брожения. Этот способ до сих пор является основой технологии хлебопечения. Из сахаристых веществ муки дрожжи производят углекислый газ и спирт. Вокруг каждой дрожжевой клетки возникает газовая оболочка, которая при выпекании преобразуется в пору. Хлеб благодаря этому получается мягкий и воздушный.

Способность дрожжей к брожению удивительна. Маленькие дети начинают рано проявлять свой интерес к ним, выпекая с бабушками пирожки и делая поделки из теста.

Исходя из этого, я считаю, что изучение таких микроорганизмов, как дрожжи, необычайно интересно и увлекательно для детей.

Объектом моего исследования являются дрожжи, а предметом – изменение активности дрожжей в состоянии стресса.

Цель исследования: выяснить, как изменяется активность дрожжей в состоянии стресса.

Задачи исследования:

1. Рассмотреть особенности строения и размножения дрожжей.

2. Привести классификацию дрожжей.

3. Изучить с использованием микроскопических методов исследования влияние изменения температуры на активность дрожжей в состоянии стресса.

4. Изучить влияние сахара и поваренной соли на дрожжи.

Гипотеза моей работы: если дрожжи испытывают стресс, то при изменении внешних параметров их активность меняется.

Ученые активно изучают особенности и строение дрожжей. В 2016 году Нобелевскую премию в области медицины и физиологии вручили исследователю дрожжей, японскому ученому Ёсинори Осуми.

В качестве методов исследования были использованы наблюдение, анализ, обобщение, сбор данных, изучение литературы, микроскопические методы исследования.

1. Общая характеристика дрожжей

1.1. Строение и размножение дрожжей

Дрожжи – высшие грибы, утратившие способность образовывать мицелий, и превратившиеся в результате этого в одноклеточные организмы [2].

Дрожжи используют органические соединения как для получения энергии, так и в качестве источника углерода. Им необходим кислород для дыхания, однако при его отсутствии многие виды способны получать энергию за счёт брожения с выделением спиртов.

При пропускании воздуха через сброженный субстрат дрожжи прекращают брожение и начинают дышать, потребляя кислород и выделяя углекислый газ.

Места обитания дрожжей связаны преимущественно с субстратами, богатыми сахарами: поверхностями плодов и листьев (где дрожжи питаются прижизненными выделениями растений), нектаром цветов, раневыми соками растений, мёртвой фитомассой и т. д.

Дрожжи распространены также в почве (особенно в подстилке и органогенных го-

ризонтах) и природных водах. Род дрожжей постоянно присутствуют в кишечнике и ходах ксилофагов (питающихся древесиной насекомых), богатые дрожжевые сообщества развиваются на листьях, поражённых тлей.

Большинство дрожжевых клеток имеют овальную, яйцевидную и эллиптическую форму. Несколько реже встречаются цилиндрические (палочковидные), грушевидные и лимоновидные дрожжи.

Размеры клеток дрожжей колеблются от 2,5 до 10 мкм в поперечнике и от 4 до 20 мкм в длину. В среднем масса дрожжевой клетки составляет около 5–11 г. Формы, размеры и масса дрожжевых клеток изменяются в зависимости от условий среды, в которой они развиваются, и от возраста клеток [5].

Дрожжевая клетка имеет сложное анатомическое строение (рис. 1).

Различают оболочку и содержимое клетки – ядро и плазму с различными постоянными составными частями клетки – органоидами. Плазма ядра называется нуклеоплазмой. Плазма, находящаяся вне ядра, называется цитоплазмой. Вся клеточная плазма, включая и плазму ядра, называется протоплазмой.

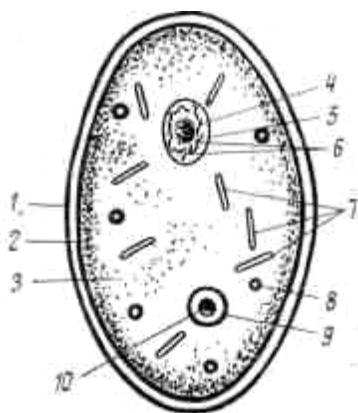


Рис. 1. Строение дрожжевой клетки

Оболочка 1 представляет собой тонкую клеточную стенку, находящуюся снаружи от цитоплазматической мембраны (плазмолеммы) 2. Она состоит главным образом из полисахаридов типа гемиллелюлоз, в основном из глюкозы и маннана.

Клеточная оболочка состоит из двух молекулярных слоев. Полисахариды образуют самый наружный молекулярный слой. Внутренний слой оболочки, прилегающий к цитоплазме, состоит из белковых молекул. Оболочка пронизана мельчайшими отверстиями, через которые проходят вода, сахар

и все другие водорастворимые питательные вещества, необходимые для жизни клетки. Оболочка защищает клетку от внешних воздействий и в известной мере регулирует поступление питательных веществ и выделение наружу продуктов обмена [8].

Изнутри клеточную оболочку выстилает тончайшая цитоплазматическая мембрана 2. Основная функция цитоплазматической мембраны заключается в регулировании проникновения в клетку питательных веществ.

Ядро 4, окруженное ядерной мембраной 5, заполнено прозрачной нуклеоплазмой, в которую погружены длинные тонкие нити – хромосомы 6, состоящие из белка и ДНК (дезоксирибонуклеиновые кислоты). Кроме белка и ДНК, ядро содержит также РНК (рибонуклеиновые кислоты) и ферменты. Ядро играет важную роль в процессе роста и размножения клетки. Процесс почкования сопровождается делением ядра на две части; при спорообразовании ядро делится на несколько частей (по числу образующихся спор).

Размножение дрожжей зависит от условий жизнедеятельности дрожжевой клетки и от вида дрожжей. Размножаются дрожжи почкованием, лишь немногие размножаются делением клеток.

1. Вегетативное размножение. При вегетативном размножении дрожжи размножаются почкованием, делением или почкующимся делением, что происходит реже [2].

Почкование – это процесс образования на клетке маленького бугорка – почки, которая постепенно увеличивается в размерах. В месте соединения почки с материнской клеткой постепенно образуется сужение – перетяжка. Когда почка достигает примерно одной трети размеров материнской клетки, ядро перемещается в перетяжку и здесь происходит его деление на 2 ядра. Одно из ядер переходит в почку, а другое остается в материнской клетке. Канал, соединяющий вновь формирующуюся дочернюю клетку со старой, материнской, клеткой, постепенно сужается и, наконец, молодая клетка отщуривается (отделяется). При благоприятных условиях этот процесс длится около двух часов. Почкованием обычно размножаются дрожжи овальной формы.

Бинарное деление дрожжевой клетки происходит путем возникновения поперечной перегородки, которая, развиваясь, приводит к образованию двух дочерних клеток, идентичных родительской. Делением размножаются дрожжи цилиндрической формы.

Почкующееся деление характерно для дрожжей лимоновидной формы.

Вначале на полюсе возникает почка, которая после деления ядра ограничивается от материнской клетки перегородкой.

Почкованию предшествует ряд последовательно протекающих в клетке биохимических процессов; происходит деление ядра, и одно из образовавшихся ядер вместе с частью цитоплазмы и другими клеточными элементами переходит в молодую клетку.

После завершения процесса почкования молодая клетка часто не отделяется от материнской, а остается на ней. Почкующиеся клетки обычно образуют не одну, а несколько почек. Вместе с этим может начаться почкование и молодых клеток. Так постепенно образуются скопления из многих соединенных между собой клеток, называемые ростками почкования.

При неблагоприятных условиях почкование дрожжей замедляется или совсем приостанавливается, а некоторые клетки переходят в состояние покоя.

Покоящиеся клетки (артроспоры) отличаются толстой и плотной, большей частью двухслойной оболочкой, а также значительным содержанием запасных веществ, например, жира и гликогена. Они более устойчивы, чем вегетативные клетки, к повышенной температуре и высушиванию.

Попав в благоприятные условия развития, покоящиеся клетки почкуются, как и обычные вегетативные клетки.

Такие дрожжи можно вернуть к спорообразованию только принудительным путем. Для этого молодую культуру дрожжей переводят из условий обильного питания в условия голодания. При благоприятной аэрации и температуре дрожжи образуют споры.

2. Половое размножение. Помимо почкования многие дрожжи размножаются также с помощью спор. Споры образуются внутри клетки и находятся в ней, как в сумке, что и позволяет относить их к сумчатым грибам (аскомицетам). Число спор в клетке разных видов дрожжей различно. Их может быть две, четыре, а иногда восемь и даже двенадцать.

Дрожжи, способные к спорообразованию, нередко называют истинными дрожжами, а не образующие спор (аспорогенные) – ложными дрожжами, или дрожжеподобными организмами.

Споры большинства дрожжей округлые или овальные, но у некоторых видов – игловидные, шляповидные. У многих на поверхности спор имеются различные образования типа выростов, бородавок, ободков и др.

Образование спор у дрожжей может происходить бесполым и половым путем. При бесполом образовании спор ядро клетки делится на столько частей, сколько обра-

зуется спор у данного вида дрожжей. Каждое новое ядро окружается цитоплазмой и покрывается оболочкой. Образованию спор половым путем предшествует слияние (копуляция) клеток. У некоторых дрожжей копулируют прорастающие споры [7].

Споры дрожжей несколько более устойчивы к вредным воздействиям, чем вегетативные дрожжевые клетки, но менее стойки по сравнению с бактериальными спорами. Попав в благоприятные условия, споры прорастают в клетки.

У многих так называемых культурных дрожжей, т. е. культивируемых человеком для производственно-хозяйственных целей, способность к спорообразованию в значительной степени ослаблена, а иногда полностью утрачена (аспорогенные расы) [6].

Этим способом размножаются некоторые виды гаплоидных дрожжей. Перед спорообразованием такие гаплоидные клетки сливаются, в результате образуется диплоидная клетка, ядро которой делится путем мейоза с образованием четырех или восьми аскоспор. Половое размножение дрожжей осуществляется в неблагоприятных условиях.

1.2. Классификация дрожжей

Дрожжи относятся к царству грибов (Mycota), отделу истинных грибов (Eumycota). В зависимости от того, способны ли дрожжи размножаться половым путем, их можно отнести к 2-м классам: классу аскомицетов и классу дейтеромицетов. Небольшая часть дрожжей относится к классу базидиомицетов [3].

Так как дрожжи отличаются по своим культуральным свойствам от грибов, существуют их отдельные классификации.

Так, существует отдельная классификация совершенных (спорогенных) дрожжей – классификация Кудрявцева. По этой классификации дрожжи относятся к классу аскомицетов, порядку одноклеточных грибов – дрожжей, который включает три семейства: сахаромицетов, шизосахаромицетов и сахаромикодов. Семейства различаются формой клеток, способом вегетативного размножения.

Семейство сахаромицетов. Представители этого семейства имеют овальную или яйцевидную форму, вегетативно размножаются почкованием. Главным биохимическим признаком этих дрожжей является то, что они сбраживают сахара с образованием этилового спирта и диоксида углерода. Дрожжи, используемые в промышленности, называются культурными дрожжами. Дрожжи-сахаромицеты имеют овальную форму, вегетативно размножаются почкованием,

в неблагоприятных условиях размножаются половым путем аскоспорами [4].

Семейство шизосахаромицетов. Клетки палочковидной формы, размножаются делением, в неблагоприятных условиях – спорообразованием. Представители этого семейства вызывают спиртовое брожение и используется в странах с жарким климатом для производства пива, кубинского рома.

Семейство сахаромикодов. Клетки лимонovidной формы, размножаются почкующимся делением, а в неблагоприятных условиях – спорообразованием. Дрожжи рода *Saccharomycoides* вызывают спиртовое брожение, но являются вредителями в виноделии, так как образуют продукты, придающие винам неприятный прокисший запах. Такие дрожжи называются дикими дрожжами.

Таким образом, дрожжевая клетка имеет сложное анатомическое строение.

Формы, размеры и масса дрожжевых клеток изменяются в зависимости от условий среды, в которой они развиваются, и от возраста клеток.

2. Активность дрожжей в состоянии стресса

2.1. Влияние изменения температуры на активность дрожжей

Изменение температуры влияет на процессы жизнедеятельности. Дрожжевое тесто в теплом месте начинает активно увеличиваться в размерах. Поэтому я решила выяснить экспериментально, как изменяется активность дрожжей в состоянии стресса, а именно при изменении температуры, при помощи микроскопических методов исследования (рис. 2).

Для этого провела несколько опытов.

Опыт 1. Возьмем несколько чашек, добавим в них небольшое количество дрожжей и растворим в воде. Первую чашку поставили в холодильник, но не в морозилку (рис. 3). Вторую оставили в комнате (рис. 4), третью поместили на батарею (рис. 5). Через час приготовили препараты, капнув немного каждого раствора на предметное стекло и закрыли покровным.



Рис. 3. Дрожжи в холодильнике



Рис. 4. Дрожжи при комнатной температуре

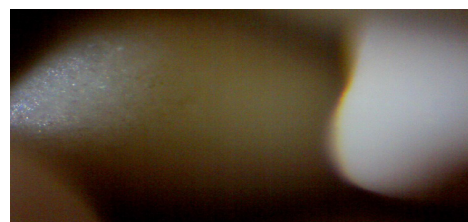


Рис. 5. Дрожжи на батарее



Рис. 2. Использование микроскопических методов исследования дрожжей

Полученные результаты поместила в табл. 1. ность дрожжей практически не происходит, газообразование резко снижается. При 45°C

Таблица 1

Влияние температуры на активность дрожжей

Раствор дрожжей		
Холодильник	Батарейка	Комнатная температура
Дрожжей мало	Дрожжей мало	Дрожжей много

Таким образом, я увидела, что дрожжи хорошо размножаются при комнатной температуре. Более низкие и высокие температуры для них некомфортны.

Опыт 2. Для определения влияние температуры я провела еще один опыт. Для этого поместила дрожжи в миски с водой разной температурой. На рисунке 6 показано выделение углекислого газа дрожжами при температуре 15°C.

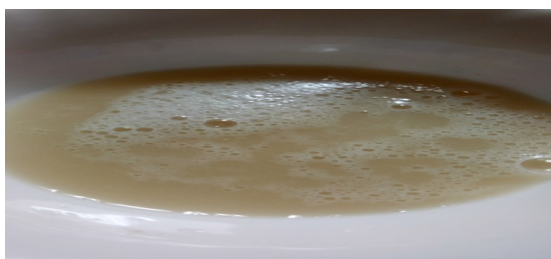


Рис. 6. Дрожжи при температуре 15°C

Полученные результаты занесла в табл. 2.

дрожжи перестали быть активными. При 60°C дрожжи абсолютно не активны, их клетки погибли.

Таким образом, дрожжи в состоянии стресса остро реагируют на изменение температуры.

2.2. Влияние сахара и соли на дрожжи

Также я решила выяснить, каким образом на дрожжи могут влиять сахар и соль. Для этого взяла 3 чашки, в одну добавила соль (рис. 7), в другую сахар (рис. 8), третью оставила без изменений.



Рис. 7. Добавление соли в дрожжевой раствор

Таблица 2

Влияние температуры на дрожжи

Температура, °C	Дрожжи
	Чашка с дрожжами
10	Очень низкая активность
25–35	Высокая активность
45	Замедление активности, клетки гибнут
60	Нет активности, дрожжи погибли

Опытным путем я определила, что в состоянии стресса, при изменении окружающей температуры жизнедеятельность дрожжей изменяется. При температуре 10°C в чашке наблюдался еле заметный пузырек углекислого газа. Больше активности не наблюдалось. Наибольшая активность дрожжей наблюдается при температуре +25...+ 30°C. Чем выше температура, тем активнее становятся дрожжевые клетки. Наибольший подъем дрожжей наблюдался при температуре около 30°C.

Температура 40°C для дрожжей становится опасна, так как уже при ней актив-



Рис. 8. Добавление сахара в дрожжевой раствор

Показания занесла в табл. 3.

Таблица 3

Влияние сахара и соли на активность дрожжей

Температура, °С	Дрожжи		
	Чашка с дрожжами	Чашка с дрожжами и сахаром	Чашка с дрожжами и солью
10	Очень низкая активность	Очень низкая активность	Нет активности
25–35	Высокая активность	Очень высокая активность дрожжей	Нет активности
45	Замедление активности, клетки гибнут	Замедление активности, клетки гибнут	Нет активности
60	Нет активности, дрожжи погибли	Нет активности, дрожжи погибли	Нет активности

Исходя из результатов исследования, я увидела, что дрожжи очень любят сахар, но в небольших количествах. При добавлении щепотки сахара дрожжи более активны, чем без них. Соль же, наоборот, оказывает тормозящее влияние на активность дрожжей. И даже оптимальная температура не смогла заставить дрожжи «работать», вода стала прозрачной, дрожжи в виде осадка лежали на дне. Большая концентрация сахара способствовала сниженной активности дрожжей.

Таким образом, небольшая концентрация сахара положительно влияет на дрожжи. Если при этом соблюдается и оптимальная температура (около 30°C), то дрожжи становятся очень активными.

Продолжая исследовать влияние сахара на дрожжи, провела опыт 4.

Опыт 4. Я приготовила 2 раствора. В одном растворе растворила немного дрожжей в воде, а во втором сначала растворила кубик сахара, а только после этого добавила дрожжи. Подождала 15–20 минут, и приготовила препараты, капнув немного каждого раствора на предметное стекло и закрыв покровным. Я увидела, что в чашке с сахаром дрожжевых клеток оказалось больше.

Это еще подтвердило, что дрожжи любят сахар. Более того, на клетках постепенно образовались выпячивания, образуя своеобразные цепочки. Следовательно, в состоянии стресса при добавлении сахара дрожжи продолжали делиться.

Таким образом, опытным путем установлено, что дрожжи тоже могут испытывать стресс. Они меняют свою активность в зависимости от того, какой стресс испытывают. Благоприятное изменение температуры сопровождается активным ростом дрожжей, а также использование сахара. Очень низкие или высокие температуры, а также использование соли заставляет дрожжи защищаться, прятаться, испытывать дискомфорт.

Наша гипотеза подтвердилась: в состоянии стресса при изменении внешних параметров активность дрожжей меняется

Заключение

Я изучила строение, размножение и особенности дрожжей. Удивительно наблюдать, как тесто растет у тебя на глазах. Когда я была маленькая, я думала, что это волшебство. Думаю, что большинство детей любят печь с мамами и бабушками пирожки. Приятен не только сам процесс лепки, но и результат. Из маленького комочка теста получается весьма пышная булочка. Оказывается, дрожжи «едят» сахар, и перерабатывают его в углекислый газ, благодаря которому тесто увеличивается в размерах, раздуваясь изнутри.

Опытным путем мы определили, что изменение температуры оказывает существенное влияние на жизнедеятельность дрожжей. Чем выше температура, тем активнее становятся дрожжевые клетки. Наибольший подъем дрожжей наблюдался при температуре около 30°C. Наша гипотеза подтвердилась, так при изменении внешних параметров активность дрожжей меняется. Следовательно, дрожжи тоже могут находиться в состоянии стресса, как и люди.

Температура 40°C для дрожжей становится опасна, так как уже при ней активность дрожжей практически не происходит, газообразование резко снижается. При 60°C дрожжи абсолютно не активны, их клетки погибли. Также дрожжи любят сахар, но в небольших количествах. При добавлении щепотки сахара дрожжи более активны, чем без них. Соль же, наоборот, оказывает тормозящее влияние на активность дрожжей. В этом опыте также максимальная активность дрожжей возникла при температурах 25–35°C. Большая концентрация сахара тоже способствует сниженной активности дрожжей.

Таким образом, небольшая концентрация сахара положительно влияет на активность дрожжей. Если при этом будет и оптимальная температура (около 30°C), то дрожжи начнут активно бродить.

Дрожжи весьма удивительны. Они применяются и в пищевой промышленности, и в медицине, и в косметологии. Конечно, не всегда и не всем они полезны, но от этого они не становятся менее интересными.

Я думаю, что проведенная мною работа поможет ребятам узнать особенности изменения активности дрожжей в состоянии стресса, особенности влияния изменения температуры на дрожжи, а также соли и сахара. Дальнейшие исследования в этой области могли бы помочь нам понять, как противостоять деструктивному стрессу, например. Если дрожжи испытывают стресс, значит, есть и механизмы, позволяющие им проти-

востоять ему. А использование микроскопа поможет окунуться в удивительный микромир, и посмотреть на дрожжи совершенно по-новому.

Список литературы

1. Бабьева И.П., Чернов И.Ю. Биология дрожжей: Учебное пособие для университетов. – М.: 2015. – 212 с.
2. Еремина Е.А. Микробиология: Учебное пособие. – М.: 2017. – 202 с.
3. Помозова В.А Хафизова С.Г. Исследование особенностей жизнедеятельности дрожжей // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – С. 13–15.
4. Чернов И.Ю. Дрожжи в природе. – М.: КМК, 2016. – 332 с.
5. URL: http://sinref.ru/000_uchebniki/00500biologia/.
6. URL: <http://www.bio.msu.ru/res/DictionaryAttachment/211/>.
7. URL: <https://planet-today.ru/novosti/nauka/item/99181>.
8. URL: <http://psycentr-algis.ru/stress-u-drozhzhej/>.