

МИКРОБИОЛОГИЯ

В. И. КУДРЯВЦЕВ

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ  
СВОЙСТВ У ДРОЖЖЕЙ**

(Представлено академиком А. А. Рихтером 1 IV 1938)

Из всей проблемы экспериментального изменения микроорганизмов особый интерес и значение представляет вопрос о выведении новых форм с новыми ферментативными свойствами.

Такие примеры известны в литературе [Effront (1898 г.), Hartmann (1903 г.), Massini (1906 г.) и др.], но они единичны, многим кажутся мало убедительными и поэтому до сих пор не привлекли к себе того внимания, которого они заслуживают. Если бы удалось в полной мере овладеть этим процессом, понять его сущность, то мы имели бы в своих руках мощный фактор переделки природы живого организма.

Мы начали работу в этом направлении еще в 1932 г. Опытными организмами были дрожжи, так как эта группа микробов более удобна для изучения вопросов изменчивости. Их величина и более выраженная форма позволяют лучше контролировать опыты. Кроме того считается еще с конца прошлого столетия (Hansen, Klöcker) и до сих пор, что ферментативные свойства их наиболее постоянны, поэтому всякое изменение этих свойств должно быть особенно убедительным.

Теоретической предпосылкой приводимых ниже опытов было убеждение в том, что усложнение ферментативного комплекса у различных видов дрожжей одного и того же рода (иначе говоря, способность сбрасывать все большее разнообразие сахаров) происходило в известной последовательности в процессе эволюции и что такое усложнение можно воспроизвести и продолжить в условиях эксперимента.

Такой вывод был сделан отчасти в результате систематического изучения дрожжевой флоры в различных местах обитания.

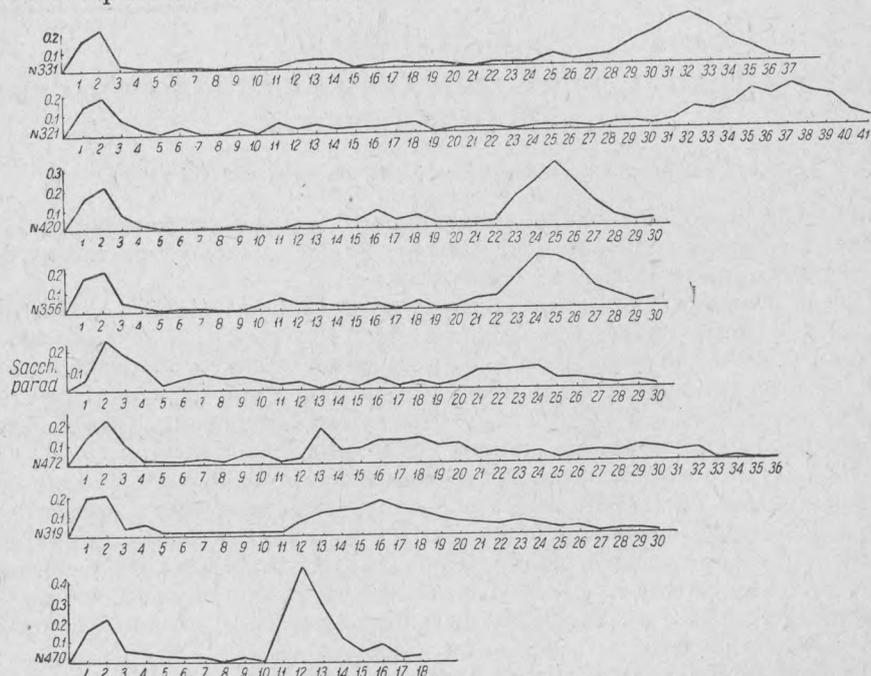
Сравнительно морфологическое и сравнительно физиологическое исследование различных видов дрожжей дали возможность (по крайней мере в отношении некоторых видов) предположительно наметить и путь постепенного усложнения ферментативного комплекса, связанного с расширением ареала их распространения. Так например, оказалось возможным заключить, что наиболее близко стоящими друг к другу видами рода *Saccharomyces* являются *Saccharomyces paradoxus* (Batsch) и *Sacch. cerevisiae* var. *ellipsoideus* (Dekker).

На основании анализа сущности различий этих двух видов было предположено затем, что широко используемый человеком в бродильной промышленности культурный вид *Saccharomyces cerevisiae* является исто-

рически более поздним видом, происшедшим от более старого, дикого вида типа *Saccharomyces paradoxus* с приобретением новой способности сбраживать новый сахар — мальтозу.

Дело в том, что мальтозу с полным правом можно было бы назвать также «культурным» сахаром, ибо этот сахар в больших количествах впервые появился с тех пор, как человек научился осахаривать крахмал и ввел это в практику в начале при приготовлении кваса и пива, а затем и при производстве спирта. В естественных условиях, в природе, он встречается в незначительных количествах.

С этой практической деятельностью человека мы предположительно связывали появление нового вида *Saccharomyces* (*Sacch. cerevisiae*), обладавшего новой способностью сбраживать новый сахар и затем бессознательно отобранного человеком.



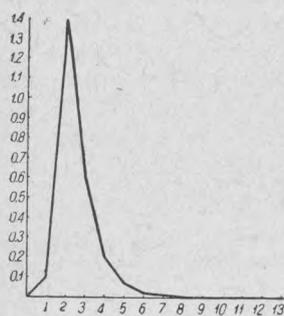
Фиг. 1.—*Sacch. paradoxus*.

С такой рабочей гипотезой мы решили сделать попытку воспроизвести когда-то происшедший случай новообразования фермента мальтозы в условиях эксперимента.

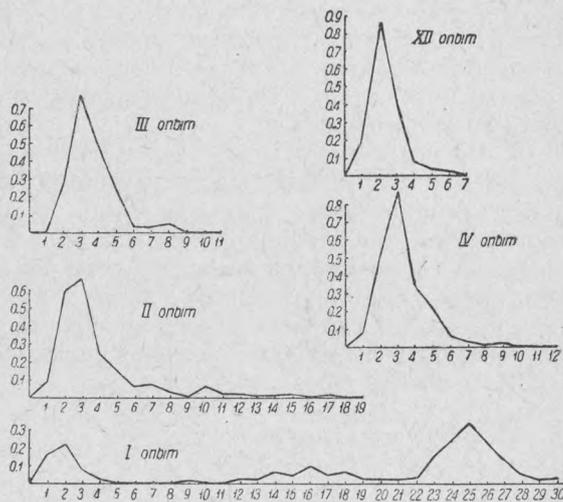
Методика опыта была подсказана вышеприведенными рассуждениями. Питательной средой для развития *Sacch. paradoxus* мы взяли крепкое (14° Ball.) неохмеленное пивное сусло, богатое азотными питательными веществами и содержащее около 1—1½% глюкозы, фруктозы и сахарозы и около 8—9% мальтозы.

Все культуры штаммов *Sacch. paradoxus* были выделены из одной клетки. Зараженные этими культурами колбы с пивным суслом (по 50 см³) стерильно закрывались резиновыми пробками с бродильными затворами, позволяющими довольно точно учитывать потерю углекислого газа при брожении. Колбы ежедневно и в определенный час взвешивались. По ежедневной потере углекислого газа судили о происходящем процессе сбраживания сахаров сусла опытными штаммами в течение длительного времени.

В качестве контроля были взяты дрожжи *Sacch. cerevisiae* XII, которыми отдельно заражались колбы с одинаковым суслим и при тех же условиях. Многочисленными опытами длительного сбраживания суслиа штаммами *Sacch. paradoxus* было выяснено, что последние вначале используют только обычно (в норме) сбраживаемые сахара суслиа—глюкозу, фруктозу и сахарозу. После этого брожение прекращается: мальтоза остается нетронутой. В этот период можно видеть, что дрожжи не только перестают размножаться, но под влиянием продуктов обмена, а также, видимо, вследствие углеводного голодания часть клеток начинает отмирать. При дальнейшем наблюдении за колбами с ежедневным взвешиванием обнаруживается вторичное размножение некоторых клеток опытных культур, сопровождающееся вторичным брожением суслиа, во время которого исчезает и мальтоза. Получаются своеобразные двухвершинные кривые брожения суслиа (фиг. 1).



Фиг. 2.—*Sacch. cerevisiae* XII.



Фиг. 3.—*Sacch. paradoxus* № 420.

В противоположность этому брожение в контрольных колбах, зараженных *Sacch. cerevisiae* XII, протекает по типу одновершинной кривой (фиг. 2); указывающей на одновременное сбраживание всех сахаров суслиа, включая и мальтозу.

Если теперь произвести пересевы из колб с *Sacch. paradoxus* после вторичного брожения в свежее суслио и повторять эти опыты пересевов дальше, то кривые брожения суслиа при той же продолжительности опыта оказываются уже одновершинными, т. е. сходными по типу с контрольными (*Sacch. cerevisiae* XII), хотя степень сбраживаемости суслиа и меньше (фиг. 3).

Что же произошло в колбах, зараженных отдельными штаммами *Sacch. paradoxus*?

Как уже указывалось выше, каждый штамм был выделен из одной клетки. Постановка опытов полностью исключала заражение колб извне. К тому же при любом количестве повторностей опытов результат получается в общем один и тот же, различаясь лишь в деталях.

При изучении осадков дрожжей в колбах после вторичного брожения суслиа оказывается, что в первоначально однородных культурах *Sacch. paradoxus* возникли новые морфологически сходные формы дрожжей, обладающие однако новой особенностью сбраживать чистую мальтозу в питательной среде Ганзена. Вместе с новыми формами в культурах постоянно имеются и физиологически неизменные, исходные формы *Sacch. paradoxus*.

Анализы многочисленных повторных опытов брожения сусла штаммами *Sacch. paradoxus* позволяют сделать следующие выводы:

1. Все исследованные (14) штаммы *Sacch. paradoxus*, оставаясь более или менее продолжительное время (в отдельных случаях до 50 дней) в пивном неохмеленном сусле, всегда дают начало возникновению новой формы дрожжей с новой особенностью сбраживать мальтозу. При этом способность сбраживать другие сахара (глюкозу, фруктозу, маннозу, галактозу, сахарозу и частично раффинозу) остается неизменной по сравнению с исходным видом.

2. Новая форма *Sacch. paradoxus* возникает в пивном сусле в период после окончания первичного брожения сусла, т. е. после использования обычно сбраживаемых сахаров сусла (глюкозы, фруктозы и сахарозы). При этом только единичные клетки-организмы культуры дают начало новой «мальтозной» форме. Остальные клетки исходной культуры или погибают или остаются в состоянии покоя, не имея возможности развиваться за счет мальтозы сусла.

3. Не всякая вновь возникшая «мальтозная» форма *Sacch. paradoxus* является полноценной. Наблюдались случаи, когда эта форма погибала после 3—4 пересевов в свежее сусло. В других случаях приобретенная способность дрожжей сохранялась во все время продолжения опытов.

4. По своим ферментативным и морфологическим свойствам «мальтозная» форма *Sacch. paradoxus* сходна с культурным видом *Sacch. cerevisiae*. Однако она отличается от последнего тем, что, как и исходный вид, не может образовать в сахаросодержащих жидкостях больше 6—7% спирта.

Изучение вопроса продолжается.

Микробиологический институт.  
Академия Наук СССР.  
Москва.

Поступило  
2 IV 1938.