

МИКРОБИОЛОГИЯ

Р. С. КАЦНЕЛЬСОН и М. А. ХЕНОХ

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ДРОЖЖИ

(Представлено академиком Л. А. Орбели 28 VI 1950)

Ультразвуковые колебания (УЗК) находят все более широкое применение в физике, химии и биологии, а также в различных областях техники и промышленности (1-3).

В связи с работами по изучению влияния УЗК на коллоидно-химические и физико-химические процессы (4) нам казалось интересным исследовать также изменение биологических свойств микроорганизмов под влиянием действия УЗК. Мы остановились на выяснении изменений физиологических свойств дрожжей — микроорганизмов, имеющих большое практическое и производственное значение.

Литературные данные, касающиеся изучения воздействия УЗК на дрожжи, противоречивы. По одним источникам, действие УЗК вызывает разрушение дрожжевых клеток (5), по другим, под влиянием УЗК происходит лишь уменьшение объема и сморщивание клеток, а затем их гибель (6) и, наконец, есть указание, что дрожжи, например *Saccharomyces cerevisiae* относятся к формам абсолютно устойчивым по отношению к воздействию УЗК (7). Такие разноречивые результаты следует, повидимому, отнести за счет условий проведения опытов. В указанных исследованиях озвучивание производилось в различных средах, с различными концентрациями дрожжевых супензий и при различной частоте колебаний. По вопросу же о влиянии озвучивания на ферменты все исследователи приходят к заключению о необратимом инактивировании ферментов под действием УЗК (3).

В настоящем сообщении нами приводятся данные о влиянии УЗК на дрожжи, которые мы получали с Ленинградского дрожжевого завода в виде прессованных маточных дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*). Озвучивание производилось на установке уже описанной ранее (4). Частота колебания кварцевой пластинки была 425 килогерц. Действию УЗК подвергались дрожжевые супензии различных концентраций: 2; 4; 8 и 20% в течение 0,5; 1; 2; 4 и 5 часов. Опыты показали, что озвучивание не вызывало никаких изменений в микроскопической картине дрожжей: величина клеток не изменялась, сморщивания не происходило. Считая, что гибель клеток могла наступить без видимых морфологических изменений, мы производили окрашивание озвученных дрожжей метиленовой синью по Имшенецкому (метод, позволяющий, как известно, выявить количество мертвых клеток). Кроме того делались высеивы на чашки Петри с солодовым агаром. Оба метода дали вполне четкие и совпадающие результаты: процент мертвых клеток в озвученной дрожжевой супензии никогда не превышал такового в супензии, не подвергавшейся озвучиванию. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что никаких вредных влияний на жизнеспособность дрожжей ультразвук, в наших условиях опыта, не оказывает.

Для освещения вопроса о том, как влияет УЗК на ферментативную активность исследуемых дрожжей, были поставлены опыты по определению бродильной энергии, активность каталазы и протеазы озвученных дрожжей. Бродильная энергия определялась весовым путем, т. е. по убытку CO_2 при сбраживании 50 мл 10% раствора глюкозы 1 г дрожжей. Протеаза — по нарастанию азота — NH_2 -групп при аутолизе, каталаза определялась по методу Баха и Опарина. Во всех случаях ставился дополнительный контрольный опыт, так как повышение температуры дрожжевой супензии, достигавшее во время озвучивания $39^\circ \pm 2^\circ$ могло оказать влияние на ферментативную активность дрожжей. Поэтому, кроме обычного контроля, т. е. неозвученной супензии, находившейся при комнатной температуре, ставился еще второй контроль — дрожжевая супензия, которая подвергалась тем же температурным воздействиям, что и озвученная. (Для большей точности всегда готовилась одна дрожжевая супензия, которая затем разделялась на три части.)

Таблица 1

№ опыта	Выделилось CO_2 в г за 24 часа				Стимуляция бродильной энергии в %	
	Контроль	Контроль с температурным воздействием	Воздействие УЗК			
			1 час	3 часа		
1	0,63	0,63	0,72	—	13	
2	0,87	0,87	1,01	1,01	16	
3	0,88	0,88	1,03	—	17	
4	0,85	0,85	0,95	0,95	12	
5	0,85	—	1,17	1,00	18	
					15	

Данные, приведенные в табл. 1, позволяют заключить, что воздействие ультразвуком в течение 1 часа (озвучивалась 4% супензия дрожжей в воде, которая затем разбавлялась глюкозой) повышает бродильную энергию дрожжей примерно на 15%, причем этот эффект не изменяется при дальнейшем озвучивании.

Хлебопекарные качества озвученных дрожжей проверялись по подъему теста.

Подъемная сила определялась по методу Островского (время всплытия шарика-теста) и по методу подъема теста за одно и то же время.

Таблица 2

Время всплытия шарика в мин.				Высота подъема теста в цилиндре за 40 мин. в мм			
Контроль	Контроль с температурным воздействием	Озвученные	Стимуляция в %	Контроль	Контроль с температурным воздействием	Озвученные	Стимуляция в %
12	12	10	17	179	180	210	16
14	14	11	22	187	185	220	18
14	14	12	14	178	179	208	16

Цифры, приведенные в табл. 2, показывают, что оба метода дали совпадающие результаты. Тесто, замешанное на дрожжах, подвергавшемся воздействию ультразвука, поднималось быстрее контрольного на 15%, а время всплытия шарика снижалось, примерно, на 18%.

Опыты по определению активности каталазы в озвученных дрожжах показали, что активность этого фермента не изменяется, протеолитическая же активность несколько увеличивается.

Как известно из литературы (8-10), при воздействии УЗК на воду, в ней образуются кислоты и перекись водорода, а при озвучивании водных растворов органических соединений последние испытывают окислительные расщепления (4). В результате образуются органические кислоты, вызывающие сильное падение рН.

Для выяснения влияния изменения рН при озвучивании на активность дрожжей нами определялось изменение рН 4% дрожжевой суспензии с помощью стеклянного электрода. Полученные данные показали, что сдвиги рН невелики и объяснять ими изменение ферментативной активности дрожжей не представляется возможным. Так, например, если рН исходной (контрольной) дрожжевой суспензии был 4,42, то после озвучивания в течение 1, 2 и 3 часов значение рН соответственно возросло до 4,73 и 4,86 и после 3 часов было равно 4,91. По литературным данным следовало предположить, что озвучивание вызывает переход дрожжевых ферментов в среду, однако, в проведенных нами опытах фильтрат из озвученной дрожжевой суспензии всегда оказался инактивным.

Кроме опытов с дрожжами нами были поставлены опыты по влиянию УЗК на микрофлору продажного молока. В этом случае получены результаты, полностью совпадающие с данными других авторов. После 1 часа озвучивания происходило пятикратное уменьшение числа колоний при высеивании на чашки Петри.

Известно, что ферментативная активность дрожжей изменяется под влиянием различных факторов. Так, например, Р. А. Бранопольская (11) и другие указывают, что бродильная энергия и подъемная сила хлебопекарных дрожжей при облучении их ультрафиолетовыми лучами, увеличивалась на 20%. Наши данные, полученные действием УЗК на дрожжи, имеют подобный же характер. В литературе мы не встречали указаний на аналогичное действие ультразвука на дрожжи. Обнаруженный эффект представляет теоретический интерес и может иметь также и практическое значение.

Повидимому, сходное действие ультрафиолетовых лучей и УЗК основано на изменениях, которые вызываются в клетках активацией окислительных реакций под их влиянием (12-15).

Государственный естественно-научный институт
им. П. Ф. Лесгатфа

Поступило
18 VI 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. С. Уразовский и И. Г. Погоцкий, Усп. хим., 8, 885 (1940).
² L. Bergmann, Der Ultraschall, 1942. ³ И. Е. Эльпинер, Усп. совр. биол., 25, № 2 (1948). ⁴ И. И. Жуков и М. А. Хенох, ДАН, 68, № 2 (1949).
⁵ J. D. Beckwith and C. E. Weaver, Journ. Bact., 32, 361 (1936). ⁶ H. v. Euler u. B. Skarzynski, Naturwissenschaften, 31, 389 (1943). ⁷ P. K. Stumpf, D. E. Green and F. W. Smith, Journ. Bact., 51, 487 (1946). ⁸ И. Г. Погоцкий, ЖОХ, 17, 649 (1947). ⁹ И. Г. Погоцкий, ЖОХ, 17, 1048 (1947).
¹⁰ И. Г. Погоцкий, ЖФХ, 22, 787 (1948). ¹¹ Р. А. Бранопольская, Хлебопекарная промышленность, № 4—5, 27—30 (1939). ¹² О. Истомина и Е. Островский, ДАН, 2, 153 (1936). ¹³ Я. И. Френкель, ЖФХ, 14, 305 (1940).
¹⁴ С. И. Бреслер, ЖФХ, 14, 309 (1940). ¹⁵ C. Ellis and A. Wells, The chemical action of ultraviolet rays, 1941.