

УДК 663.14

# Влияние штаммов хлебопекарных дрожжей на выход биомассы и бродильную активность клеток

О.И. ПОНАМАРЕВА, Э.Г. ЧЕНАК

Государственный центр «Хлеб»

Е.В. СОБОЛЕВА, Т.А. КАПРАНОВА

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

*On a large number of yeast cultures the relationship between the important for production indices of the process of cultivating the baker's yeast and of the final product and the inherited peculiarities of initial strain materials has been studied. It is shown that the value of economic coefficient of utilization of the substrate is to a large extent depends on the properties of strains, especially under the conditions of full or partial exclusion of catabolic repression. The inter-strain differences in the fermentation activity of cells and in the synthesis of trehalose by them were revealed.*

Известна роль активных рас микроорганизмов в интенсификации любого микробиологического производства, в том числе дрожжевого. Однако в публикациях, касающихся культивирования хлебопекарных дрожжей, конкретные данные о возможном влиянии штаммового материала на ход технологического процесса и качество готовой продукции представлены крайне скучно. В основном приводятся только требования, предъявляемые к штаммам хлебопекарных дрожжей, используемым в дрожжевой промышленности. Они должны обладать способностью к размножению с высоким экономическим коэффициентом в концентрированных мелассных субстратах и иметь активный комплекс бродильных ферментов для сбраживания мучных сред в хлебопечении [1]. В литературе обсуждается возможность объединения перечисленных признаков в одном объекте [2].

В то же время в связи с открывающимися возможностями генной инженерии по конструированию штаммов с желаемыми свойствами необходимо более четко и детально представлять, какие именно свойства исходных дрожжевых культур следует изменять для повышения эффективности дрожжерастительного процесса и улучшения качества готовой продукции.

Целью настоящей работы являлось установление зависимости некоторых важных для производства показателей процесса культивирования хлебопекарных дрожжей от штаммовых особенностей используемых дрожжевых культур.

Для проведения исследования использовали промышленные штаммы пекарских дрожжей, хранящиеся в кол-

лекции дрожжевых культур Государственного центра «Хлеб». Дрожжи выращивали на лабораторной установке в условиях, имитирующих производственный процесс. Культивирование осуществляли последовательно в три стадии, отличающиеся режимами подачи углеводного питания.

Первая стадия протекала в условиях простой периодической культуры с аэрацией. Начальная концентрация сахара в среде составляла 4,3 %, величина pH – 4,5.

Вторую и третью стадии выращивания осуществляли в периодической культуре с притоком питательной среды и аэрацией. Количество посевного материала во 2-й стадии составляло 10 % от массы мелассы, в 3-й – 30 %.

Режим культивирования на последней (3-й) стадии предусматривал ряд приемов, направленных на обогащение клеток резервным углеводом трегалозой: снижение расхода мелассы в конце культивирования; прекращение подачи азотного питания в последние 2 – 3 ч процесса; получасовое выдерживание слабоаэрируемой культуральной жидкости без притока углеводного питания в конце выращивания.

Полученные дрожжи оценивали по бродильной активности (подъемной силе и способности сбраживать мальтозу) [3] и содержанию в клетках трегалозы [4].

О продуктивности штаммов хлебопекарных дрожжей судили по экономическому коэффициенту утилизации субстрата (выходу биомассы), выраженному в процентах от потребленной мелассы, содержащей 46 % (по массе) сбраживаемых сахаров. При этом расчет вели

*Выход биомассы, бродильная активность дрожжей и содержание в них  
трегалозы при использовании разных штаммов дрожжей*

Штамм	Выход биомассы, %			Бродильная активность, мин		Содержание трегалозы, мас. %
	1-я стадия	2-я стадия	3-я стадия	Подъемная сила	Мальтазная активность	
1	28,4	98,7	98,4	48	180	16,4
2	27,8	102,7	97,2	48	180	17,0
3	26,3	101,0	91,6	48	193	16,9
4	23,1	84,5	91,7	43	127	—
5	23,5	88,8	91,6	40	100	12,0
6	21,5	75,5	91,0	38	53	—
7	27,7	84,4	90,0	41	42	15,1
8	25,7	69,7	90,0	39	63	9,5
9	23,0	77,9	89,5	43	138	—
10	23,4	84,8	89,0	43	105	11,2
11	25,2	85,2	88,5	41	116	15,2
12	22,4	79,6	88,4	47	61	15,2
13	23,6	66,9	88,4	45	143	—
14	25,5	69,0	88,0	38	39	13,3
15	25,4	83,7	87,9	43	81	16,7
16	23,8	78,7	87,9	41	70	12,2
17	22,8	87,1	87,7	42	83	9,3
18	23,0	78,8	87,6	44	89	12,0
19	24,3	75,0	87,4	39	63	—
20	21,5	72,2	87,3	44	59	9,4
21	23,4	76,6	87,1	42	53	12,3
22	23,4	93,5	86,5	43	37	10,4
23	26,3	93,6	85,3	45	190	13,8
24	27,2	84,7	85,7	37	93	10,8
25	24,2	77,5	85,3	42	63	8,6
26	24,9	63,5	85,1	44	83	—
27	23,9	70,2	84,0	37	34	12,1
28	22,7	79,3	83,0	45	320	21,1
29	28,0	78,5	80,9	41	29	13,1
30	23,1	78,4	80,1	38	66	—
31	21,8	71,0	81,0	45	56	12,2
32	26,3	73,3	79,2	41	39	11,8
33	26,9	76,9	77,5	43	30	13,0
34	28,1	73,0	77,5	33	58	8,6

с учетом содержания в дрожжах 27,5 % массовой доли сухих веществ.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

**Продуктивность дрожжевых культур.** Для определения условий, при которых проявляются штаммовые различия в продуктивности дрожжевых культур, их выращивали в режимах, отражающих основные пути метаболизма *Saccharomyces cerevisiae* в сахаросодержащих средах.

Так, первая стадия культивирования характеризовалась высокой концентрацией сахара в среде и незначительной аэрацией. В таких условиях вследствие проявления эффекта Крэбтри большая часть углеводов мелассы превращается в спирт и выход биомассы, как правило, не превышает 25 % [5]. Оценка продуктивности дрожжевых культур (см. таблицу) при этом выявила некоторые различия исследуемых штаммов в способности утилизировать сахар среды в данных условиях. В частности, экономический коэффициент утилизации субстрата (выход биомассы) для штаммов 1, 29, 32, 33 и 34 колебался в пределах 26,3 – 28,4 %, в то время как большинство штаммов менее экономично использовали субстрат: выход биомассы колебался в пределах 21,5 – 23,0 %.

Еще больше отличались штаммы между собой на второй стадии культивирования, где режим подачи углеводного питания предполагал только частичное (15 %) сбраживание углеводов. Здесь разница в продуктивности отдельных культур достигала 39,2 % (штаммы 2 и 26). При этом более 60 % изучаемых культур оказались штаммами бродильного типа, у которых доля сахара, потребленного по гликолитическому пути, превышала расчетную величину (штаммы 6, 8 – 9, 12 – 14, 16, 18 – 21, 25 – 34). В то же время среди исследуемых культур имелись такие, при размножении которых в тех же условиях была почти полностью исключена катаболитная репрессия, и выход биомассы в данном случае достигал 98,7 – 102,7 % (штаммы 1, 2, 3).

Так же значительно было влияние штаммовых особенностей дрожжей на характер потребления субстрата при выращивании их на третьей, последней стадии культивирования в режиме, предполагающем исключительно дыхательный метаболизм углеводов. Как следует из результатов исследований, только два из изученных штаммов (1 и 2) были способны утилизировать сахара мелассы в цикле трикарбоновых кислот (ЦК); в этом случае экономический коэффициент достигал 98,4 и 97,2 % соответственно. При размножении остальных дрожжевых культур выход биомассы был значительно ниже и колебался в пределах 77,5 – 91,6 %, что, воз-

можно, связано с более высокой потребностью большинства штаммов в стимуляторах роста .

Из сказанного следует, что межштаммовые различия продуктивности дрожжевых культур максимально наблюдаются в условиях незначительного проявления катаболитной репрессии (2-я стадия культивирования) или ее полного исключения (3-я стадия), в то время как в простой периодической культуре, где преобладает спиртовое брожение, коэффициенты утилизации субстрата при использовании разных штаммов имеют менее существенные различия.

**Бродильная активность дрожжей.** Хлебопекарные свойства штаммов дрожжей оценивали по их бродильной активности, т.е. по подъемной силе и способности ферментировать мальтозу. Первый показатель характеризует способность дрожжей сбраживать такие сахара теста, как глюкоза, фруктоза и сахароза, и является основной нормируемой характеристикой при оценке качества готовой продукции.

Как видно из приведенных в таблице данных, все исследуемые культуры имели высокое значение подъемной силы. Причем вариация этого показателя в зависимости от используемого штамма была достаточно велика и лежала в пределах 33...48 мин.

При определении второго показателя бродильной активности – мальтазной активности выявились резкие межштаммовые различия. Способность сбраживать мальтозу у дрожжей, полученных в идентичных условиях, колебалась в пределах 30...320 мин (штаммы 28 и 33), причем не установлено строгого соответствия между интенсивностью размножения и мальтазной активностью дрожжей. Однако тенденция к обратной корреляции этих показателей на большом штаммовом материале все же прослеживается: культуры бродильного типа с высокой способностью ферментировать мальтозу (28...30 мин) имели в мелассной среде пониженный экономический коэффициент утилизации субстрата (менее 85 % – у штаммов 27, 29 – 34), и, наоборот, у наиболее продуктивных культур (штаммы 1, 2, 4) наблюдалась низкая мальтазная активность (180...193 мин).

Тем не менее из большого количества дрожжевых культур можно выбрать штаммы, в известной степени объединяющие в себе указанные полезные признаки (например, в нашем случае штаммы 6, 7 и 8).

**Содержание трегалозы в дрожжевых клетках.** Трегалоза, являясь резервным углеводом, играет важную роль в жизнедеятельности дрожжей. Ее содержание определяет общую неспецифичную устойчивость дрожжевых клеток к различным неблагоприятным воз-

действиям внешней среды, в частности к высушиванию. Таким образом, этот биохимический показатель является важной производственной характеристикой дрожжевых культур. Считается, что высокое качество готовой дрожжевой продукции может быть достигнуто при уровне трегалозы в клетках не менее 8 %. Из литературных данных известно о влиянии на содержание резервных углеводов в дрожжах не только способа культивирования, но и штаммовых особенностей дрожжевых клеток. Кроме того, было замечено, что одни и те же условия выращивания (в частности, аэробиоз) могут вызвать противоположную реакцию в плане повышения резерва трегалозы у таких близких по своему систематическому положению микроорганизмов, как хлебопекарные и спиртовые дрожжи. Поэтому нашей задачей было установить, справедливы ли используемые нами приемы культивирования, направленные на обогащение клеток трегалозой, для любых штаммов хлебопекарных дрожжей и сохраняются ли при этом межштаммовые различия в синтезе запасных углеводов.

Представленные в таблице данные показывают значительные колебания в содержании трегалозы у исследуемых культур (8,6 – 21,1 %). Однако даже штаммы с наименьшей склонностью к синтезу этого дисахарида имеют достаточно высокий резерв трегалозы для получения коммерческих дрожжей хорошего качества. При этом были найдены культуры, у которых в одних и тех же условиях обнаруживалась способность к повышенному синтезу трегалозы (штаммы 1, 2, 3, 15, 28).

Резюмируя сказанное, можно сделать вывод о том, что штаммовые особенности хлебопекарных дрожжей влияют на такие показатели процесса культивирования, как экономический коэффициент утилизации субстрата (в условиях минимального проявления глюкозного эффекта), содержание трегалозы в клетках и их бродильная активность.

### Список литературы

1. Инструкция по микробиологическому и технохимическому контролю дрожжевого производства. – М.: Легкая и пищевая промст., 1984.
2. Косиков К.В. Биологическая продуктивность и ферментативная активность полиплоидных гибридов дрожжей // Микробиология. 1982. Т.51. Вып. 2.
3. Меледина Т.В. Научное обоснование и разработка высокоэффективных технологий дрожжей *S.cerevisiae*: Автреф. дис. д-ра техн. наук. – СПб., 2002.
4. Семихатова Н.М. Хлебопекарные дрожжи. – М.: Пищевая промышленность, 1980.
5. Trevelyan W.E., Harrison Y.S. Studies on yeast metabolism. I. Fractionation and microdetermination of cell carbohydrates.// Biochem. J., 1952, 50, 3.