

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА ВЫХОД И КАЧЕСТВО ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

Пономарева О.И., Черныш В.Г., bio@hlebspb.ru
Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий
Прохорчик И.П.,
Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий

В связи с тем, что качество дрожжей не всегда удовлетворяет требованиям хлебопекарной отрасли, в данной работе приведены результаты исследований о влиянии различных технологических факторов культивирования на выход и ферментативную активность хлебопекарных дрожжей.

Ключевые слова: хлебопекарные дрожжи, выход, качество, технологические параметры.

В последние годы хлебопекарные предприятия предъявляют повышенные требования к качеству пекарских дрожжей, а именно к бродильной активности и сохранению ее в течение срока, указанного в Технических условиях. Эти требования вызваны как более широким использованием ускоренных технологий приготовления теста, так и экономическими соображениями - возможностью сокращения нормы дрожжей, обладающих повышенной бродильной активностью, а, следовательно – снижением себестоимости хлебобулочной продукции.

При изучении влияния различных факторов на качество дрожжей определяли подъемную силу, мин (в соответствии с ГОСТ 171-81), мальтазную активность, мин (время, в течение которого 5г дрожжей выделяют 10 см^3 диоксида углерода при ферментации 20 см^3 5%-го раствора мальтозы), содержание трегалозы в клетках, % от СВ (сухих веществ клетки). Сохранность качественных показателей дрожжей в значительной степени зависит от содержания трегалозы – основного резервного углевода клеток.

Штаммы хлебопекарных дрожжей. Для удовлетворения потребностей хлебопекарной отрасли одним из основных путей является использование на дрожжевых предприятиях для выращивания коммерческой продукции высокоактивных штаммов дрожжей. Такие штаммы отличаются от широко применяемых на всех дрожжевых заводах высокопродуктивных штаммов (которые применяют для производства продукции, используемой при получении теста по опарным технологиям) тем, что обладают конститутивными, а не адаптивными ферментами мальтазной системы: **а-глюкозидазы** и пермеазы [1]. Дрожжи, полученные с использованием высокоактивных штаммов, обладают значительно более высокой мальтазной

активностью, благодаря чему сокращается время брожения и расстойки тестовых заготовок. Кроме того, подъемная сила таких дрожжей несколько выше, чем высокопродуктивных, благодаря более высокой активности фермента **В - фруктофуранозидазы** (табл. 1).

Таблица 1

Показатели промышленных штаммов хлебопекарных дрожжей

Штамм	Выход биомассы, %	Подъемная сила, мин сила, мин	Мальтазная активность, мин	Содержание трегалозы, % от СВ
ЛВ-7	95-100	38-43	150-180	15-17
ЛК	95-100	40-43	150-180	15-17
ЛВЗ	95-97	35-43	140-160	12-14
Л-80	90-92	35-37	45-50	8-10
Л-127	85-90	32-35	35-40	8-10
Л-129	80-85	30-32	30-35	8-10
Л-144	85-90	32-34	35-45	10-12
Л-153	85-90	35-40	40-45	13-15
Л-80У	80-85	25-32	30-35	8-9

Из таблицы следует, что высокопродуктивные штаммы ЛВ-7, ЛК и ЛВЗ отличаются от остальных штаммов более низкой мальтазной активностью, т.е. большей продолжительностью времени сбраживания мальтозы, несколько более низкой подъемной силой, однако более высоким выходом биомассы.

На качественные показатели дрожжей также оказывают влияние следующие факторы: качество сырья, режим культивирования, концентрация углеводов и минеральных источников, в питательной среде, наличие витаминов и микроэлементов, температура, интенсивность аэрации и величина рН среды, выделение, фильтрация и прессование дрожжей, наличие посторонних («диких») дрожжей и бактерий.

Качество основного сырья дрожжевого производства – свекловичной мелассы оказывает значительное влияние на активность размножения клеток и качество продукции. Меласса содержит углеводы, биологически активные вещества, стимуляторы и ингибиторы роста дрожжей, комплекс зольных компонентов. В случае использования мелассы, не содержащей необходимое для размножения дрожжей количество тех или иных соединений, их следует вносить в питательную среду.

Витамины. Наиболее важными стимуляторами роста дрожжей являются биотин (В₇), пантотеновая кислота (В₃) и инозит (В₈). Для некоторых штаммов имеют также значение аневрин, рибофлавин, никотиновая кислота, пиридоксин, аминокислоты и фолиевая кислоты (Уайт, 1957). Хорошая меласса является источником стимуляторов роста, однако многие образцы содержат их в недостаточном количестве. Это

относится в первую очередь к биотину, недостаток которого в среде влечет за собой нарушение всех видов обмена – белкового, углеводного, жирового, а также синтеза нуклеиновых кислот. Известно, что для получения оптимального выхода биомассы в питательной среде должно находиться следующее количество витаминов, мг/т: биотина - 290, пантотеновой кислоты – 50 000, инозита – 1 200 000. Содержание этих витаминов в мелассе колеблется в следующих пределах, мг/т: биотина – 40-130; пантотеновой кислоты – 50-110; инозита – 5 700 000- 8 000 000.

Установлено, что не все количество стимуляторов среды может быть использовано дрожжами в процессе культивирования – потери из-за разрушения составляют для биотина около 14%, пантотената - 7%, инозита - 43%. Недостаток в витаминах, в особенности биотина, вызывает снижение активности размножения клеток, а также оказывает влияние на физиологическое состояние полученных дрожжей. Так, недостаток инозита может привести плохой расстойке теста, пиридоксина – к снижению зимазной и мальтазной активности. При недостаточном обеспечении пантотенатом у дрожжей быстрее наступает автолиз.

При изучении влияния количества биотина в среде на бродильную активность дрожжей установлено, что подъемная сила и мальтазная активность готовой продукции практически не зависят от этого показателя [2].

Качество дрожжей в зависимости от концентрации углеводного питания в среде культивирования. Потребность дрожжей в углеводном питании удовлетворяется за счет сахарозы, содержание которой в мелассе может достигать 50% от массы мелассы. Концентрация сахара в среде должна соответствовать скорости размножения дрожжей. В дрожжевой промышленности имеется тенденция к повышению концентрации раствора мелассы при культивировании дрожжей. Это объясняется тем, что с увеличением количества мелассы в аппарате можно получить больше биомассы. Однако при повышении концентрации сусла следует учитывать такой важный показатель, как выход дрожжей, который не должен быть снижен, так как он характеризует экономический коэффициент использования мелассы.

Изучение размножения дрожжей в средах с различной концентрацией мелассы (разведение мелассы водой в соотношениях 1: 9, 1: 6, 1: 3) показало, что увеличение концентрации среды способствовало росту накопления дрожжей (г/дм³), повышению качества продукции, однако приводило к снижению экономического коэффициента, т.е. выхода дрожжей (табл. 2) [3].

Таблица 2

Показатели дрожжей при различной концентрации питательной среды

Показатели	Разведение мелассы водой		
	1:9	1:6	1:3
Концентрация дрожжей, г/дм ³	113	148	225

Выход дрожжей, %	95,1	85,6	71,4
Подъемная сила, мин	40	36	30
Мальтазная активность, мин	55	52	46
Содержание трегалозы, % от СВ	9.5	11.0	13.3

Режимы дозировки углеводного питания. В дрожжевом производстве используют три основных режима подачи в аппарат углеводного питания, на основании которых разрабатывают конкретные технологические схемы культивирования дрожжей: 1 – с постоянной скоростью подачи раствора мелассы в аппарат; 2 – с переменной скоростью; 3 – с возрастающей скоростью в первой половине процесса и снижающейся – во второй.

Выращивание дрожжей с использованием перечисленных режимов поступления питания показало, что они оказывают влияние как на выход так и на качество дрожжей (табл. 3).

Таблица 3

Выход и качество дрожжей в зависимости от дозировки углеводного питания

Режим поступления сула	Выход дрожжей, %	Подъемная сила, мин	Мальтазная активность, мин	Содержание трегалозы, % от СВ
1	92,4	46	48	3,5
2	98,8	44	53	4,6
3	94,7	40	55	7,0

Из приведенных результатов следует, что 1-й режим обеспечивает получение наиболее высокой мальтазной активности, 2-й – выхода биомассы, 3-й – подъемной силы и содержания трегалозы в клетках [4].

Количество посевного материала. Количество посевного материала (в процентах от массы мелассы на стадию, либо в кг или тоннах) используют в зависимости от наличия на предприятии определенного количества этого материала или возможности его получить. При выборе количества посевного материала следует учитывать его влияние на выход и качество полученной продукции. В таблице 4 представлены результаты, полученные при использовании в товарной стадии 9%, 18% и 27 % посевных дрожжей.

Таблица 4

Показатели дрожжей при разных нормах использования посевных дрожжей

Показатели	Количество посевного материала, %		
	9	18	27

Концентрация дрожжей, г/дм ³	130	152	166
Выход биомассы, %	81,0	88,4	89,1
Подъёмная сила, мин	35	40	41
Мальтазная активность, мин	63	54	48
Содержание трегалозы, % от СВ	10,2	11,8	12,5

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что использование для выращивания дрожжей более высокого количества посевного материала способствует получению продукции с более высокими технологическими показателями за исключением подъемной силы.

Влияние режима и дозировки азота и фосфора на качество дрожжей.

Известно, что углерод, азот, кислород и водород составляют основу живой ткани. Источниками азота для синтеза белка являются ионы аммония и аминокислоты, причем дрожжи используют аминокислоты в первую очередь. Фосфор – основной энергетический компонент биосинтеза, входящий в состав нуклеиновых кислот АТФ, фосфолипидов, полимеров клеточной стенки, некоторых ферментов и витаминов. Дефицит фосфора в среде снижает ассимиляцию азота, а отсутствие азота полностью прекращает усвоение фосфора. Для физиологических потребностей дрожжей расходуется около 10-13 мг фосфора на прирост 10 млрд клеток.

Сравнение режимов дозировки азота в ферментер: с постоянной, переменной, нарастающей и снижающейся скоростью в ходе процесса культивирования дрожжей показало, что этот фактор не оказывает влияния ни на выход, ни на качество продукции. В то же время, количество азотного питания отражается как на мальтазной активности, так и на содержании трегалозы в клетках (табл.5).

Таблица 5

Качество дрожжей при разных дозировках азота

Расход азота, % в дрожжах с содержанием СВ 27%	Подъемная сила, мин	Мальтазная активность, мин	Содержание трегалозы в клетках, % от СВ
1,6	43	70	11,3
1,8	43	54	10,2
2,0	40	40	9,9

Дозирование фосфорного питания в среду культивирования в количестве от 0,4 до 1,2% практически не отражается на качественных показателях дрожжей и незначительно – на активности их размножения.

Влияние макро- и микроэлементов на выход и качество дрожжей.

Дрожжи нуждаются и в таких минеральных компонентах питания, как магний и калий. *Магний* стимулирует действие практически всех важнейших ферментов клетки, а энергетический обмен аденозинфосфорных кислот может осуществляться только в присутствии магния. Недостаток магния в среде (ниже 0,15% MgO к массе мелассы) приводит к снижению выхода и бродильной активности дрожжей. *Калий* стимулирует проникновение в клетку неорганического фосфора, является главным катионом цитоплазмы и оказывает значительное влияние на биосинтез, ферментативную активность и сохранность дрожжей. Необходимое содержание калия в мелассе составляет 3,5% к массе мелассы.

Ряд *микроэлементов* оказывает положительное влияние на выход и качество дрожжей. Так, использование в процессе выращивания дрожжей комплексного препарата микроэлементов, содержащего бор, цинк, медь, кобальт, молибден и йод, способствует повышению выхода, бродильной активности и сохранности продукции. Дозировка препарата составляет от 0,1 до 0,5 мг/дм³. В этом препарате цинк является одним из наиболее важных микроэлементов клетки, так как входит в состав многих металлоферментов. Играет важную роль в углеводном, фосфорном и белковом обмене клетки, активизирует деятельность мальтазного и зимазного комплекса ферментов. Бор, марганец, молибден и медь также положительно влияют на бродильную активность дрожжей. Кроме того, микроэлементы способствуют повышению содержания сухих веществ в клетках, благодаря чему дрожжи в процессе сушки быстрее отдают влагу и имеют более высокую подъемную силу [5].

Аэрация среды. Аэрация среды культивирования необходима для снабжения дрожжей кислородом, удаления образовавшегося диоксида углерода, быстрой доставки к клеткам питательных веществ и поддержания дрожжевых клеток во взвешенном состоянии. В процессе культивирования, особенно при использовании концентрированных сред, обеспеченность дрожжей кислородом имеет очень большое значение. Чем концентрированнее среда, чем более высокое содержание в ней дрожжей, тем быстрее исчерпывается растворенный кислород. При недостаточном количестве кислорода возрастает угнетающее действие высокой концентрации сахара, в результате чего происходит ферментация части сахара в спирт. При этом выход биомассы снижается, но возрастает бродильная активность дрожжей.

Количество воздуха, необходимое при культивировании, составляет в среднем 20м³ на 1кг прироста дрожжей. Однако с увеличением высоты столба жидкости в аппарате расход воздуха может быть уменьшен за счет лучшей растворимости кислорода в среде. Так, при высоте столба жидкости 3м требуется 16м³ воздуха на 1кг прироста дрожжей; высоте 6м – 8 м³/кг; высоте 8м – около 6м³ воздуха/кг [6].

Активная кислотность (рН) среды. Дрожжи сохраняют жизнедеятельность в широком диапазоне активной кислотности среды – от 2,5 до 6,5. От величины рН зависит скорость поступления в клетку питательных веществ, активность ферментов, синтез белка, синтез витаминов. Однако оптимальной величиной для размножения дрожжей является рН 4,0 – 5,5, для синтеза резервного углевода трегалозы – 4,5 – 5,0. Повышение величины рН в конце культивирования до 5,5 – 6,0 также способствует активации синтеза трегалозы в клетках и, кроме того, получению более светлой продукции. И, напротив, при снижении рН до 3,5-3,0 дрожжи имеют более низкую сохранность вследствие низкого содержания трегалозы и темный цвет.

Температура среды при культивировании и дозревании. Процесс культивирования дрожжей состоит из двух этапов – выращивания и дозревания. От первого этапа зависит выход продукции, от второго – качество.

Известно, что оптимальной для размножения хлебопекарных дрожжей является температура 30⁰С. Повышение температуры с 20 до 40⁰С способствует интенсификации синтеза трегалозы в клетках, однако приводит к снижению выхода и бродильной активности дрожжей. Разработан способ направленного синтеза этого резервного углевода в дрожжах путем изменения температурного режима их культивирования, заключающегося в постепенном повышении температуры среды с 30 до 39 - 40⁰С за 3-4 ч до окончания выращивания. Предложенный режим культивирования обеспечивает получение продукции с высоким содержанием трегалозы без снижения выхода и качества дрожжей [4]. При использовании штамма дрожжей, обеспечивающего получение продукции с достаточным количеством резервных углеводов в клетках без повышения температуры среды в конце культивирования, рекомендовано при дозревании дрожжей снижать температуру среды до 24-27⁰С, а также уменьшать количество подаваемого в аппарат воздуха [6]. Как установили авторы, такой режим дозревания способствует улучшению бродильной активности продукции (табл. 6).

Таблица 6

Влияние аэрации при дозревании дрожжей на их качество

Показатели	Количество воздуха, подаваемого в ферментер, м ³ /ч/м ³			
	100	80	60	40
Подъемная сила, мин	56	56	55	44
Мальтазная активность, мин	68	65	64	62

Ингибиторы дрожжей. Торможение или полную остановку жизнедеятельности дрожжей могут вызвать присутствующие в питательной среде вредные примеси и ингибиторы (табл. 7).

Таблица 7

Количество вредных примесей, влияющих на рост и размножение дрожжей

Вредные для дрожжей вещества	Количество веществ, мг/дм ³	
	Задерживающие рост	Прекращающие рост
Органические кислоты:		
Щавелевая	10	1000
Муравьиная	85	2000
Уксусная	200	2000
Масляная	5	500
Молочная	13500	-
Диоксид серы	25	-
Нитриты	5	200
Формалин	900	-
Фторид натрия	20	-
Мышьяк	-	5
Металлы:		
Алюминий	54	540
Никель	3	-
Медь	-	50
Цинк	130	-
Серебро	0,01	-

Выделение дрожжей. При выращивании дрожжей в среде культивирования накапливаются продукты жизнедеятельности, которые отрицательно влияют на качество готового продукта. Поэтому длительное пребывание дрожжей в ней сопровождается повышением активности протеолитических ферментов в клетке, что снижает стойкость и увеличивает кислотность дрожжей.

Влияние посторонней микрофлоры на выход и качество дрожжей.

Бактерии. Большинство бактерий, развивающихся в совместной культуре с хлебопекарными дрожжами, в разной степени влияют на размножение, бродильную активность и сохранность дрожжей. Так *молочнокислые бактерии* способны продуцировать летучие кислоты (уксусную и муравьинную), угнетающие многие метаболические процессы дрожжей. *Лейконосток*, также относящийся к молочнокислым бактериям, оказывает на дрожжи аналогичное действие. Кроме того, в средах, содержащих сахарозу, лейконосток образует слизистую капсулу, состоящую из полисахарида декстрана. Поэтому лейконосток вызывает склеивание дрожжевых клеток, в результате чего образуются конгломераты дрожжей и бактерий, склонных к оседанию. При этом активность размножения дрожжей заметно снижается [1].

Многие *гнилостные бактерии* способны восстанавливать содержащиеся в растворе мелассы нитраты в ядовитые для дрожжей нитриты, которые в зависимости от их количества могут задерживать нормальное почкование, подавлять либо прекращать размножение дрожжей. Кроме того, эти бактерии продуцируют активные протеолитические экзоферменты, поэтому их присутствие в прессованной продукции вызывает в процессе хранения усиление протеолитической активности, вследствие чего снижается бродильная активность дрожжей.

Посторонние дрожжи. Большинство встречающихся в дрожжевом производстве посторонних дрожжей относится к видам, обладающим слабой бродильной способностью либо ее отсутствием. Практически все виды посторонних дрожжей не ферментируют мальтозу – основной сахар теста, а некоторые виды не могут сбраживать глюкозу, сахарозу, мальтозу, раффинозу, лактозу. Биомасса со значительным количеством посторонних дрожжей обладает не только низкой бродильной активностью, но и сниженным сроком хранения, имеет повышенную влажность и темный цвет.

Мицелиальные грибы. В связи с тем, что мицелиальные грибы могут развиваться на сырье, питательных средах, стенах и потолках помещений, они легко попадают в готовую продукцию. Развиваясь на поверхности прессованных дрожжей, они образуют налет белого, зеленоватого или черного цвета. При этом дрожжи приобретают затхлый запах и становятся непригодными для использования в хлебопечении. Кроме того, они могут содержать ядовитые вещества, так многие плесневые грибы продуцируют микотоксины.

Таким образом, выход и качество дрожжей можно регулировать, изменяя тот или иной технологический параметр культивирования.

Список литературы

- Пономарева О.И., Черныш В.Г. Микробиология производства хлебопекарных дрожжей // Учебное пособие. – СПб.: Санкт-Петербургский госгосударственный Университет низкотемпературных и пищевых технологий. – 2009. – 200 с.
- Новаковская С.С., Шишацкий Ю.И. Производство хлебопекарных дрожжей // Справочник. – М.: ВО Агропромиздат. – 1990. – 335 с.
- Практическое руководство по выращиванию товарных дрожжей с увеличенным съемом биомассы. – М.: НПО хлебопекарной промышленности. – 1983. – 232 с.
- Черныш В.Г. Стойкость хлебопекарных дрожжей и пути ее повышения. – Автореф. дисс. канд. техн. наук. – М.: - 1977.
- Хрычева А.И. Исследование влияния микроэлементов на биосинтетическую активность и хлебопекарные свойства дрожжей. – Автореф. дисс. канд. техн. наук. – М.: - 1977.
- Семихатова Н.М. Хлебопекарные дрожжи. – М.: Изд-во Пищевая промышленность. – 1980. – 198с.

РЕЦЕНЗИЯ на рукопись в ЭНЖ СПбГУНиПТ:

УДК57.579, № специальности ВАК РФ - 05.18.

Название статьи «ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА ВЫХОД И КАЧЕСТВО ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ»

Авторы: Пономарева О.И., Черныш В.Г., Прохорчик И.П.,

Рецензент: Меледина Т.В., проф., д.т.н., (СПбГУНиПТ)

№ пп	Наименование оценки	Оценка. 0,1,2,3,4,5 (5 -высшая оценка)	Примечания
1	Степень соответствия содержания рукописи тематике ЭНЖ	5	
2	Актуальность.	5	
3	Научный уровень	5	
4	Практическая ценность	5	

В работе представлены результаты исследований влияния различных технологических параметров культивирования хлебопекарных дрожжей, состава питательной среды, режимов подачи питательных веществ на размножение дрожжей, их качественные характеристики, а именно – бродильную активность в тесте, и на сроки сохранности этой активности. Вопросы повышения выхода и качества дрожжей, несомненно актуальны, а содержание рукописи полностью соответствует тематике ЭНЖ.

Выбор исследуемых факторов, влияющих на эффективность процесса культивирования дрожжей и их качество, свидетельствует о высоком научном уровне и глубоких познаниях авторов в областях микробиологии, технологии и биохимии дрожжей.

Результаты экспериментов имеют значительную практическую ценность, поскольку могут быть использованы в производстве для получения дрожжей высокого качества и с высоким выходом.

Рецензент:
14.02.2011г.

Меледина Т.В.

Influence terms of cultivation on the productivity and quality of yeasts for baking of bread.

Ponomareva O.I., Thernich V.G., Prochorthik I.P.

Saint-Petersburg institute for management and food technologies.

The quality of yeasts often no satisfy requirements bakers, therefore this article contains result scientific research, which describe casual relationship various technological parameters cultivation on the productivity and fermentation activity of yeasts for baking of bread.

Key words: yeasts for baking of bread, productivity, quality, technological parameters.