

Сушеные дрожжи выгодно отличаются от прессованных дрожжей способностью длительно сохранять свои первоначальные свойства. Сохранность сушеных дрожжей обусловлена, прежде всего, качеством прессованных дрожжей, режимом сушки и герметичностью упаковки. Известно, что отечественная промышленность производит весьма ограниченное количество сушеных дрожжей. В основном они импортируются, на что затрачиваются значительные валютные средства, поэтому поиск новых, наиболее эффективных решений для увеличения объемов производства сушеных дрожжей является на сегодняшний день важной задачей. Как известно, повышенная влажность прессованных дрожжей, наряду с наличием в составе их мембран липидов, приводит к окислению клеточных структур, образованию перекисей и гидроперекисей, которые значительно ускоряют порчу дрожжей [1]. При высушивании внеклеточная влага удаляется [2,3], однако воздействие повышенной температуры при сушке и сам процесс обезвоживания может отрицательно повлиять на физиологическую активность клетки. Известно, что ряд веществ может служить стабилизаторами клеток в процессе высушивания. Среди таких стабилизаторов широко применяются вещества антиоксидантной природы. В последнее время был получен целый ряд соединений, в том числе антиоксидантов, действие которых на качество дрожжей до конца не изучено. Поэтому проведение дальнейших исследований в данном направлении представляет значительный интерес. Известно, что внесение в среду культивирования синтетических антиоксидантов позволило увеличить выход биомассы, удельную скорость роста, улучшить качество биомассы. Однако при более высоких концентрациях антиоксиданты обладают антимикробной активностью [4]. Целью работы явилось изучение возможности использования антиоксиданта, на примере ионола, в качестве стабилизатора физиологической активности дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* ЛК-14 в процессе сушки. В экспериментах по высушиванию хлебопекарных дрожжей использовали прессованные дрожжи, полученные по ГОСТ Р 54845-2011, а также дрожжевое молоко (350 г дрожжей в 1 л воды), которое концентрировали до конечной влажности 70-75 %. Выращенные дрожжи в присутствии антиоксиданта и без него выделяли из культуральной жидкости и высушивали. В опытном варианте в дрожжевое молоко в качестве стабилизатора добавляли антиоксидант. Контролем служило дрожжевое молоко без антиоксиданта. Сушку дрожжей осуществляли конвективным способом на лабораторной сушильной установке, представляющей собой цилиндрический аппарат с переходным конусом для подвода теплоносителя (воздуха). Толщина слоя высушиваемых дрожжей составляла 10 мм. Высушивали образцы дрожжей, выращенных в присутствии ионола, и образцы, где ионол вносили непосредственно в дрожжевое молоко. Критерием окончания сушки являлось достижение остаточной влажности дрожжей значения 8-10 %. Качество хлебопекарных дрожжей оценивали по

следующим показателям: подъемная сила, зимазная и мальтазная активности, влажность, осмоустойчивость, стойкость. Изучение морфологических и физиологических характеристик дрожжей проводили общепринятыми в микробиологии методами. Количество поврежденных клеток и содержание трегалозы в клетках высушенных дрожжей проводили по методикам, принятым при контроле производства хлебопекарных дрожжей. При выборе режимов сушки принимали во внимание тот факт, что температура дрожжевой массы в процессе сушки не должна превышать 35 оС. Критерием окончания процесса сушки являлось достижение остаточной влажности дрожжей значения 8–10 %. Исследовались четыре режима сушки дрожжей: Режим I. Температуру воздуха, подаваемого в сушилку, поддерживали на уровне 45 оС в течение 20 минут, после чего снижали до 30–32 оС. Режим II. Первые 6 минут сушку дрожжей осуществляли при температуре 60 оС, затем температуру теплоносителя снижали до 30–32 оС. Режим III. Температуру воздуха в течение всего периода сушки поддерживали на уровне 30–32 оС. Режим IV. Первые 5 минут температуру воздуха поддерживали на уровне 70 оС, после чего снижали до 30–32 оС. Результаты изучения динамики влагоотдачи дрожжей для четырех исследуемых режимов сушки представлены на рисунке 1. Рис. 1 – Динамика влагоотдачи дрожжей при различных режимах сушки Эксперименты показали, что заданная остаточная влажность дрожжей (8–10 %) достигается за более короткий промежуток времени при II и IV режимах сушки по сравнению с таковым показателем для I и III режимов сушки. Разница во времени составляла 50–90 мин. Однако показатели физиологической активности были наиболее высокими для дрожжей, высушенных в условиях режима II: количество поврежденных клеток снижалось на 7,6–10,0 %, а подъемная сила улучшалась на 10–20 % по сравнению с соответствующими показателями дрожжей, высушенных в условиях других режимов (рис. 2). В соответствии с полученными экспериментальными данными для дальнейших исследований нами был выбран второй режим сушки. В целях исследования стабилизирующего действия ионола на хлебопекарные дрожжи в процессе высушивания антиоксидант вносили: в среду культивирования дрожжей; в дрожжевое молоко непосредственно перед сушкой. Результаты исследований физиологической активности высушенных дрожжей, культивируемых в присутствии оптимальной концентрации ионола ($1 \cdot 10^{-4}$ г/л), представлены на рисунке 3. Как следует из данных рисунка 3, ионол оказывал стабилизирующее действие на дрожжевые клетки в процессе их последующей сушки. Дрожжи, выращенные в присутствии антиоксиданта, обладали большей подъемной силой (этот показатель увеличивался на 28,3 % по сравнению с контрольным вариантом); количество поврежденных клеток в опытном варианте снижалось на 10,8 % по сравнению с соответствующим контрольным показателем. а б Рис. 2 – Подъемная сила (а) и количество поврежденных клеток дрожжей (б), высушенных до остаточной влажности 10 %

при различных температурных режимах Рис. 3 – Подъемная сила и количество поврежденных клеток высушенных дрожжей, выращенных в присутствии ионола: 1 – контроль; 2 – опыт (ионол $1 \cdot 10^{-4}$ г/л) Далее было проведено исследование динамики изменения подъемной силы, а также количества поврежденных клеток дрожжей в процессе сушки при внесении ионола в концентрации 4 г/л в дрожжевое молоко. Внесение указанной концентрации ионола в дрожжевое молоко непосредственно перед сушкой вызвало снижение количества поврежденных клеток на 7,5 % и улучшение подъемной силы высушенных дрожжей на 27,8 % относительно контроля. Максимальный стабилизирующий эффект действия антиоксиданта на подъемную силу и количество поврежденных клеток дрожжей наблюдался в период 90-120 мин сушки. Таким образом, установлено, что внесение ионола в среду культивирования дрожжей и предварительное внесение его в дрожжевое молоко оказывало стабилизирующее действие на качество хлебопекарных дрожжей в процессе их последующей сушки. Одним из наиболее важных показателей жизнеспособности высушенных дрожжей является содержание в их клетках трегалозы – дисахарида, играющего важную роль при восстановлении жизнедеятельности обезвоженных клеток дрожжей. Известно, что трегалоза является энергетическим субстратом эндогенных процессов у дрожжей, и сушеные дрожжи с высоким содержанием трегалозы значительно дольше сохраняют активность по сравнению с дрожжами, бедными трегалозой. Показана корреляция пула трегалозы и термоустойчивости клеток в течение теплового воздействия, а также при выходе из шока. При этом уровень трегалозы в клетках коррелировал с устойчивостью их к высушиванию. Трегалоза может рассматриваться не только как запасное вещество дрожжей, но и как протектор, как от тепла, так и высушивания [5]. Известно, что трегалоза накапливается в значительных количествах у организмов, способных переносить состояние дегидратации. Корреляция высокого уровня трегалозы и обезвоживания клеток позволила высказать предположение, что этот дисахарид изменяет физические свойства мембранных липидов [6]. Высказанное предположение было подтверждено еще и тем, что мембраны могут быть высушены в присутствии трегалозы без потери их структурной и функциональной подвижности. По-видимому, молекулы сахара образуют водородные связи и с частично погруженными в мембрану белками, стабилизируя их пространственное расположение в плоскости мембраны, и препятствуя их сближению при деформациях клеточных оболочек (предотвращается спекание белков в результате образования дисульфидных связей) в процессе высушивания. В связи с вышесказанным нам представилось интересным исследовать влияние ионола на уровень трегалозы в клетках высушенных дрожжей. Результаты исследований содержания трегалозы в клетках хлебопекарных дрожжей непосредственно после сушки, а также в течение 6 месяцев хранения после

сушки показали, что при внесении ионола в дрожжевое молоко перед высушиванием содержание трегалозы в клетках дрожжей непосредственно после сушки составляет 21,4 %, тогда как в клетках контрольных дрожжей – лишь 16,2 %. Было также отмечено, что при хранении высушенных дрожжей в течение 6 месяцев содержание трегалозы в клетках несколько снижалось, причем в контрольных вариантах эта тенденция проявлялась заметнее (2,0-2,5 %), чем в опытных вариантах (1,5 %). Кроме того, было установлено, что на протяжении всего периода хранения в опытных образцах дрожжей количество поврежденных клеток было на 5-7 % ниже, а подъемная сила в среднем на 25 % выше, чем в контроле. Таким образом, полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что дрожжи, высушенные в присутствии антиоксиданта, имеют лучшие качественные показатели по сравнению с контрольными образцами как непосредственно после сушки, так и в процессе их хранения.