

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗНЫХ ШТАММОВ ПЕКАРСКИХ ДРОЖЖЕЙ

### BIOLOGICAL FEATURES OF DIFFERENT STRAINS OF BAKER'S YEAST

**Ya. Usaeva**  
**A. Dokhtukaeva**  
**E. Elikhanova**  
**F. Turlova**  
**L. Molochaeva**  
**Sh. Khamidova**

*Summary.* The article describes the data of studies of morphological patterns and the growth and reproduction rate of some strains of Baker's yeast: L-1, LV-7, LK-14, LT-17. In a comparative aspect, the growth dynamics of populations cultured under the same conditions is traced. The fermentation ability of Baker's yeast strains under study was determined, their chemical composition, the ratio of valuable nutrients and the amount of release of significant indicators for bakery production. It was found that under the same conditions, individual strains may show a tendency to accelerate growth, while others do not grow very actively, but multiply rapidly. At the same time, in the light of the development of production and discoveries of genetic engineering, it is interesting to combine these important indicators in one object. However, for the development of the design of strains with the desired properties, it is necessary to clearly understand which properties of the original yeast cultures should be changed in order to increase the efficiency of the process and improve the quality of the finished product.

*Keywords:* baker's yeast, fermentation activity, baker's yeast stamms, biomass, enzymatic activity, yeast multiplication, metabolism, alcoholic fermentation, rheological properties, resistance of stamms.

**К**ачественное дрожжевое тесто, или сусло для приготовления напитков — это целое искусство. И одновременно — сложная наука. Поскольку получение высококачественной культуры требует знание всех нюансов биологического строения и функционирования клеток пекарских дрожжей, особенностей влияния различных внешних и внутренних факторов.

На сегодняшний день доказана роль активных рас микроорганизмов в интенсификации микробиологического хлебобулочного производства. Однако в исследо-

**Усаева Яхита Саидовна**  
Доцент, Чеченский государственный университет  
y\_usaeva@mail.ru

**Дохтукаева Айна Магомедовна**  
Доцент, Чеченский государственный университет  
kurumova71@mail.ru

**Элиханова Элина Рамзановна**  
Чеченский государственный университет  
elina.elikhanova1978@gmail

**Турлова Фатима Салмановна**  
Доцент, Чеченский государственный университет  
turlova.fatima@yandex.ru

**Молочаева Луиза Геланиевна**  
Доцент, Чеченский государственный университет  
l\_molochaeva@mail.ru

**Хамидова Шахадат Ширваниевна**  
Доцент, Чеченский государственный университет

*Аннотация.* В статье описаны данные исследования морфологических показателей и скорости роста и размножения некоторых штаммов пекарских дрожжей: Л-1, ЛВ-7, ЛК-14, ЛТ-17. В сравнительном аспекте прослежены динамика роста популяций, культивируемых в одинаковых условиях. Определена бродильная способность пекарских дрожжей исследуемых штаммов, их химический состав, соотношение ценных питательных веществ и объемов выделения значимых для хлебопекарного производства показателей. Установлено, что при одних и тех же условиях отдельные штаммы могут проявлять тенденцию к ускоренному росту, тогда как другие — не слишком активно растут, но интенсивно размножаются. В то же время, в свете развития производства и открытий генной инженерии представляется интересной возможность объединения этих важных показателей в одном объекте. Однако, для разработок по конструированию штаммов с железаемыми свойствами необходимо четко представлять, какие именно свойства исходных дрожжевых культур следует изменять для повышения эффективности процесса и улучшения качества готовой продукции.

*Ключевые слова:* пекарские дрожжи, бродильная активность, штаммы пекарских дрожжей, биомасса, ферментативная активность, размножение дрожжей, метаболизм, спиртовое брожение, реологические свойства, устойчивость штаммов.

ваниях, касающихся культивирования пекарских дрожжей, точные данные о влиянии штаммового материала на эффективность технологического процесса и качество готовой продукции представлены слабо. Отмечается, что дрожжи, использующиеся в пекарном деле, должны обладать высокой способностью к размножению и иметь активный комплекс бродильных ферментов для сбраживания мучных сред [6].

Однако, интересным представляется аспект объединения всех перечисленных признаков в одном объек-

те [3]. В связи с современными возможностями генной инженерии по конструированию штаммов с желаемыми свойствами необходимо четко представлять, какие именно свойства исходных дрожжевых культур следует изменять для повышения эффективности процесса и улучшения качества готовой продукции.

Пекарские дрожжи — основной вид сырья для производства хлеба и хлебобулочных изделий. Роль дрожжей при производстве выпечки состоит в биологическом разрыхлении теста углекислым газом, выделяющимся в процессе спиртового брожения, а также — в придании тесту высоких реологических свойств, образовании этилового спирта и прочих продуктов реакции, придающих характерный вкус и аромат хлебобулочным изделиям.

Пекарские дрожжи сбраживают глюкозу, сахарозу, фруктозу, мальтозу, простые декстрины; однако, они не сбраживают крахмал, лактозу, клетчатку. В процессе брожения дрожжи усваивают этиловый спирт, молочную и уксусную кислоту [9].

Рациональная схема получения дрожжей была предложена А.И. Островским еще в 30-х годах XX века [7]. Применение специально выведенных рас дрожжевых грибов позволяет существенно повысить устойчивость культуры к действию кислот, температуры и других факторов. В последние годы созданы специальные расы: кислото- и термоустойчивые, с высокой мальтозной активностью, дрожжи для замороженного теста, солеустойчивые (устойчивые к соли).

Оценивая эффективность новых штаммов пекарских дрожжей, исследователи ориентируются, в первую очередь, на показатели биологической активности клеток, которые определяются их строением и химическим составом, а также — уровнем метаболизма.

Химический состав клеток дрожжей во многом зависит от штамма организмов и условий культивирования.

В основном содержимом клетки 75% воды и 25% сухого вещества. В состав сухого вещества клетки входят [1]:

- ◆ 5–10% — неорганические вещества;
- ◆ 25–50% — углеводы,
- ◆ 4,8–12% — азот,
- ◆ 30–75 — белки,
- ◆ 2–5% — липиды.

Основными компонентами неорганических веществ дрожжевой клетки выступают фосфорная кислота и калий (соответственно: 50 и 25%). Содержание этих веществ меняется в зависимости от источника углерода, температуры, фазы роста.

В дрожжевых клетках содержатся также незаменимые аминокислоты, потому состав белковых веществ близок к полноценному. Содержание аминокислот различается у отдельных видов и зависит от физиологического состояния клеток, условий культивирования и химического состава питательной среды.

Количество витаминов у отдельных видов дрожжей меняется в широких пределах, что обусловлено генетически детерминированной гетерогенностью популяций [2].

Дрожжи являются хемоорганогетеротрофными организмами и используют органические вещества как для получения энергии, так и в качестве источника углерода. Для дыхания им необходим кислород, однако, в случае его отсутствия многие виды способны получать энергию за счет процессов брожения с выделением спиртов. Таким образом, дрожжи относятся к факультативным анаэробам. Среди дрожжевых грибов нет облигатных анаэробов. При поступлении кислорода, дрожжи прекращают брожение и начинают дышать, потребляя O<sub>2</sub> и выделяя CO<sub>2</sub>, что ускоряет рост дрожжевых клеток. Данное явление носит название эффекта Пастера. Однако при высоком содержании глюкозы в среде, независимо от наличия кислорода, дрожжи начинают ее сбраживать — эффект Кребтри [3].

Дрожжи — организмы, требовательные к условиям питания. В анаэробных условиях они могут использовать в качестве источника энергии только гексозы и построенные из них олигосахариды. Некоторые виды усваивают и пентозы, сбраживают крахмал, инулин. В аэробных условиях, помимо углеводов, дрожжи усваивают также углеводороды, жиры, ароматические и одноуглеродные соединения, органические кислоты, спирты.

Источниками азота для всех дрожжей выступают соли аммония и нитраты.

Для практического применения важны продукты вторичного метаболизма дрожжей, выделяемые в малых количествах в среду. К ним относятся: сивушные масла, ацетоин, диацетил, масляный альдегид, изоамиловый спирт, диметилсульфид и др.

Именно от данных веществ зависят органолептические свойства получаемых продуктов дрожжевого брожения.

Качество хлебопекарных дрожжей определяется требованиями, выдвигаемыми к технологиям изготовления хлеба. Дрожжи должны иметь густую консистенцию, быть легкими на разлом, оттенок — серый с желтоватым, запах — характерный, дрожжевой, вкус — пресный, содержание влаги — не более 75%, кислотность — не более

120 мг /100 г дрожжей в день изготовления и не более 360 мг на 12-е сутки. Стойкость (при  $t = 35^{\circ}\text{C}$ ) — не менее 48–60 ч, подъемная сила — не более 70 мин [8].

На сегодняшний день выпускаются сухие хлебопекарные дрожжи высшего и 1 сортов в виде вермишели, гранул, крупы или порошка светло-желтого или светло-коричневого цвета. Содержание влаги в образцах высшего сорта — 8%, 1 сорта — 10%. Подъемная сила для высшего сорта — 70 мин, для 1 сорта — 90 мин. Срок хранения: не менее 12 месяцев для дрожжей высшего сорта и 5 месяцев — для дрожжей 1 сорта [6].

Жидкие дрожжи имеют более короткий срок хранения. Они готовятся непосредственно на кондитерском предприятии. Для их производства используют мучную осахаренную заварку, заквашенную термофильными молочнокислыми бактериями (*L. delbrückii*). Чистую культуру бактерий вносят в заварку при температуре  $50^{\circ}\text{C}$ . Заквашивание происходит в течение 12–14 часов — до достижения кислотности 10–12. Затем в заквашенную и охлажденную до  $30^{\circ}\text{C}$  заварку вносят культуру сахаромицетов.

Дрожжи интенсивно развиваются в заквашенной заварке, благодаря тому, что высокий уровень кислотности предупреждает развитие мезофильных лактобактерий, а низкая температура — развитие термофильных видов. При температуре  $30^{\circ}\text{C}$  термофильные *L. Delbrückii* перестают вырабатывать молочную кислоту, благодаря чему закваска не перекипает. На активное размножение дрожжевых клеток в заварке обычно бывает достаточно 8 часов [4].

Жидкие дрожжи похожи на обычные пшеничные закваски, но не вызывают чрезмерного закисания теста.

Для производства хлебопекарных дрожжей используют различные расы дрожжевых грибов рода сахаромицетов *Saccharomyces cerevisiae*. Основными штаммами являются: Л-1, ЛВ-7, ЛК-14, ЛТ-17, а также — гибриды 608, 616, 722 и 739. По характеру брожения данные грибы являются верховыми дрожжами.

Во время протекания процесса брожения, приведенные расы дрожжей долго не опускаются и частично поднимаются на поверхность среды, образуя пену. Данные расы имеют крупные клетки, быстро размножающиеся в мелассной питательной среде, проявляющие стойкость при хранении как в прессованном, так и в сушеном виде. Они обладают высокой ферментативной активностью (мальтазной и зимазной).

В данном исследовании проводилась сравнительная характеристика биологической активности дрожжей

рас Л-1, ЛВ-7, ЛК-14, ЛТ-17 вида, используемых в бродильных производствах.

Рассматривались: динамика роста и состава популяций, отдельные морфологические особенности представителей данных рас. Определена бродильная способность дрожжей при культивировании на одних средах и в одних и тех же условиях.

Хлебопекарные дрожжи представлены большим количеством рас, отличающимися по своим морфологическим и физиолого-биохимическим свойствам. Основными в современном производстве являются расы Л-1, ЛВ-7, ЛК-14, ЛТ-17 [5].

Актуальность проводимого исследования обусловлена недостаточностью литературных данных о сравнительных характеристиках способностей данных рас к росту и размножению, изучению бродильной энергии.

Разводки дрожжей исследуемых рас были получены на предприятии по производству сырья для хлебопекарского производства «Юниторг». Микроскопирование разводов показало значительное присутствие посторонней микрофлоры. Для выделения исследуемых рас в чистой культуре был использован метод механического разобщения на плотных средах.

В процессе исследования была приготовлена суспензия проб на двух средах:

- ◆ дистиллированная вода;
- ◆ дистиллированная вода с добавлением сахарозы.

Далее были приготовлены нативные препараты для микроскопии. Микроскопировали объекты под световым микроскопом. При этом исследовали размеры, форму и взаиморасположение клеток, а также количество дрожжевых клеток в поле зрения.

Для изучения времени и скорости размножения пробы дрожжей культивировали при температуре  $30^{\circ}\text{C}$  и проводили микроскопию через 30 и 60 мин. от начала культивирования. Учитывали размеры клеток и их количество в поле зрения микроскопа. Регистрацию результатов проводили при помощи микрофото съемки с использованием программы TopCam.

Проводили сравнительную характеристику активности дрожжевых колоний в водной среде и с добавлением сахарозы.

При дальнейших исследованиях изучали скорость размножения, количество почкующихся клеток, состав синтезируемых веществ.

Таблица 1. Размеры клеток дрожжей на 4 сутки исследования

Рассы	Средние размеры клеток
Л-1	6.3134.87 мкм (n=46)
ЛВ-7	5.7108.70 мкм (n=16).
ЛК-14	8.6901.42 мкм (n=52).
ЛТ-17	7.6540.34 мкм (n=43)

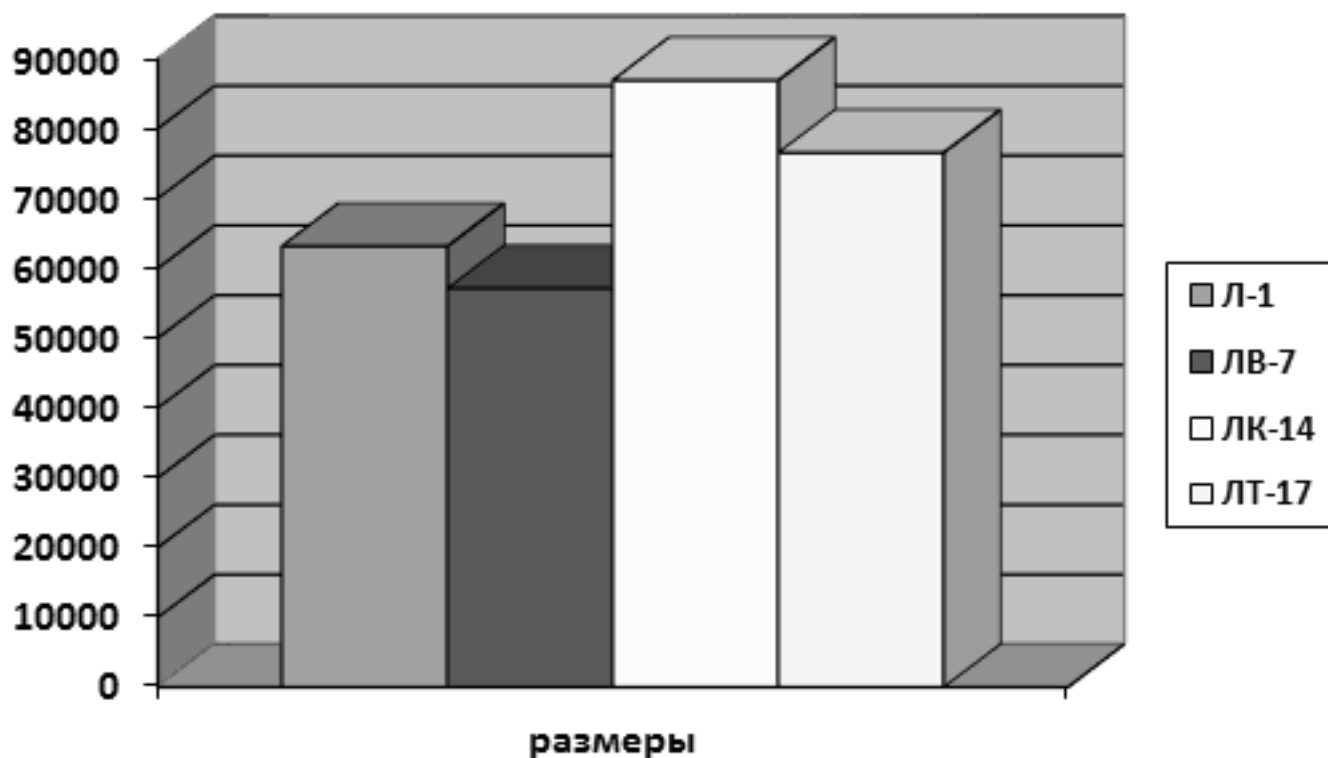


Рис. 1 Размеры разных рас пекарских дрожжей

Для этого культуры исследуемых рас оставляли на 12 суток с периодическим микроскопированием и регистрацией результатов.

Морфологическое исследование данных культур показало следующие результаты:

Полученные чистые культуры характеризуются следующими показателями:

- ◆ круглые, выпуклые, беловатого и кремового цвета колонии с ровными краями, тождественными по культуральным свойствам, описанным в литературе исходным расам

Для выделения чистых культур дрожжей и дальнейшего изучения их свойств использовались рыбо-пептонный агар и полусинтетическая среда Ридера с до-

бавлением дрожжевого автолизата. Для исследования физиолого-биохимических показателей готовили суспензии чистых культур дрожжей рас Л-1, ЛВ-7, ЛК-14 и ЛТ-17, засеивали ими стерильные колбы емкостью 1 л, содержавшие 500 мл стерильной полисинтетической среды Ридера. На 7-е сутки определяли общее количество клеток в суспензиях.

По 20 млн. клеток вносили в другие стерильные колбы, содержавшие по 500 мл питательной среды — для изучения скорости роста, размножения и морфо-физиологического состояния дрожжей.

Физиологическое состояние исследуемых рас дрожжей определяли путем измерения размеров клеток, подсчета общего числа клеток в 1 мл суспензии, количества почкующихся клеток, соотношения живых и мертвых

Таблица 2. Результаты исследования количества клеток дрожжей в процессе культивирования

Количество клеток, млн/мл	2-й день	3-й день	4-й день	5-й день	9-й день	12-й день
Л-1	5,22 ± 0,1	6,07 ± 0,2	10,01 ± 0,2	11,36 ± 0,2	27,31 ± 0,5	29,52 ± 0,6
ЛВ-7	5,78 ± 0,1	7,35 ± 0,25	21,15 ± 0,3	34,96 ± 0,5	59,22 ± 0,9	60,01 ± 1,2
ЛК-14	5,01 ± 0,1	5,77 ± 0,2	10,55 ± 0,2	18,02 ± 0,4	25,56 ± 0,5	32,23 ± 0,6
ЛТ-17	5,03 ± 0,1	5,79 ± 0,2	10,73 ± 0,2	18,54 ± 0,4	25,77 ± 0,5	32,48 ± 0,6

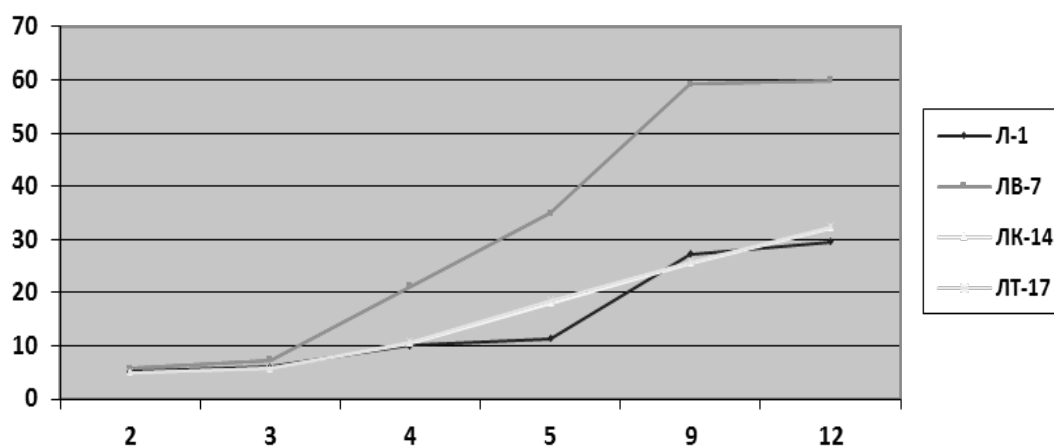


Рис. 2 Динамика роста количества разных рас пекарских дрожжей в ходе эксперимента

клеток, содержания в клетках гликогена и жира. Концентрацию дрожжей определяли в камере Горяева и при достижении 1,5–1,6 млн. в 1 мл вносили в подготовленное мелассное сусло, брожение которого проводили при комнатной температуре 18–20 °С. Контроль процесса брожения осуществляли путем ежедневного определения сахара по сухим веществам в сусле с помощью рефрактометра. По окончании брожения определяли количество несброженных сахаров.

Бродильную способность определяли по ГОСТ 171–40: готовили 160 мл 2,5%-ного раствора чистой поваренной соли при температуре 35°; взвешивали на технических весах 5 г анализируемых дрожжей, помещали их в фарфоровую чашку, разводили 20 мл солевого раствора и размешивали до исчезновения комочков. Разведенные дрожжи вливали в дежу лабораторной тестомесильной машины с быстротой тестомешения около 135 об/мин.

Для определения быстроты подъема использовалась пшеничная мука 85%-ного помола, удовлетворяющая требованиям ОСТ/КЗ СНК 8470, имеющая выдержку сроком 2 мес.; 280 г муки, предварительно нагретой в термостате до 35°, высыпали в дежу. После засыпки запускали месильную машину. Через 5 мин. машину останавливали, вынимали тесто и переносили его в железную форму, предварительно нагретую в термостате при температуре 35° и смазанную растительным маслом.

Ферментативную активность клеток определяли по методике Качмазова Г.С., Сатцаевой И.К., Галимовой З.Г. и Семеновы Л.М.

Исследование средних размеров клеток в дрожжевых культурах на 4 сутки показало следующие результаты (Табл. 1):

Таким образом, дрожжи рас ЛК-14 и ЛТ-17 оказались более крупными, чем расы Л-1 и ЛВ-7. При этом самыми мелкими были клетки расы ЛВ-7. Форма клеток всех рас была круглой или овальной. Из чего следует вывод, что морфология исследованных клеток соответствовала стандарту.

В процессе исследования интенсивности размножения культуры дрожжей были получены следующие результаты (Табл. 2):

Как можно видеть из данных исследования, клетки расы ЛВ-7 значительно опережают другие, причем скорость размножения дрожжей расы ЛВ-7 значительно выше уже на 4-й день инкубации.

Еще одним показателем скорости размножения дрожжей является количество почкующихся клеток. По этому показателю раса ЛВ-7 также значительно превосходила расы Л-1, ЛК-14 и ЛТ-17, начиная уже с 4-го дня инкубации (Табл. 3)

Таблица 3. Исследование количества почкующихся клеток

Количество почек	2-й день	3-й день	4-й день	5-й день	9-й день	12-й день
Л-1	7,21	9,37	14,77	16,12	25,03	26,07
ЛВ-7	7,99	10,11	35,66	54,66	57,65	58,32
ЛК-14	7,32	9,55	19,46	22,43	30,33	31,23
ЛТ-17	7,38	9,59	18,49	23,48	31,35	33,29

Таблица 4. Содержание полезных веществ в расах пекарских дрожжей

№	Название вещества	Содержание веществ в мг/г СВ			
		Л-1	ЛВ-7	ЛК-14	ЛТ-17
1	Тиамин	28	31	29	28
2	Рибофлавин	22	25	23	23
3	Пиридоксин	154	156	152	153
4	Пантотеновая кислота	26	28	22	24
5	Биотин	20	24	19	21
6	Линолевая кислота	11%	25%	9%	12%
7	Ненасыщенные жирные кислоты	420	473	413	411

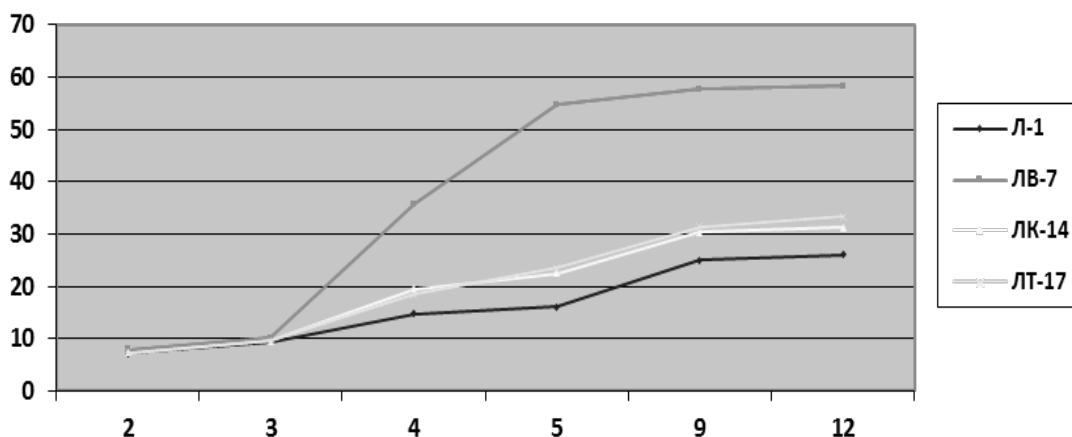


Рис. 3 Динамика роста количества почкующихся клеток в ходе эксперимента

Сравнение физиолого-биохимических свойств клеток трех исследуемых рас пекарских дрожжей показало следующие результаты:

В клетках расы ЛВ-7 обнаружено в 2,3 раза больше живых клеток по сравнению с расой Л-7 и в 1,8 раз больше, чем в расах ЛК-14 и ЛТ-17. Также существенно отличалась доля клеток, содержащих гликоген и жир — начиная уже со второй недели инкубации. Подобные результаты подтверждают более высокую способность этой расы к размножению по сравнению с расами Л-7, ЛК-14 и ЛТ-17.

Штаммы дрожжей характеризуются не только продуктивностью и количеством синтезируемых биологиче-

ски активных веществ, но и их составом. У всех рассмотренных штаммов отмечено значительное содержание пальмитиновой и олеиновой кислот. Липиды всех рас содержали линолеван — необходимую для жизнедеятельности аминокислоту. Больше всего этой кислоты в липидах дрожжей Расы ЛВ-7: содержание ее составляет 25% от общей суммы липидов. У дрожжей Л-7, ЛК-14 и ЛТ-17 содержание линолевой кислоты составило 11, 9 и 12% соответственно. В составе липидов исследуемых дрожжей преобладают насыщенные жирные кислоты, к основным представителям которых относятся пальмитиновая кислота.

Наиболее высокой бродильной энергией, определявшейся по количеству выделившегося углекислого

газа, обладала раса Л-1, превзошедшая по этому показателю расу ЛВ-7 в 1,5 раза. Раса ЛК-14 выделила в 1,4 раза больше углекислого газа, чем раса ЛВ-7, и на 7% меньше, чем раса Л-1. Показатели расы ЛТ-17 практически не отличались от ЛК-14. Таким образом, бродильная способность расы Л-1 выше других, однако, раса ЛВ-7 дает большее количество клеток на последних этапах исследования, что позволяет предположить наличие определенных различий в путях метаболизма у этих рас: за счет более совершенных энергетических процессов раса ЛВ-7 может тратить больше исходных органических соединений на пластический обмен.

На основании полученных данных были определены примерные коэффициенты обмена с внешней средой для клеток исследуемых рас. Средний радиус клеток расы Л-1 составил 3,187 мкм, расы ЛВ-7—2,483 мкм, расы

ЛК-14—3,295 мкм и расы ЛТ-17—3, 318. Коэффициент обмена с внешней средой оказался наиболее высоким для расы ЛВ-7 (1,35) и примерно одинаковым для рас ЛК-14 (0,93), Л-1 (0,96) и ЛТ-17 (0,92).

Можно установить зависимость: чем больше коэффициент обмена клеток с внешней средой, тем выше скорость размножения дрожжей.

На основе проведенных исследований было установлено, что наиболее перспективным штаммом для использования в приготовлении дрожжей для хлебопекарной промышленности представляется ЛВ-7, хотя другие штаммы также могут быть использованы в зависимости от требований к производству конкретного продукта: пышности, вкусовых особенностей, аромата, мягкости и др.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирова И. С., Емельянов В. М., Филиппова Н. К., Кошкина Л. Ю. Интенсификация процессов аэробного культивирования микроорганизмов // Вестник Казанского технологического университета. 2009. № 2.
2. Зюзина О.В., Матвейкина Г. В., Муратова Е. И. и др. Промышленные технологические линии — Тамбов: Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2006. — 60 с.
3. Качмазов Г.С, Сатцаева И. К., Галимова З. Г. и Семенова Л. М. Способ оценки ферментативной активности дрожжей Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/222/2229126.html>
4. Матвеева И.В., Белявская И. Г. Биотехнологические основы приготовления хлеба/ И. В. Матвеева; М.: Дели принт., 2001—150 с.
5. Новаковская С.С., Шишацкий Ю. И. Справочник по производству хлебопекарных дрожжей М.: Пищевая промышленность, 1980. — 375 с.
6. Пономарева О. И. Микробиология производства хлебопекарных дрожжей: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 260204 «Технология бродильных производств и виноделия» и подготовки магистров направления 260100 «Технология продуктов питания» — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский гос. ун-т низкотемпературных и пищевых технологий, 2009. — 200 с.
7. Постнов И.Е., Туманов А. А. Биологический метод анализа: проблемы избирательности и чувствительности определения биологически активных веществ // Журнал аналитической химии. — 2000. — Т. 55, № 2. — С. 208—211.
8. Старовойтова О. В., Мингалеева З. Ш., Борисова С. В., Решетник О. А. Применение активированных хлебопекарных дрожжей при производстве мучного кондитерского изделия // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 7.
9. Хоссейни Ф., Гернет М. В., Лаврова В.Л Влияние биологически активных веществ на жизнедеятельность хлебопекарных дрожжей // Хлебопечение России, 2005, № 2, 26—27

© Усаева Яхита Саидовна (y\_usaeva@mail.ru), Дохтукаева Айна Магомедовна (kurumova71@mail.ru),  
 Элиханова Элина Рамзановна (elina.elikhanova1978@gmail), Турлова Фатима Салмановна (turlova.fatima@yandex.ru),  
 Молочаева Луиза Геланиевна (l\_molochaeva@mail.ru), Хамидова Шахадат Ширваниевна.  
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»