

**И.В. Бояринева**, канд. техн. наук, докторант

**И.С. Хамагаева**, д-р техн. наук, проф., e-mail: [tmpp@eestu.ru](mailto:tmpp@eestu.ru)

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ

УДК 637.1

## **РАЗРАБОТКА СИМБИОТИЧЕСКОЙ ЗАКВАСКИ ДЛЯ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*В статье представлены результаты исследований по подбору условий автоселекции кефирной грибковой закваски на заварке из ржаной муки с целью получения симбиотической закваски. Определены оптимальные условия культивирования кефирной грибковой закваски, которые обеспечивают активное размножение дрожжевой микрофлоры и гетероферментативных лактобактерий, характерных для хлебопекарных заквасок. Изучены биохимические свойства симбиотической закваски и технологические параметры ее приготовления.*

**Ключевые слова:** микрофлора, симбиоз, кефирная грибковая закваска.

**I.V. Boyarineva**, Cand. Sc. Engineering

**I.S. Khamagaeva**, Dr. Sc. Engineering, Prof.

## **DEVELOPMENT OF SYMBIOTIC STARTERS FOR BREAD PRODUCTION**

*The paper presents the results of the research on autoselection conditions for kefir fungi using rye flour brew to produce a symbiotic starter. The optimal conditions for kefir fungi culturing, which provide active yeast multiplication and heterofermentative lactobacilli flora typical of baking sourdough are found out. The biochemical properties of symbiotic starters and technological parameters of its preparation are studied.*

**Key words:** flora, symbiosis, fungal kefir starter.

### **Введение**

При производстве ржаного хлеба основным брожением является молочнокислое и спиртовое. Эти процессы осуществляются через ряд промежуточных реакций с участием многочисленных ферментов.

Для производства хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки важна огромная роль заквасок, полученных путем культивирования молочнокислых бактерий и дрожжей.

Накопление молочной кислоты в тесте тормозит действие  $\alpha$ -амилазы при выпечке, сокращает период образования под ее влиянием декстринов, тем самым предотвращая повышенную липкость и заминаемость мякиша готового хлеба. Продукты обмена заквасок влияют также на органолептические показатели хлеба, соотношение молочной и уксусной кислоты обуславливает вкус и аромат.

Важнейшим фактором, определяющим ход биохимических процессов в ржаных заквасках и тесте, является видовой состав микрофлоры.

По видовому составу кислотообразующие бактерии в ржаных заквасках делятся на две группы: гомоферментативные и гетероферментативные лактобактерии. Основными представителями являются *L. plantarum*, *L. delbruckii*, *L. casei*. Из гетероферментативных широко используются *L. brevis*, *L. fermenti*, *L. bucheri*, *L. pastorianus* [3].

По мнению многих исследователей, применение одних гомоферментативных молочнокислых бактерий не обеспечивает надлежащего качества хлеба, гетероферментативные бактерии являются не только кислотообразователями, но и энергичными газообразователями, играющими существенную роль в разрыхлении ржаного теста.

В результате накопления молочной кислоты, специфичные для ржаного теста кислотообразующие бактерии при длительном культивировании почти полностью вытесняют не специфичную микрофлору муки.

Микрофлора кефирной грибковой закваски представляет прочный симбиоз, состоящий из гомо- и гетероферментативных молочнокислых бактерий, дрожжей, сбраживающих и несбраживающих лактозу, ацетобактерий и т.д.

В процессе своего роста дрожжи обогащают среду рядом экстрацеллюлярных продуктов своего метаболизма, используемых молочнокислыми бактериями для своего развития. В свою очередь, росту дрожжевых клеток способствует высокая кислотность среды, создаваемая молочнокислыми бактериями, и обогащающая ее азотсодержащими веществами, за счет действия протеолитических ферментов лактобактерий.

Кефирные грибки обладают уникальной способностью к саморегулированию состава микрофлоры под воздействием различных внешних факторов (состав питательной среды, температура, режим аэрации, pH среды). Следовательно, путем изменения условий их культивирования можно провести избирательную селекцию микрофлоры [1, 2].

Последнее предположение, а также наличие в микрофлоре кефирной закваски характерных для ржаной закваски гомо- и гетероферментативных лактобактерий и дрожжей предопределили выбор авторов по созданию закваски для хлебопекарного производства.

**Целью** настоящего исследования является подбор условий культивирования кефирной грибковой закваски на заварке из ржаной муки для получения симбиотической закваски. Для этого составляли различные варианты заквасок и изучали их свойства.

### **Объекты и методы исследований**

Экспериментальные исследования проводились на кафедре «Технология молочных продуктов. Товароведение и экспертиза товаров» ВСГУТУ.

Объектом исследований служила кефирная грибковая закваска на заварке из ржаной муки.

Морфологию микрофлоры закваски изучали путем приготовления препаратов, окрашенных метиленовым синим и по Граму с последующим микрокопированием в иммерсионной системе с объективом 90 с нанесением капель кедрового масла.

Количество лактозных дрожжей определяли на картофельно-лактозном агаре методом предельных разведений. Количество дрожжей, не сбраживающих лактозу, определяли на картофельно-сахарозном агаре методом предельных разведений. Общее количество дрожжей в закваске определяли методом предельных разведений с последующим посевом в чашках Петри со средой Сабуро. Количественный учет термофильных и мезофильных лактобактерий проводили на среде «Бактофок».

### **Результаты и их обсуждение**

Заварка представляет собой водно-мучнистую смесь, в которой крахмал муки в значительной степени клейстеризован. Заварка в хлебопечении используется как питательная среда для размножения дрожжей и кислотообразующих бактерий, которые используются для приготовления жидких заквасок. Заварка увеличивает содержание сахаров в закваске и активизирует дрожжи. Ржаная мука содержит большое количество собственных сахаров, левулезанов, водорастворимых коллоидных полисахаридов-полифруктозидов. Крахмал муки под воздействием амилолитических ферментов расщепляется на сахара глюкозу, фруктозу, мальтозу, что создает благоприятные условия для развития молочнокислых бактерий и дрожжей.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что заварка содержит питательные вещества, необходимые для активного развития гомо- и гетероферментативных лактобактерий.

Для выбора оптимальных условий для развития микроорганизмов муку заливали водой в 2-3 приема, температура воды 95-97°C, в соотношении 1:2; 1:3; 1:4, что соответствует влажности заварки 55-60, 65-70, 75-80%, перемешивали до однородной консистенции и полученную заварку охлаждали до температуры 30-32°C. В охлажденную заварку вносили 15% кефирной грибковой закваски и наблюдали процесс кислотообразования (рис. 1).

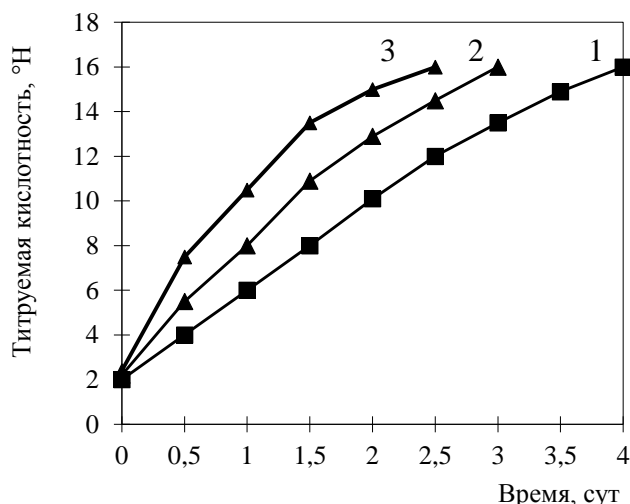


Рис. 1. Влияние влажности заварки на кислотообразование в процессе автоселекции кефирной грибковой закваски: 1 – влажность 75-80%; 2 – влажность 65-70%; 3 – влажность 55-60%

Как видно из рисунка 1, наибольшая кислотообразующая активность наблюдается в заварках с влажностью 55-60 и 65-70%, где через 2,5-3 сут кислотность достигает 16°Н. При повышении влажности заварки до 75-80% снижается концентрация питательных веществ, что приводит к замедлению процесса кислотонакопления. При этой влажности подъемная сила закваски уменьшается.

Из сравнительного анализа заварок с влажностью 55-60 и 65-70% следует, что первый образец имеет более трудоемкую технологию приготовления и консервирования заварки 65-70%.

Сущность большинства технологических приемов сводится к регулированию микробиологических процессов путем установления определенных температурных режимов, так как от них зависит качество готового продукта [6].

Чтобы правильно выбрать температурные режимы, необходимо детальное изучение физико-химических, биохимических процессов с учетом органолептических показателей.

На следующем этапе исследовали влияние дозы вносимой закваски на микробиологические и биохимические процессы, протекающие при ферментации заварки.

Важным фактором, влияющим на рост микроорганизмов, являются показатели титруемой и активной кислотности. Реакция среды может изменить активность ферментов, что в свою очередь ведет к изменению биохимической активности микроорганизмов, вызывающих те или иные превращения в среде. Жизнедеятельность каждого микроорганизма возможна в определенных рН [8].

Таким образом, меняя рН можно направлять биохимическую активность дрожжей на образование тех или иных продуктов.

Температура культивирования является одним из основных физических факторов, регулирующих биологические процессы [2].

Для выбора оптимального температурного режима избирательной селекции популяцию микроорганизмов кефирной грибковой закваски проводили при температурах (30±1) и (20±2) °С с внесением различной дозы заквасок 5, 10 и 15% (рис. 2, 3).

Как видно из рисунков 2 и 3, при обоих температурных режимах активность кислотообразования повышается пропорционально повышению массовой доли закваски. Наиболее интенсивно процесс кислотообразования протекает при использовании 15% закваски.

Так, за 2,5 сут при температуре культивирования (30±1)°С и внесении 15% закваски, кислотность составила 16°Н, активная кислотность – 4. В образцах с 10 и 5% данные значения были достигнуты через 3 и 4 сут, соответственно.

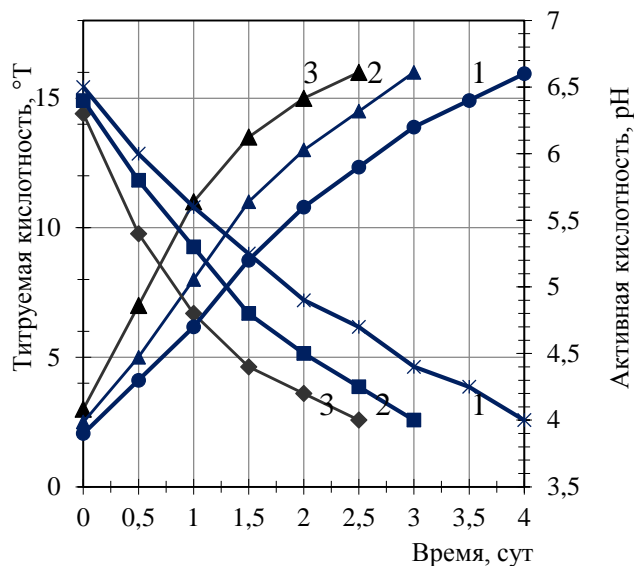


Рис. 2. Влияние дозы вносимой закваски на динамику кислотообразования при температуре культивирования ( $30\pm 1$ )°C: 1 – доза закваски 5%; 2 – доза закваски 10%; 3 – доза закваски 15%

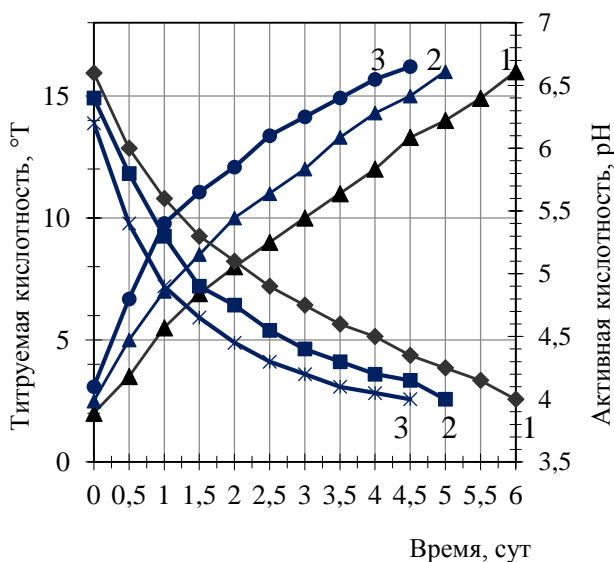


Рис. 3. Влияние дозы вносимой закваски на динамику кислотообразования при температуре культивирования ( $20\pm 2$ )°C: 1 – доза закваски 5%; 2 – доза закваски 10%; 3 – доза закваски 15%

Снижение температуры приводит к продолжительности ферментации. Культивирование при температуре ( $20\pm 2$ )°C показало, что оптимальная кислотность достигает за 4,5 сут при внесении 15% закваски, за 5 сут – 10%, за 6 сут – 5%.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что повышение температуры до ( $30\pm 1$ )°C сокращает продолжительность избирательной селекции микроорганизмов кефирной грибковой закваски на 2 сут. С увеличением дозы вносимой закваски активизируется процесс кислотонакопления.

Об активности биохимических процессов можно судить по изменению продуктов метаболизма. Продукты жизнедеятельности микроорганизмов играют важную роль в формировании вкусовых и качественных характеристик готового продукта [3].

Важным условием получения качественного хлеба является параллельное течение спиртового и молочнокислого брожения. В связи с этим исследовали влияние температуры на молочнокислый и спиртовой процессы в ржаной заварке (рис. 4, 5).

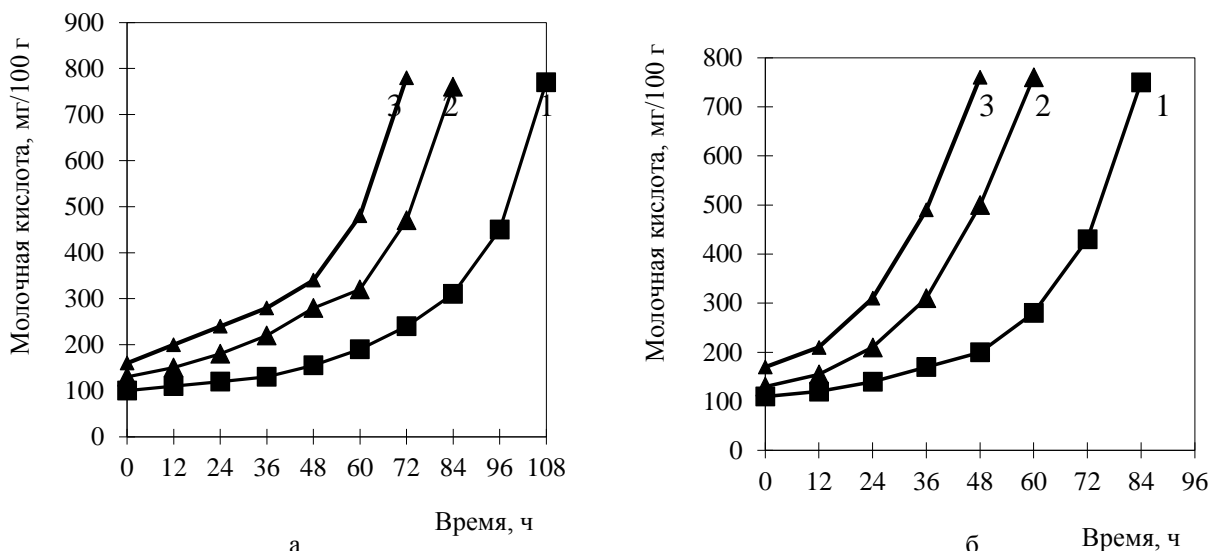


Рис. 4. Динамика молочнокислого брожения при температурах культивирования: а – (20±2) °С; б – (30±1) °С; 1 – доза закваски 5%; 2 – доза закваски 10%; 3 – доза закваски 15%

На рисунке 4 а, б представлена динамика молочной кислоты в процессе культивирования при температурных режимах (30±1) и (20±2) °С.

Как видно из рисунка 4 а, при температурном режиме (30±1) °С процесс накопления кислоты идет интенсивно. За 48 ч культивирования при внесении 15% кефирной грибковой закваски количество молочной кислоты составило 750 мг/100 г.

При температурном режиме (20±2) °С такое же количество кислоты было получено через 72 ч культивирования (см. рис. 4 б).

При исследовании биохимических процессов установлено, что при внесении 10 и 15% закваски, при температуре культивирования (30±1) °С наблюдается активное развитие как молочнокислого, так и спиртового брожения (рис. 5). Через 48 ч в данных образцах содержание спирта составило 1,4% с.в. Снижение дозы закваски до 5% приводит к превалированию молочнокислого процесса над спиртовым процессом. В этом образце массовая доля спирта через такое же время достигла 0,3% с.в. Вероятно, это объясняется более длительным инкубационным периодом развития дрожжевой микрофлоры, поэтому для активного развития спиртового брожения требуется обильное первоначальное заражение среды дрожжами.

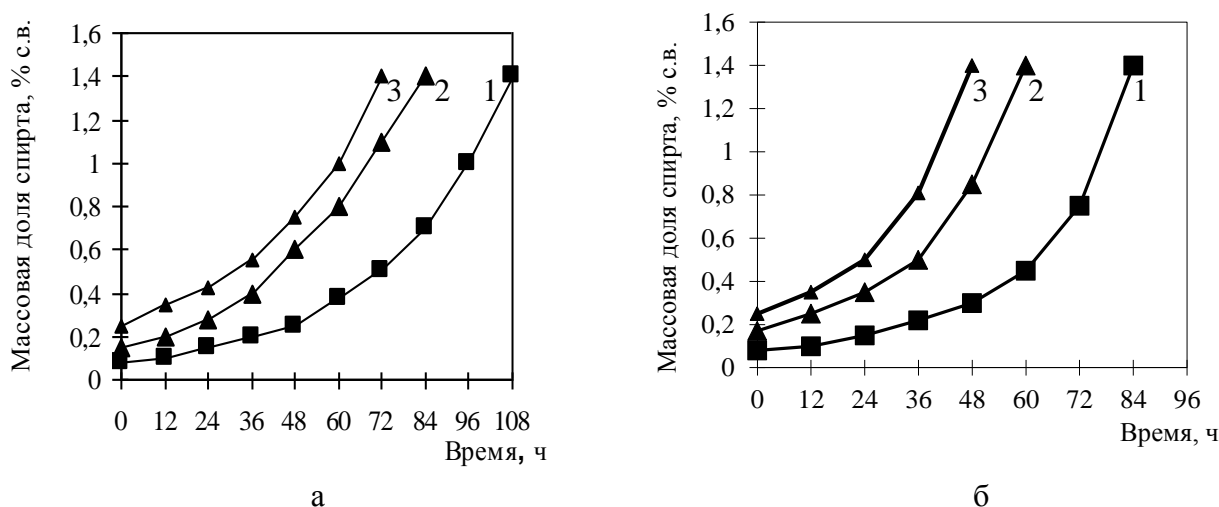


Рис. 5. Динамика спиртового брожения при температурах культивирования: а – (20±2)°С; б – (30±1)°С; 1 – доза закваски 5%; 2 – доза закваски 10%; 3 – доза закваски 15%

Как отмечалось ранее, микрофлора ржанных заквасок характеризуется многокомпонентным составом.

Результаты исследований микробиологических процессов в заварках с дозой заквасок 10 и 15% при температурных режимах  $(30\pm 1)^\circ\text{C}$  и  $(20\pm 2)^\circ\text{C}$  показали, что повышение температуры культивирования закваски до  $(30\pm 1)^\circ\text{C}$  интенсифицирует развитие молочнокислых бактерий и дрожжей. При этом рН снижается сравнительно быстро (за 3 суток) до значения 4, при котором отмечается торможение развития и отмирание клеток чувствительных к кислоте – мезофильных стрептококков и ароматообразующих бактерий. Для развития остальных групп микроорганизмов, как более кислотоустойчивых, при повышении температуры создаются более благоприятные условия [4, 5]. Количественный учет микрофлоры показал, что питательная среда оказывает избирательное действие на рост микрофлоры кефирной грибковой закваски.

Отмечена активация роста дрожжевой микрофлоры и мезофильных лактобактерий, характерных для хлебопекарного производства. Так при внесении дозы закваски 15% количество микроорганизмов составило: дрожжи, не сбраживающие лактозу –  $5\times 10^9$  к.о.е. в  $1\text{ см}^3$ , дрожжи; сбраживающие лактозу –  $7\times 10^6$  к.о.е. в  $1\text{ см}^3$ ; термофильные лактобактерии –  $7\times 10^3$  к.о.е. в  $1\text{ см}^3$ ; мезофильные лактобактерии –  $5\times 10^9$  к.о.е. в  $1\text{ см}^3$ . При внесении 10% закваски количество микроорганизмов составило: дрожжи, не сбраживающие лактозу –  $3\times 10^9$  к.о.е. в  $1\text{ см}^3$ ; дрожжи, сбраживающие лактозу –  $5\times 10^6$  к.о.е. в  $1\text{ см}^3$ ; термофильные лактобактерии –  $6\times 10^3$  к.о.е. в  $1\text{ см}^3$ ; мезофильные лактобактерии –  $4\times 10^9$  к.о.е. в  $1\text{ см}^3$ . Из полученных данных видно, что количество микроорганизмов при внесении 10 и 15% закваски находится практически на одном уровне. С экономической точки зрения оптимальным является доза закваски 10%.

Популяционная автоселекция микрофлоры кефирной грибковой закваски на заварке из ржаной муки при температуре  $(30\pm 1)^\circ\text{C}$  длится 2,5-3 сут. Снижение температуры культивирования замедляет процесс популяционной автоселекции микрофлоры кефирной грибковой закваски.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что температура культивирования  $(30\pm 1)^\circ\text{C}$  стимулирует активное размножение дрожжевой микрофлоры и ускоряет автоселекционный процесс получения консорциума микроорганизмов симбиотической закваски.

Таким образом, популяционная селекция микроорганизмов при температуре  $(30\pm 1)^\circ\text{C}$  с внесением 10% кефирной грибковой закваски в ржаную заварку позволяет на 3 сут получить симбиотическую закваску, обладающую стабильным составом микрофлоры.

### **Выводы**

1. Доказана возможность получения симбиотической закваски для хлебопекарного производства путем подбора условий автоселекции кефирной грибковой закваски на заварке из ржаной муки.
2. Установлено, что при температуре культивирования  $(30\pm 1)^\circ\text{C}$  активизируется рост дрожжевой микрофлоры и гетероферментативных лактобактерий, характерных для хлебопекарных заквасок.
3. Обнаружено, что симбиотическая закваска обладает высокой биохимической активностью и стабильным составом микрофлоры.

### **Библиография**

1. Хамагаева И.С., Занданова Т.Н., Хурхесова Т.Е. Симбиотическая закваска для производства курунги // Пищевая промышленность. – 2009. – №7. – С. 48–49.
2. Хамагаева И.С., Занданова Т.Н., Замбалова Н.А. Влияние условий автоселекции на биосинтез экзополисахаридов и адгезивную активность микробного консорциума // Вестник ВСГУТУ. – 2013. – № 2 (41). – С. 57–62.
3. Черных В.Я., Ширишиков М.А. Регулирование состояния углеводно-милазного комплекса хлебопекарной муки. – М.: Изд-во МГУПП, 2003. – 137 с.

Bibliography

1. *Khamagaeva I.S., Zandanova T.N., Khurkhesova T.E.* Symbiotic yeast for kurunga production // Food Industry. – 2009. – N 7. – P. 48–49.
2. *Khamagaeva I.S., Zandanova T.N., Zambalova N.A.* Influence of autoselection on exopolysaccharide biosynthesis and on adhesion activity of microbial consortium // ESSUTM Bulletin. – 2013. – N 2 (41). – P. 57-62.
3. *Chernykh V.Y., Shirshikov M.A.* Regulation of carbohydrate-amylase condition of baking flour. – М.: MSU PP, 2003. – 137 p.