

ПИЩЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 664.642.2

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КИСЛОТООБРАЗУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЖИДКИХ РЖАНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБА

Т. Д. Самуйленко, Т. А. Гуринова, А. В. Акулич

Проведен анализ молочнокислых бактерий и их консорциумов, в том числе с дрожжевыми клетками, используемых при приготовлении жидких ржаных полуфабрикатов на отечественных хлебопекарных предприятиях. Выявлено, что применение используемых молочнокислых бактерий и их консорциумов требует многостадийности, непрерывности технологического цикла приготовления жидких ржаных полуфабрикатов, круглосуточного режима работы хлебопекарных предприятий, постоянной производительности по ассортименту хлеба. Полноценное использование этих микроорганизмов в дискретном режиме производства хлеба не реализуемо. Отмечена необходимость применения отечественных, ранее не используемых в хлебопекарном производстве микроорганизмов и их консорциумов при приготовлении жидких ржаных полуфабрикатов в современном дискретном режиме производства хлеба.

Введение

В Республике Беларусь высокие потребительские свойства хлеба из ржаной муки и смеси ржаной и пшеничной муки преимущественно обеспечиваются применением многостадийно приготавливаемых жидких ржаных полуфабрикатов, полученных путем культивирования различных видов и штаммов молочнокислых бактерий с использованием мучных питательных субстратов в непрерывном режиме в технологическом цикле. Постоянное наличие этих специфических кислотообразующих микроорганизмов в жидких ржаных полуфабрикатах, а также ведущая роль продуктов их метаболизма, формирует определенные реологические свойства теста, вкусоароматический комплекс хлеба и другие его потребительские свойства [1, 2].

В Республике Беларусь при приготовлении жидких ржаных полуфабрикатах используются до 5–8 видов молочнокислых бактерий различных штаммов, которые по-разному участвуют как в самом процессе брожения, так и в формировании свойств жидких ржаных полуфабрикатов и хлеба. Каждый из этих микроорганизмов имеет свои физиологические особенности и требует определенных условий культивирования. Они могут культивироваться по одному виду, штамму или в консорциуме между собой и/или с другими микроорганизмами, например с дрожжевыми клетками. Стоит отметить, что используемые микроорганизмы являются импортными, преимущественно из Российской Федерации, и требуют постоянных валютных затрат от хлебопекарных предприятий.

В современном дискретном режиме производства хлеба целенаправленное культивирование используемых микроорганизмов в жидких ржаных полуфабрикатах в непрерывном режиме практически не реализуемо, что приводит к нарушению их жизнедеятельности и, в конечном итоге, к гибели. Такая ситуация недопустима на предприятиях хлебопекарной отрасли, так как ее последствия являются весьма экономически затратными. Решением этой проблемы может стать применение при приготовлении жидких ржаных полуфабрикатов отече-

ственных, ранее не используемых в хлебопекарной промышленности микроорганизмов и их консорциумов, культивирование которых позволит:

- сократить количество стадий технологического цикла приготовления жидких ржаных полуфабрикатов;
- снизить температуру некоторых стадий технологического цикла;
- консервировать жидкие ржаные полуфабрикаты на различный временной диапазон;
- перейти к однофазному способу приготовления жидких ржаных полуфабрикатов и одновременно обеспечить высокие потребительские свойства хлеба на их основе.

Применение этого инновационного направления в технологии жидких ржаных полуфабрикатов позволит не только осуществлять их приготовление при различной дискретности в режиме работы хлебопекарных предприятий, но и уменьшит затраты материальных, энергетических и трудовых ресурсов.

Целью настоящих исследований является изучение морфологических, культуральных признаков и физиологических свойств молочнокислых бактерий, культивируемых в жидких ржаных полуфабрикатах с возможностью их полноценного использования при различных режимах производства хлеба.

Это позволит выявить особенности при культивировании используемых на хлебопекарных предприятиях импортируемых микроорганизмов и их консорциумов, обозначить новое направление в технологии жидких ржаных полуфабрикатов, приготавливаемых путем культивирования ранее неиспользуемых в хлебопекарном производстве кислотообразующих микроорганизмов и их консорциумов, которые обеспечат стабильные биотехнологические свойства полуфабрикатов и, как следствие, потребительские свойства хлеба на современном этапе развития хлебопекарной отрасли.

Результаты исследований и их обсуждение

В хлебопекарной отрасли Республики Беларусь в качестве жидких ржаных полуфабрикатов преимущественно используются закваски и заварки. Закваски применяются в основном для производства массовых сортов хлеба с низкой надбавленной стоимостью. Заварки применяются для производства заварных сортов хлеба, которые можно отнести к национальным сортам. Кроме того, они пользуются хорошим спросом у населения в нашей стране и за рубежом, что обусловлено их высокими потребительскими свойствами. Это позволяет заварные сорта хлеба экспортировать в свежем и замороженном виде в Российскую Федерацию, Украину, страны Европейского Союза, Соединенные Штаты Америки и другие, что обеспечивает валютные поступления в экономику страны. Помимо этого, экономическую стабильность хлебопекарных предприятий поддерживает и высокая надбавленная стоимость заварных сортов хлеба. Поэтому доля заварных сортов хлеба в производительности каждого хлебопекарного предприятия с каждым годом увеличивается.

На рисунке 1 представлены основные закваски и заварки и используемые специфические для них молочнокислые бактерии и их консорциумы, в том числе с дрожжевыми клетками.

Согласно классификации, предложенной М. Rogosa и М.Е. Sharpe, используемые молочнокислые бактерии в заквасках и заварках (рисунок 1) относятся к семейству Lactobacillaceae, роду Lactobacillus. В пределах рода выделено три подгруппы [3]:

1) *Thermobacterium* – это гомоферментативные молочнокислые бактерии, которые в процессе брожения продуцируют в основном молочную кислоту (85,0 %–90,0 % от общей кислотности), некоторое количество других соединений (5,0 %–10,0 % от общей кислотности летучих кислот, 4,0 %–5,0 % от общей кислотности ди- и трикарбоновых кислот, 4,0 мг–5,0 мг на 100 мл суслу в пересчете на ацетальдегид летучих карбонильных соединений) и имеют температурный оптимум развития в пределах от 40 °С до 60 °С. К ним можно отнести молочнокислые бактерии *Lactobacillus delbrückii* – 76, культивируемые в заквашенной заварке.

2) *Streptobacterium* – это гомоферментативные молочнокислые бактерии, которые в процессе брожения также преимущественно продуцируют молочную кислоту, но развиваются при более низких температурах (от 25 °С до 37 °С). К ним можно отнести молочнокислые

бактерии *Lactobacillus plantarum* – 30, *Lactobacillus casei* – 26, культивируемые в жидкой закваске без заваривания части муки, с завариванием части муки и в концентрированной молочнокислой закваске, и *Lactobacillus plantarum* И-35, культивируемые в сброженной заварке.

3) *Betabacterium* состоит из видов гетероферментативных молочнокислых бактерий, которые в процессе брожения помимо молочной кислоты (60,0 %–80,0 % от общей кислотности) образуют 13,0 %–34,0 % от общей кислотности летучих кислот (уксусной, муравьиной, углекислоты), 6,0 %–7,0 % от общей кислотности ди- и трикарбоновых кислот, 3,0 – 4,0 мг на 100 мл суслу в пересчете на ацетальдегид летучих карбонильных соединений и других соединений (этилового и других спиртов, различных газов). К ним можно отнести молочнокислые бактерии *Lactobacillus brevis* – 1, *Lactobacillus fermentum* – 34, культивируемые в жидкой закваске без заваривания части муки, с завариванием части муки и в концентрированной молочнокислой закваске.

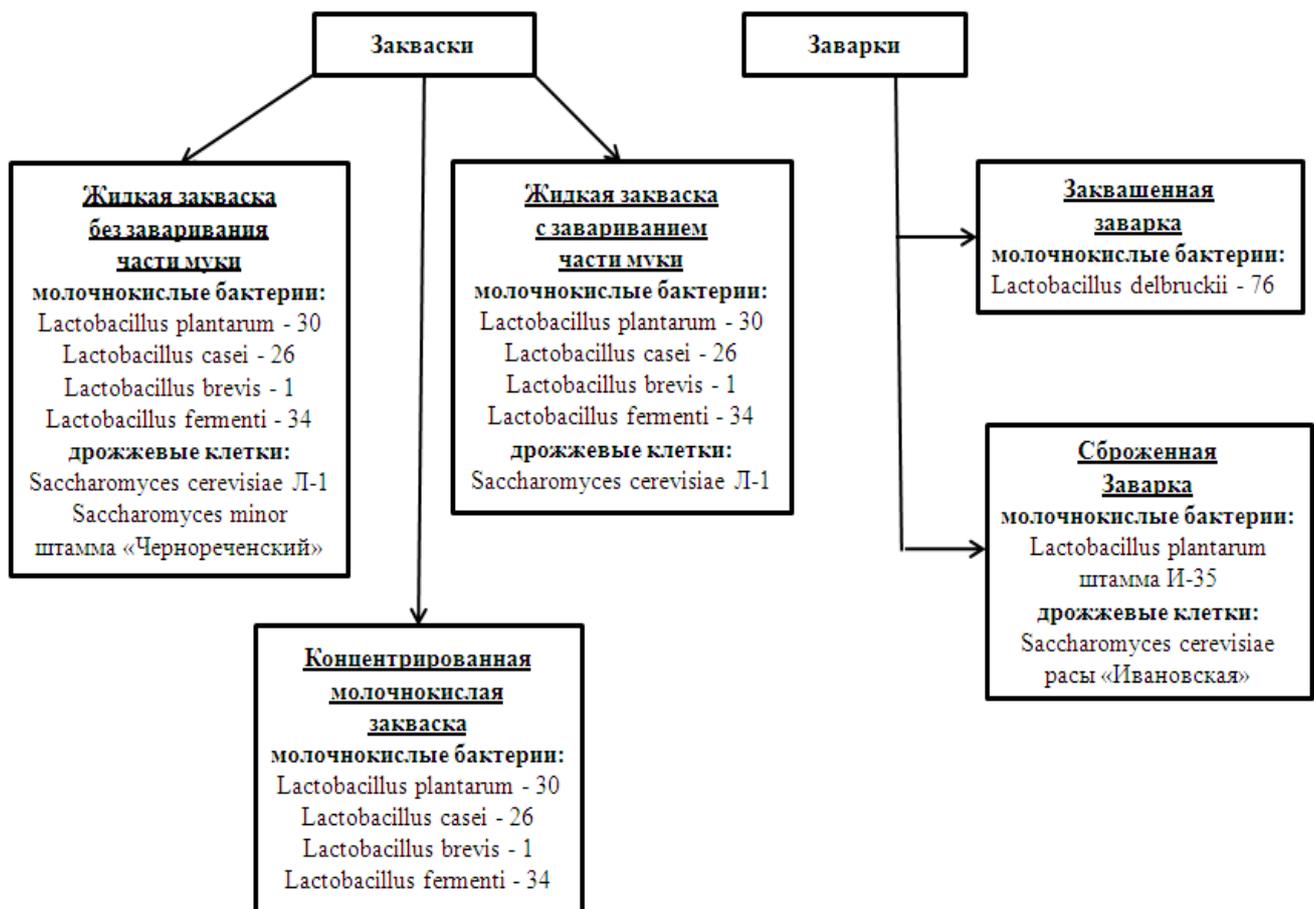


Рисунок 1 – Используемые молочнокислые бактерии и их консорциумы, в том числе с дрожжевыми клетками, в традиционных жидких ржаных полуфабрикатах

Из рисунка 1 также видно, что основная масса используемых консорциумов молочнокислых бактерий формируется по следующим принципам:

- 1) по оптимальным температурам для жизнедеятельности микроорганизмов;
- 2) по необходимости накопления преимущественно молочной кислоты, что характеризуется высоким коэффициентом брожения, летучих кислот (в меньшем количестве уксусной кислоты), ди- и трикарбоновых кислот, летучих карбонильных и других соединений.

Стоит отметить, что при приготовлении жидких ржаных полуфабрикатов, за исключением заварок, используются консорциумы гомо- и гетероферментативных молочнокислых бактерий. При приготовлении заварок молочнокислые бактерии используются по одному виду для накопления максимального количества молочной кислоты, летучих карбонильных и других

соединений. Это обусловлено получением специфических потребительских свойств заварных сортов хлеба. Кроме того, в их составе для усиления вкусоароматической характеристики довольно часто используют различные пряности (тмин, кориандр, фенхель и другие), что позволяет исключить использование гетероферментативных молочнокислых бактерий.

Использование дрожжевых клеток в составе некоторых существующих консорциумов микроорганизмов обеспечивает предание жидким ржаным полуфабрикатам разрыхляющей способности с целью последующего снижения рецептурного количества дрожжей хлебопекарных прессованных, используемых при замесе теста. Эта возможность преимущественно реализуется только при приготовлении массовых сортов хлеба с применением заквасок (количество дрожжей хлебопекарных прессованных составляет до 0,5 % от массы муки по унифицированной рецептуре). Для заварных сортов хлеба с применением заварок использование этого приема не является эффективным, что обусловлено использованием значительного количества различного дополнительного сырья (количество дрожжей хлебопекарных прессованных составляет до 2,0 % от массы муки по унифицированной рецептуре).

Следует отметить, что получение тех или иных продуктов метаболизма молочнокислых бактерий зависит не только от вида и штамма микроорганизма, но и от особенностей их морфологических признаков, химического состава мучных питательных субстратов и условий жизнедеятельности микроорганизмов (таблицы 1–3).

Таблица 1 – Морфологические особенности молочнокислых бактерий

Группа молочнокислых бактерий	Вид молочнокислых бактерий	Морфология
Thermobacterium	<i>Lactobacillus delbruckii</i> – 76	Крупные палочки (5,0 – 9,0) мкм × × (0,5 – 0,8) мкм, одиночные или по две
Streptobacterium	<i>Lactobacillus plantarum</i> – 30	Тонкие короткие палочки 4,0 мкм × × 0,5 мкм, преимущественно в цепочках
	<i>Lactobacillus casei</i> – 26	Крупные толстые палочки (10,0 – 15,0) мкм × 1,0 мкм, одиночные, реже в цепочках
Betabacterium	<i>Lactobacillus plantarum</i> И–35	Тонкие палочки (4,0 – 6,0) мкм × 0,5 мкм, одиночные, реже по две
	<i>Lactobacillus brevis</i> – 1	Короткие толстые палочки (3,0 – 4,0) мкм × 1,0 мкм, одиночные, по две и в коротких цепочках
	<i>Lactobacillus fermentum</i> – 34	Толстые палочки от коротких до средних (3,0 – 7,0) мкм × 1,0 мкм, Одиночные и в длинных цепочках

Как видно из таблицы 1, используемые в хлебопекарной промышленности Республики Беларусь молочнокислые бактерии представляют собой прямые палочки различных размеров с закругленными концами. Их расположение может также варьироваться и не имеет четкой закономерности в зависимости от группы, вида и штамма. Схожими морфологическими характеристиками обладают некоторые виды гомоферментативных культур и их штаммов (*Lactobacillus delbruckii* – 76 и *Lactobacillus casei* – 26, *Lactobacillus plantarum* – 30 и *Lactobacillus plantarum* И–35) и гетероферментативные молочнокислые бактерии (*Lactobacillus brevis*–1 и *Lactobacillus fermentum*–34). Источником питания для молочнокислых бактерий

преимущественно являются моно- и дисахариды (таблицы 2–3). При этом культивируемые микроорганизмы требовательны к мучным питательным субстратам, которые обязательно должны содержать такие факторы роста, как витамины и азотистые соединения. Технологические параметры также оказывают существенное влияние на жизнедеятельность молочнокислых бактерий жидких ржаных полуфабрикатов. Так *Streptobacterium* и *Betabacterium* имеют оптимум температур преимущественно в интервале от 30 °С до 35 °С. Максимальная температура роста некоторых из этих культур достигает 45 °С (*Lactobacillus casei* – 26 и *Lactobacillus fermentum* – 34), что находится в диапазоне оптимальной температуры для молочнокислых бактерий *Lactobacillus delbruckii* – 76. Следует отметить, что максимальное количество образуемой молочной кислоты накапливается при жизнедеятельности культуры *Lactobacillus casei* – 26. Это подтверждается высокой кислотностью в двухсуточной культуре и достаточно высоким коэффициентом брожения, что несомненно сказывается на приятном кисловатом вкусе и специфическом аромате, свойственным для хлеба из ржаной муки и смеси ржаной и пшеничной муки. Анализируемые молочнокислые бактерии при своей жизнедеятельности продуцируют один или два оптических изомера молочной кислоты (D и L).

Использование при приготовлении жидких ржаных полуфабрикатов выше представленных молочнокислых бактерий и их консорциумов, в том числе с дрожжевыми клетками, требует непрерывности и многостадийности технологического цикла, особенно при приготовлении заварок. Стоит отметить, что на каждой стадии могут использоваться разные молочнокислые бактерии и их консорциумы, которые имеют свои оптимумы жизнедеятельности. Условия развития используемых в отечественной хлебопекарной отрасли микроорганизмов на каждой стадии технологического цикла существенно отличаются. Например, разница температур на смежных стадиях технологического цикла может достигать 20 °С, то есть на одной стадии она варьируется от 45 °С до 55 °С, а на другой стадии – от 28 °С до 30 °С.

Таблица 2 – Характеристика питательных веществ и факторов роста молочнокислых бактерий

Группа молочнокислых бактерий	Вид молочнокислых бактерий	Основные сбраживаемые углеводы				Факторы роста					
		глюкоза	сахароза	мальтоза	декстрины	Витамин В ₁	Витамин В ₂	Витамин В ₆	Витамин В ₉	Витамин В ₁₂	Азотистые соединения
<i>Thermobacterium</i>	<i>Lactobacillus delbruckii</i> – 76	+	+	+	–	–	+	–	–	–	+
<i>Streptobacterium</i>	<i>Lactobacillus plantarum</i> – 30	+	+	+	–	–	+	–	–	–	+
	<i>Lactobacillus casei</i> – 26	+	+	+	–	–	+	+	+	+	+
	<i>Lactobacillus plantarum</i> И–35	+	+	+	–	–	+	–	–	–	+
<i>Betabacterium</i>	<i>Lactobacillus brevis</i> – 1	+	+	+	–	+	–	–	+	–	+
	<i>Lactobacillus fermentum</i> – 34	+	+	+	–	+	–	–	–	–	+

Примечание: + наблюдается рост; – рост отсутствует.

Таблица 3 – Условия жизнедеятельности и продукты метаболизма молочнокислых бактерий

Группа молочнокислых бактерий	Вид молочнокислых бактерий	Рост при температурах, °С			Рост в среде с 0,4 % титроля	Количество образуемой молочной кислоты в молоке, %	Тип образуемой молочной кислоты	Титруемая кислотность в двухсуточной культуре, град.	Количество летучих кислот, % от титруемой кислотности	Коэффициент брожения (соотношение молочной и уксусной кислот)
		минимальная	оптимальная	максимальная						
Thermobacterium	Lactobacillus delbrückii – 76	нет уточненных сведений	45–50	55	–	0	D	10,0–12,0	до 5,0	нет уточненных сведений
Streptobacterium	Lactobacillus plantarum – 30	15	30–34	38	+	0,3–1,2	DL	13,0–14,0	6,0	9,40
	Lactobacillus casei – 26	15	34	45	–	1,2–1,5	L	14,0–16,0	10,0	10,27
	Lactobacillus plantarum И–35	15	33–35	38	+	0,3–1,2	DL	9,2	9,8	9,40
Betabacterium	Lactobacillus brevis – 1	15	30–34	37	+	0,02–0,1	DL	11,0–13,0	23,0	2,14
	Lactobacillus fermentum – 34	нет уточненных сведений	34	45	–	0,02–0,1	DL	8,0	22,0	4,7

Примечание: + наблюдается рост; – рост отсутствует.

Для адаптации микроорганизмов, используемых в следующей стадии технологического цикла, необходимо вводить дополнительные операции по подготовке жидкого ржаного полуфабриката с предыдущей стадии (охлаждение, подогрев, внесение дополнительных компонентов). Продолжительность каждой стадии технологического цикла также отличается и может варьироваться от 60 мин до 480 мин, а весь технологический цикл приготовления хлеба составляет от 8 ч до 12 ч, а для заварных сортов хлеба может доходить и до 24 ч.

Реализация традиционного технологического цикла с применением вышепредставленных молочнокислых бактерий и их консорциумов возможна только при круглосуточном режиме работы хлебопекарных предприятий с постоянной производительностью хлеба из ржаной муки и смеси ржаной и пшеничной муки. Такой режим позволяет сохранить размеры, формы и расположение молочнокислых бактерий за счет постоянства химического состава мучных питательных субстратов и условий жизнедеятельности микроорганизмов (температуры и продолжительности культивирования, достаточного количества питательных веществ и факторов роста при неизменном количестве используемого мучного питательного субстрата).

Это будет обеспечивать стабильные биотехнологические свойства жидких ржаных полуфабрикатов и высокие потребительские свойства хлеба.

Современный дискретный режим производства хлеба требует изменения технологических параметров приготовления жидких ржаных полуфабрикатов, которое преимущественно осуществляется с использованием субъективного подхода. В такой ситуации изменяется жизненный цикл молочнокислых бактерий и их активность, нарушается соотношение отдельных микроорганизмов в консорциуме, в некоторых случаях происходит гибель микроорганизмов, что не позволяет продуцировать ими необходимый количественный и качественный состав продуктов метаболизма. Как следствие, дестабилизируются биотехнологические свойства жидких ржаных полуфабрикатов и потребительские свойства хлеба с их применением. Ликвидация полученных последствий является весьма затратной для хлебопекарных предприятий, так как связана с приобретением применяемых молочнокислых бактерий и их консорциумов только за рубежом. Особенно остро эта проблема стоит при реализации многостадийного технологического цикла приготовления заварок.

Выходом для современной хлебопекарной отрасли из сложившейся ситуации может стать применение отечественных, ранее не используемых в хлебопекарной отрасли молочнокислых бактерий и их консорциумов в виде стартовых композиций, в частности в многостадийном технологическом цикле приготовления заварок. При этом выбор и применение отечественных, ранее неиспользуемых тех или иных микроорганизмов и их консорциумов должен быть основан на установлении алгоритма жизнедеятельности этих микроорганизмов и продолжительности их культивирования, закономерности моделирования составов мучных питательных субстратов для них. Благодаря этому может быть достигнута устойчивость рассматриваемого технологического цикла, который позволит получить жидкие ржаные полуфабрикаты с требуемыми биотехнологическими свойствами в необходимый период времени. Кроме того, применение отечественных, ранее неиспользуемых в хлебопекарной отрасли микроорганизмов и их консорциумов позволит получить определенные продукты их метаболизма, регулировать продолжительность стадий технологического цикла, комбинировать их или исключать, консервировать жидкие ржаные полуфабрикаты, перейти к однофазному способу приготовления заварок.

Стоит отметить, что в Республике Беларусь уже существуют некоторые коллекции кислотообразующих микроорганизмов для пищевой промышленности, но они преимущественно используются при производстве кисломолочных продуктов.

Заключение

В ходе проведенного анализа кислотообразующих микроорганизмов жидких ржаных полуфабрикатов было установлено, что для осуществления непрерывного технологического цикла приготовления заквасок и заварок на хлебопекарных предприятиях Республики Беларусь преимущественно используются молочнокислые бактерии *Lactobacillus delbruckii* (штамм 76), *Lactobacillus plantarum* (штамм 30, штамм И-35), *Lactobacillus casei* (штамм 26), *Lactobacillus brevis* (штамм 1), *Lactobacillus fermentum* (штамм 34). Названные микроорганизмы могут использоваться одиночно и/или в сочетании между собой и с дрожжевыми клетками в различных соотношениях в зависимости от приготавливаемого полуфабриката. Стоит отметить, что наиболее часто при приготовлении жидких ржаных полуфабрикатов используют молочнокислые бактерии *Lactobacillus plantarum*.

Установлено, что применение названных молочнокислых бактерий и их консорциумов, в том числе с дрожжевыми клетками, при приготовлении жидких ржаных полуфабрикатов в современном дискретном режиме производства хлеба практически не реализуемо и препятствует достижению технологической стабильности при производстве хлеба из ржаной муки и смеси ржаной и пшеничной муки.

Отмечено, что в Республике Беларусь созданы консорциумы кислотообразующих микроорганизмов (молочнокислых бактерий, в том числе совместно с бифидобактериями), которые преимущественно используются в молочной промышленности, но существуют рекоменда-

ции их применения при получении ферментированных полуфабрикатов и продуктов, к которым и относятся жидкие ржанные полуфабрикаты и, как следствие, заварные сорта хлеба. Поэтому применение отечественных, ранее неиспользуемых в хлебопекарной отрасли молочнокислых бактерий и/или их консорциумов, в том числе с бифидобактериями, для приготовления жидких ржанных полуфабрикатов при различных режимах производства хлеба является весьма актуальным и востребованным.

Литература

- 1 Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства [Текст]: учебник для студентов вузов / Л. Я. Ауэрман. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2009. – 415 с.
- 2 Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий: в 2 т. Т. 1 / Государственное предприятие «Белтехнохлеб»; разработ. Л.С. Колосовская [и др.]. – Минск: Бизнесофсет, 2011. – 348 с.
- 3 Афанасьева, О.В. Микробиология хлебопекарного производства [Текст] / О.В. Афанасьева. – СПб.: Береста, 2003. – 220 с.

Поступила в редакцию 01.11.2018