

Исследование постокислительной активности штаммов *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus acidophilus* и разработка закваски для биоряженки*

Мохаммед Ибрахим Алкадур, младший научный сотрудник

E-mail: m_alkadur@vniimi.org

Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, г. Москва

Кисломолочные продукты в силу специфических свойств и направленного воздействия на организм человека приобретают все большую популярность. На протяжении последних лет отмечается увеличение производства кисломолочной продукции с пролонгированным сроком годности и пробиотическими свойствами. В период хранения кисломолочных продуктов ключевым дефектом, приводящим к снижению их качества, выступает чрезмерное повышение кислотности вследствие метаболизма молочнокислых бактерий. Целью исследования являлся отбор штаммов молочнокислых бактерий *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus acidophilus* с минимальной постокислительной активностью, а также разработка на их основе закваски для биоряженки. Объектами исследования послужили пять штаммов термофильного стрептококка (*S. thermophilus* 55, *S. thermophilus* 102, *S. thermophilus* BC 234, *S. thermophilus* 3t, *S. thermophilus* 19ч), три штамма ацидофильной палочки (*L. acidophilus* NK1, *L. acidophilus* 4900, *L. acidophilus* 18a) и биоряженка, полученная с использованием данных культур. В ходе исследований использовали микробиологические методы для определения количества молочнокислых бактерий (КОЕ/см³), а также физико-химические методы для оценки активной кислотности (pH), постокислительной активности (Δ pH), влагоудерживающей способности и условной вязкости. На основании анализа постокислительной активности ассоциации штаммов *S. thermophilus* 55 и *L. acidophilus* NK1 в процессе 28-суточного хранения при 4 ± 2 °C выбрана закваска с соотношением 4,5:0,5 в количестве 5 %. Она обладала относительно низкой постокислительной активностью (Δ pH $0,33 \pm 0,03$). Представленные результаты имеют значение для разработки новых заквасок, используемых в технологиях кисломолочных продуктов.

Ключевые слова: закваска, сквашивание, биоряженка, постокислительная активность, условная вязкость, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*

Для цитирования: Алкадур М. И. Исследование постокислительной активности штаммов *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus acidophilus* и разработка закваски для биоряженки / М. И. Алкадур // Сыроделие и маслоделие. 2026. № 3. С. 47–55. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2026-3-62>

Введение

Мировой спрос на кисломолочные продукты непрерывно растет благодаря их особым функциональным свойствам и влиянию на здоровье. Технология молочных продуктов базируется на микробиологической активности, поэтому качество конечного продукта находится в прямой зависимости от состава и свойств заквасок. Эффективность функционирования молочнокислых бактерий определяется их способностью к активному размножению в молочной среде, что обеспечивается двумя ключевыми факторами: интенсивным сбраживанием лактозы и устойчивостью к бактериофагам [1, 2].

Одним из главных показателей, снижающих качество кисломолочных продуктов в процессе хранения, является повышение кислотности, обусловленное дальнейшей метаболической активностью

жизнеспособных заквасочных культур [3, 4]. Молочно-кислые бактерии – это грамположительные кокки или палочки, не образующие спор и не осуществляющие дыхательного метаболизма. Их основная функция заключается в сбраживании углеводов с образованием молочной кислоты. Помимо молочной кислоты в процессе метаболизма молочнокислых бактерий образуются также вторичные метаболиты: уксусная и пропионовая кислоты, углекислый газ, этиловый спирт, летучие жирные кислоты, эфиры, ароматические соединения и другие продукты жизнедеятельности [5, 6].

Закваски представляют собой непатогенные и нетоксигенные микроорганизмы, которые намеренно добавляют в молоко, сыворотку или другие составленные среды для придания желаемых

*Публикация подготовлена в рамках государственного задания FNS-2025-0004.

мого и предсказуемого вкуса, аромата и текстуры кисломолочным продуктам [7]. Закваски классифицируют по ряду параметров: целевому назначению, видовому составу и численности клеток (концентрации). Исходя из функционального назначения, закваски подразделяют на виды, используемые при выработке творога, сметаны, йогурта, ряженки, кефира, разных групп сыров, а также продуктов с пробиотическими свойствами (лечебно-профилактического направления) [8].

Одним из традиционных кисломолочных продуктов России является ряженка. Ряженка – кисломолочный продукт, произведенный путем сквашивания топленого молока с добавлением молочных продуктов или без их добавления с использованием заквасочных микроорганизмов – термофильных молочнокислых стрептококков с добавлением болгарской молочнокислой палочки или без ее добавления. Основные характеристики продукта «Ряженка» должны соответствовать ГОСТ 31455-2012. Ряженка подходит взрослым и детям благодаря высокой усвояемости и содержанию ценных нутриентов. Продукт эффективно утоляет голод, рекомендуется при атеросклерозе, заболеваниях внутренних органов и желчевыводящих путей. Один стакан ряженки содержит в себе 20 % суточной нормы фосфора и 25 % кальция. Ряженку вырабатывают двумя способами: резервуарным и термостатным, при этом резервуарный метод является более распространенным ввиду его экономической эффективности¹ [9, 10]. Несмотря на идентичный состав, ряженка различных производителей демонстрирует значительные различия по сроку годности – от 7 до 14 суток. Поскольку данный показатель не регламентируется ГОСТ 31455-2012 и устанавливается изготовителем самостоятельно, выявить факторы, обуславливающие такой разброс, сложно [11].

Рынок кисломолочных продуктов и препаратов направленного пробиотического действия стремительно расширяется, разрабатываются продукты новых поколений [12, 13]. Одним из наиболее безопасных и эффективных методов коррекции и профилактики дисбиотических расстройств является применение пробиотиков (зубиотиков), которые представляют собой живые микроорганизмы и / или их метаболиты, оказывающие нормализу-

ющее действие на состав и биологическую активность микрофлоры желудочно-кишечного тракта [14, 15]. Бактерии *Lactobacillus acidophilus* являются представителями нормальной кишечной микрофлоры человека и обладают уникальными пробиотическими, иммуностимулирующими и адгезивными свойствами [16]. Одно из наиболее динамично развивающихся направлений молочной отрасли – производство кисломолочных продуктов с длительными сроками хранения и пробиотическими свойствами. Таким продуктом может быть биоряженка, изготавливаемая с использованием закваски термофильного стрептококка и ацидофильной палочки.

Цель исследования заключалась в отборе штаммов молочнокислых бактерий *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* с минимальной постокислительной активностью, а также в получении на их основе закваски для биоряженки.

Объекты и методы исследования

Эксперимент проводился на базе лаборатории прикладной микробиологии и геномики микроорганизмов ФГАНУ «ВНИМИ» (г. Москва).

Объектами исследования в данной научной работе являлись пять штаммов термофильного стрептококка (*Streptococcus thermophilus* 55, *S. thermophilus* 102, *S. thermophilus* BC 234, *S. thermophilus* 3t, *S. thermophilus* 19ч) и три штамма ацидофильной палочки (*Lactobacillus acidophilus* NK1, *L. acidophilus* 4900 и *L. acidophilus* 18a) из биоресурсной коллекции ФГАНУ «ВНИМИ»; сквашенный сгусток и биоряженка. Для исследования использовали 16-часовые культуры *L. acidophilus* и *S. thermophilus*, культивированные при температуре 37 ± 2 и 42 ± 2 °C соответственно. При подготовке образцов заквасок в обезжиренное молоко, стерилизованное при температуре 121 ± 1 °C в течение 10 ± 1 мин и охлажденное до температуры заквашивания, вносили 1 % исследуемых культур и сквашивали при режимах, указанных выше.

При выполнении работы применялись стандартизованные и общепринятые методы: активную кислотность определяли по ГОСТ 32892-2014, титруемую кислотность – по ГОСТ 3624-92,

¹Перевертова, О. Ряженка: традиции вдохновляют на инновации / О. Перевертова // Переработка молока. 2020. № 2. С. 72–73. <https://elibrary.ru/hrvzdp>

условную вязкость сгустков, образуемых штаммами, – по ГОСТ 8420-2022. За условную вязкость принимали время непрерывного течения в секунду определенного объема испытуемого материала.

Влагоудерживающую способность (ВУС, %) сгустков определяли с использованием центрифуги. Образец объемом 10 мл центрифугировали при факторе разделения 1000 в течение 5 мин при температуре 18 ± 1 °С. Результаты оценивали по разнице в массе супернатанта сквашенных образцов до и после центрифугирования и рассчитывали по следующей формуле:

$$\text{ВУС} = (M - C) / M \times 100 \quad (1)$$

где С – масса сыворотки, г; М – масса образца, г.

Постокислительную активность исследуемых культур определяли в соответствии с МУ 2.3.2.2789-10. При определении постокислительной активности *S. thermophilus* в емкость с 200 см³ 9 % стерилизованного обезжиренного молока вносили 2 % инокулят и выдерживали при температуре 42 ± 2 °С до образования сгустка, а для бактерий *L. acidophilus* – при температуре 37 ± 1 °С. Активность оценивали по изменению рН (ΔрН) за период хранения:

$$\Delta \text{pH} = \text{pH}_0 - \text{pH}_{28} \quad (2)$$

где рН₀ – значение рН сразу после сквашивания, рН₂₈ – значение рН через 28 суток хранения. В данной работе за низкую постокислительную активность принимали ΔрН менее 0,25 за 28 суток.

Количество молочнокислых бактерий, КОЕ/см³, определяли по ГОСТ 33951-2016. Метод основан на посеве штаммов на стерильное обезжиренное молоко и их термостатировании при температуре 37 ± 2 °С в течение 72 ч.

Определение срока хранения разработанного кисломолочного продукта биоряженка проводили в соответствии с МУК 4.2.1847-04. Все измерения проводились в трехкратной повторности.

Результаты и их обсуждение

Исследование технологических свойств штаммов *Streptococcus thermophilus*. Большое значение в производстве кисломолочных продуктов имеет продолжительность сквашивания, от которой зависят органолептические и физико-химические показатели готового продукта. Поэтому в начале эксперимента определяли продолжительность сквашивания восстановленного молока выбранными штаммами *S. thermophilus*. Окончание сквашивания устанавливали визуально по консистенции сгустка, который должен быть без отделения сыворотки. В результате исследований установлено, что все исследуемые штаммы сквашивали молоко практически одинаково, то есть в течение от 4,5 до 5 ч. При этом количество микроорганизмов, составляло от $1,1 \times 10^8$ до $2,5 \times 10^8$ КОЕ/см³. Показатели титруемой кислотности, условной вязкости и влагоудерживающей способности сквашенных сгустков представлены в таблице 1.

Важной характеристикой технологических свойств заквасок является консистенция кисломолочного сгустка, которую определяли с применением инструментальных методов анализа (определение условной вязкости сгустков), результаты представлены в таблице 1.

Влагоудерживающая способность сгустков составила от 54,3 до 60,9 % в зависимости от штамма. Наибольшее снижение интенсивности отделения сыворотки и повышение влагоудерживающей способности сгустка наблюдались для штамма *S. thermophilus* 3т.

Таблица 1. Характеристика сгустков, полученных при использовании штаммов *Streptococcus thermophilus*

Номер образца	Наименование штамма	Титруемая кислотность, °Т	Условная вязкость, с	Влагоудерживающая способность, %
1	<i>Streptococcus thermophilus</i> 55	67 ± 1	58 ± 4	$58,8 \pm 1,0$
2	<i>Streptococcus thermophilus</i> 102	79 ± 2	48 ± 5	$57,5 \pm 1,0$
3	<i>Streptococcus thermophilus</i> BC234	70 ± 1	28 ± 4	$54,3 \pm 1,4$
4	<i>Streptococcus thermophilus</i> 3т	75 ± 1	105 ± 5	$60,9 \pm 1,6$
5	<i>Streptococcus thermophilus</i> 19ч	77 ± 2	31 ± 3	$55,6 \pm 1,0$

Самая низкая титруемая кислотность была у образца 1, полученного при использовании штамма *S. thermophilus* 55, а самая высокая – у образцов 2 и 5, полученных при использовании штаммов *S. thermophilus* 102 и *S. thermophilus* 19ч. Анализ результатов исследования титруемой кислотности сгустков позволяет заключить, что штамм термофильного стрептококка *S. thermophilus* 55 обладает самой низкой кислотообразующей способностью, а штаммы *S. thermophilus* 102 и *S. thermophilus* 3т – самой высокой кислотообразующей способностью.

Анализ данных показал, что условная вязкость у всех пяти штаммов *S. thermophilus* – в пределах от 28 до 105 с. По показателю условной вязкости образцы распределились следующим образом: минимальное значение (28 ± 4 с и 31 ± 3 с) отмечено для вариантов 3 и 5; средний диапазон (53 ± 5 с) – для образцов 1 и 2, полученных с использованием штаммов *S. thermophilus* 102 и *S. thermophilus* 55. Образец 4, сквашенный штаммом *S. thermophilus* 3т, обладает высокой условной вязкостью, которая варьируется в пределах 105 ± 5 с. Можно предположить, что *S. thermophilus* 3т выделяет самое большое количество экзополисахаридов, которые обладают высокими гидрофильными свойствами.

Постокислительная активность кисломолочных продуктов в процессе хранения играет важную роль, поскольку определяет их органолептические и физико-химические свойства. В связи с этим при подборе заквасочных культур приоритет отдают штаммам с минимальной кислотообразующей способностью в процессе хранения. Данные по определению постокислительной активности при хранении полученных образцов при температуре 4 ± 2 °C представлены в таблице 2.



Источник изображения: magnific.com

Сравнительный анализ исследуемых образцов показал, что наиболее низкой постокислительной активностью характеризуются штаммы *S. thermophilus* 55 и *S. thermophilus* 3т. Снижение активной кислотности у данных образцов по окончании 28 суток хранения составило $0,23 \pm 0,02$ и $0,25 \pm 0,02$ ед. pH соответственно. В свою очередь, штаммы *S. thermophilus* 102 и *S. thermophilus* BC234 продемонстрировали наибольшую постокислительную активность. Через 28 суток хранения активная кислотность снизилась на $0,37 \pm 0,03$ и $0,41 \pm 0,03$ ед. pH соответственно. На основании полученных результатов определения постокислительной активности для составления закваски были выбраны штаммы *S. thermophilus* 55 и *S. thermophilus* 3т.

Таблица 2. Постокислительная активность в образцах, сквашенных *Streptococcus thermophilus*

Номер образца	Наименование штамма	Активная кислотность, ед. pH		Постокислительная активность, ΔpH
		pH ₀ (после сквашивания)	pH ₂₈ (через 28 суток)	
1	<i>Streptococcus thermophilus</i> 55	$4,73 \pm 0,03$	$4,50 \pm 0,02$	$0,23 \pm 0,02$
2	<i>Streptococcus thermophilus</i> 102	$4,52 \pm 0,08$	$4,15 \pm 0,02$	$0,37 \pm 0,03$
3	<i>Streptococcus thermophilus</i> BC234	$4,74 \pm 0,06$	$4,33 \pm 0,04$	$0,41 \pm 0,03$
4	<i>Streptococcus thermophilus</i> 3т	$4,53 \pm 0,06$	$4,28 \pm 0,03$	$0,25 \pm 0,02$
5	<i>Streptococcus thermophilus</i> 19ч	$4,56 \pm 0,05$	$4,28 \pm 0,03$	$0,28 \pm 0,02$

Таким образом, по совокупности представленных данных, для использования при разработке закваски для кисломолочного продукта (биоряженки) был выбран штамм *S. thermophilus* 55, сквашивающий молоко за 5 ч, обладающий низкой постокислительной активностью (снижение активной кислотности составило менее 0,25 ед. рН) и образующий сгусток с условной вязкостью 54–62 с.

Исследование постокислительной активности штаммов *Lactobacillus acidophilus*. В таблице 3 приведены данные по активной кислотности (рН) сгустков, выработанных с применением штаммов *L. acidophilus*, после сквашивания и через 28 суток хранения.

Разработка закваски для биоряженки, состоящей из штаммов *S. thermophilus* и *L. acidophilus*. Для закваски отобраны штаммы *S. thermophilus* 55 и *L. acidophilus* NK1, продемонстрировавшие наименьшую постокислительную активность.

Составлено и исследовано 3 закваски (ассоциации) с разным соотношением штаммов *S. thermophilus* 55 и *L. acidophilus* NK1 (табл. 4).

В таблице 5 показано количество *S. thermophilus* и *L. acidophilus* в образцах после сквашивания. Анализ полученных данных показывает, что содержание молочнокислых бактерий, в т. ч. *L. acidophilus*, во всех образцах соответствует требованиям для кисломолочных продуктов с пробиотическими культурами.

С использованием заквасок выработаны образцы на стерилизованном обезжиренном молоке и заложены на хранение при температуре 4 ± 2 °С на 28 суток для определения постокислительной активности. Данные по изменению активной кислотности сгустков, полученных при использовании различных соотношений штаммов *S. thermophilus* и *L. acidophilus* представлены в таблице 6.

Таблица 3. Постокислительная активность в образцах, сквашенных штаммами *Lactobacillus acidophilus*

Наименование штамма	Активная кислотность, ед. рН		Постокислительная активность, ΔрН
	После сквашивания	Через 28 суток хранения	
<i>Lactobacillus acidophilus</i> NK1	4,53 ± 0,10	4,17 ± 0,05	0,36 ± 0,02
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 4900	4,52 ± 0,12	4,04 ± 0,06	0,48 ± 0,04
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 18a	4,52 ± 0,10	4,05 ± 0,04	0,47 ± 0,03

Таблица 4. Соотношение бактерий и продолжительность сквашивания

Номер закваски	Соотношение штаммов в закваске		Продолжительность сквашивания, ч
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	
1	4,5	0,5	5,5
2	4,0	1,0	5,5
3	3,5	1,5	5,5

Таблица 5. Количество *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus acidophilus* в образцах после сквашивания

Номер образца	Продолжительность сквашивания, ч	Количество, КОЕ/см ³	
		<i>Streptococcus thermophilus</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
1	5,5	$7,0 \times 10^8$	$2,5 \times 10^7$
2	5,5	$7,0 \times 10^8$	$5,0 \times 10^7$
3	5,5	$5,0 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$

Таблица 6. Постокислительная активность заквасок, состоящих из штаммов *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus acidophilus*

Номер образца	Активная кислотность, ед. рН		Постокислительная активность, ΔрН
	После сквашивания	Через 28 суток хранения	
1	4,63 ± 0,05	4,28 ± 0,02	0,33 ± 0,03
2	4,56 ± 0,04	4,11 ± 0,03	0,45 ± 0,03
3	4,44 ± 0,08	3,92 ± 0,02	0,52 ± 0,05

Проведенный анализ показал, что интенсивность подкисления образцов в ходе хранения варьирует в зависимости от пропорций штаммов в составе закваски и времени хранения. Наименьшая постокислительная активность наблюдалась у образца 1.

На основании полученных результатов для закваски был выбран образец 1 с соотношением штаммов *S. thermophilus* и *L. acidophilus* 4,5:0,5.

В результате проведенных исследований разработана закваска для биоряженки с соотношением штаммов *S. thermophilus* и *L. acidophilus* 4,5:0,5. При внесении этой закваски в количестве 5 % продолжительность сквашивания составляет 5,5 ч. Закваска обладает относительно низкой постокислительной активностью, через 28 суток хранения активная кислотность снижается на $0,33 \pm 0,03$ ед. pH. С использованием этой закваски был выработан кисломолочный продукт (биоряженка).

Получение кисломолочного продукта (биоряженка) и определение его показателей в процессе хранения. При выработке кисломолочного продукта «Биоряженка» закваску в количестве 5 % вносили в молоко, пред-

варительно топленое при 97 ± 2 °C в течение 3,5–4,0 ч, затем охлажденное до температуры сквашивания 37 ± 2 °C. После перемешивания и розлива в стаканчики образцы выдерживали в термостате при 37 ± 2 °C в течение 5,5 ч.

По завершении сквашивания образцы охлаждали до 4 ± 2 °C и закладывали на хранение при указанной температуре на 26 суток. Так как разработанная закваска для биоряженки имеет относительно низкую постокислительную активность, предполагаемый срок хранения биоряженки составляет 20 суток. В соответствии с МУК 4.2.1847-04 биоряженку хранили в течение 26 суток. В процессе хранения определяли микробиологические, физико-химические и органолептические показатели. На рисунке 1 представлены данные по изменению титруемой кислотности в процессе хранения биоряженки.

Анализ данных показал, что в процессе хранения значение титруемой кислотности увеличивается, через 26 суток хранения титруемая кислотность биоряженки составила 105 °T. На рисунке 2 представлены данные по изменению условной вязкости образцов продукта в процессе хранения.

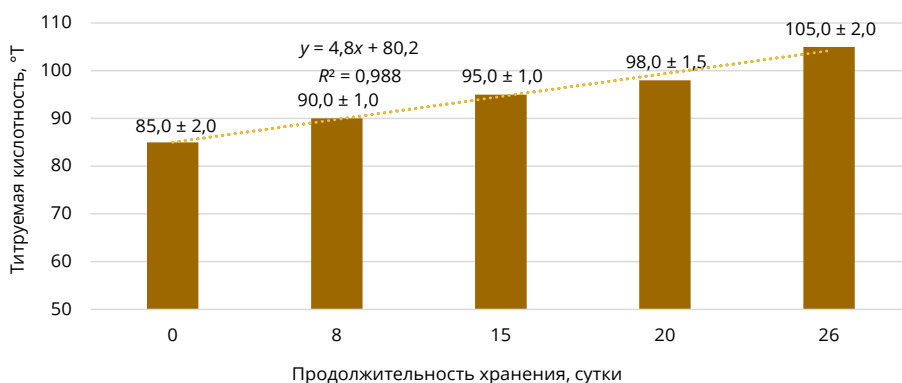


Рисунок 1. Изменение титруемой кислотности биоряженки в процессе хранения

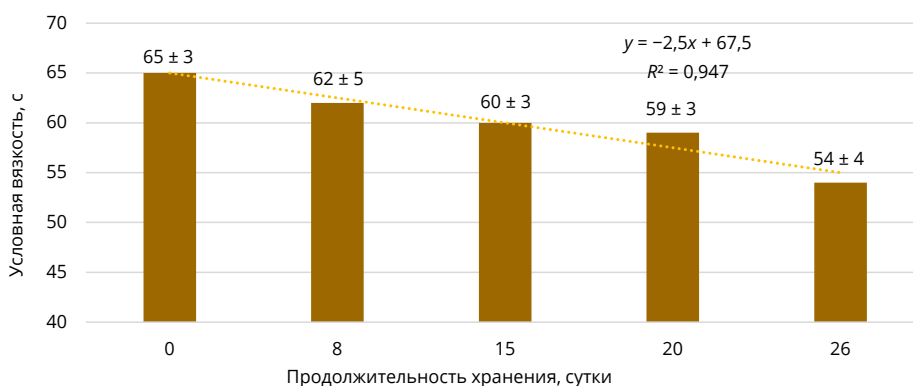


Рисунок 2. Изменение условной вязкости образцов продукта в процессе хранения

Анализ данных показал, что в процессе хранения происходит снижение условной вязкости, что связано с увеличением титруемой кислотности.

В таблице 7 приведено количество молочнокислых, в т. ч. пробиотических, бактерий в процессе хранения в течение 26 суток.

Результаты исследований свидетельствуют о снижении численности молочнокислых микроорганизмов, включая пробиотические штаммы, на один логарифмический порядок в период хранения. По истечении 26 суток хранения концентрация *S. thermophilus* составляла $2,5 \times 10^7$ КОЕ/см³, а *L. acidophilus* – $1,1 \times 10^6$ КОЕ/см³.

Данные по органолептическим, микробиологическим и физико-химическим показателям полученного продукта систематизированы в таблице 8.

Из таблицы 8 видно, что разработанный продукт (биоряженка) соответствует всем требованиям ГОСТ 31455-2012 Ряженка. Технические условия, ГОСТ 32923-2014 Продукты кисломолочные, обогащенные пробиотическими микроорганизмами. Технические условия и ТР ТС 033/2013 О безопасности молока и молочной продукции. Учитывая коэффициент резерва 1,3, срок хранения разработанного кисломолочного продукта составляет 20 суток.

Таблица 7. Данные по изменению количества молочнокислых, в т. ч. пробиотических, бактерий в процессе хранения

Показатель	Продолжительность хранения, сутки				
	Фон	8	15	20	26
Количество <i>Streptococcus thermophilus</i> , КОЕ/см ³	$7,0 \times 10^8$	$2,5 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$	$7,0 \times 10^7$	$2,5 \times 10^7$
Количество <i>Lactobacillus acidophilus</i> , КОЕ/см ³	$2,5 \times 10^7$	$3,0 \times 10^7$	$2,5 \times 10^6$	2×10^6	$1,1 \times 10^6$

Таблица 8. Органолептические, микробиологические и физико-химические показатели выработанного продукта

Показатель	Выработанный кисломолочный продукт	Норматив по ТР ТС 033/2013 и ГОСТ 31455-2012
Внешний вид и консистенция	Однородная, в меру вязкая без газообразования жидкость	Однородная, в меру вязкая без газообразования жидкость
Вкус и запах	Кисломолочный, с выраженным привкусом топленого молока	Кисломолочный, с выраженным привкусом пастеризации
Цвет	Светло-кремовый, равномерный по всей массе	Светло-кремовый, равномерный по всей массе
Фосфатаза или пероксидаза	Не обнаружены	Не допускается
Массовая доля жира, %	3,2	От 0 до 8,9 включительно
Массовая доля белка, %	3,2	Не менее 3,0
Кислотность, °Т	85 ± 2	От 70 до 110 включительно
Количество пробиотических микроорганизмов, КОЕ/см ³	$2,5 \times 10^7$	Не менее 1×10^6
Количество молочнокислых микроорганизмов в КОЕ/см ³	7×10^8	Не менее 1×10^7
Плесневые грибы, КОЕ/см ³	Не обнаружено	Не более 50*
Дрожжи, КОЕ/см ³	Не обнаружено	Не более 50*
Бактерии группы кишечных палочек (БГКП)	Отсутствуют в 0,1 см ³	Не допускаются в 0,1 см ³
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы в 25 см ³ продукта	Отсутствуют в 25 см ³	Не допускаются в 25 см ³
<i>Staphylococcus aureus</i> в 1 см ³ продукта	Отсутствуют в 1 см ³	Не допускаются в 1 см ³

Примечание: * – для питания детей дошкольного и школьного возраста, со сроком годности более 72 ч.



Источник изображения: magnific.com

Выводы

Результаты проведенных исследований позволили получить новые экспериментальные данные о постокислительной активности и условной вязкости штаммов *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, которые легли в основу разработки закваски для биоряженки. На основании анализа постокислительной активности ассоциации штаммов *S. thermophilus* 55 и *L. acidophilus* NK1 в процессе 28-суточного хранения при 4 °C выбрана закваска с соотношением 4,5:0,5 в количестве 5 %, обладающая относительно низкой постокислительной активностью (ΔpH 0,33 $\pm$ 0,03). Проведена выработка биоряженки с использованием разработанной закваски и установлено соответствие продукта требованиям нормативной документации после 26 суток хранения. Установлено, что до конца срока хранения количество молочнокислых бактерий составило не менее 1×10^7 КОЕ/см³, пробиотических – не менее 1×10^6 КОЕ/см³, что соответствует требованиям ГОСТ 32923-2014. Продукт также отвечает всем показателям качества, установленным ГОСТ 31455-2012. Результаты исследований подтверждают, что разработанная закваска оказывает положительное влияние на срок хранения биоряженки при температуре 4 $\pm$ 2 °C. ■

Поступила в редакцию: 14.04.2026

Принята в печать: 04.08.2026

Post-Oxidative Activity of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus acidophilus* Strains: Developing a Starter Culture for Fermented Baked Dairy Bio-Drink Ryazhenka

Mohammed I. Alkadour

All-Russian Dairy Research Institute, Moscow

Fermented dairy products have a wide range of beneficial effects. As a result, their commercial popularity keeps growing worldwide. Recent years have witnessed a rise in the production of fermented dairy products with prolonged shelf life and probiotic properties. Excessive acidification during storage caused by the ongoing metabolism of lactic acid bacteria is a key defect leading to low product quality. Cultures of *S. thermophilus* and *L. acidophilus* were studied based on their acid-forming activity during storage: those possessing low post-acidification activity were used to develop a starter culture for the production of the traditional baked fermented milk (ryazhenka) with a prolonged shelf life. The research featured five strains of thermophilic streptococci (*S. thermophilus* 55, *S. thermophilus* 102, *S. thermophilus* BC 234, *S. thermophilus* 3t, *S. thermophilus* 19ch), three strains of *Lactobacillus acidophilus* (*L. acidophilus* NK1, *L. acidophilus* 4900, *L. acidophilus* 18a), and bio-ryazhenka samples produced using these cultures. The study involved microbiological methods for quantifying lactic acid bacteria (CFU/cm³), along with physicochemical methods for evaluating active acidity (pH), post-acidification activity (ΔpH), water-holding capacity, and conditional viscosity. The post-acidification activity of consortia of *S. thermophilus* 55 and *L. acidophilus* NK1 during 28-day storage at (4 $\pm$ 2) °C yielded a starter culture with a ratio of 4.5:0.5 at an inoculum of 5% and a relatively low post-acidification activity (ΔpH 0.33 $\pm$ 0.03). The results can serve as a basis for developing new starter cultures used in the production of fermented dairy products.

Keywords: starter culture, fermentation, bio-ryazhenka, post-acidification activity, conditional viscosity, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*

Список литературы

1. **Кишилова, С. А.** Современные биотехнологические решения в области использования молочнокислых бактерий для молочной промышленности: от селекции штаммов до пробиотических продуктов / С. А. Кишилова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2025. Т. 55, № 3. С. 624–633. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-3-2596>; <https://elibrary.ru/zvwsdn>
2. **Семенихина, В. Ф.** Влияние микрофлоры на качество творога / В. Ф. Семенихина [и др.] // Молочная промышленность. 2016. № 3. С. 51–53. <https://elibrary.ru/vmbqtp>
3. **Gänzle, M. G.** Lactic metabolism revisited: Metabolism of lactic acid bacteria in food fermentations and food spoilage / M. G. Gänzle // Current Opinion in Food Science. 2015. Vol. 2. P. 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.03.001>
4. **Алкадур, М. И.** Исследование физико-химических и микробиологических свойств разных штаммов *Streptococcus thermophilus* для их использования в производстве кисломолочного продукта / М. И. Алкадур, А. В. Бегунова, З. В. Волокитина // Пищевые инновации и биотехнологии: сборник тезисов IX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии». – Кемерово: КемГУ, 2021. – С. 166–168. <https://elibrary.ru/jsetba>
5. **Светлакова, Е. В.** Использование молочнокислых бактерий в биотехнологических процессах / Е. В. Светлакова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. Номер статьи 559. <https://elibrary.ru/tysosb>
6. **Akpogheli, P. O.** Food, health, and environmental impact of lactic acid bacteria: The superbacteria for posterity / P. O. Akpogheli [et al.] // Probiotics and Antimicrobial Proteins. 2025. Vol. 17(5). P. 2819–2855. <https://doi.org/10.1007/s12602-025-10546-x>
7. **Pophaly, S. D.** Functional starter cultures for fermented dairy products / S. D. Pophaly [et al.] // Microbial Cultures and Enzymes in Dairy Technology. 2018. P. 54–68. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5363-2.ch003>
8. **Каночкина, М. С.** Особенности подбора заквасочных культур в производстве функциональных кисломолочных продуктов / М. С. Каночкина [и др.] // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2023. Т. 26, № 4. С. 511–528. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-4-511-528>; <https://elibrary.ru/podjxw>
9. **Елисеева, Т.** Ряженка – 5 доказанных полезных свойств и простой рецепт приготовления / Т. Елисеева // Журнал здорового питания и диетологии. 2022. № 19. С. 40–43. <https://doi.org/10.59316/vi19.157>; <https://elibrary.ru/przhms>
10. **Кожухметова, А. Б.** Технология производства кисломолочных продуктов в условиях ТОО Агрофирма «Родина» / А. Б. Кожухметова, А. Ж. Беккожин // Республиканская научно-теоретическая конференция. 2017. № 2. С. 187–191.
11. **Глазунова, Е. С.** Сравнительный анализ ряженки «Сегодня и всегда» и «Белый город» / Е. С. Глазунова, О. А. Быкова // Молодежь и наука. 2022. № 2. Номер статьи 7. <https://elibrary.ru/iyknhw>
12. **Кручинин, А. Г.** Биологически активные пептиды молока: обзор / А. Г. Кручинин, Е. Ю. Агаркова // Пищевая промышленность. 2020. № 12. С. 92–96. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10151>; <https://elibrary.ru/piiqsa>
13. **Ranjan, A.** Advances in characterization of probiotics and challenges in industrial application / A. Ranjan [et al.] // Biotechnology and Genetic Engineering Reviews. 2024. Vol. 40(4). P. 3226–3269. <https://doi.org/10.1080/02648725.2022.2122287>
14. **Suez, J.** The pros, cons, and many unknowns of probiotics / J. Suez, E. Elinav, R. S. Sender // Nature Medicine. 2019. Vol. 25(5). P. 716–729. <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0439-x>
15. **Рожкова, И. В.** Пробиотические микроорганизмы как фактор повышения здоровья / И. В. Рожкова, А. В. Бегунова // Молочная промышленность. 2020. № 7. С. 38–39. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-06-38-39>; <https://elibrary.ru/csiwxk>
16. **Зольникова, О. Ю.** Микробиота кишечника и пробиотики: от теории к практике / О. Ю. Зольникова, М. С. Решетова, Ц. Синьлу // Врач. 2023. № 2. С. 28–34. <https://doi.org/10.29296/25877305-2023-02-06>; <https://elibrary.ru/gkjemg>

Источник изображения: magnific.com

