

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-4-344-352>

Поступила: 18.10.2022

Поступила после рецензирования: 18.11.2022

Принята в печать: 24.11.2022

© Свириденко Г. М., Комарова Т. В., Ускова Е. Е., 2022

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ОСТАТОЧНОЙ МИКРОФЛОРЫ МОЛОКА ПОСЛЕ ПАСТЕРИЗАЦИИ

Свириденко Г. М.,* Комарова Т. В., Ускова Е. Е.

Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия,
Углич, Ярославская область, Россия**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:***молоко сырое, низкотемпературная пастеризация, высокотемпературная пастеризация, тест-культуры, остаточная микрофлора***АННОТАЦИЯ**

В статье представлены результаты исследований состава остаточной микрофлоры пастеризованного молока в зависимости от бактериального пейзажа и исходной обсемененности сырого молока. Изучена термостабильность тест-культур микроорганизмов, значимо влияющих на качество и хранимостепособность ферментируемых молочных продуктов. Для исследования состава остаточной микрофлоры молока после пастеризации стерильное молоко заражали тест-культурами микроорганизмов в дозах от 10^1 КОЕ/см³ до 10^7 КОЕ/см³. После заражения молоко пастеризовали при температурах $(72 \pm 1)^\circ\text{C}$ и $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$ с выдержкой 10–20 секунд. Выявление и подсчет микроорганизмов осуществляли стандартизованными микробиологическими методами. Идентификацию микроорганизмов проводили визуальной оценкой господствующих колоний и морфологии клеток в микропрепаратах. Исследована термостабильность микроорганизмов, значимых для молочных продуктов, в частности сыров, источником которых является сырое молоко. Установлено, что из кокковых форм наибольшие риски связаны с энтерококками. Кишечная палочка при дозах заражения выше 10^6 КОЕ/см³ частично сохраняет жизнеспособность как при низкотемпературной, так и при высокотемпературной пастеризации. На споровые палочки температуры пастеризации не оказывают летального действия, их количество в пастеризованном молоке не снижается, независимо от исходной дозы заражения. Низкотемпературная пастеризация активизирует процесс прорастания спор клостридий. Способность к реактивации клеток после термошока наблюдалась у кишечной палочки, стафилококка, псевдомонад и плесневых грибов. Таким образом, остаточная микрофлора молока, подвергнутого низкотемпературной пастеризации, представлена энтерококками, термофильным стрептококком, микрококками, стафилококками, аспорогенными палочками и споровыми бактериями. Вышеперечисленные микроорганизмы составляют остаточную микрофлору пастеризованного молока и участвуют в процессах созревания сыров, определяя их качество и безопасность, влияют на хранимостепособность готового продукта.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FNEN-2019-0010 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 18.10.2022

Accepted in revised 18.11.2022

Accepted for publication 24.11.2022

© Sviridenko G. M., Komarova T. V., Uskova E. E., 2022

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

STUDY OF THE COMPOSITION OF THE RESIDUAL MICROFLORA OF MILK AFTER PASTEURIZATION

Galina M. Sviridenko,* Tatyana V. Komarova, Evgeniya E. Uskova

All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking, Uglich, Yaroslavl Region, Russia

KEY WORDS:*raw milk, low-temperature pasteurization, high-temperature pasteurization, test cultures, residual microflora***ABSTRACT**

The article presents the results of studies of the composition of the residual microflora of pasteurized milk, depending on the bacterial landscape and the initial contamination of raw milk. The thermal stability of test cultures of microorganisms that significantly affect the quality and storage capacity of fermented dairy products has been studied. To study the composition of the residual microflora of milk after pasteurization, sterile milk was infected with test cultures of microorganisms at doses from 10^1 CFU/cm³ to 10^7 CFU/cm³. After infection, the milk was pasteurized at temperatures of $(72 \pm 1)^\circ\text{C}$ and $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$ with a holding time of 10–20 seconds. The detection and enumeration of microorganisms was carried out by standardized microbiological methods. Microorganisms were identified by visual assessment of dominant colonies and cell morphology in micropreparations. The thermal stability of microorganisms important for dairy products, in particular cheeses, the source of which is raw milk, has been studied. It has been established that of the coccal forms, the greatest risks are associated with enterococci. *Escherichia coli* at infection doses above 10^6 CFU/cm³ partially retains viability both at low-temperature and at high-temperature pasteurization. Pasteurization temperatures do not have a lethal effect on spore bacilli, their number in pasteurized milk does not decrease, regardless of the initial dose of infection. Low-temperature pasteurization activates the process of clostridial spore germination. The ability to reactivate cells after thermal shock was observed in *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas*, and mold fungi. Thus, the residual microflora of milk subjected to low-temperature pasteurization is represented by enterococci, thermophilic streptococci, micrococci, staphylococci, asporogenous bacilli and spore

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Свириденко, Г. М., Комарова, Т. В., Ускова, Е. Е. (2022). Исследование состава остаточной микрофлоры молока после пастеризации. *Пищевые системы*, 5(4), 344–352. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-4-344-352>

FOR CITATION: Sviridenko, G. M., Komarova, T. V., Uskova, E. E. (2022). Study of the composition of the residual microflora of milk after pasteurization. *Food Systems*, 5(4), 344–352. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-4-344-352>

bacteria. The above microorganisms constitute the residual microflora of pasteurized milk and are involved in the maturation of cheeses, determining their quality and safety, [as well as] affecting the storage capacity of the finished product.

FUNDING: The article was published as part of the research topic FNE-2019-0010 of the state assignment of the V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

1. Введение

Молоко и молочные продукты являются благоприятной средой для распространения возбудителей разнообразных болезней, а также микроорганизмов, вызывающих порчу и снижающих хранимоспособность продуктов питания. Одни микроорганизмы размножаются в молоке, другие не размножаются, но длительно в нем сохраняются. В молоко микроорганизмы попадают либо от больных животных, либо от людей, занятых в его производстве, либо из окружающей среды. Исходя из комплексной оценки рисков снижения безопасности и возможной порчи пищевых, в том числе молочных продуктов, существуют следующие пути снижения уровня бактериальной загрязненности: предупреждение загрязнения пищевых продуктов микроорганизмами; создание условий, ограничивающих их жизнедеятельность; использование технологических приемов, губительно действующих на возбудителей пищевых инфекций и на микрофлору порчи. Особое внимание вопросу безопасности с этих позиций необходимо уделять производству сыров, так как технологический процесс их изготовления представляет собой, с одной стороны, низкотемпературную пастеризацию, а с другой — длительный процесс производства и последующее созревание при температурах выше 10 °С. Все вышеперечисленное увеличивает риски развития микроорганизмов, составляющих остаточную микрофлору молока после пастеризации [1–5].

В Российской Федерации молочная продукция, в том числе сыры, для снижения микробиологических рисков, должны вырабатываться исключительно из пастеризованного молока. В сыроделии для сохранения сыропригодных свойств используется низкотемпературная пастеризация молока в течение от 15 до 25 сек при температуре (72 ± 2) °С. При высоком уровне микробного обсеменения молока-сырья возможно проведение пастеризации при температуре (74 ± 2) °С с той же выдержкой по времени. При производстве других молочных продуктов используется высокотемпературная пастеризация в диапазоне температур от 77 °С до 100 °С с различной выдержкой, что зависит от конкретного вида продукта и исходной обсемененности сырого молока. Режимы температурной обработки, называемые пастеризацией, должны обеспечивать получение молока, безопасного для здоровья человека, т. е. снизить содержание патогенных и условно патогенных микроорганизмов до гарантированно безопасного уровня. Надежность пастеризации зависит от исходного количества микроорганизмов, источником которых служит больной скот, работающий персонал, вода и окружающая среда, а также от видового и штаммового свойства микрофлоры сырого молока. Кроме показателя исходной бактериальной обсемененности, эффективность пастеризации зависит от состава микрофлоры сырого молока, т. е. от характера бактериального пейзажа. Так, независимо от степени первичного обсеменения молока вегетативными клетками мезофильных и психротрофных патогенных и условно патогенных микроорганизмов, они должны быть уничтожены температурой пастеризации [6–10].

Как известно, «дикие» штаммы бактерий под действием изменяющихся условий внешней среды, в данном случае ввиду постоянного воздействия высоких температур, при-

обретают или усиливают признаки термостойкости. Следует различать понятия термофильной и термостойкой микрофлоры. Термофильные микроорганизмы имеют оптимум развития при температуре выше 37 °С, однако могут быть не термостойкими и погибать при пастеризации. Свойство термостойкости всегда относительно и определяется температурой воздействия на микроорганизмы и временем экспозиции при данной температуре. Для одних клеток заданная температура пастеризации является летальной, для других сублетальной, т. е. клетки испытывают термошок, но способны восстановить жизнедеятельность через определенное время, а на развитие самых термостойких микроорганизмов, например, спорных, температура пастеризации не окажет существенного влияния [11–13].

Состав остаточной микрофлоры молока после пастеризации имеет решающее значение в процессе созревания сыров, определяя, наряду с заквасочной микрофлорой, направленность и интенсивность биохимических процессов разложения составных частей молока, формирования органолептических свойств и хранимоспособность готового продукта [14,15].

Как в доступной отечественной, так и в зарубежной литературе, недостаточно данных о проведении комплексных исследований состава остаточной микрофлоры молока, прошедшего низкотемпературную и высокотемпературную пастеризацию, а также не хватает информации о термостабильности микроорганизмов порчи, источником которых может быть сырое молоко.

Целью исследований, результат которых представлен в данной статье, являлась комплексная оценка состава остаточной микрофлоры молока после низкотемпературной пастеризации для последующей оценки степени рисков снижения качества и хранимоспособности сыров.

В задачи исследований входило изучение термостабильности микроорганизмов, значимых для сыроделия, а также влияющих на процессы созревания и формирование потребительских свойств продуктов сыроделия, с использованием соответствующих тест-культур. Также целью исследования являлось изучение термостабильности «дикой» микрофлоры сырого молока.

2. Материалы и методы

Для изучения эффективности воздействия низкотемпературной и высокотемпературной пастеризации молока на различные группы микроорганизмов, источником которых является сырое молоко и которые могут оказать влияние на качество молочных продуктов, в том числе сыров, была проведена серия экспериментов.

При выполнении исследований на первом этапе в качестве объектов служило стерильное 10% восстановленное молоко, а также тест-культуры значимых для сыроделия групп микроорганизмов, такие как: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactobacillus plantarum* РКМБ-207, *Lactobacillus acidophilus* РКМБ-20Т, *Streptococcus thermophilus* РКМБ-859, *Escherichia coli* ВКМ 125, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538P (FDA 209P), *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC10145, *Clostridium tyrobutyricum* Г1, *Bacillus subtilis* М-71, *Saccharomyces lactis* СК-22, *Penicillium roqueforti*.

В стерильное 10% восстановленное молоко вносили тест-культуры микроорганизмов, источником которых является сырое молоко. Заражение проводили в дозах от 10^1 КОЕ/см³ до 10^7 КОЕ/см³. После заражения молоко подвергалось температурной обработке соответствующей режимам низкотемпературной и высокотемпературной пастеризации (72 ± 1) °C и (80 ± 1) °C с выдержкой 10–20 секунд с использованием стерилизатора парового ВК-75 СИТИ (ООО «СИТИ», Россия)

Посевы на среду КМАФАнМ для выявления аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, дрожжей и плесневых грибов проводили из проб зараженного молока до пастеризации; из проб молока после пастеризации и проб молока после пастеризации с последующей выдержкой при температуре (8 ± 2) °C в течение 24 часов. Выдержку проб зараженного молока, подвергнутого пастеризации при низких положительных температурах, проводили в термостате воздушном ХТ-3/70 для установления возможности/невозможности клеток определенного вида микроорганизмов, получивших термошок после пастеризации, к последующей реактивации. Посевы анаэробных микроорганизмов делали на среду СДА в высокий столбик. Посевы споровых аэробных и анаэробных микроорганизмов проводили как с предварительным прогревом посевного материала при температуре (75 ± 1) °C в течение 20 минут для удаления вегетативных клеток и дальнейшего выявления спор, так и без предварительного прогрева для подсчета общего количества клеток.

Во второй серии опытов в качестве объектов исследования использовали 18 образцов сырого молока. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных, психротрофных и термофильных микроорганизмов определяли стандартным унифицированным чашечным методом на среде КМАФАнМ, изменяя условия культивирования. Для выявления мезофильных микроорганизмов посевы выдерживали при (30 ± 2) °C в течение 72 часов, для выявления психротрофных микроорганизмов — при (7 ± 2) °C в течение 10 суток, для выявления термофильных микроорганизмов — при (43 ± 2) °C в течение 72 часов. Идентификацию микроорганизмов проводили визуальной оценкой характера господствующих колоний, выросших на среде КМАФАнМ с последующей оценкой морфологии клеток в микропрепаратах (ГОСТ 9225–84¹ и МР 2.3.2.2327–08²). Математическая обработка экспериментальных данных проводилась с применением программы Microsoft Excel методами, принятыми для биологических систем.

3. Результаты и обсуждение

На первом этапе исследований изучали влияние температур пастеризации на термостабильность тест-культур. Результаты исследования термостабильности тест-культур микроорганизмов к пастеризации при различных температурных режимах представлены в Таблице 1.

Лактококи, относящиеся к трем подвидам (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *diacetilactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*), в условиях эксперимента оказались полностью не термостойкими и потеряли способность к росту и размножению после пастеризации, независимо от температурного режима. Кроме того, они не восстановили способность к развитию после выхода из термошока.

¹ ГОСТ 9225–84 «Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа» М.: Стандартинформ, 2009. — 16 с.

² МР 2.3.2.2327–08 «Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности (с атласом значимых микроорганизмов)». Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко 7 февраля 2008 г.

Аналогичный результат был получен при исследовании термостабильности тест-культуры термофильной ацидофильной палочки, независимо от исходной дозы заражения.

Для тест-культуры термофильного стрептококка низкотемпературная пастеризация оказалась полностью эффективна при концентрации клеток до 10^5 КОЕ/см³. При более высокой обсемененности исходного молока данными микроорганизмами можно говорить о возможных рисках сохранения единичных жизнеспособных клеток, которые могут стать составной частью остаточной микрофлоры в продукте. При этом не наблюдалось увеличения количества клеток после выдержки пастеризованного молока, т. е. реактивации клеток термофильного стрептококка при низких положительных температурах хранения после перенесенного термошока. Высокотемпературная пастеризация оказалась эффективной для всех испытанных концентраций клеток тест-культуры термофильного стрептококка, при этом способности к реактивации клеток также не выявлено.

Большой интерес представляют результаты исследований эффективности воздействия различных режимов пастеризации на тест-культуру *Escherichia coli*, так как отсутствие признаков роста кишечной палочки в 10 см³ пастеризованного молока является биологической пробой при проверке эффективности пастеризации. Полученные нами данные свидетельствуют, что при концентрации клеток тест-культуры кишечной палочки в исходном молоке до 10^5 КОЕ/см³ эффективной является как низкотемпературная, так и высокотемпературная пастеризация. Однако при более высоких концентрациях жизнеспособных клеток в исходном молоке (10^5 КОЕ/см³ при низкотемпературных режимах пастеризации и 10^6 КОЕ/см³ для высокотемпературной пастеризации) в пастеризованном молоке остаются жизнеспособными клетки кишечной палочки, способные образовывать колонии на среде КМАФАнМ. При последующей выдержке пастеризованного молока наблюдается реактивация клеток кишечных палочек, получивших термошок, что фиксируется по незначительному увеличению их количества в посевах. Результаты исследований однозначно свидетельствуют о том, что даже тест-культура кишечной палочки, не говоря уже о «диких» штаммах, обладает относительной термостабильностью, и при определенных условиях некоторые клетки способны сохранять и восстанавливать способность к росту и размножению после пастеризации. Полученные данные подтверждаются рядом исследований, касающихся термостабильности микроорганизмов вида *Escherichia coli* [16,17].

Для тест-культуры *Staphylococcus aureus* высокотемпературная пастеризация оказалась летальной при всех испытанных исходных концентрациях клеток стафилококка от 10^2 КОЕ/см³ до 10^6 КОЕ/см³ в молоке до пастеризации. При содержании в исходном молоке более 10^6 КОЕ/см³ тест-культуры стафилококка низкотемпературная пастеризация не привела к полному уничтожению жизнеспособных клеток. Также прослеживается способность к реактивации клеток, получивших термошок, т. к. количество клеток после пастеризации с последующей 24-часовой выдержкой при температуре (8 ± 2) °C приводит к увеличению их количества в 2 раза. Данные выводы крайне важны для оценки рисков снижения уровня безопасности молока и молочных продуктов, обсемененных *Staphylococcus aureus* [18,19].

Для тест-культуры *Pseudomonas aeruginosa*, обладающего психротрофными свойствами, выявлена некоторая термостабильность, что характеризуется способностью единичных клеток размножаться после термической обработки при высокой дозе заражения (более 10^6 КОЕ/см³). При этом некоторые клетки *Pseudomonas aeruginosa* сохраняют способность к реактивации.

Таблица 1. Термостабильность тест-культур микроорганизмов к пастеризации при различных температурных режимах
Table 1. Thermal stability of test cultures of microorganisms to pasteurization at different temperature conditions

Вид микроорганизмов	Доза обсеменения, КОЕ/см ³	Количество выявленных микроорганизмов после пастеризации, КОЕ/см ^{3*}			
		Режимы пастеризации			
		72 °С	72 °С после термошока	80 °С	80 °С после термошока
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	7,0 × 10 ¹	0	0	0	0
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i>	4,8 × 10 ⁴	0	0	0	0
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	1,2 × 10 ⁶	0	0	0	0
<i>Lactobacillus plantarum</i> РКМБ-207	6,6 × 10 ²	0	0	0	0
	8,2 × 10 ⁵	0	0	0	0
	4,5 × 10 ⁷	0	0	0	0
<i>Lactobacillus acidophilus</i> РКМБ-20Т	1,1 × 10 ²	0	0	0	0
	2,0 × 10 ⁴	0	0	0	0
	1,9 × 10 ⁶	0	0	0	0
<i>Streptococcus thermophilus</i> РКМБ-859 ₅	2,9 × 10 ²	0	0	0	0
	1,6 × 10 ⁵	9 × 10 ⁰	10 × 10 ⁰	0	0
<i>Streptococcus thermophilus</i> РКМБ-859 ₅	1,4 × 10 ⁷	14 × 10 ⁰	13 × 10 ⁰	1 × 10 ⁰	0
<i>Escherichia coli</i> ВКМ 125	7,6 × 10 ¹	0	0	0	0
	2,9 × 10 ⁴	0	0	0	0
	3,4 × 10 ⁶	3,8 × 10 ¹	4,2 × 10 ¹	2 × 10 ⁰	2,4 × 10 ¹
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538P (FDA 209P)	1,3 × 10 ²	0	0	0	0
	6,0 × 10 ⁴	0	0	0	0
	6,0 × 10 ⁶	5 × 10 ⁰	10 × 10 ⁰	0	0
<i>Enterococcus faecalis</i>	2,9 × 10 ⁵	7,5 × 10 ²	7,0 × 10 ²	0	0
	2,9 × 10 ⁵	2,4 × 10 ⁴	2,4 × 10 ⁴	0	0
	1,6 × 10 ⁷	1,7 × 10 ⁶	2,5 × 10 ⁶	1,4 × 10 ²	1,5 × 10 ²
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC10145	5,4 × 10 ³	0	0	0	0
	5,5 × 10 ⁵	0	0	0	0
	4,8 × 10 ⁷	4	1,2 × 10 ¹	0	0
<i>Clostridium tyrobutiricum</i> Г1 (общее количество, включающее как вегетативные клетки, так и споры)	1,3 × 10 ²	1,1 × 10 ²	2,5 × 10 ²	7,0 × 10 ²	2,5 × 10 ¹
	2,5 × 10 ⁴	1,1 × 10 ⁴	1,1 × 10 ⁴	1,1 × 10 ⁴	7,0 × 10 ⁵
	1,1 × 10 ⁷	1,1 × 10 ⁶	6,0 × 10 ⁵	1,3 × 10 ⁶	2,5 × 10 ⁵
<i>Clostridium tyrobutiricum</i> Г1 (споры)	2,5 × 10 ¹	7,0 × 10 ¹	2,5 × 10 ²	2,5 × 10 ¹	7,0 × 10 ¹
	2,5 × 10 ³	1,1 × 10 ⁴	1,1 × 10 ⁴	7,0 × 10 ³	7,0 × 10 ⁵
	1,1 × 10 ⁶	1,1 × 10 ⁵	7,0 × 10 ⁵	2,5 × 10 ⁵	2,5 × 10 ⁵
<i>Bacillus subtilis</i> М-71 (общее количество, включающее как вегетативные клетки, так и споры)	2,3 × 10 ³	2,6 × 10 ³	1,9 × 10 ³	3,0 × 10 ³	2,3 × 10 ³
	2,7 × 10 ⁵	2,2 × 10 ⁵	2,4 × 10 ⁵	2,4 × 10 ⁵	1,7 × 10 ⁵
<i>Bacillus subtilis</i> М-71 (общее количество, включающее как вегетативные клетки, так и споры)	2,6 × 10 ⁷	3,6 × 10 ⁷	2,2 × 10 ⁷	2,6 × 10 ⁷	2,1 × 10 ⁷
	1,7 × 10 ³	1,6 × 10 ³	1,5 × 10 ³	1,3 × 10 ³	1,3 × 10 ³
	2,0 × 10 ⁵	1,8 × 10 ⁵	1,7 × 10 ⁵	8,6 × 10 ⁴	1,1 × 10 ⁵
<i>Bacillus subtilis</i> М-71 (споры)	2,0 × 10 ⁷	2,2 × 10 ⁷	1,6 × 10 ⁷	1,9 × 10 ⁷	1,4 × 10 ⁷
	1,3 × 10 ²	0	0	0	0
	1,6 × 10 ⁴	0	0	0	0
<i>Saccharomyces lactis</i> СК-22	1,7 × 10 ⁶	1,6 × 10 ¹	1,7 × 10 ¹	0	0
	6,5 × 10 ²	0	0	0	0
	8,7 × 10 ⁴	2,4 × 10 ¹	3,8 × 10 ¹	0	0
<i>Penicillium roqueforti</i>	5,5 × 10 ⁶	2,7 × 10 ²	3,3 × 10 ³	2,2 × 10 ³	1,2 × 10 ³

* в Таблице представлены средние значения показателей КОЕ/см³, ошибка метода подсчета КОЕ при посеве на твердую питательную среду составляет 10% (ГОСТ 9225–84 «Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа»)

Наибольшую термостабильность из всех испытанных кокковых форм проявляет энтерококк, что согласуется с рядом исследований [20,21]. При низкотемпературной пастеризации при всех исходных дозах заражения в интервале от 10^5 КОЕ/см³ до 10^7 КОЕ/см³ результатом термического воздействия было снижение количества жизнеспособных клеток только на один порядок. Эффективность пастеризации относительно энтерококков составляет порядка 25% при исходном содержании жизнеспособных клеток 10^5 КОЕ/см³ и порядка 10% при концентрации клеток 10^7 КОЕ/см³. Интересным результатом можно считать отсутствие существенной зависимости эффективности температурного воздействия от исходной обсемененности. Энтерококки — первая из вышеописанных культур, для которой прослеживается выраженная зависимость термостойкости от температуры пастеризации. Если низкотемпературная пастеризация лишь снижает уровень исходной обсемененности, то при высокотемпературной пастеризации наблюдается невозвратимое уничтожение клеток при их исходной концентрации до 10^5 КОЕ/см³. При исходной концентрации клеток энтерококка 10^7 КОЕ/см³ наблюдалось снижение количества жизнеспособных клеток на пять порядков, и остаточное количество микроорганизмов после температурного воздействия составляет лишь 10^2 КОЕ/см³ без видимого восстановления жизнеспособности клеток после термошока. Таким образом, при высокотемпературной пастеризации, независимо от исходного обсеменения, уничтожается до 10^5 КОЕ/см³ энтерококков, и при меньших количествах клеток в исходном молоке можно ожидать, что термическая обработка полностью эффективна.

Состав споровой микрофлоры молока представлен споровыми анаэробными мезофильными бактериями рода *Clostridium* и споровыми аэробными и факультативно анаэробными мезофильными микроорганизмами рода *Bacillus* [22–28]. Споровые микроорганизмы в культуре находятся как в вегетативной форме, так и в виде спор. Поэтому посев тест-культур споровых микроорганизмов проводили как без предварительного прогрева, так и после прогрева при (76 ± 1) °С в течение 30 минут для удаления вегетативных форм с целью дальнейшего исследования поведения спор после температурного воздействия.

После пастеризации — как низкотемпературной, так и высокотемпературной — в культуре клостридий количество жизнеспособных клеток незначительно уменьшалось. Прослеживалась прямо пропорциональная зависимость эффективности термической обработки от исходной обсемененности. При этом незначительная способность к реактивации выявлена только при уровне обсемененности 10^2 КОЕ/см³ и в случае низкотемпературной пастеризации, что, возможно, связано с индукцией процесса прорастания спор. Количество спор клостридий после пастеризации остается неизменным или наблюдается некоторая тенденция к их увеличению. Установлено, что низкотемпературная пастеризация однозначно стимулирует процесс прорастания спор, что проявляется в увеличении количества жизнеспособных клеток клостридий после температурного воздействия при (8 ± 2) °С и последующей выдержке 24 часа.

Споровые аэробы рода *Bacillus* как в смешанной культуре (вегетативные клетки и споры), так и в споровой форме, оказались полностью термостойки при заданных температурных режимах. Что касается эффекта ускорения прорастания спор данной группы бактерий после температурного воздействия, то, в отличие от клостридий, для микроорганизмов рода *Bacillus* данный эффект не был выявлен.

Тест-культура дрожжей вида *Saccharomyces lactis* теряет жизнеспособность после низко- и высокотемпературной

пастеризации при начальной дозе заражения исходного молока до 10^4 КОЕ/см³. При начальной дозе заражения 10^6 КОЕ/см³ низкотемпературная пастеризация не эффективна и остаточное количество дрожжей составляет 10% от исходного количества, при этом реактивации клеток после термошока не выявлено.

Тест-культура плесневых грибов вида *Penicillium roqueforti* показала большую термостабильность, чем культура дрожжей: низкотемпературная пастеризация оказалась полностью эффективна только при исходной концентрации клеток 10^1 КОЕ/см³, а высокотемпературная пастеризация — при 10^4 КОЕ/см³. После низкотемпературной пастеризации плесневые грибы сохраняют способность к реактивации клеток в пределах одного порядка, после высокотемпературной пастеризации такая способность утрачена.

Можно сделать вывод, что остаточная микрофлора молока, прошедшего низкотемпературную пастеризацию, разнообразна по составу. Бактериальный пейзаж зависит от исходного состава микрофлоры сырого молока и от количества жизнеспособных клеток отдельных групп микроорганизмов [29]. Однако эксперименты, проведенные на тест-культурах, не могут в полной мере отразить реальную картину, так как свойства культур «диких» штаммов в реальных условиях могут существенно отличаться от свойств тест-культур аналогичных видов.

Для изучения изменения группового состава «дикой» микрофлоры молока после воздействия низкотемпературной пастеризации с целью оценки остаточной микрофлоры с позиций безопасности и качества вырабатываемых сыров был проведен следующий эксперимент.

Для эксперимента отбирали молоко сырое с бактериальной обсемененностью порядка 10^6 КОЕ/см³. После низкотемпературной пастеризации проб молока (72 ± 2 °С, 15 ± 5 сек) определяли групповой состав остаточной микрофлоры. Средние результаты серии экспериментов из 18 повторностей представлены в Таблице 2.

Таблица 2. Сравнительный состав микрофлоры молока до и после пастеризации

Table 2. Comparative composition of milk microflora before and after pasteurization

Показатели		Сырое молоко	Пастеризованное молоко
КМАФАнМ		$(2,2 \pm 1,2) \times 10^6$	$(2,4 \pm 1,4) \times 10^5$
Состав господствующей микрофлоры	Дрожжи	$(7,2 \pm 8,6) \times 10^5$	Не обнаружены
	Плесневые грибы	$(4,5 \pm 6,7) \times 10^5$	Не обнаружены
Состав господствующей микрофлоры	Споровые аэробы	$(4,0 \pm 3,8) \times 10^2$	$(2,1 \pm 3,1) \times 10^2$
	Кокки	$(2,2 \pm 2,1) \times 10^6$	$(1,8 \pm 1,7) \times 10^5$
	БГКП	$(3,0 \pm 3,5) \times 10^4$	Не обнаружены
КТАФАнМ		$(6,4 \pm 4,4) \times 10^5$	$(1,0 \pm 0,8) \times 10^5$
Состав господствующей микрофлоры	Дрожжи	Не обнаружены	Не обнаружены
	Плесневые грибы	$(3,0 \pm 1,3) \times 10^2$	Не обнаружены
	Споровые аэробы	$(2,0 \pm 1,6) \times 10^2$	$(1,1 \pm 0,9) \times 10^2$
	Кокки	$(1,7 \pm 1,9) \times 10^5$	$(8,6 \pm 7,5) \times 10^4$
	БГКП	Не обнаружены	Не обнаружены
КПАФАнМ		$(3,0 \pm 4,5) \times 10^5$	Не обнаружены
Состав господствующей микрофлоры	Дрожжи	$(5,0 \pm 7,9) \times 10^5$	Не обнаружены
	Плесневые грибы	$(4,0 \pm 1,0) \times 10^2$	Не обнаружены
	Споровые аэробы	Не обнаружены	Не обнаружены
	Кокки	$(4,3 \pm 5,9) \times 10^5$	Не обнаружены
	БГКП	$(3,7 \pm 6,9) \times 10^4$	Не обнаружены

Как видно из представленных данных, полученных в результате анализа состава господствующей микрофлоры в посевах молока до пастеризации и после нее, исходное количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в среднем снижается только на порядок, термофильных — на полпорядка, а жизнеспособные клетки психротрофных микроорганизмов в пастеризованном молоке не обнаруживаются.

В пастеризованном молоке изменяется качественный состав микрофлоры, т. е. бактериальный пейзаж. При пастеризации полностью отсутствуют признаки роста микроорганизмов, относящихся к БГКП, что служит основанием для контроля эффективности пастеризации по отсутствию в пастеризованном молоке признаков роста именно этой группы микроорганизмов. Как видно из данных Таблицы 2, среди БГКП все выявленные в молоке сыром микроорганизмы, относящиеся к данной группе, обладают психротрофными свойствами. Появление у мезофильных энтеробактерий сырого молока устойчивой способности проявлять психротрофные свойства, т. е. расти и размножаться при температуре ниже 10 °С, свидетельствует о закреплении данного признака и риске снижения качества и хранимоспособности сыров, связанного с развитием БГКП при температурных режимах созревания.

Анализ кокковых форм в образцах сырого молока позволяет сделать вывод, что часть из них проявляет термофильные свойства, другие являются психротрофами. При этом до 90% клеток кокковых мезофильных и термофильных бактерий термостойки при воздействии низкотемпературной пастеризации.

Исследование состава кокковой микрофлоры молока до и после пастеризации по характеру и внешнему виду колоний на среде КМАФАнМ позволяет сделать вывод, что при содержании в образцах молока стафилококков до 10^5 КОЕ/см³ после пастеризации их колонии не обнаруживаются. В условиях эксперимента исходного молока с более высокой концентрацией жизнеспособных клеток стафилококков, чем 10^5 КОЕ/см³, не выявлено, поэтому установить порог эффективности температурного воздействия в зависимости от концентрации клеток «дикой» стафилококковой микрофлоры не удалось. В рамках эксперимента термофильная микрофлора молока в своем большинстве оказывается частично термостойкой к низкотемпературной пастеризации. К термофильным кокковым формам относятся энтерококки и термофильный стрептококк. При этом на среде КМАФАнМ при (43 ± 2) °С в посевах исходного и пастеризованного молока выявляются преимущественно колонии среднего размера (1,5–2,0) мм с ровным краем и блестящей поверхностью или мелкие поверхностные и глубинные колонии темной окраски. Анализ соответствующих микропрепаратов позволяет отнести микроорганизмы из колоний первого типа к энтерококкам, а второго — к термофильным стрептококкам.

В остаточной микрофлоре пастеризованного молока, в сравнении с исходным сырым молоком, количество кокковых форм значительно возрастает относительно палочковых аспорогенных форм. Среди кокковой термофильной микрофлоры сырого молока, которая составляла 68% от общего количества термофилов в исследуемых образцах, преобладает термофильный стрептококк (до 70%), значительная доля принадлежит энтерококкам (около 20%). В пастеризованном молоке в рамках эксперимента доля кокков от общего количества термостойких микроорганизмов осталась на том же уровне (65%), но наблюдается увеличение энтерококков за счет снижения количества термофильного стрептококка и микрококков, которые в своем большинстве не выдерживают температуру пастеризации.

В отличие от кокковых форм, термофильные формы плесневых грибов не перенесли пастеризацию и не дали видимого роста в соответствующих посевах молока после пастеризации. При этом в исходном молоке выявлено $(3,0 \pm 1,3) \cdot 10^2$ КОЕ/см³ термофильных форм плесневых грибов, что составляет 80–90% от их общего количества, давших рост при (30 ± 2) °С. Среди дрожжей при исходной обсемененности $(7,2 \pm 8,6) \cdot 10^3$ КОЕ/см³ термофильные формы не обнаружены. Отсутствие термофильных форм дрожжей и термостойкости у плесневых грибов может быть связано с тем, что в исходном молоке присутствовали только вегетативные клетки данных эукариотических микроорганизмов, а не их споры. Практически все выявленные формы дрожжей и плесневых грибов проявляют свойство психротрофности, что полностью соответствует таксономической характеристике данных группы микроорганизмов.

Среди споровых аэробов не обнаружено психротрофных форм, в то же время практически все выявленные микроорганизмы являются термофильными и термоустойчивыми в условиях низкотемпературной пастеризации.

Вышеперечисленные микроорганизмы не представляют проблемы с точки зрения безопасности, хотя относятся к технически вредным микроорганизмам, способным повлиять на качество сыров, вызывая те или иные органолептические пороки при превышении допустимых норм их содержания. Большая часть остаточной микрофлоры является микрофлорой, обеспечивающей процессы созревания сыров совместно с заквасочными микроорганизмами.

Контроль пастеризованного молока на наличие сальмонелл не предусмотрен, и нормы безопасности по отсутствию данных патогенов в том или ином объеме пастеризованного молока не определены, однако подразумевается, что они должны гарантированно отсутствовать. Контроль микробиологической безопасности пастеризованного молока проводится по отсутствию БГКП как основной санитарно-показательной микрофлоры в 10 см³ молока, прошедшего пастеризацию.

Что касается стафилококков как условно патогенных микроорганизмов, то режимы пастеризации молока в сыроделии не обеспечивают полного их уничтожения при высокой первичной обсемененности молока. Поэтому уровень содержания этой группы микроорганизмов в сыром молоке не должен превышать условные границы безопасности, т. е. 10^5 КОЕ/см³.

Все психротрофные формы не термостойки, поэтому в пастеризованном молоке данные микроорганизмы отсутствуют безотносительно к их видовой принадлежности.

Пастеризация не снижает количество спор аэробных и анаэробных микроорганизмов в молоке. Термофильная микрофлора в своем большинстве оказывается и термостойкой, поэтому термофильные палочки и термофильные кокки остаются в молоке после пастеризации и могут стать источником таких пороков сыра, как кислый пустой вкус, излишнее газообразование, грубая, крошливая консистенция и т. д.

4. Заключение

Таким образом, в результате проведенной серии экспериментов и анализа полученных материалов можно сделать следующие общие выводы по термостабильности тест-культур микроорганизмов, значимых для обеспечения качества и безопасности молочных продуктов, в частности сыров, источником которых является сырое молоко:

- из кокковых форм полностью не термостабильны лактококки, частично термостабильны при низкотемпературной пастеризации и высокой исходной дозе обсеменения

- термофильный стрептококк и стафилококки, наибольшей термостабильностью обладают энтерококки;
- из вегетативных палочек лактобациллы оказались не термостойкими, псевдомонады частично термостойки при высоких дозах заражения и низкотемпературной пастеризации, а кишечная палочка при высоких дозах заражения частично сохраняет жизнеспособность как при низкотемпературной, так и при высокотемпературной пастеризации;
 - для спорных мезофильных палочек температуры пастеризации не оказывают летального действия, и их количество в пастеризованном молоке не снижается, независимо от исходной дозы заражения; низкотемпературная пастеризация активизирует процесс прорастания спор клостридий;
 - плесневые грибы обладают большей термостойкостью, чем дрожжи;

- способность к реактивации клеток после термошока наблюдалась только у тест-культур кишечной палочки, стафилококка, псевдомонад и плесневых грибов.

Установлено, что остаточная микрофлора молока, подвергнутого низкотемпературной пастеризации, представлена кокковыми формами, идентифицируемыми как энтерококки, термофильный стрептококк, микрококки и стафилококки; палочковыми аспорогенными формами, идентифицируемыми как термофильные лактобациллы и коринебактерии; спорными бактериями. Вышеперечисленные микроорганизмы составляют остаточную микрофлору пастеризованного молока и параллельно с заквасочными микроорганизмами участвуют в процессах созревания сыра, определяя его качество и безопасность, а также влияют на хранимоспособность готового продукта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Stoeckel, M., Lidolt, M., Hinrichs, J. (2016). Modeling milk heating processes for the production of milk shelf-stable without refrigeration. *Chemie Ingenieur Technik*, 89(3), 310–319. <https://doi.org/10.1002/cite.201600067>
2. Dumalisile, P., Witthuhn, R. C., Britz, T. J. (2005). Impact of different pasteurization temperatures on the survival of microbial contaminants isolated from pasteurized milk. *International Journal of Dairy Technology*, 58(2), 74–82. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2005.00189.x>
3. Свириденко, Г. М. (2009). Микробиологические риски при производстве молока и молочных продуктов. Москва: Издательство Россельхозакадемии, 2009.
4. Dervisoglu, M., Aydemir, O. (2006). Physicochemical and microbiological characteristics of Kulek cheese made from raw and heat-treated milk. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23, 451–460. <https://doi.org/10.1007/s11274-006-9246-x>
5. Pearce, L. E., Smythe, B. W., Crawford, R. A., Oakley, E., Hathaway, S. C., Shepherd, J. M. (2012). Pasteurization of milk: The heat inactivation kinetics of milk-borne dairy pathogens under commercial-type conditions of turbulent flow. *Journal of Dairy Science*, 95(1), 20–35. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4556>
6. Dash, K. K., Fayaz, U., Dar, A. H., Shams, R., Manzoor, S., Sundarsingh, A. et al. (2022). A comprehensive review on heat treatments and related impact on the quality and microbial safety of milk and milk-based products. *Food Chemistry Advances*, 1, Article 100041. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100041>
7. Cebrián, G., Condón, S., Mañas, P. (2017). Physiology of the inactivation of vegetative bacteria by thermal treatments: Mode of action, influence of environmental factors and inactivation kinetics. *Foods*, 6(12), Article 107. <https://doi.org/10.3390/foods6120107>
8. Deeth, H. C. (2022). Encyclopedia of Dairy Sciences (Third Edition). Chapter in a book: Heat Treatment of Milk: Pasteurization (HTST) and thermization (LTLT). Academic Press, 645–654.
9. Емельянов, С. А., Храмов, А. Г., Суянов, О. А., Хворостина, Е. Н., Овчарова, Г. П., Белашев, А. Т. и др. (2006). Влияние температуры на развитие микроорганизмов в молоке и молочных продуктах. *Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета*, 2, 54–57.
10. Емельянов, С. А. (2006). Микробиологические аспекты использования тепловой обработки молока-сырья. *Вестник Саратовского государственного университета им. Н. И. Вавилова*, 6–2, 15–20.
11. Evelyn, Silva, F. V.M. (2018). Differences in the resistance of microbial spores to thermosonication, high pressure thermal processing and thermal treatment alone. *Journal of Food Engineering*, 222, 292–297. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.037>
12. McAuley, C. M., Gobius, K. S., Britz, M. L., Craven, H. M. (2012). Heat resistance of thermophilic enterococci isolated from milk. *International Journal of Food Microbiology*, 154(3), 162–168. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.12.033>
13. Li, R., Shi, Y., Ling, B., Cheng, T., Huang, Z., Wang, S. (2017). Thermotolerance and heat shock protein of *Escherichia Coli* ATCC25922 under thermal stress using test cell method. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(2), 91–97. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-07-97814>
14. Abdalla, M. O. M., Salih, H. M. A. (2020). Effect of heat treatment of milk on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of white cheese (Gibna bayda). *GSC Advanced Research and Reviews*, 3(3), 20–28. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2020.3.3.0044>
15. Knight, G. C., Nicol, R. C., McMeekin, T. A. (2004). Temperature step changes: A novel approach to control biofilms of *Streptococcus thermophilus* in a pilot plant-scale cheese-milk pasteurisation plant. *International Journal of Food Microbiology*, 93(3), 305–318. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2003.11.013>
16. Kim, C., Alrefaei, R., Bushlaibi, M., Ndegwa, E., Kaseloo, P., Wynn, C. (2019). Influence of growth temperature on thermal tolerance of leading foodborne pathogens. *Food Science and Nutrition*, 7(12), 4027–4036. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1268>
17. Velliou, E. G., Van Derlinden, E., Cappuyns, A. M., Geeraerd, A. H., Devlieghere, F., Van Impe, J. F. (2012). Heat inactivation of *Escherichia coli* K12 MG1655: Effect of microbial metabolites and acids in spent medium. *Journal of Thermal Biology*, 37(1), 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2011.11.001>
18. Cebrian, G., Condon, S., Maras, P. (2009). Heat-adaptation induced thermotolerance in *Staphylococcus aureus*: Influence of the alternative factor sigmaB. *International Journal of Food Microbiology*, 135(3), 274–280. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.07.010>
19. Yaniarti, M. N., Amarantini, C., Budiarto, T. Y. (2017). *The effect of temperature and Pasteurization time on Staphylococcus aureus isolates from dairy products*. AIP Conference Proceedings, 1908, Article 050003. <https://doi.org/10.1063/1.5012727>
20. Sorqvist, S. (2003). Heat resistance in liquids of *Enterococcus* spp., *Listeria* spp., *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella* spp. and *Campylobacter* spp. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 44(1), Article 1. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-44-1>
21. Bang, J., Choi, M., Jeong, H., Lee, S., Kim, Y., Ryu, J.-H., Kim, H. (2017). Heat tolerances of *Salmonella*, *Cronobacter sakazakii*, and *Pediococcus acidilactici* inoculated into Galactooligosaccharide. *Journal of Food Protection*, 80(7), 1123–1127. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-16-456>
22. Hanson, M. L., Wendorff, W. L., Houck, K. B. (2005). Effect of heat treatment of milk on activation of *Bacillus* spores. *Journal of Food Protection*, 68(7), 1484–1486. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-68.7.1484>
23. Stoeckel, M., Lücking, G., Ehling-Schulz, M., Atamer, Z., Hinrichs, J. (2016). Bacterial spores isolated from ingredients, intermediate and final products obtained from dairies: thermal resistance in milk. *Dairy Science and Technology*, 96, 569–577. <https://doi.org/10.1007/s13594-016-0279-0>
24. Novak, J. S., Call, J., Tomasula, P., Luchansky, J. B. (2005). An assessment of pasteurization treatment of water, media, and milk with respect to *Bacillus* spores. *Journal of Food Protection*, 68(4), 751–757. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-68.4.751>
25. Stoeckel, M., Abduh, S. B. M., Atamer, Z., Hinrichs, J. (2014). Inactivation of *Bacillus* spores in batch vs continuous heating systems at sterilisation temperatures. *International Journal of Dairy Technology*, 67(3), 334–341. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12134>
26. Fan, L., Hou, F., Muhammad, A. I., Ruiling, L. V., Watharkar, R. B., Guo, M. et al. (2018). Synergistic inactivation and mechanism of thermal and ultrasound treatments against *Bacillus subtilis* spores. *Food Research International*, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.052>
27. Ortuzar, J., Martinez, B., Bianchini, A., Stratton, J., Rupnow, J., Wang, B. (2018). Quantifying changes in spore-forming bacteria contamination along the milk production chain from farm to packaged pasteurized milk using systematic review and meta-analysis. *Food Control*, 86, 319–331. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.11.038>
28. Esteban, M.-D., Huertas, J.-P., Fernández, P. S., Palop, A. (2013). Effect of the medium characteristics and the heating and cooling rates on the nonisothermal heat resistance of *Bacillus sporothermodurans* IC4 spores. *Food Microbiology*, 34(1), 158–163. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.11.020>
29. Evelyn, Silva, F. V. M. (2019). Heat assisted HPP for the inactivation of bacteria, moulds and yeasts spores in foods: Log reductions and mathematical models. *Trends in Food Science and Technology*, 88, 143–156. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.016>

REFERENCES

1. Stoeckel, M., Lidolt, M., Hinrichs, J. (2016). Modeling milk heating processes for the production of milk shelf-stable without refrigeration. *Chemie Ingenieur Technik*, 89(3), 310–319. <https://doi.org/10.1002/cite.201600067>
2. Dumalisile, P., Witthuhn, R. C., Britz, T. J. (2005). Impact of different pasteurization temperatures on the survival of microbial contaminants isolated from pasteurized milk. *International Journal of Dairy Technology*, 58(2), 74–82. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2005.00189.x>
3. Sviridenko, G. M. (2009). Microbiological risks in the production of milk and dairy products. Moscow: Publishing House of the Russian Agricultural Academy, 2009. (In Russian)
4. Dervisoglu, M., Aydemir, O. (2006). Physicochemical and microbiological characteristics of Kulek cheese made from raw and heat-treated milk. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23, 451–460. <https://doi.org/10.1007/s11274-006-9246-x>
5. Pearce, L. E., Smythe, B. W., Crawford, R. A., Oakley, E., Hathaway, S. C., Shepherd, J. M. (2012). Pasteurization of milk: The heat inactivation kinetics of milk-borne dairy pathogens under commercial-type conditions of turbulent flow. *Journal of Dairy Science*, 95(1), 20–35. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4556>
6. Dash, K. K., Fayaz, U., Dar, A. H., Shams, R., Manzoor, S., Sundarsingh, A. et al. (2022). A comprehensive review on heat treatments and related impact on the quality and microbial safety of milk and milk-based products. *Food Chemistry Advances*, 1, Article 100041. <https://doi.org/10.1016/j.fcha.2022.100041>
7. Cebrián, G., Condón, S., Mañas, P. (2017). Physiology of the inactivation of vegetative bacteria by thermal treatments: Mode of action, influence of environmental factors and inactivation kinetics. *Foods*, 6(12), Article 107. <https://doi.org/10.3390/foods6120107>
8. Deeth, H. C. (2022). Encyclopedia of Dairy Sciences (Third Edition). Chapter in a book: Heat Treatment of Milk: Pasteurization (HTST) and thermization (LTLT). Academic Press, 645–654.
9. Yemelyanov, S. A., Khrantsov, A. G., Suyunchev, O. A., Khvorostina, E. N., Ovcharova, G. P., Belashev, A. T. et al. (2006). The effect of temperature on the development of microorganisms in milk and dairy products. *Bulletin of the North Caucasus State Technical University*, 2, 54–57 (In Russian)
10. Emelyanov, S. A. (2006). Microbiological aspects of the use of heat treatment of raw milk. *Bulletin of Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov*, 6–2, 15–20. (In Russian)
11. Evelyn, Silva, F. V. M. (2018). Differences in the resistance of microbial spores to thermosonication, high pressure thermal processing and thermal treatment alone. *Journal of Food Engineering*, 222, 292–297. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.037>
12. McAuley, C. M., Gobijs, K. S., Britz, M. L., Craven, H. M. (2012). Heat resistance of thermophilic enterococci isolated from milk. *International Journal of Food Microbiology*, 154(3), 162–168. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.12.033>
13. Li, R., Shi, Y., Ling, B., Cheng, T., Huang, Z., Wang, S. (2017). Thermotolerance and heat shock protein of *Escherichia Coli* ATCC25922 under thermal stress using test cell method. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(2), 91–97. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-07-978>
14. Abdalla, M. O. M., Salih, H. M. A. (2020). Effect of heat treatment of milk on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of white cheese (Gibna bayda). *GSC Advanced Research and Reviews*, 3(3), 20–28. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2020.3.3.0044>
15. Knight, G. C., Nicol, R. C., McMeekin, T. A. (2004). Temperature step changes: A novel approach to control biofilms of *Streptococcus thermophilus* in a pilot plant-scale cheese-milk pasteurisation plant. *International Journal of Food Microbiology*, 93(3), 305–318. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2003.11.013>
16. Kim, C., Alrefaei, R., Bushlaibi, M., Ndegwa, E., Kaseloo, P., Wynn, C. (2019). Influence of growth temperature on thermal tolerance of leading foodborne pathogens. *Food Science and Nutrition*, 7(12), 4027–4036. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1268>
17. Velliou, E. G., Van Derlinden, E., Cappuyns, A. M., Geeraerd, A. H., Devlieghere, F., Van Impe, J. F. (2012). Heat inactivation of *Escherichia coli* K12 MG1655: Effect of microbial metabolites and acids in spent medium. *Journal of Thermal Biology*, 37(1), 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2011.11.001>
18. Cebrian, G., Condon, S., Maras, P. (2009). Heat-adaptation induced thermotolerance in *Staphylococcus aureus*: Influence of the alternative factor sigmaB. *International Journal of Food Microbiology*, 135(3), 274–280. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.07.010>
19. Yaniarti, M. N., Amarantini, C., Budiarto, T. Y. (2017). The effect of temperature and Pasteurization time on *Staphylococcus aureus* isolates from dairy products. AIP Conference Proceedings, 1908, Article 050003. <https://doi.org/10.1063/1.5012727>
20. Sorqvist, S. (2003). Heat resistance in liquids of *Enterococcus* spp., *Listeria* spp., *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella* spp. and *Campylobacter* spp. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 44(1), Article 1. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-44-1>
21. Bang, J., Choi, M., Jeong, H., Lee, S., Kim, Y., Ryu, J.-H., Kim, H. (2017). Heat tolerances of *Salmonella*, *Cronobacter sakazakii*, and *Pediococcus acidilactici* inoculated into Galactooligosaccharide. *Journal of Food Protection*, 80(7), 1123–1127. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-16-456>
22. Hanson, M. L., Wendorff, W. L., Houck, K. B. (2005). Effect of heat treatment of milk on activation of *Bacillus* spores. *Journal of Food Protection*, 68(7), 1484–1486. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-68.7.1484>
23. Stoeckel, M., Lücking, G., Ehling-Schulz, M., Atamer, Z., Hinrichs, J. (2016). Bacterial spores isolated from ingredients, intermediate and final products obtained from dairies: thermal resistance in milk. *Dairy Science and Technology*, 96, 569–577. <https://doi.org/10.1007/s13594-016-0279-0>
24. Novak, J. S., Call, J., Tomasula, P., Luchansky, J. B. (2005). An assessment of pasteurization treatment of water, media, and milk with respect to *Bacillus* spores. *Journal of Food Protection*, 68(4), 751–757. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-68.4.751>
25. Stoeckel, M., Abduh, S. B. M., Atamer, Z., Hinrichs, J. (2014). Inactivation of *Bacillus* spores in batch vs continuous heating systems at sterilisation temperatures. *International Journal of Dairy Technology*, 67(3), 334–341. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12134>
26. Fan, L., Hou, F., Muhammad, A. I., Ruiling, L. V., Watharkar, R. B., Guo, M. et al. (2018). Synergistic inactivation and mechanism of thermal and ultrasound treatments against *Bacillus subtilis* spores. *Food Research International*, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.052>
27. Ortuzar, J., Martinez, B., Bianchini, A., Stratton, J., Rupnow, J., Wang, B. (2018). Quantifying changes in spore-forming bacteria contamination along the milk production chain from farm to packaged pasteurized milk using systematic review and meta-analysis. *Food Control*, 86, 319–331. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.11.038>
28. Esteban, M.-D., Huertas, J.-P., Fernández, P. S., Palop, A. (2013). Effect of the medium characteristics and the heating and cooling rates on the nonisothermal heat resistance of *Bacillus sporothermodurans* IC4 spores. *Food Microbiology*, 34(1), 158–163. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.11.020>
29. Evelyn, Silva, F. V. M. (2019). Heat assisted HPP for the inactivation of bacteria, moulds and yeasts spores in foods: Log reductions and mathematical models. *Trends in Food Science and Technology*, 88, 143–156. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.016>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Свириденко Галина Михайловна — доктор технических наук, главный научный сотрудник, руководитель направления микробиологических исследований молока и молочных продуктов, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-48532-5-48-64 E-mail: sg_microbiology@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9586-3786 * автор для контактов</p>	<p>Galina M. Sviridenko, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher, Head of research on milk microbiology and dairy products, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-48532-5-48-64 E-mail: sg_microbiology@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9586-3786 * corresponding author</p>
<p>Комарова Татьяна Валентиновна — младший научный сотрудник, отдел микробиологии, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-48532-9-81-52 E-mail: t.komarova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7828-3432</p>	<p>Tatyana V. Komarova, Junior Researcher, Department of Microbiology, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-48532-9-81-52 E-mail: t.komarova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7828-3432</p>
<p>Ускова Евгения Евгеньевна — младший научный сотрудник, отдел микробиологии, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-48532-9-81-52 E-mail: e.uskova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0096-6871</p>	<p>Evgeniya E. Uskova, Junior Researcher, Department of Microbiology, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-48532-9-81-52 E-mail: e.uskova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0096-6871</p>
Критерии авторства	Contribution
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.</p>	<p>Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.</p>
Конфликт интересов	Conflict of interest
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p>The authors declare no conflict of interest.</p>