

Хранимоспособность безлактозного сыра с пропионовокислыми бактериями с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы

Ольга Ивановна Купцова, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой технологии молока и молочных продуктов
E-mail: ol.skokowa@yandex.by

Анна Антоновна Иванцова, ассистент кафедры технологии молока и молочных продуктов
E-mail: anan-an@mail.ru

Елизавета Вячеславовна Елисеенко, студент
E-mail: eeliseenko456@mail.ru

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Могилев, Республика Беларусь

Изучено влияние совместного применения пропионовокислых микроорганизмов, гидролиза молочного сахара и усовершенствованного процесса термопластификации сырного пласта на показатели качества безлактозного сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы. В рамках исследования представлен комплексный анализ физико-химических, структурно-механических, органолептических и технологических показателей безлактозного сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы, полученного с применением пропионовокислых бактерий. Исследование проводилось в течение 120 суток при 4 ± 2 и 10 ± 2 °C (стресс-тест). Установлено, что при стандартном режиме хранения 4 ± 2 °C продукт сохраняет высокое качество на протяжении всего периода.

Ключевые слова: сыр, чеддеризация, термопластификация, активная кислотность, активность воды, упругость, степень зрелости, способность к запеканию

Для цитирования: Хранимоспособность безлактозного сыра с пропионовокислыми бактериями с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы / О. И. Купцова, А. А. Иванцова, Е. В. Елисеенко // Сыроделие и маслоделие. 2026. № 1. С. 32–40. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2026-1-46>

Введение

В настоящее время в Республике Беларусь наблюдается растущий потребительский интерес к сырам с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы (далее – сыры типа «Моцарелла»), таким как Сулугуни, Скаморца, Моцарелла, что способствует увеличению объемов их производства на предприятиях молочной промышленности. Сыры данной группы занимают важное место на рынке молочных продуктов, что обусловлено их универсальными технологическими характеристиками, позволяющими эффективно реализовывать продукцию как в розничной торговле, так и в сегменте HoReCa, включая экспортные поставки. Технология сыров типа «Моцарелла» основывается на проведении при их производстве процессов чеддеризации и термопластификации сырной массы, в результате которых сырное тесто приобретает слоисто-волоконистую структуру и способность к вытягиванию [1].

Сыр Моцарелла применяется в приготовлении кулинарных блюд с запеканием. Наибольшее распространение сыр Моцарелла получил в качестве обязательного ингредиента пиццы, где используется на поверхности блюда для запе-

кания при температуре свыше 200 °C. Качество сыров, применяемых для запекания, определяется наличием минимальной тенденции к образованию «блистеров» в результате изменений лактозы и белков молока при реакции карамелизации, что может быть обусловлено наличием в этих сырах восстанавливающих сахаров (лактозы, глюкозы и галактозы) в значительном количестве, а также отсутствием зафиксированной активной кислотности готового продукта [2, 3].

В настоящее время научные исследования в области сыров типа «Моцарелла», используемых для запекания, ограничены и не позволяют получить готовый продукт с минимальной тенденцией к образованию «блистеров» после высокотемпературного нагрева при запекании. В Белорусском государственном университете пищевых и химических технологий были проведены собственные исследования совместного использования гидролиза лактозы с применением фермента лактазы и пропионовокислых бактерий наряду с совершенствованием способа процесса термопластификации путем использования в качестве греющей среды слабokonцентрированных водных растворов пище-

вых кислот, что позволило исключить наличие углеводов в сырном пласте, зафиксировать уровень активной кислотности с величиной рН, полученной при чеддеризации, и получить продукт с улучшенными технологическими свойствами без наличия «блистеров» после запекания сыра [4–10].

Однако следует отметить, что пропионовокислые бактерии *Propionibacterium freudenreichii*, как правило, применяют в качестве основных культур при производстве сыров с высокой температурой второго нагревания (например, Швейцарского) для обеспечения управляемого процесса созревания, а также придания готовому сыру характерного вкуса и аромата. Что касается сыров типа «Моцарелла», реализуемых без созревания, то использование пропионовокислых микроорганизмов может оказывать влияние на их физико-химические и органолептические показатели в процессе хранения [11].

Касательно влияния гидролиза лактозы при производстве безлактозных сыров на стабильность показателей качества при хранении продукта, то имеются научные данные, демонстрирующие повышенную сохранность заквасочных культур микроорганизмов ввиду замедления отмирания жизнеспособных бактериальных клеток в условиях отсутствия доступных углеводов [12].

Существенное влияние на хранимособность оказывают также физико-химические показатели готового продукта, в частности показатель активной кислотности (рН). Проведение процесса термопластификации сырного пласта с использованием в качестве греющей среды слабоконцентрированных водных растворов пищевых кислот позволяет зафиксировать рН продукта на уровне, достигнутом при чеддеризации сырного пласта, а именно в диапазоне 5,25–5,35 ед. рН [5]. В таком интервале активной кислотности молочнокислые и пропионовокислые бактерии способны развиваться. Однако в процессе хранения из-за накопления продуктов жизнедеятельности бактерий показатель рН может изменяться, что способно приводить к изменению показателей качества сыра.

Таким образом, физико-химические, структурно-механические и органолептические параметры безлактозного сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы, полученного

с применением пропионовокислых бактерий, являются ключевыми факторами, определяющими его срок годности, стойкость и стабильность показателей качества в процессе хранения.

Целью работы являлось исследование хранимособности безлактозного сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы, полученного с применением пропионовокислых бактерий совместно с основной заквасочной микрофлорой в процессе при стандартных температурных режимах хранения и в провокационных условиях – «стресс-тест» режиме.

Объекты и методы исследования

Исследования были выполнены в лабораториях кафедры технологии молока и молочных продуктов Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий.



Опытными образцами являлся сыр с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы, полученный с использованием гидролиза лактозы на стадии внесения компонентов для свертывания при температуре 37 ± 1 °С и пропионовокислых бактерий *Propionibacterium freudenreichii* в составе основной заквасочной микрофлоры, а также с проведением процесса термопластификации сырной массы с помощью слабоконцентрированных водных растворов пищевых кислот температурой 65–70 °С.

В качестве контрольного образца использовали сыр Моцарелла, выработанный по классической технологии без использования закваски пропионовокислых бактерий и фермента лактазы с проведением процесса термопластификации при температуре 78–80 °С, в качестве греющей среды применяли пастеризованную воду.

Для выработки исследуемых образцов применяли молочное сырье сырьевой базы Республики Беларусь, соответствующее СТБ 1598-2006.

Нормализованное молоко, используемое для получения исследуемых образцов сыра типа «Моцарелла» с массовой долей жира в сухом веществе 40 %, характеризовалось следующими физико-химическими показателями:

- массовая доля жира – 2,4 %;
- массовая доля белка – 3,0 % ;
- титруемая кислотность – 17,0 °Т;
- плотность – 1028,0 кг/м³.

В качестве основной заквасочной микрофлоры для получения сыра использовали бактериальную закваску ST TH (Biotec, Италия) из расчета 10 U на 1000 кг смеси (видовой состав закваски: *Streptococcus thermophilus*). Совместно с основной заквасочной микрофлорой использовали бактериальную закваску пропионовокислых микроорганизмов PS-50 (Chr. Hansen, Дания) из расчета 35 U на 1000 кг нормализованной смеси. Это обеспечивало содержание пропионовокислой микрофлоры в свежеприготовленных опытных образцах сыра в количестве не менее 1×10^9 КОЕ/см³.

В качестве молокосвертывающего ферментного препарата применяли фермент Clerichi 80/20 активностью 150 IMCU/мл.

Гидролиз лактозы проводили с помощью фермента β -галактозидазы NolaFit 5500 (производитель Chr. Hansen, Дания) активностью 5500 BLU/мл из расчета 400 мл на 1000 кг смеси. Внесение фермента лактазы осуществляли на стадии внесения компонентов для свертывания при температуре 37 ± 1 °С. Инактивацию фермента β -галактозидазы проводили в процессе термопластификации сырной массы при температуре 65–70 °С. Согласно исследованиям, проведенным в Научно-исследовательском институте гигиены, токсикологии, эпидемиологии, вирусологии и микробиологии (г. Минск, Республика Беларусь), в опытных образцах свежесывороточного сыра Моцарелла лактоза не обнаружена.

В ходе исследований была изучена хранимоспособность безлактозного сыра типа «Моцарелла» с пропионовокислыми бактериями в течении 120 суток хранения при различных температурных режимах: в стандартном режиме при температуре 4 ± 2 °С (опытный образец № 1) и в провокационном режиме «стресс-тест» при температуре 10 ± 2 °С (опытный образец № 2). Хранение контрольного образца сыра Моцарелла осуществлялось в стандартном режиме при температуре 4 ± 2 °С.

При проведении работы использовали стандартные, общепринятые и специальные методы исследований. Титруемую кислотность определяли титриметрическим методом по ГОСТ 3624-92, активную кислотность – с помощью pH-метра по ГОСТ 32892-2014, массовую долю влаги – по ГОСТ 3626-73, активность воды – гигрометрическим методом по ГОСТ ISO 21807-2015, степень зрелости – по М. И. Шиловичу, упругость – с помощью анализатора текстуры IMADA, количество КМАФАнМ – по ГОСТ 32901-2014, количество пропионовокислых микроорганизмов – по ГОСТ 34372-2017. Способность сырного пласта к плавлению и вытягиванию после процесса чеддеризации исследовали по методике определения способности сырной массы вытягиваться при высоких температурах в длинные тонкие нити. Способность сыра к растяжению после запекания оценивали с помощью вилочного теста.

При проведении исследований применяли статистические методы обработки экспериментальных данных. За результаты принимали среднеарифметические значения, которые определяли из двух или трех параллельных опытов при трехкратном повторении измерений.

Результаты и их обсуждение

Динамика изменения массовой доли влаги и активной кислотности опытных и контрольного образцов сыра типа «Моцарелла» в процессе хранения представлена на рисунке 1. Известно, что изменение массовой доли влаги и активной кислотности указывает на интенсивность развития молочнокислой, пропионовокислой и различной посторонней микрофлоры в молочном продукте и может косвенно свидетельствовать об изменениях его структурно-механических и микробиологических параметров¹[13].

Из рисунка 1а видно, что массовая доля влаги независимо от температуры хранения в опытном образце сыра на 1,5–2,0 % выше, чем в контрольном образце. При этом в опытных образцах сыра типа «Моцарелла» до 10 суток хранения, как в стандартных условиях при температуре 4 ± 2 °С, так и в провокационном режиме при температуре 10 ± 2 °С, наблюдалось небольшое увеличение массовой доли влаги, что связано с перераспределением ее в продукте и структурированием сырного теста после процесса термопластификации и охлаждения в рассоле. Начиная с 10 суток хранения, независимо от температуры хранения, показатель массовой доли влаги изменялся незначительно.

Данные, представленные на рисунке 1б, показывают, что активная кислотность свежеработанного опытного образца сыра составляет $5,29 \pm 0,06$ ед. рН и находится на уровне рН, достигнутом в процессе чеддеризации сырного пласта ($5,27 \pm 0,06$ ед. рН). В контрольном образце активная кислотность находится на уровне $5,55 \pm 0,06$ ед. рН. Различие связано с использованием при изготовлении опытного образца слабоконцентрированных водных растворов пищевых кислот температурой $65\text{--}70$ °С в качестве греющей среды для проведения процесса термопластификации. Установлено, что до 120 суток хранения в стандартных условиях при температуре 4 ± 2 °С и до 90 суток хранения в режиме «стресс-тест» при температуре 10 ± 2 °С активная кислотность опытных образцов сыра Моцарелла не изменялась и фиксировалась на уровне от $5,27 \pm 0,06$ до $5,29 \pm 0,06$ ед. рН, что объясняется технологически обусловленной низкой кислотообразующей активностью молочнокислой и пропионовокислой микрофлоры и преобладанием медленных эндогенных ферментативных процессов в липидно-белковом комплексе.

Однако, начиная с 90 суток хранения, опытный образец сыра, подвергавшийся хранению в провокационных условиях при температуре 10 ± 2 °С, характеризовался снижением уровня величины рН, которая к 120 суткам

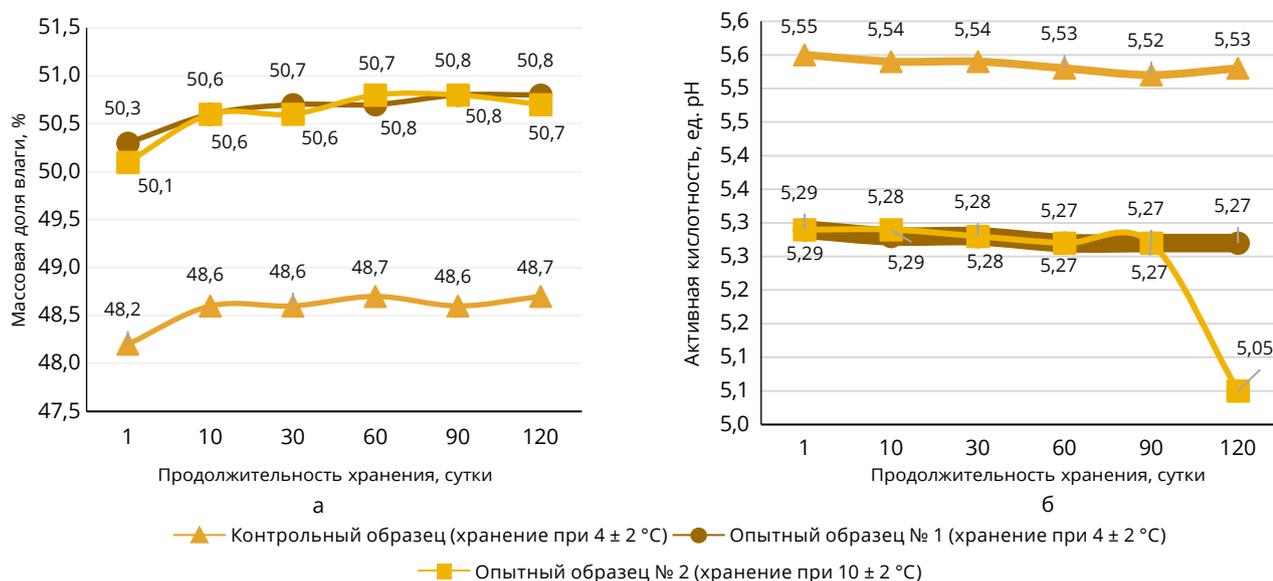


Рисунок 1. Динамика изменения физико-химических показателей исследуемых образцов сыра типа «Моцарелла» в процессе хранения: а) массовая доля влаги; б) активная кислотность

¹Буянова, И. В. Показатели качества сыров во время хранения в охлажденном состоянии / И. В. Буянова, В. А. Шрайнер // Холодильная техника и биотехнологии: Сборник тезисов I Национальной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2019. – С. 130–132.



Источники: Shutterstock, freepress.com

составила $5,05 \pm 0,06$ ед. рН. Данное снижение рН может быть связано с более интенсивным накоплением продуктов жизнедеятельности молочнокислой и пропионовокислой микрофлоры, влияющих на рН сырной массы.

Как известно, величина активности воды (a_w) определяет кинетику процессов порчи продукта и позволяет прогнозировать его хранимоспособность [14]. В таблице 1 представлен анализ изменения показателя активности воды сыра типа «Моцарелла» в течение 120 суток хранения при различных температурных режимах.

Согласно данным (см. табл.), выявлено, что активность воды в свежеработанном опытном образце безлактозного сыра несколько выше, чем в контрольном образце. При этом показатель активности воды в опытном образце сыра при хранении его как в стандартном режиме при температуре 4 ± 2 °С, так и в провокационных условиях при температуре 10 ± 2 °С на протяжении всего срока хранения незначительно увеличивался.

Кроме того, определено, что показатель упругости опытного и контрольного образца сыра в течение 120 суток хранения в стандартном режиме при температуре 4 ± 2 °С изменялся незначительно (рис. 2б), образцы сыра типа «Моцарелла» характеризовались плотной консистенцией и структурой, без нарушения формы продукта. При этом данный показатель в опытном образце безлактозного сыра типа «Моцарелла», подвергнутом хранению в провокационном режиме при температуре 10 ± 2 °С, увеличивался и составлял более 5,2 мм продавливания на 90 сутки хранения, что свидетельствует о начале изменения слоисто-волокнистой структуры сыра в сторону увеличения ее мягкости и оплывания.

Помимо анализа параметров изменения массовой доли влаги, активной кислотности (рН) сыра и активности воды продукта, для оценки глубины изменений составных частей сырной массы в процессе хранения также используется величина степени зрелости и показатель упругости сыра. Степень зрелости определяется в соответствии с методикой, разработанной М. И. Шиловичем, что позволяет

Таблица. Активность воды в образцах сыра типа «Моцарелла» в процессе хранения (a_w)

Наименование образцов	Продолжительность хранения, сутки					
	1	10	30	60	90	120
Контрольный образец (хранение при 4 ± 2 °С)	0,949	0,951	0,953	0,953	0,954	0,954
Опытный образец № 1 (хранение при 4 ± 2 °С)	0,972	0,974	0,975	0,977	0,977	0,977
Опытный образец № 2 (хранение при 10 ± 2 °С)	0,974	0,979	0,980	0,980	0,982	0,983

более точно охарактеризовать процессы созревания и изменения органолептических свойств сыра [15]. Динамика изменения степени зрелости и показателя упругости исследуемых образцов сыра типа «Моцарелла» в процессе хранения представлена на рисунке 2.

Согласно данным, представленным на рисунке 2а, видно, что добавление пропионовокислой микрофлоры в нормализованное молоко при получении опытных образцов безлактозного сыра оказывает влияние на степень зрелости готового продукта в процессе хранения. Отмечено, что в течение 120 суток вне зависимости от режима хранения степень зрелости опытных образцов безлактозного сыра увеличивается в сравнении с контрольным образцом, где данный показатель не изменялся на протяжении всего срока хранения ввиду отсутствия бактерий способных к жизнедеятельности. При этом степень зрелости опытного образца безлактозного сыра, подвергнутого хранению в стандартном режиме при температуре $4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ до 30 суток, увеличилась на 2 °Ш и составила 22 °Ш, а затем данный показатель не изменялся до 120 суток хранения. Можно заключить, что хранение безлактозного сыра типа «Моцарелла» с пропионовокислыми бактериями в стандартных условиях при температуре $4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ не вызывает активной жизнедеятельности *Propionibacterium* с накоплением пропионовой и других органических кислот, которые могут оказывать влияние

на волокнистую структуру безлактозного сыра и снижать его способность вытягиваться в нити при запекании. Также выявлено, что показатель степени зрелости при хранении опытного образца безлактозного сыра в режиме «стресс-тест» при температуре $10 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ увеличивался до 120 суток хранения (рис. 2а), что свидетельствует о частичном начале процесса созревания безлактозного сыра типа «Моцарелла» ввиду благоприятных условий развития пропионовокислых бактерий.

Кроме того, определено, что показатель упругости опытного и контрольного образцов сыра в течение 120 суток хранения в стандартном режиме при температуре $4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ изменялся незначительно (рис. 2б), образцы сыра типа «Моцарелла» характеризовались плотной консистенцией и структурой, без нарушения формы продукта. При этом данный показатель в опытном образце безлактозного сыра типа «Моцарелла», подвергнутом хранению в провокационном режиме при температуре $10 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, увеличивался и составлял более 5,2 мм продавливания на 90 сутки хранения, что свидетельствует о начале изменения слоисто-волокнистой структуры сыра в сторону увеличения ее мягкости и оплывания.

По результатам органолептической оценки опытный образец безлактозного сыра типа «Моцарелла», хранившийся при температуре $4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, а также контрольный образец на протяжении всего срока хранения обладали чистым, кисломолочным, слегка

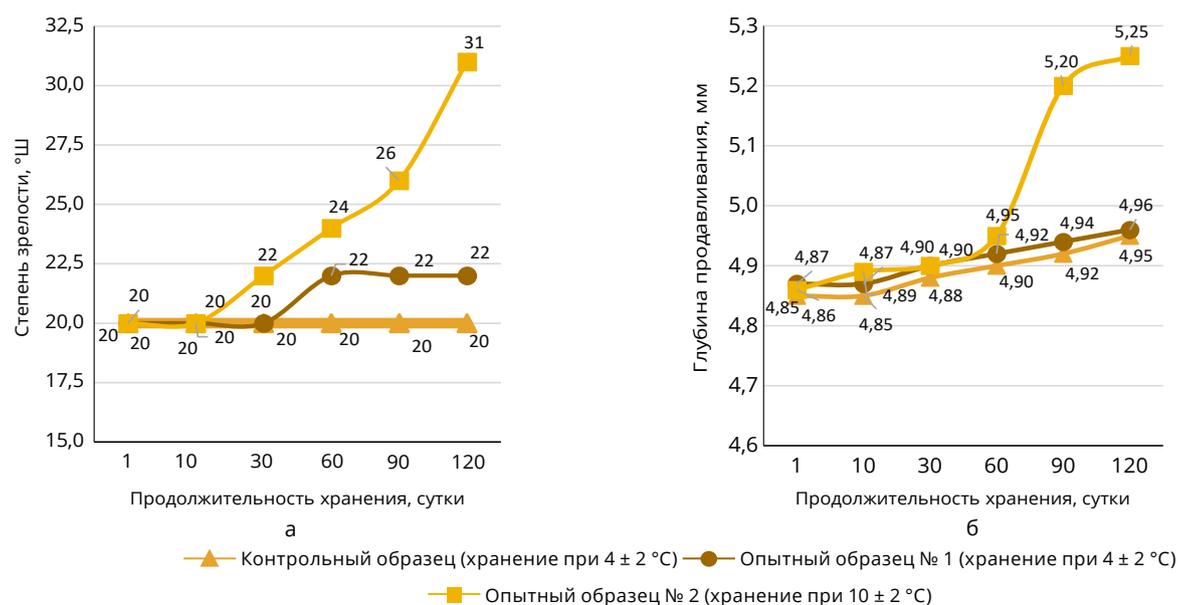


Рисунок 2. Динамика изменения степени зрелости и показателя упругости исследуемых образцов сыра типа «Моцарелла» в процессе хранения: а) степень зрелости; б) глубина продавливания

кисловатым вкусом, без посторонних привкусов и запахов, с однородной по всей массе, эластичной, слоистой, в меру плотной консистенцией, свойственной данной группе сыров. В опытном образце безлактозного сыра, хранившемся в провокационном режиме при температуре 10 ± 2 °С, на 30 сутки был отмечен более выраженный кисломолочный вкус и запах со сливочным оттенком, они сохранялись до 90 суток хранения. На 120 сутки хранения данный образец сыра характеризовался излишне кислым вкусом с легкой горчинкой, слегка мягкой консистенцией с частичной потерей волокнистой структуры, что может быть связано с началом созревания сыра ввиду накопления органических кислот и других продуктов жизнедеятельности пропионовокислых бактерий, оказывающих влияние на белки и жиры продукта, и это является недопустимым для данной группы сыров.

Источник изображения: freepik.com



Исходя из полученных результатов исследования физико-химических, структурно-механических и органолептических показателей безлактозного сыра типа «Моцарелла» с пропионовокислыми бактериями, следует, что в исследуемых опытном и контрольном образцах продукта в процессе хранения в течение 120 суток при стандартных условиях хранения при температуре 4 ± 2 °С показатели качества продукта изменяются незначительно. Следовательно, пропионовокислые бактерии, используемые в составе бактериальных заквасок для получения безлактозного сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы, на протяжении всего срока хранения при температуре 4 ± 2 °С не вызывают значительного накопления пропионовой кислоты, способного повлиять на органолептические характеристики продукта.

В работе также была исследована способность безлактозного сыра типа «Моцарелла» с пропионовокислыми бактериями к растяжению после запекания с помощью вилочного теста в процессе хранения продукта [16, 17]. Запекание исследуемых образцов сыра проводили с помощью конвейерной печи при 250 ± 1 °С в течение 4 мин с использованием основы для пиццы. Оценка способности исследуемых образцов сыра к высокотемпературному нагреву проводилась на 10, 60 и 120 сутки при варьируемых температурных параметрах хранения. Результаты представлены на рисунке 3.

Анализ данных, представленных на рисунке 3, свидетельствует о том, что опытные образцы безлактозного сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы с пропионовокислыми бактериями до 60 суток в провокационном режиме хранения при температуре 10 ± 2 °С и до 120 суток при стандартных условиях хранения при температуре 4 ± 2 °С имели высокие показатели способности к растяжению после запекания и характеризовались ровной белой поверхностью, вытягивались в нить до 40 см, с минимальным образованием точек карамелизации молочного сахара и горелых пятен, образованных белками молока. Контрольный образец на 10 сутки хранения обладал более высокой тенденцией к образованию точек карамелизации лактозы и с трудом вытягивался в нить до 40 см, начиная с 60 суток хранения контрольного образца после его запекания на поверхности блюда наблюдалось значительное количество выделившегося жира и влаги, что является недопустимым для сыров, используемых для запекания. Кроме того,



Рисунок 3. Тест на запекание образцов сыров типа «Моцарелла»: а) контрольный образец (хранение при 4 ± 2 °С); б) опытный образец № 1 (хранение при 4 ± 2 °С); в) опытный образец № 2 (хранение при 10 ± 2 °С)

после остывания сыра на поверхности пиццы все опытные образцы безлактозного сыра типа «Моцарелла» с пропионовокислыми бактериями характеризовались приятным кисломолочным вкусом, с мягкой консистенцией без признаков затвердевания сыра и образования корки на поверхности блюда, в отличие от контрольного образца.

Выводы

На основании комплексных исследований физико-химических, структурно-механический, органолептических и технологических показателей выявлено, что безлактозный сыр с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы, полученный с применением пропионовокислых бактерий, сохранял высокие показатели качества при хранении в стандартном температурном режиме 4 ± 2 °С до 120 суток, в провокационных условиях

при 10 ± 2 °С – до 90 суток. Полученные результаты позволили установить срок годности безлактозного сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы, полученного с применением пропионовокислых бактерий, который составил 100 суток при температуре 4 ± 2 °С. При этом сыр на всем интервале хранения характеризовался чистым, кисломолочным, слегка кисловатым вкусом, без посторонних привкусов и запахов, с однородной по всей массе, эластичной, слоистой, в меру плотной консистенцией, свойственной сырам типа «Моцарелла». При запекании на поверхности пиццы сыр обладал ровной белой поверхностью, вытягивался в нить до 40 см, с минимальными образованием точек карамелизации молочного сахара и горелых пятен, образованных белками молока, и имел приятный кисломолочный вкус с мягкой консистенцией без признаков затвердевания сыра и образования корки на поверхности блюда. ■

Поступила в редакцию: 21.10.2025

Принята в печать: 12.02.2026

Storage Stability of Lactose-Free Propionic Acid Cheese Produced by Cheddaring and Thermoplastic Processing

Olga I. Kuptsova, Anna A. Ivantsova, Elizaveta V. Eliseenko

Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Republic of Belarus

Propionic acid microorganisms, lactose hydrolysis, and thermoplastic processing affect the quality of lactose-free cheese. This article describes the synergetic effect of these three factors on cheddar cheese during storage at various temperatures. The propionic acid cheddar cheese underwent a comprehensive analysis of physicochemical, structural-mechanical, sensory, and technological properties. The experiment lasted 120 days under standard storage conditions at $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ and under stress conditions at $(10 \pm 2)^\circ\text{C}$. The experimental cheese maintained its initial high-quality indicators for 120 days when stored at the standard temperature of $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Keywords: cheddaring, thermoplastic processing, storage stability, mass fraction of moisture, active acidity, water activity, elasticity, maturity, cheese cooking properties

Список литературы

1. Почапская, В. В. Особенности технологии производства Моцареллы / В. В. Почапская [и др.] // Актуальные вопросы развития научных исследований: теоретический и практический взгляд: сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции. – Уфа: ООО «ОМЕГА САЙНС», 2020. – С. 44–50. <https://elibrary.ru/mgjjyda>
2. Jana, A. H. Manufacturing and quality of Mozzarella cheese: a review / A. H. Jana, P. K. Mandal // International Journal of Dairy Science. 2011. Vol. 6(4). P. 199–226. <https://doi.org/10.3923/ijds.2011.199.226>
3. Хачатурян, Э. Е. Вести составляющих реакции меланоидинообразования / Э. Е. Хачатурян, Т. С. Гвасалия, Т. П. Якименко // Современная наука и инновации. 2014. № 4(8). С. 22–32. <https://elibrary.ru/twlhff>
4. Купцова, О. И. Технология сыра с чеддеризацией и термопластикой сырной массы и пониженным содержанием лактозы / О. И. Купцова, Е. И. Решетник, А. А. Демьянец // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. 2024. № 1(36). С. 15–24. <https://elibrary.ru/dntbnt>
5. Купцова, О. И. Разработка способа термопластификации сырного пласта для получения безлактозного сыра Моцарелла с улучшенными технологическими свойствами / О. И. Купцова, А. А. Демьянец // Вестник БГУТ. 2025. № 1(38). С. 38–47.
6. Купцова, О. И. Установление рациональных параметров применения фермента лактазы в технологии сыров типа «Моцарелла» для запекания / О. И. Купцова, А. А. Демьянец // «Пищевая индустрия: инновационные процессы, продукты и технологии»: сборник материалов Международной научно-практической конференции посвященной 20-летию Технологического института. – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2024. – С. 233–237. <https://elibrary.ru/kuvxww>
7. Демьянец, А. А. Влияние гидролиза лактозы в технологии сыра с чеддеризацией и термопластикой сырной массы на способность его к запеканию / А. А. Демьянец // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XVIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2025. – С. 184–188. <https://elibrary.ru/nfylvps>
8. Демьянец, А. А. Изучение молочнокислого процесса и минерального состава в сырах с чеддеризацией и термопластикой сырной массы, обогащенных пробиотической микрофлорой / А. А. Демьянец [и др.] // Передовые достижения науки в молочной отрасли: Сборник научных трудов по результатам работы VI Международной научно-практической конференции, посвященной дню рождения Николая Васильевича Верещагина. – Вологда-Молочное: Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина, 2024. – С. 159–165. <https://elibrary.ru/etajnw>
9. Купцова, О. И. Применение пробиотической микрофлоры в технологии сыров с чеддеризацией и термопластикой сырной массы / О. И. Купцова, А. А. Демьянец, Д. Н. Матвеевко // X Международная научно-техническая конференция «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство»: сборник материалов. – Воронеж: ВГУИТ, 2025. – С. 200–204.
10. Купцова, О. И. Научно-практические подходы применения гидролиза лактозы и пробиотических пропионовокислых бактерий в технологии сыра Моцарелла для сегмента HORECA / О. И. Купцова, А. А. Демьянец, Д. Н. Матвеевко // Техника и технология пищевых производств: материалы XVI Международной научно-технической конференции в 2 томах. – Могилев: БГУТ, 2025. – Т.1 – С. 24–27.
11. Ojala, T. Functional genomics provides insights into the role of *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii* JS in cheese ripening / T. Ojala [et al.] // International Journal of Food Microbiology. 2017. Vol. 241. P. 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.09.022>
12. Богданова, Л. Л. Влияние гидролиза лактозы на заквасочную микрофлору в процессе изготовления сыров / Л. Л. Богданова, В. В. Ковалева, Ю. В. Бондаренко // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. 2023. № 18. С. 150–157. <https://elibrary.ru/flexnj>
13. Bansal, V. Understanding pH dynamics in cheesemaking: Insights across different cheese varieties / V. Bansal [et al.] // Journal of Food Science and Technology. 2025. Vol. 62(12). P. 2233–2243. <https://doi.org/10.1007/s13197-025-06445-2>
14. Геворкян, К. А. Показатель «Активность воды» – критерий качества пищевых продуктов / К. А. Геворкян // Актуальные вопросы индустрии напитков. 2018. № 2. С. 29–32. <https://doi.org/10.21323/978-5-6041190-3-7-2018-2-29-32>; <https://elibrary.ru/xvaoah>
15. Лепилкина, О. В. Методы контроля степени зрелости сыров / О. В. Лепилкина [и др.] // Сыроделие и маслоделие. 2016. № 6. С. 39–40. <https://elibrary.ru/xiibib>
16. Свириденко, Г. М. Обзор методов оценки способности к плавлению и растяжению сыров для пиццы / Г. М. Свириденко, В. В. Калабушкин, А. Н. Шишкина // Сыроделие и маслоделие. 2020. № 6. С. 42–45. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-6-42-45>; <https://elibrary.ru/vbssov>
17. Andriago, P. Development of a novel robust approach for unveiling the stretchiness of cheese / P. Andriago, S. Spilimbergo, B. P. C. Dewi // Journal of Texture Studies. 2025. Vol. 56(2). Art. no. e70012. <https://doi.org/10.1111/jtxs.70012>