

УДК 637.1

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ТЕРМОПЛАСТИФИКАЦИИ СЫРНОГО ПЛАСТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗЛАКТОЗНОГО СЫРА МОЦАРЕЛЛА С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

О. И. Купцова, А. А. Демьянец

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Сыры Моцарелла обладают универсальным набором технологических параметров и могут быть реализованы как для розничной торговли, так и для сегмента HoReCa. Основным требованием, предъявляемым к сырам для запекания на пицце, является наличие минимальной тенденции к образованию «блистеров», образованных белками и лактозой молока в результате реакции карамелизации, что может быть связано с наличием молочного сахара в значительном количестве и отсутствием зафиксированного pH в продукте. Научная задача исследования состоит в улучшении технологических свойств безлактозных сыров Моцарелла при запекании с минимальным протеканием реакции карамелизации за счет совершенствования параметров процесса термопластификации сырного пласта.

Материалы и методы. Молочное сырьё, доставленное с предприятия Управляющая компания холдинга «Могилевская молочная компания «Бабушкина крынка», бактериальная закваска ST TH (производитель Biotec, Италия), фермент Clerichi 80/20 активностью 150 IMCU/мл, фермент β -галактозидазы NolaFit 5500, бактериальная закваска пропионовокислых микроорганизмов PS-50 (производитель Chr. Hansen, Дания), водные растворы лимонной и молочной кислот с уровнем pH = (5,9–6,0) ед. pH. Общепринятые для данной предметной области методы исследования.

Результаты. Разработан способ проведения процесса термопластификации сырного пласта, отличающийся применением в качестве греющей среды водных растворов пищевых кислот, что позволило улучшить способность сыра выдерживать высокотемпературный нагрев при запекании без образования точек карамелизации молочного сахара и горелых пятен с получением мягкой консистенции после остывания сыра на поверхности блюда.

Заключение. Снизить интенсивность протекания реакции карамелизации при запекании безлактозных сыров Моцарелла на пиццах на 99 % возможно совершенствованием процесса термопластификации сырного пласта при установленных технологических параметрах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сыр Моцарелла; термопластификация; активная кислотность; технологические свойства; высокотемпературный нагрев; точка карамелизации лактозы.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Купцова, О. И. Разработка способа термопластификации сырного пласта для получения безлактозного сыра Моцарелла с улучшенными технологическими свойствами / О. И. Купцова, А. А. Демьянец // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – № 1 (38). – С. 38–47.

DEVELOPMENT OF A THERMOPLASTIC PROCESSING METHOD FOR OF CHEESE MASS TO PRODUCE LACTOSE-FREE MOZZARELLA CHEESE WITH IMPROVED TECHNOLOGICAL PROPERTIES

O. I. Kuptsova, A. A. Demyanets

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

ABSTRACT

Introduction. Mozzarella cheeses have a versatile set of technological parameters and can be marketed both in retail and HoReCa segment. The main requirement for cheeses used in pizza baking is minimal formation of "blisters" that result from the caramelization reaction involving milk proteins and lactose. This phenomenon is linked to the presence of milk sugar in significant quantities and the absence of a stabilized pH in the product. Thus, the scientific objective of this study is to improve the technological properties of lactose-free Mozzarella during baking by minimizing caramelization reactions through optimization of the

thermoplastic processing parameters of the cheese mass.

Materials and methods. Dairy raw materials were produced by the enterprise the Mogilev Milk Company holding «Babushkina Krynka». The bacterial starter culture ST TH (manufacturer: Biotec, Italy), enzyme Clerichi 80/20 with an activity of 150 IMCU/mL, β -galactosidase enzyme NolaFit 5500, and propionic acid bacteria culture PS-50 (manufacturer: Chr. Hansen, Denmark) were used. Aqueous solutions of citric and lactic acids with pH levels ranging from 5,9 to 6,0 (pH units) were employed as heating media. Standard methods were used to conduct the analyses.

Results. A novel method for thermoplastic processing of cheese mass characterized by the use of aqueous solutions of food acids as the heating medium was developed. This innovation enhanced the cheese's ability to withstand high-temperature baking without the formation of caramelization spots of milk sugar or burnt marks, resulting in a soft cheese texture on the surface of the dish after cooling.

Conclusion. It is possible to reduce the intensity of caramelization reactions during the baking of lactose-free Mozzarella cheeses on pizza by 99 % through the optimization of the thermoplastic processing of the cheese mass under established technological parameters.

KEY WORDS: *Mozzarella cheese; thermoplasticization; active acidity; technological properties; high-temperature heating; lactose caramelization point*

FOR CITATION: Kuptsova, O. I. Development of a for thermoplastic processing method for cheese mass to produce lactose-free Mozzarella cheese with improved technological properties / O. I. Kuptsova, A. A. Demyanets // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – №. 1 (38). – P. 38–47.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в Республике Беларусь приоритетное внимание молокоперерабатывающие предприятия уделяют производству сыров с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы Моцарелла (далее – сыры Моцарелла), используемых для запекания на пиццах при высокотемпературном нагреве. Сыры данной группы обладают универсальным набором технологических параметров и могут быть реализованы как для розничной торговли, ориентированной на широкий круг потребителей, так и для сегмента HoReCa, где предъявляются особые требования к качеству и технологической стабильности продукции¹. В настоящее время для запекания на пиццах широко используются три категории сыров: сыр полутвердый Моцарелла для пиццы и сыр мягкий Моцарелла в рассоле, выработанные из натурального молока, а также продукт белковый Моцарелла на основе заменителя молочного жира [1].

Известно, что качество сыров, применяемых для запекания, определяется структурно-механическими и органолептическими свойствами, такими как натираемость, способность к плавлению, текучесть, растекаемость, растяжимость, количество отделяемого жира и влаги, отвердевание после остывания, пережевываемость [2]. Наряду с этим, важным требованием является наличие минимальной тенденции к образованию «блистеров», образованных в результате реакции карамелизации между карбонильными группами углеводов (лактоза, глюкоза и галактоза) и аминоклассами белков молока, и горелых пятен, образованных белковыми соединениями сыра на поверхности блюда, что может быть связано с наличием молочного сахара в значительном количестве и отсутствием зафиксированного pH в продукте. Реакция карамелизации при высокотемпературном нагреве сыра свыше 200 °C и выдержке приводит к образованию темных соединений, называемых «меланоидины», которые оказывают существенное влияние на органолептические показатели продукта: цвет сыра меняется от бледно-белого до золотисто-коричневого, с образованием кислых, ирисных, карамельных, ореховых, землистых, мясных, сернистых и шоколадных ароматов

¹ Лях, В. Я. Справочник сыродела. Второе издание / В. Я. Лях, И. А. Шергина, Т. Н. Садовая. – Москва: Профессия, 2021. – 680 с.

[3]. Кроме того, чрезмерное протекание данной реакции приводит к потере биологической ценности белков и аминокислот, особенно лизина, аргинина и гистидина [4]. Реакция карамелизации проводится в широком диапазоне pH, от 3,1 до 11 ед. pH, однако в щелочной среде процесс проходит гораздо интенсивнее [5].

Согласно литературным источникам, при производстве сыров типа Моцарелла созревание не предусматривается, в результате чего процесс дальнейшего расщепления лактозы на составляющие моносахариды и другие вкусоароматические вещества не происходит или осуществляется достаточно медленно, что, в свою очередь, может ухудшить технологические свойства сыра при его запекании. Ранее на кафедре технологии молока и молочных продуктов Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий были проведены исследования по созданию технологии получения низколактозного сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы с улучшенной способностью к запеканию [6]. Экспериментально подтверждено, что применение процесса гидролиза молочного сахара в нормализованной смеси на стадии добавления компонентов для свертывания при температуре $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 1 часа с чеддеризацией сырного зерна под слоем сыворотки в технологии сыров с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы позволяет повысить способность сыра выдерживать высокотемпературный нагрев при запекании, а также снизить тенденцию к образованию «блистеров» по сравнению с сыром, выработанным без применения гидролиза молочного сахара [7]. Однако по окончании данного процесса в сыре содержится значительное количество моносахаридов – глюкозы и галактозы, оставшихся после гидролиза молочного сахара, которые могут также вступать в реакцию карамелизации и приводить к образованию блистеров на поверхности пиццы при ее запекании. Известно, что пропионовокислые бактерии, в частности, *Propionibacterium freudenreichii*, как правило, в основном применяют в качестве основных культур при производстве сыров с высокой температурой второго нагревания, например, Маасдам, для обеспечения управляемого процесса созревания, а также придания готовому сыру характерного вкуса и аромата [8]. При этом пропионовокислые микроорганизмы в качестве питания предпочитают использовать лактаты кальция и молочный сахар. Однако в то же время в качестве источника углерода для этих бактерий могут выступать и различные моносахариды, например, галактоза и глюкоза, образующиеся при гидролизе лактозы, что, в свою очередь, будет способствовать менее интенсивному накоплению количества пропионовой кислоты и позволит стабилизировать параметры чеддеризации сырного пласта, а также исключить резкое падение активной кислотности сырного зерна [9, 10].

Следовательно, использование основной и вспомогательной микрофлоры совместно с гидролизом молочного сахара может позволить получить сырный пласт без содержания в нем углеводной составляющей, что может положительно сказаться на технологических свойствах сыра при его запекании.

Общеизвестно, что технология сыров Моцарелла основывается на проведении при их производстве процессов чеддеризации и термопластификации сырного пласта. В процессе технологической операции чеддеризации сырный пласт приобретает слоисто-волокнустую структуру, за счет чего он получает способность к плавлению и вытягиванию при термомеханической обработке сырной массы². Образование требуемой структуры сырного пласта происходит посредством быстрого накопления основной заквасочной микрофлоры, состоящей из термофильного молочнокислого стрептококка, молочной кислоты, которая интенсифицирует процесс отщепления кальция от параказеина с дальнейшим образованием большого количества межмолекулярных связей и стабильной белковой матрицы, а также лактатов и фосфатов кальция. Полученная структура белка сохраняет свою прочность в определенном диапазоне уровня активной

² Скотт, Р. Производство сыра. Сырье, технология / Р. Скотт, Р.К. Робинсон. – Москва: Профессия, 2012. – 464 с.

кислотности, а именно при рН от 5,00 до 5,35 ед [11–15].

После чеддеризации сырный пласт подвергается процессу термопластификации – вытягиванию в тонкие нити при механическом воздействии и нагревании выше 65 °С³. Готовность сырного теста определяется по его способности растягиваться в «полотно» без разрыва с глянцевой поверхностью, без включений нерасплавленного сырного пласта. При этом в качестве греющей среды для проведения данного процесса традиционно используют пастеризованную воду с температурой 78–80 °С, слабokonцентрированный рассол, либо безбелковую сыворотку. Сравнительный анализ различных видов греющих сред, используемых для проведения процесса термопластификации, представлен в таблице 1.

Табл. 1. Сравнительный анализ различных видов греющих сред, используемых для проведения процесса термопластификации сырного пласта

Table 1. Comparative analysis of different types of heating media used for the process of thermoplasticization of cheese mass

Вид греющей среды	Преимущества	Недостатки
Пастеризованная вода	Простота и общедоступность теплового носителя	Повышение уровня активной кислотности готового продукта
Слабokonцентрированный рассол	Частичная посолка, корректировка показателя массовой доли влаги	Повышенный расход вспомогательных компонентов, трудоемкость переработки соленой воды, оставшейся после производства
Безбелковая сыворотка	Повторное использование вторичного молочного сырья	Ухудшение технологических свойств сыра при его запекании из-за наличия лактозы в большом количестве

Как видно из данных, представленных в таблице 1, каждый из видов греющих сред, используемых для проведения процесса термомеханической обработки, имеет как преимущества, так и недостатки. Однако следует отметить, что ни один вид теплоносителя для проведения данного процесса не позволяет зафиксировать уровень активной кислотности готового сыра, с величиной рН, достигнутой при чеддеризации, а именно 5,25–5,35 ед. рН. Активная кислотность сыров Моцарелла по окончании процесса термопластификации сырного теста несколько увеличивается за счет насыщения сырного теста влагой из-за использования греющих сред, не обеспечивающих фиксирование уровня рН, и составляет 5,5–5,6 ед. рН, что может ухудшить технологические свойства сыра при запекании.

На основании вышесказанного следует, что совместное использование процесса гидролиза лактозы и пропионовокислых бактерий в процессе чеддеризации позволит снизить содержание доступных карбонильных групп в составе ди- и моносахаридов необходимых для протекания реакции карамеллизации при высокотемпературном нагреве, а фиксирование уровня активной кислотности безлактозного сыра с величиной рН, достигнутой при чеддеризации, путем совершенствования параметров проведения процесса термопластификации обеспечит минимальное протекание реакции карамеллизации с образованием «блистеров» и горелых пятен при запекании сыров типа Моцарелла.

Таким образом, целью работы явилось снижение интенсивности протекания реакции карамеллизации при запекании безлактозных сыров Моцарелла на пиццах.

Для выполнения поставленной цели решали следующую задачу:

³ Шингарева, Т. И. Технология и оборудование для производства натурального сыра: учебник / Т. И. Шингарева, Р. И. Раманаускас, А. А. Майоров, О. Н. Мусина, Г. Е. Полищук. – Высшее образование: Лань, 2018. – 508 с.

– разработать способ проведения процесса термопластификации сырного пласта с применением водных растворов пищевых кислот, обеспечивающий минимальное протекание реакции карамелизации в процессе высокотемпературного нагрева при запекании безлактозных сыров Моцарелла на пиццах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования были выполнены в лабораториях кафедры технологии молока и молочных продуктов Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. Получение опытных образцов сыра осуществляли по промышленной технологии производства сыра Моцарелла, которая была адаптирована к лабораторным условиям⁴.

Объектами исследования являются технологические свойства безлактозного сыра Моцарелла, используемого для запекания на пиццах. Для выработки исследуемых образцов применяли молочное сырьё, доставленное с предприятия Управляющая компания холдинга «Могилевская молочная компания «Бабушкина крынка». Физико-химические показатели молочного сырья представлены в таблице 2.

Табл. 2. Физико-химические показатели молочного сырья

Table 2. Physico-chemical indicators of dairy raw materials

Наименование объекта	Показатели			
	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %	Титруемая кислотность, °Т	Плотность, кг/м ³
Цельное молоко	3,60	3,0	17,0	1029,0
Обезжиренное молоко	0,05	3,0	17,0	1031,0

В качестве основной заквасочной микрофлоры для получения сыра использовали бактериальную закваску ST TH (производитель «Biotec», Италия) из расчета 10 U на 1000 кг смеси (видовой состав закваски: *Streptococcus thermophiles*). 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. В качестве пробиотической микрофлоры использовали бактериальную закваску пропионовокислых микроорганизмов PS-50 производитель Chr. Hansen, (Дания) из расчета 35 U на 1000 кг нормализованной смеси. В качестве греющей среды для проведения процесса термопластификации сырного пласта применяли слабokonцентрированные водные растворы лимонной и молочной кислот с уровнем pH = (5,9–6,0) ед. pH.

При проведении работы пользовались стандартными, общепринятыми и специальными методами исследований. Титруемую кислотность определяли титриметрическим методом по ГОСТ 3624-92, активную кислотность с помощью pH-метра по ГОСТ 26781-85, массовую долю лактозы йодометрическим методом по ГОСТ 29248-91, тест на вытягивание по методике определения способности сырной массы вытягиваться при высоких температурах в длинные тонкие нити, тест на запекание путем нагрева сыра в конвейерной печи при температуре (250±1) °C в течение 4 минут с использованием основы для пиццы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе была исследована возможность применения в качестве греющей среды для проведения процесса термопластификации сырного пласта слабokonцентрированных

⁴ ТИ ВУ 391731140.014. Технологическая инструкция по изготовлению сыра полутвердого «Моцарелла-пицца» «Свежа». утв. ООО «Савушкин-Орша». – 2021. – 24 с.

водных растворов лимонной и молочной кислот при варьируемых температурных параметрах и изучили их влияние на структурно-механические свойства сырного теста при плавлении.

В качестве греющей среды выступали 0,06 %-й водный раствор молочной кислоты и 0,02 %-й водный раствор лимонной кислоты. Процесс термопластификации сырного пласта проводили в диапазоне температур 65–80 °С, с шагом 5 °. Приготовление греющей среды для проведения процесса осуществляли следующим образом: в воду, пастеризованную при (95±1) °С, и охлажденную до (25±1) °С вносили молочную либо лимонную кислоты до достижения активной кислотности водного раствора (5,9–6,0) ед. рН.

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

Опытным образцом явился сырный пласт, полученный с применением гидролиза лактозы и добавлением пропионовокислых бактерий. Активная кислотность контрольного и опытного образца находилась в оптимальном диапазоне рН, необходимом для проведения процесса термопластификации, и составила 5,25 и 5,27 ед. рН соответственно. Результаты процесса термопластификации исследуемых образцов сырного пласта с использованием в качестве греющих сред 0,06 %-го водного раствора молочной кислоты и 0,02 %-го водного раствора лимонной кислоты представлены на рисунке 1.

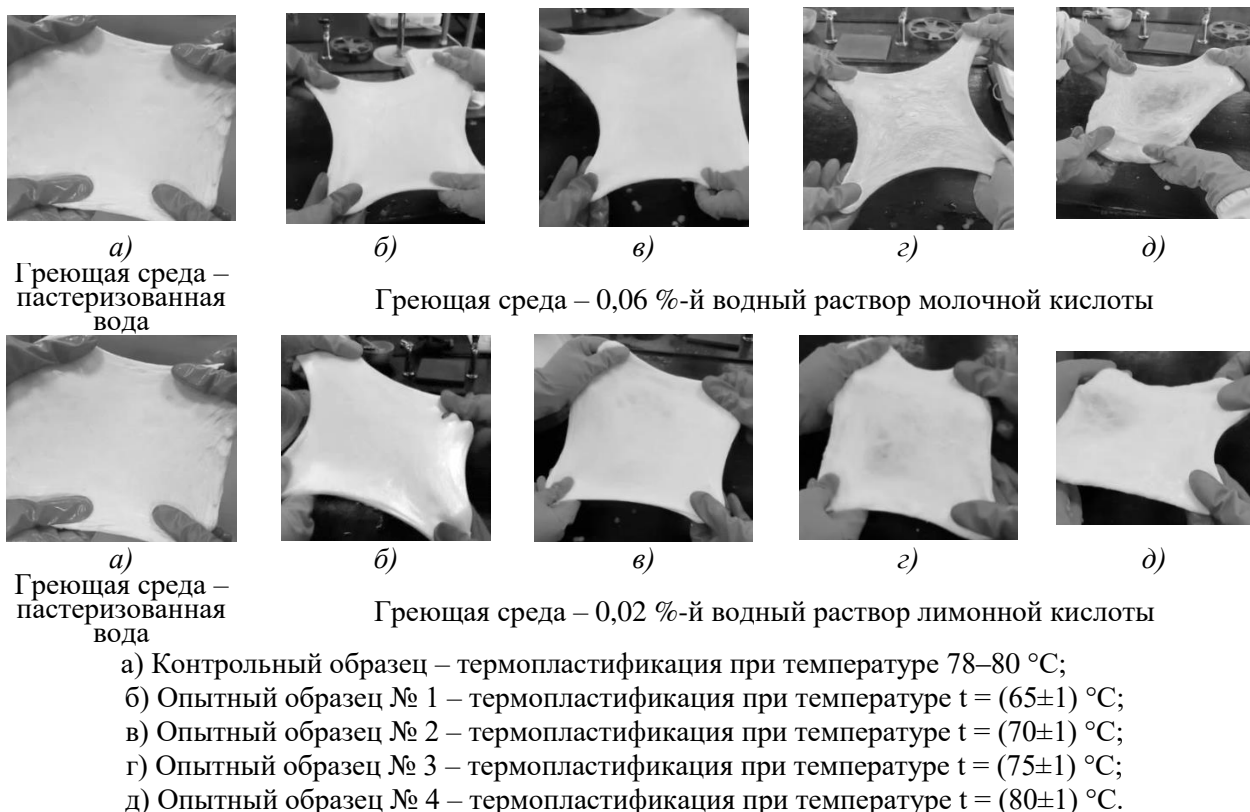


Рис. 1. Результаты процесса термопластификации исследуемых образцов сырного пласта с использованием в качестве греющей среды 0,06 %-го водного раствора молочной кислоты и 0,02 %-го водного раствора лимонной кислоты

Fig. 1. Results of the thermoplasticization process of the studied cheese mass samples using 0,06 % aqueous solution of lactic acid and 0,02 % aqueous solution of citric acid

Согласно данным, представленным на рисунке 1, отмечено, что опытные образцы сырного теста, где процесс термопластификации проводили при температуре (65 ± 1) и (70 ± 1) °C независимо от вида пищевой кислоты, используемой в качестве греющей среды, а также контрольный образец характеризовались в меру плотной консистенцией, растягивались в «полотно» без разрыва с глянцевой поверхностью, в то же время при разрыве сырного «полотна» наблюдались четко различимые волокна, что является подтверждением высокого качества сырного теста.

Вместе с тем опытные образцы сырного теста, где термопластификация проводилась при температуре (75 ± 1) и (80 ± 1) °C с использованием в качестве греющей среды водных растворов как молочной, так и лимонной кислот, обладали мягкой консистенцией, при этом пластификация сырного пласта проходила быстро и неконтролируемо с образованием излишней текучести сырного теста.

После термопластификации исследуемым образцам сырного теста придали форму цилиндра и охладили в рассоле до температуры (10 ± 1) °C внутри продукта. Затем в свежеработанных образцах сыра Моцарелла определили физико-химические показатели, результаты исследований которых представлены в таблице 3.

Табл. 3. Физико-химические показатели свежеработанных образцов сыра Моцарелла

Table 3. Physico-chemical parameters of freshly produced Mozzarella cheese samples

Наименование образцов	Массовая доля влаги, %	Активная кислотность, ед. pH	Активность воды, ед.
Контрольный образец	48,2	5,55	0,949
Термопластификация сырного пласта с использованием в качестве греющей среды 0,06 %-го водного раствора молочной кислоты			
Опытный образец № 1 – термопластификация при температуре $t = 65$ °C	50,1	5,28	0,950
Опытный образец № 2 – термопластификация при температуре $t = 70$ °C	49,8	5,32	0,947
Опытный образец № 3 – термопластификация при температуре $t = 75$ °C	45,7	5,31	0,945
Опытный образец № 4 – термопластификация при температуре $t = 80$ °C	45,5	5,29	0,942
Термопластификация сырного пласта с использованием в качестве греющей среды 0,02 %-го водного раствора лимонной кислоты			
Опытный образец № 1 – термопластификация при температуре $t = 65$ °C	50,2	5,30	0,951
Опытный образец № 2 – термопластификация при температуре $t = 70$ °C	49,9	5,31	0,948
Опытный образец № 3 – термопластификация при температуре $t = 75$ °C	45,6	5,29	0,945
Опытный образец № 4 – термопластификация при температуре $t = 80$ °C	46,6	5,32	0,943

Выявлено (таблица 3), что с увеличением температуры термопластификации независимо

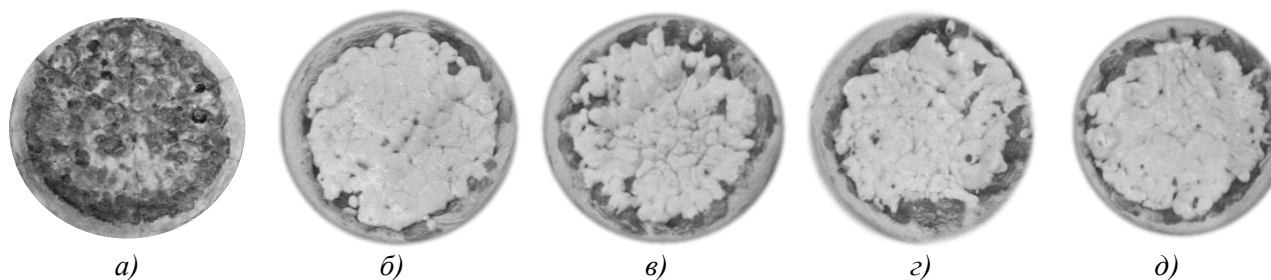
от вида пищевой кислоты, используемой в качестве греющей среды, массовая доля влаги в готовом продукте снижается, что связано с повышенной проникающей способностью влаги за счет воздействия высокой температуры пластификации 75–80 °С при постоянном уровне рН греющей среды 5,9–6,0 ед. рН. Тем самым влага не успевает диспергироваться в объеме сырного теста и выделяется в процессе формирования и посолки в рассоле. Также уставлено, что использование слабokonцентрированных водных растворов пищевых кислот в качестве греющей среды для проведения процесса термопластификации позволяют зафиксировать уровень активной кислотности сыра Моцарелла с величиной рН, полученной при чеддеризации сырного пласта, которая составила 5,29–5,32 ед. рН в сравнении с контрольным образцом – 5,55 ед. рН.

Активность воды опытных образцов сыра составила 0,942–0,950 ед., а контрольного – 0,949 ед. Определено, что применение совместно с основной заквасочной микрофлорой пропионовокислых микроорганизмов наряду с совершенствованием способа и греющей среды для процесса термопластификации не вызывает изменений показателя активности воды, что свидетельствует о микробиологической стабильности продукта и возможности его хранения в течение срока годности сыра Моцарелла, выработанного по классической технологии, а именно, 120 суток при температуре (4±2) °С.

В опытных образцах свежесыработанного сыра Моцарелла определяли массовую долю остаточного количества лактозы, глюкозы и галактозы. Исследования проводили в «Научно-исследовательском институте гигиены, токсикологии, эпидемиологии, вирусологии и микробиологии» (г. Минск, Республика Беларусь). Выявлено, что в опытных образцах сыра Моцарелла, полученных с применением совместно с основной заквасочной микрофлорой пропионовокислых бактерий, отсутствуют моно- и дисахариды: лактозы не выявлено, а количество глюкозы и галактозы составляет менее 0,00001 %.

На следующем этапе работы была осуществлена оценка способности исследуемых образцов сыра к запеканию. Высокотемпературный нагрев сыра проводили в конвейерной печи при температуре (250±1) °С в течение 4 минут с использованием основы для пиццы. Высокотемпературному нагреву подвергались опытные образцы сыра с наилучшей способностью к плавлению, а именно опытные образцы, где процесс термопластификации проводили при температуре (65±1) °С и (70±1) °С независимо от вида пищевой кислоты, используемой в качестве греющей среды, а также контрольный образец, результаты которого представлены на рисунке 2.

Согласно данным, представленным на рисунке 2, выявлено, что все исследуемые образцы сыра имели положительный тест на запекание независимо от вида греющей среды – водных растворов молочной либо лимонной кислот, используемых для получения греющей среды для проведения процесса термопластификации и обладали ровной белой поверхностью, вытягивались в нить до 40 см, без наличия «блистеров» и горелых пятен, образованных белками молока, по сравнению с контрольным образцом, который характеризовался более высокой тенденцией к образованию «блистеров». В свою очередь, после остывания сыра на поверхности пиццы все опытные образцы сыра характеризовались приятным кисломолочным вкусом, без выраженной кислинки с мягкой консистенцией без затвердевания сыра и образования корки на поверхности блюда, в сравнении с контрольным образцом.



- а) Контрольный образец – термопластификация при температуре 78–80 °С (греющая среда – пастеризованная вода);
- б) Опытный образец № 1 – термопластификация при температуре $t = (65 \pm 1) ^\circ\text{C}$ (греющая среда – водный раствор молочной кислоты);
- в) Опытный образец № 2 – термопластификация при температуре $t = (70 \pm 1) ^\circ\text{C}$;
- г) Опытный образец № 1 – термопластификация при температуре $t = (65 \pm 1) ^\circ\text{C}$ (греющая среда – водный раствор лимонной кислоты);
- д) Опытный образец № 2 – термопластификация при температуре $t = (70 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

Рис. 2. Результаты высокотемпературного нагрева сыра Моцарелла, выработанного с использованием в качестве греющих сред водных растворов молочной или лимонной кислот

Fig. 2. Results of high-temperature heating of Mozzarella cheese produced using aqueous solutions of lactic or citric acids as heating media

Таким образом, по совокупности результатов исследований выявлено, что использование в качестве греющей среды слабokonцентрированных водных растворов пищевых кислот (лимонной или молочной кислот) температурой 65–70 °С для проведения термопластификации сырного теста позволяют зафиксировать уровень активной кислотности сыра с величиной рН, достигнутой при чеддеризации, а именно 5,25–5,35 ед. рН, и получить структурно-механические свойства готового продукта, не отличающиеся от сыра Моцарелла, выработанного по классической технологии, со способностью вытягиваться в нить до 40 см, без наличия «блистеров» и горелых пятен, с мягкой консистенцией без затвердевания сыра после остывания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научно обосновано применение слабokonцентрированных водных растворов пищевых кислот (лимонной или молочной кислот) в качестве греющей среды для проведения процесса термопластификации сырного пласта в технологии получения безлактозных сыров Моцарелла с применением в составе бактериальной закваски пропионовокислых бактерий.

Экспериментально подтверждено, что использование в качестве греющей среды слабokonцентрированных водных растворов пищевых кислот (лимонной или молочной кислот) температурой 65–70 °С для проведения термопластификации сырного теста позволяет зафиксировать уровень активной кислотности сыра с величиной рН, достигнутой при чеддеризации, а именно 5,25–5,35 ед. рН, что позволило получить сыр с улучшенными технологическими свойствами при его запекании.

Разработан способ проведения процесса термопластификации безлактозного сырного пласта, полученного с применением совместно с основной заквасочной микрофлорой пропионовокислых микроорганизмов, отличающийся использованием в качестве греющей среды водных растворов пищевых кислот, что позволило улучшить способность сыра выдерживать высокотемпературный нагрев при запекании без образования точек карамелизации молочного сахара и горелых пятен с получением мягкой консистенции после остывания сыра на поверхности блюда.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Данилова, Е. А. Технология производства сыра моцарелла / Е. А. Данилова // Молодежь и наука. – 2021. – №1. – С. 21–25.
- 2 Свириденко, Г. М. Анализ потребительских свойств сыров для HoReCa / Г. М. Свириденко, В. В. Калабушкин // Сыроделие и маслоделие. – 2020. – №. 4. – С. 6–9.
- 3 Сульдина, Т. И. Реакция Майяра в технологическом процессе приготовления пищи / Т. И. Сульдина, Т. Н. Аверьянова // Результаты современных научных исследований. – 2021. – С. 143–147.
- 4 Коростелева, М. М. Влияние продуктов реакции Майяра на иммуногенность пищевых белков, возможности профилактики пищевой сенсibilизации у спортсменов // Медико-биологические и нутрициологические аспекты здоровьесберегающих технологий: материалы II Международной научно-практической конференции (Кемерово, 19 ноября 2021 г.) / отв. ред. В. М. Позняковский, Е. М. Мальцева. – Кемерово: КемГМУ, 2021. – С. 100 – 102.
- 5 Кобелькова, М. С. Прикладные аспекты использования продуктов реакция Майяра при разработке специализированных пищевых продуктов для питания спортсменов / М. С. Кобелькова, М. М. Коростелева, И. В. Кобелькова // Пищевые системы. – 2021. – Т. 4. – №. 3S. – С. 137–141.
- 6 Купцова, О. И. Технология сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы с пониженным содержанием лактозы / О. И. Купцова, Е. И. Решетник, А. А. Демьянец // Вестник БГУТ. – 2024. – № 1 (37). – С. 12–22.
- 7 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»: материалы Международной научно-практической конференции. – Москва: ООО «Сам Полиграфист». – 2024. – С. 233–237.
- 8 Исаева, А. В. Пропионовокислые бактерии и их особенности // Материалы международной научно-практической конференции «Академическая наука в XXI веке: проблемы и перспективы». – Уфа: Международный академический вестник. – 2018. – С. 64–66.
- 9 Кайгородцев, А. В. и др. Метаболический портрет пропионовокислых бактерий // Медикобиологические и нутрициологические аспекты здоровьесберегающих технологий: материалы I Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 42–44.
- 10 de Rezende Rodvalho V. et al. Propionibacterium freudenreichii: General characteristics and probiotic traits //Prebiotics and Probiotics-From Food to Health. – 2021.
- 11 Кленикова, Е. В. Влияние видового состава закваски на качество сыров с чеддеризацией / Е. В. Кленикова // Сыроделие и маслоделие. – 2021. – № 1. – С. 29–30.
- 12 Туганова, А. В. Процесс чеддеризации в сыроделии / А. В. Туганова, И. М. Мироненко // Вестник Алматинского технологического университета. – 2019. – № 4. – С. 28–33.
- 13 Кашина, Е. Д. Чеддеризация сырной массы: основные параметры и физико-химические процессы / Е. Д. Кашина // Сыроделие и маслоделие. – 2017. – № 3. – С. 18–19.
- 14 Димитров, В. Г. Особенности производства сыров типа «Моцарелла» / В. Г. Димитров // Сыроделие и маслоделие. – 2016. – № 2. – С. 34–35.
- 15 Рыболова, Т. И. Моцареллизация всей страны / Т. И. Рыболова // Сыроделие и маслоделие. – 2016. – № 1. – С. 7–13.

Поступила в редакцию 14.06.2025 г.

ОБ АВТОРАХ:

Ольга Ивановна Купцова, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии молока и молочных продуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: ol.skokowa@yandex.by.

Анна Антоновна Демьянец, аспирант кафедры технологии молока и молочных продуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: anan-an@mail.ru.

ABOUT AUTHORS:

Olga I. Kuptsova, PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Milk and Dairy Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: ol.skokowa@yandex.by.

Anna A. Demyanets, graduate student of the Department of Milk and Dairy Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: anan-an@mail.ru.