

УДК 637.3

ТЕХНОЛОГИЯ СЫРА С ЧЕДДЕРИЗАЦИЕЙ И ТЕРМОПЛАСТИФИКАЦИЕЙ СЫРНОЙ МАССЫ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЛАКТОЗЫ

О. И. Купцова¹, Е. И. Решетник², А. А. Демьянец¹

¹Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

²ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Сыры с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы, например, Моцарелла, широко используются в приготовлении кулинарных блюд с высокотемпературным нагревом, таких как пицца. Основным требованием, предъявляемым к сырам для запекания на пицце, является наличие минимальной тенденции к образованию точек карамелизации лактозы на поверхности блюда, что обусловлено наличием в сырах данной группы молочного сахара в значительном количестве. Одним из путей улучшения стойкости сыра к высокотемпературному нагреву является снижение массовой доли лактозы в сырах с помощью фермента β -галактозидазы. В связи с этим в работе представлено научное обоснование ферментативного гидролиза лактозы в технологии сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы для получения продукта с улучшенными технологическими свойствами.

Материалы и методы. Опытные образцы сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы, используемого для запекания на пиццах (закваска ST TH («Biotec», Италия), молокосвертывающий фермент Clerichi 80/20, гидролизующий лактозу фермент NolaFit 5500 (Chr.Hansen, Дания)). В работе использовали стандартные, общепринятые и специальные методы исследований.

Результаты. Исследовано влияние ферментативного гидролиза молочного сахара на процессы чеддеризации и термопластификации сырной массы при получении сыров типа Моцарелла, а также технологически обоснована стадия внесения фермента β -галактозидазы. Предложена технологическая схема производства низколактозного сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы с улучшенной способностью к запеканию.

Заключение. Применение процесса гидролиза лактозы в нормализованной смеси на стадии добавления компонентов для свертывания при температуре (37 ± 1) °С в течение 1 часа с чеддеризацией сырного зерна под слоем сыворотки в технологии сыров типа Моцареллы позволяет повысить способность сыра выдерживать высокотемпературный нагрев при запекании, а также получить сыр с минимальной тенденцией к образованию точек карамелизации лактозы по сравнению с сыром, выработанным без применения гидролиза молочного сахара.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сыр с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы; гидролиз лактозы; β -галактозидаза; чеддеризация; термопластификация; высокотемпературный нагрев; точка карамелизации лактозы.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: 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 Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2024. – № 1(36). – С. 15–24.

TECHNOLOGY OF CHEESE WITH CHEDDERIZATION AND THERMOPLASTIFICATION OF THE CHEESE MASS WITH REDUCED LACTOSE CONTENT

O. I. Kuptsova¹, E. I. Reshetnik², A. A. Demyanets¹

¹Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus

²FSBE Institution of Higher Education "Far Eastern State Agrarian University", Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Among the variety of dairy products, a special niche is occupied by cheeses with cheddarization and thermoplasticization of the cheese mass, for example, Mozzarella, which are widely used in the preparation of culinary dishes with high temperature heating, such as pizza. The main requirement for the cheeses used for baking on pizza is the minimal tendency to form points of lactose caramelization on the surface of the dish, which is due to the presence of a significant amount of milk sugar in the cheeses of this group. One of the ways to improve the resistance of cheese to high-temperature heating is to reduce the mass fraction of lactose in cheeses using the enzyme β -galactosidase. In this regard, the work presents the scientific justification for the enzymatic hydrolysis of lactose in the technology of cheese with cheddarization and thermoplasticization of the cheese mass to obtain a product with improved technological properties.

Materials and methods. Experimental cheese samples with cheddarization and thermoplasticization of the cheese mass, used for baking on pizza, were utilized (starter culture ST TH («Biotec», Italy), milk-clotting enzyme Clerichi 80/20, lactose-hydrolyzing enzyme NolaFit 5500 (Chr.Hansen, Denmark)). This study used standard, generally accepted, and specialized research methods.

Results. The influence of enzymatic hydrolysis of milk sugar on the processes of cheddarization and thermoplasticization of the cheese mass in the production of Mozzarella-type cheese has been investigated, and the stage of adding the enzyme β -galactosidase has been technologically justified. A technological scheme for the production of low-lactose cheese with cheddarization and thermoplasticization of the cheese mass with improved baking ability has been proposed.

Conclusion. The application of lactose hydrolysis process in the normalized mixture at the stage of adding components for coagulation at a temperature of (37 ± 1) °C for 1 hour with cheddarization of the cheese curd under a layer of whey in the technology of Mozzarella-type cheeses allows to increase the ability of the cheese to withstand high-temperature heating during baking, as well as to obtain a cheese with a minimal tendency to form points of lactose caramelization compared to the cheese produced without the use of milk sugar hydrolysis.

KEY WORDS: *cheese with cheddarization and thermoplasticization of the cheese mass; lactose hydrolysis; β -galactosidase; cheddarization; thermoplasticization; high temperature heating; points of lactose caramelization.*

FOR CITATION: Kuptsova, O. I. Technology of cheese with cheddarization and thermoplasticization of cheese mass with reduced lactose content / O. I. Kuptsova, E. I. Reshetnik, A. A. Demyanets // Bulletin of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2024. – №.1(36). – P. 15–24.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире значительную долю на рынке молочных продуктов занимают сыры с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы (далее – сыры с ЧиТСМ), такие как «Моцарелла», «Сулугуни», «Чечил», «Халуми» и др. Сыры данной группы широко используются как в приготовлении различных кулинарных блюд, так и употребляются в пищу в качестве самостоятельного продукта.

Технология сыров с ЧиТСМ основывается на проведении при их производстве процесса чеддеризации и термопластификации сырной массы¹. Сущность процесса чеддеризации заключается в глубокой деминерализации белка молока и/или сырной массы под действием молочной и других органических кислот, продуцируемой микрофлорой бактериальной закваски и/или вносимых в молочную смесь². Данный процесс основан на быстром накоплении сырным тестом молочной и других органических кислот, продуцируемых в результате молочнокислого брожения. Образующаяся кислота при этом стимулирует деминерализацию параказеина с формированием лактатов и фосфатов кальция. По

¹ Скотт, Р. Производство сыра. Сырье, технология / Р. Скотт, Р.К. Робинсон. – Москва: Профессия, 2012. – 64 с.

² Сыры с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы. Технические условия: ГОСТ 34356-2017. – Введ. 01.09.18. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 18 с.

результатам процесса из фрагментов мицелл белка образуются новые белковые волокна за счет межмолекулярных связей (кальциевых, дисульфидных и т.д.). Полученная структура белка сохраняет прочность при определенном уровне активной кислотности (5,00–5,27 ед. рН), при этом сырная масса становится по структуре слоисто-волоконистой [1–4].

Вторым основным этапом производства сыров с ЧиТСМ является термопластификация сырной массы – вытягивание сырного теста с последующим его формованием. Способность к вытягиванию – это свойство, которым обладают сыры типа «паста филата», позволяющее им растягиваться в тонкие нити при нагревании выше 65 °С [5]. Для проведения данного процесса необходимы два условия: температура и механическое воздействие. Готовность теста определяется по возможности его к вытягиванию. Готовое тесто должно растягиваться в «полотно» без разрыва с глянцевой поверхностью, без включений нерасплавленного сырного пласта [6–8]. Чеддеризация и термопластификация – это сложные технологические процессы при производстве сыров типа «Моцарелла», требующие строгого соблюдения основ их проведения, учитывая особенности каждого вида сыра.

В настоящее время предприятиями молочной отрасли Республики Беларусь расширяется ассортимент низколактозной продукции, предназначенной для людей с частичной лактазной недостаточностью. Одним из возможных путей снижения содержания молочного сахара в продукте является применение фермента β-галактозидазы, который катализирует реакцию гидролитического расщепления лактозы на моносахариды. Образующаяся глюкоза и галактоза слаще, чем лактоза, поэтому продукт, получающийся при гидролизе лактозы, обладает более сладким вкусом. У человека лактаза в основном экспрессируется в энтероцитах кишечника и располагается на плазматических мембранах дифференцированных энтероцитов тонкой кишки³. В промышленности лактазу получают экстракцией из дрожжей *Kluyveromyces fragilis* и *Kluyveromyces lactis*, а также из грибов *Aspergillus niger* и *Aspergillus oryzae* [9].

Известно, что при производстве ряда молочных продуктов, в частности кисломолочной продукции, снижение количества лактозы осуществляется естественным путем за счет применения молочнокислой заквасочной микрофлоры, для которой молочный сахар выступает в качестве источника пищи [10–14]. Также следует отметить, что естественное снижение количества молочного сахара происходит и при созревании сыров – одной из важнейших технологических операций при их производстве. Созревание – сложный с биохимической точки зрения процесс, в результате которого сыр приобретает характерные органолептические показатели, в частности вкус, запах, консистенцию сырного теста и рисунок. Данный процесс осуществляется при строгом соблюдении температурно-влажностных режимов в зависимости от вида сыра. Согласно литературным источникам, в процессе созревания происходит расщепление молочного сахара на составляющие моносахариды и другие вкусоароматические вещества, и на (10–14) сутки содержание лактозы в сырах снижается до следовых значений⁴. При этом сыры, созревающие более 15 суток, принято считать безлактозными.

Однако имеются исследования, которые не позволяют относить сыры с созреванием к безлактозным продуктам по следующим причинам. В их технологии нет специальной стадии удаления лактозы путем ферментативного расщепления, либо путем мембранной фильтрации с последующим гидролизом остаточного количества с помощью фермента β-галактозидазы. Гидролитическое расщепление лактозы при созревании сыров является частью комплексных биохимических преобразований, происходящих одновременно со всеми составными частями сыра: белками, жирами и т. д. В результате образуется целый спектр новых веществ, формирующих необходимые органолептические показатели продукта. Поэтому для отнесения

³ Козлов А. И. Лактазная недостаточность (первичная гиполактазия) в различных группах населения Евразии: дис. ... док. биол. наук: 03.00.13, 03.00.14 / А. И. Козлов. – М., 2004. – 200 с.

⁴ Шингарева, Т. И. Технология и оборудование для производства натурального сыра: учебник / Т. И. Шингарева, Р. И. Раманаскас, А. А. Майоров [и др.]. – Высшее образование: Лань, 2018. – 508 с.

молочного продукта к категории безлактозных продуктов необходимо подтверждение того, что исходное сырье-молоко было подвергнуто специальной обработке [15]. Что касается сыров с ЧиТСМ, то при их производстве созревание не предусмотрено, процесс дальнейшего расщепления лактозы на моносахариды не происходит или осуществляется достаточно медленно. Следовательно, повышенное содержание лактозы в сырах данной группы не позволяет употреблять их в пищу людям с лактазной недостаточностью. Также следует отметить, что основной областью применения сыров типа «Моцарелла» является использование в качестве ингредиента для кулинарных блюд, в частности пицц, при котором наблюдается высокотемпературный нагрев сыра. В то время как одним из требований, предъявляемым к сырам, используемым для запекания, является наличие минимальной тенденции к образованию точек карамеллизации лактозы на поверхности блюда – наличие молочного сахара в сырах данной группы может оказывать отрицательное влияние на технологические свойства продукта при его запекании при высокой температуре. Таким образом, одним из путей решения данного вопроса может быть снижение содержания молочного сахара в сырах с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы путем гидролитического расщепления лактозы на моносахариды с помощью фермента β -галактозидазы.

Исходя из изложенного следует, что в Республике Беларусь вопрос поиска путей улучшения технологических параметров сыров, используемых для запекания, а также расширение ассортимента низколактозной молочной продукции остается актуальным.

Таким образом, целью работы явилось разработка нового вида сыра с повышенной способностью выдерживать высокотемпературный нагрев при запекании с минимальной тенденцией к образованию точек карамелизации лактозы, обладающего функциональными свойствами за счет снижения содержания лактозы и обогащения моносахарами.

Для выполнения поставленной цели решали следующие задачи:

- установление технологически обоснованной стадии внесения фермента лактазы для снижения содержания лактозы в сыре;
- изучение влияния гидролиза молочного сахара в технологии сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы на его способность выдерживать высокотемпературный нагрев при запекании;
- разработка технологических режимов производства сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы с улучшенной способностью к запеканию.

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 условиям⁵.

Объектами исследования являются технологические свойства сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы, 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 1.

⁵ ТИ ВУ 391731140.014. Технологическая инструкция по изготовлению сыра полутвердого «Моцарелла-пицца» «Свежа». утв. ООО «Савушкин-Орша». – 2021. – 24 с.

Табл. 1. Физико-химические показатели молочного сырья**Table 1.** Physico-chemical parameters of dairy raw materials

Наименование объекта	Показатели			
	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %	Титруемая кислотность, °Т	Плотность, кг/м ³
Цельное молоко	3,80	3,0	17,0	1028,0
Обезжиренное молоко	0,05	3,0	16,0	1030,0

В качестве основной заквасочной микрофлоры для получения сыра использовали бактериальную закваску ST TH (производитель «Biotec», Италия) из расчета 20 U на 2000 кг смеси. Видовой состав закваски: *Streptococcus thermophilus*. 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.

При проведении работы пользовались стандартными, общепринятыми и специальными методами исследований. Титруемую кислотность определяли титриметрическим методом по ГОСТ 3624-92, активную кислотность с помощью рН-метра по ГОСТ 26781-85, массовую долю лактозы йодометрическим методом по ГОСТ 29248-91, определение остаточного количества лактозы после гидролиза осуществляли по модифицированному йодометрическому методу определения массовой доли лактозы [16], тест на вытягивание по методике определения способности сырной массы вытягиваться при высоких температурах в длинные тонкие нити.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе работы провели исследования для установления оптимальной стадии внесения фермента β -галактозидазы в нормализованную смесь для получения сыра типа «Моцарелла» для запекания. Было осуществлено изучение процесса гидролиза лактозы на разных стадиях технологического процесса и при разных способах чеддеризации сырного зерна:

- опытный образец № 1 – на стадии хранения нормализованной смеси, $t_{\text{гидр}} = (4 \pm 2) \text{ } ^\circ\text{C}$, $\tau = 12 \text{ ч}$, и чеддеризация сырного зерна в пласте;

- опытный образец № 2 – на стадии созревания нормализованной смеси, $t_{\text{гидр}} = (10 \pm 2) \text{ } ^\circ\text{C}$, $\tau = 12 \text{ ч}$ и чеддеризация сырного зерна в пласте;

- опытный образец № 3 – на стадии внесения компонентов для свертывания, $t_{\text{гидр}} = (37 \pm 1) \text{ } ^\circ\text{C}$, $\tau = 1 \text{ ч}$ и чеддеризация сырного зерна в пласте;

- опытный образец № 4 – на стадии внесения компонентов для свертывания, $t_{\text{гидр}} = (37 \pm 1) \text{ } ^\circ\text{C}$, $\tau = 1 \text{ ч}$ и чеддеризация сырного зерна под слоем сыворотки;

Температурные режимы проведения гидролитического расщепления молочного сахара в опытных образцах обоснованы соответствующими стадиями технологического процесса, на которых вносили фермент в нормализованную смесь.

В качестве контрольного образца использовали сыр «Моцарелла» без применения гидролиза лактозы. Результаты гидролиза лактозы с применением фермента β -галактозидазы на разных стадиях технологического процесса производства сыра с ЧиТСМ представлены в таблице 2.

Табл. 2. Параметры процесса гидролиза лактозы ферментом β-галактозидазой на разных стадиях технологического процесса производства сыра

Table 2. Parameters of the lactose hydrolysis process using the β-galactosidase enzyme at different stages of the cheese production technological process

Наименование образца	Массовая доля лактозы, %		Количество гидролизованной лактозы, %
	в исходной смеси	в сычужном сгустке после гидролиза	
Контрольный образец		–	–
Опытный образец № 1	4,87	1,89	59,3
Опытный образец № 2		0,47	90,3
Опытный образец № 3		1,96	59,8
Опытный образец № 4		1,98	58,9

Как видно из таблицы 2, процесс снижения количества лактозы в нормализованной смеси успешно прошел во всех опытных образцах. Определено, что стадия внесения фермента β-галактозидазы не оказывает существенного влияния на количество гидролизованного молочного сахара, так как его снижение во всех опытных образцах произошло на 60–90 % от исходного количества ее в нормализованной смеси, однако при этом может оказывать влияние на технологические свойства готового продукта при запекании. Далее провели процесс чеддеризации сырного зерна. Результаты исследования влияния гидролиза лактозы на интенсивность молочнокислого процесса при чеддеризации сырного зерна исследуемых образцов представлены в таблице 3.

Выявлено (таблица 3), что стадия внесения фермента β-галактозидазы не влияет на интенсивность молочнокислого процесса в сырном зерне при чеддеризации. При этом процесс чеддеризации во всех опытных образцах не имел отличий в сравнении с контрольным образцом. Активная кислотность исследуемых образцов после чеддеризации составила 5,24–5,30 ед. рН. Вместе с тем установлено, что интенсивность молочнокислого процесса при чеддеризации под слоем сыворотки (опытный образец № 4) выше в 1,5–2 раза по сравнению с проведением данного процесса в пласте (опытные образцы № 1, 2, 3) не зависимо от стадии внесения β-галактозидазы. Это может быть обусловлено более интенсивным развитием молочнокислой микрофлоры в сырном зерне, находящимся под слоем сыворотки.

Табл. 3. Интенсивность молочнокислого процесса при чеддеризации сырного зерна в зависимости от стадии проведения гидролиза лактозы

Table 3. The intensity of the lactic acid process during cheddarization of cheese curd depending on the stage of lactose hydrolysis

Наименование образца сыра с ЧиТСМ	Активная кислотность сырного зерна, ед. рН		Продолжительность чеддеризации, мин	Титруемая кислотность сыворотки до/после чеддеризации, °Т
	перед чеддеризацией	после чеддеризации		
Контрольный образец	6,19±0,03	5,24±0,03	120	16 ±1,9/ –
Опытный образец № 1	6,26±0,03	5,30±0,03	120	12±1,9 / –
Опытный образец № 2	6,29±0,03	5,29±0,03	120	14±1,9 / –
Опытный образец № 3	6,35±0,03	5,25±0,03	120	14±1,9 / –
Опытный образец № 4	6,42±0,03	5,30±0,03	90	13±1,9 / 19±1,9

Далее исследована способность опытных образцов сыра к вытягиванию при термопластификации. В качестве гремящей среды выступала пастеризованная вода с

температурой $(79 \pm 1)^\circ \text{C}$. Результаты процесса термопластификации представлены в таблице 4.

Табл. 4. Способность сырного пласта к вытягиванию в процессе термопластификации в зависимости от стадии внесения лактазы

Table 4. The ability of the cheese slab to stretch during thermoplasticization process depending on the stage of adding the lactase

Наименование образца	Результаты процесса термопластификации
Контрольный образец	Готовое тесто имеет в меру плотную консистенцию, растягивание в полотно без разрыва, имеет глянцевую поверхность
Опытный образец № 1	Готовое тесто имеет положительный тест на плавление, однако тесто не вытягивается «в полотно» без разрыва, имеет несколько мягкую структуру, поверхность недостаточно глянцевая
Опытный образец № 2	Тест на плавление положительный, тесто глянцевое, в меру плотное, однако при большем растягивании разрывается
Опытный образец № 3	Тест на плавление положительный, тесто растягивается в «полотно» без разрыва, поверхность глянцевая

Согласно данным, представленным в таблице 4, исследуемые образцы обладали положительной способностью к вытягиванию. Опытные образцы № 3, 4, а также контрольный образец характеризовались в меру плотной консистенцией, растягивались «в полотно» без разрыва с глянцевой поверхностью. В то же время при разрыве «полотна» отчетливо были видны волокна, что является подтверждением высокого качества сырного теста. Однако опытный образец № 1, где внесение β -галактозидазы осуществлялось на стадии хранения нормализованной смеси при $t_{\text{гидр}} = (4 \pm 2)^\circ \text{C}$ и чеддеризацией сырного зерна в пласте и образец № 2 с внесением фермента на стадии созревания нормализованной смеси при $t_{\text{гидр}} = (10 \pm 2)^\circ \text{C}$ и чеддеризацией сырного зерна в пласте не вытягивались «в полотно», имели разрыв без образования волокон, а также характеризовались мягкой консистенцией. Что может быть связано с длительностью процесса гидролиза, который составил 12 ч и получением сырного пласта мягкой консистенции. При этом наилучшим тестом на плавление отмечен опытный образец № 4, где фермент β -галактозидазу вносили в нормализованную смесь на стадии добавления компонентов для свертывания при $t_{\text{гидр}} = (37 \pm 1)^\circ \text{C}$ и проведением чеддеризации сырного зерна под слоем сыворотки в течение 1 ч.

На следующем этапе работы по окончании процесса термопластификации, исследуемым образцам сырного теста придали форму цилиндра и охладили в рассоле до температуры внутри продукта $(10 \pm 1)^\circ \text{C}$. Затем была осуществлена оценка способности исследуемых образцов сыра к запеканию при температуре $(250 \pm 1)^\circ \text{C}$ в течение 4 минут с использованием основы для пиццы. Высокотемпературному нагреву подвергались опытные образцы сыра с наилучшей способностью к термопластификации, а именно опытные образцы № 3, 4, а также контрольный образец. Все исследуемые образцы имели положительный тест на запекание. Отмечено, что опытные образцы сыра № 3, 4 после запекания на пицце обладали ровной белой поверхностью, вытягивались в нить до 40 см, без наличия точек карамелизации молочного сахара, по сравнению с контрольным образцом, который характеризовался более высокой тенденцией к образованию точек карамелизации лактозы.

По совокупности полученных результатов в ходе исследований были разработаны технологические режимы производства низколактозного сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы с улучшенной способностью к запеканию, представленные на рисунке 1.

Приёмка молока-сырья, охлаждение и промежуточное хранение молока ($t = (4\pm 2)^\circ\text{C}$, не более 36 ч)
Подогрев и нормализация молока в потоке ($t = (65\pm 5)^\circ\text{C}$)
Бактофугирование и дезодорация молока ($65\pm 2^\circ\text{C}$; 0,04–0,06 МПа)
Термизация молока ($t = (70\pm 2)^\circ\text{C}$, $\tau = 20\text{--}30\text{ с}$)
Охлаждение ($4\pm 2)^\circ\text{C}$ и промежуточное хранение (не более 24 ч)
Пастеризация молока ($t = (74\pm 2)^\circ\text{C}$, $\tau = 20\text{--}30\text{ с}$)
Охлаждение до температуры свертывания ($t = (37\pm 1)^\circ\text{C}$)
Внесение компонентов для свертывания (закваска, фермент β-галактозидазы в количестве 400 мл на 1000 кг смеси)
Созревание молока при температуре свертывания ($\tau = 30\text{ минут}$)
Внесение молокосвертывающего фермента, перемешивание и свёртывание молока ($t = (37\pm 1)^\circ\text{C}$, $\tau = 25\text{--}30\text{ мин}$)
Разрезка сгустка, постановка сырного зерна ($\tau = 10\text{--}15\text{ минут}$)
Второе нагревание ($t = (39\pm 1)^\circ\text{C}$), вымешивание ($\tau = 35\text{--}45\text{ минут}$)
Чеддеризация под слоем сыворотки либо в пласте и самопрессование ($t = (39\pm 1)^\circ\text{C}$, до $\text{pH} = 5,20\div 5,27\text{ ед.}$)
Удаление сыворотки
Измельчение сырного пласта, нагрев до температуры пластификации и инактивации фермента β-галактозидазы, термопластификация ($t = (76\text{--}80)^\circ\text{C}$)
Формование сырного теста в формы, охлаждение и посолка в рассоле ($t = (4\text{--}6)^\circ\text{C}$)
Упаковка в термоусадочную пленку
Доохлаждение ($t = (4\pm 2)^\circ\text{C}$, $\tau = \text{не более } 24\text{ ч}$, $\phi = 80\text{--}85\%$) и реализация

Рис. 1. Технологическая схема производства низколактозного сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы с улучшенной способностью к запеканию

Fig. 1. Technological scheme for the production of low-lactose cheese with cheddarization and thermoplasticization of the cheese mass with improved baking ability

Таким образом, применение гидролитического расщепления молочного сахара при получении сыров с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы позволяет улучшить способность сыра выдерживать высокотемпературный нагрев при запекании с минимальным образованием точек карамелизации лактозы. Полученные результаты исследований могут быть использованы предприятиями молочной промышленности Республики Беларусь и Российской Федерацией при производстве низколактозной молочной продукции, а также для получения сыров типа «Моцарелла», используемых для запекания в сегменте HoReCa.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научно обосновано применение гидролиза молочного сахара в нормализованной смеси в технологии сыров с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы.

Технологически обоснована стадия внесения фермента лактазы при получении сыров с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы. Установлено, что наилучшей способностью к термопластификации обладал сыр, где внесение фермента осуществлялось на стадии добавления компонентов для свертывания при температуре (37 ± 1) °С в течение 1 часа с чеддеризацией сырного зерна под слоем сыворотки.

Экспериментально подтверждено, что применение процесса гидролиза молочного сахара в нормализованной смеси на стадии добавления компонентов для свертывания при температуре (37 ± 1) °С 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 получить сыр с минимальной тенденцией к образованию точек карамелизации лактозы по сравнению с сыром, выработанным без применения гидролиза молочного сахара.

Разработана технологическая схема производства сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы с пониженным содержанием лактозы и улучшенной способностью к запеканию.

Научно-исследовательская работа выполнялась в рамках гранта Министерства образования Республики Беларусь (ГЗ 24-10) на тему «Создание нового вида сычужного сыра без созревания с пониженным содержанием лактозы».

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Данилова, Е. А. Технология производства сыра моцарелла / Е. А. Данилова // Молодежь и наука. – 2021. – №1. – С. 21–25.
- 2 Туганова, А. В. Процесс чеддеризации в сыроделии / А. В. Туганова, И. М. Мироненко // Вестник Алматинского технологического университета. – 2019. – №4. – С. 28–33.
- 3 Маяускайте, В. В поисках устойчивой текстуры: как преодолеть трудности обработки при производстве «Моцареллы» / В. Маяускайте, Б. Севидж, М. Саббус [и др.] // Сыроделие и маслоделие. – 2015. – № 5. – С. 28–29.
- 4 Кашина, Е. Д. Чеддеризация сырной массы: основные параметры и физико-химические процессы / Е. Д. Кашина // Сыроделие и маслоделие. – 2017. – № 3. – С. 18–19.
- 5 Моисеев, Н. Ю. Методы определения способности к растягиванию сыров для пиццы / Н. Ю. Моисеев, Е. П. Сучкова // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2016. – № 5–6. – С. 80–85.
- 6 Капленко, А. Н. Совершенствование технологии сыров с чеддеризацией и плавлением массы: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.18.04 / А. Н. Капленко. – Ставрополь, 2014. – 22 с.
- 7 Гоппе, А. И. Совершенствование технологии сыров с чеддеризацией и плавлением сырной массы / А. И. Гоппе, М. Г. Курбанова // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике: сб. ст. / Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. – Кемерово, 2017. – С. 266–272.
- 8 Ерохин, В. Ю. Новый вид сыра с чеддеризацией сырной массы до формования / В. Ю. Ерохин // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 5. – С. 17–19.
- 9 Балтабаев, М. К. Лактазная недостаточность как возможный маркер энзимной патологии желудочно-кишечного тракта при нейродерматозах / М. К. Балтабаев, А. М. Балтабаев, Д. А. Садыкова // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2020. – № 8. – С. 19–25.
- 10 Хованова, И. В. Ферментативный гидролиз лактозы в продуктах геродиетического питания / И. В. Хованова, Г. М. Лесь // Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов: сб. ст. / Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии РАСХН. – Москва, 2012. – С. 248–250.
- 11 Способ получения ферментированного молочного продукта с пониженным содержанием лактозы и улучшенными питательными и органолептическими свойствами: пат. № 2654592 С2 / О. Рамаж, А. Лиотьер, А. Гарем, Ж. Да Сильва. – Оpubл. 21.05.2018.
- 12 Крупин, А. В. Влияние продуктов гидролиза лактозы на активность ферментных систем микроорганизмов / А. В. Крупин // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 8. – С. 66–68.
- 13 Низколактозный и безлактозный молочный продукт и способ его получения: пат. № 2550274 С2 / Р. Тиканмяки, Х. Каллиойнен. – Оpubл. 10.05.2015.
- 14 Способ производства молочного продукта, не содержащего лактозу: пат. № 2308196 С2 / О. Тоссавайнен, Я. Сальстейн. – Оpubл. 20.10.2007.

15 Мордвинова, В. А. Безлактозные сыры – миф или реальность? / В. А. Мордвинова, О. В. Лепилкина // Сыроделие и маслоделие. – 2016. – № 1. – С. 38–40.

16 Шуляк Т. Л., Глушаков М. А. Определение лактозы в гидролизованных молочных смесях модифицированным йодометрическим методом // Т. Л. Шуляк, М. А. Глушаков // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2014. – №. 2. – С. 43-47.

Поступила в редакцию 16.05.2024 г.

ОБ АВТОРАХ:

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

Решетник Екатерина Ивановна, доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет», e-mail: tppzh@dalgau.ru.

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

ABOUT AUTHORS:

Kuptsova Olga Ivanovna, 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.

Reshetnik Ekaterina Ivanovna, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Far Eastern State Agricultural University», e-mail: tppzh@dalgau.ru.

Demyanets Anna Antonovna, 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.