

ПИЩЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 637.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАХТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НИЗКОЛАКТОЗНОГО МЯГКОГО СЫРА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА СПОСОБОМ ТЕРМОКИСЛОТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ

Ю. Ю. Чеканова¹, З. В. Василенко¹, М. А. Глушаков², А. В. Кобель¹

¹Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

²ООО «Техносолекс-Проект», Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Расширение ассортимента термокислотных видов мягкого сыра с пониженным содержанием лактозы на сегодняшний день является актуальным. Общая научная задача – обосновать эффективность использования пахты для получения низколактозного мягкого сыра и технологические параметры его производства методом термокислотной коагуляции белков на основе оценки влияния сырьевого молочного ресурса пахты и процесса гидролиза лактозы в ней на показатели качества продукта.

Материалы и методы. Применяли стандартные и общепринятые методы исследований. В качестве контрольного образца выступал мягкий сыр на основе термокислотной коагуляции белков, выработанный из цельного молока и пахты, не подвергнутых гидролизу лактозы в сырье. В качестве опытного – мягкий сыр на основе термокислотной коагуляции белков пахты с пониженным содержанием молочного сахара.

Результаты. Установлено влияние вторичного молочного сырьевого компонента пахты и гидролиза лактозы в ней на показатели качества мягкого сыра, что выражалось в получении продукта с пониженным содержанием лактозы до 1 %, массовой долей жира в сухом веществе не более 36 % и влаги не более 71 %, стабильными физико-химическими свойствами в процессе хранения и улучшенными органолептическими показателями, более сливочным вкусом и ароматом, с наличием сладковатого привкуса, что не уступает существующим традиционным термокислотным сырам. Разработаны технологические параметры производства мягкого сыра из пахты – продолжительность гидролиза сырья должна составлять не менее 9 ч при температуре (4 ± 2) °С, температурные режимы термокислотной коагуляции – не ниже 85 °С в течение 3–5 мин, что в совокупности позволит получить высококачественный продукт со степенью гидролиза молочного сахара не ниже 80 %.

Заключение. Использование пахты в качестве сырьевого ресурса для получения низколактозного мягкого сыра позволяет обеспечить его высокую пищевую ценность. Установленные технологические параметры производства сыра способом термокислотной коагуляции белков рекомендуются для практического применения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мягкий сыр; пахта; сырьевой ресурс; здоровое питание; лактоза; гидролиз лактозы; термокислотная коагуляция.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Чеканова, Ю. Ю. Эффективность использования пахты для получения низколактозного мягкого сыра и технологические параметры его производства способом термокислотной коагуляции белков / Ю. Ю. Чеканова, З. В. Василенко, М. А. Глушаков, А. В. Кобель // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – № 1 (38). – С. 3–12.

EFFICIENCY OF USING BUTTERMILK FOR THE PRODUCTION OF LOW-LACTOSE SOFT CHEESE AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF ITS MANUFACTURE USING THE HEAT-ACID COAGULATION PROCESS OF PROTEINS

Y. Y. Chekanowa¹, Z. V. Vasilenko¹, M. A. Glushakov², A. V. Kobel¹

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

²ООО «Technosolecs-Proect», Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. The expansion of the range of heat-acid types of soft cheese with reduced lactose content is currently a relevant issue. The general scientific objective is to substantiate the efficiency of using buttermilk for the production of low-lactose soft cheese and the technological parameters of its production using the method of heat-acid coagulation of proteins, based on the evaluation of the influence of the raw milk resource of buttermilk and the process of lactose hydrolysis in it on the quality indicators of the product.

Materials and methods. Standard and widely accepted research methods were employed. The control samples were soft cheese produced by heat-acid coagulation of proteins from whole milk and buttermilk, not subjected to lactose hydrolysis in the raw material. The experimental samples were soft cheese based on heat-acid coagulation of buttermilk proteins with reduced milk sugar content.

Results. The influence of the secondary milk raw material component of buttermilk and lactose hydrolysis in it on the quality indicators of soft cheese has been established, which resulted in a product with reduced lactose content of up to 1 %, mass fraction of fat in dry matter not exceeding 36 %, and moisture content in dry matter not exceeding 71 %. The product had stable physicochemical properties during storage, improved organoleptic properties, more creamy taste, and aroma with a sweetish note, which is comparable to existing traditional heat-acid cheeses. Technological parameters for the production of soft cheese from buttermilk were developed – the duration of raw material hydrolysis should be at least 9 hours at a temperature of (4 ± 2) °C, and the temperature modes of heat-acid coagulation should be no lower than 85 °C for 3–5 minutes. In combination, these parameters allow for the production of a high-quality product with a milk sugar hydrolysis degree of no lower than 80 %.

Conclusions. The use of buttermilk as a raw material for the production of low-lactose soft cheese ensures its high nutritional value. The established technological parameters for cheese production via heat-acid protein coagulation are recommended for practical implementation.

KEY WORDS: *soft cheese; buttermilk; raw material resource; healthy eating; lactose; hydrolysis of lactose; heat- acid coagulation.*

FOR CITATION: Chekanowa, Y. Y. Efficiency of using buttermilk for the production of low-lactose soft cheese and technological parameters of its manufacture by method of heat-acid coagulation/ Y. Y. Chekanowa, Z. V. Vasilenko, M. A. Glushakov, A. V. Kobel // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – № 1 (38). – P. 3–12.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире основополагающим фактором продолжительной жизнедеятельности является здоровое питание, обусловленное рациональным и сбалансированным пищевым рационом по нутриентному составу и незаменимым компонентам пищи и энергии. При этом особое значение для людей всех возрастных категорий имеют молочные продукты, которые являются основой здоровья ввиду высокой пищевой и биологической ценности, перевариваемости и усвояемости.

Молоко и молочные продукты в достаточном количестве для удовлетворения суточной потребности человека в питательных веществах содержат белки, жиры, углеводы, водо- и жирорастворимые витамины, минеральные вещества, что в совокупности позволяет нормализовать работу всех внутренних органов и обеспечить профилактику многих заболеваний. Стоит отметить особую ценность молочных белков для здорового питания. Белки выполняют многочисленные биологические функции – структурную, транспортную, защитную, гормональную и др. [1]. Наиболее богаты белком творог и творожные продукты, сыры, ассортимент которых в довольно широком спектре представлен в Республике

Беларусь [2]. Наибольший интерес представляют мягкие сыры, полученные термокислотным способом, который характеризуется высокой степенью извлечения из сырья белков молока за счет осаждения сывороточных белков и казеина, при этом степень использования белковых компонентов составляет до 98 %, что значительно повышает пищевую и биологическую ценность продукции [3, 4]. Известными мягкими сырами из термокислотной группы в Республике Беларусь и Российской Федерации являются «Рикотта» и «Адыгейский» [3, 5]. Однако в Беларуси мягкие сыры типа «Адыгейский» представлены в ограниченном количестве.

Изготовление термокислотных сыров является экономически целесообразным для предприятий молочной отрасли, что обусловлено, в первую очередь, применяемым сырьем, к составу и качеству которого не предъявляются высокие требования [3, 6]. На сегодняшний день известны технологии производства сыров, полученных термокислотным способом, с применением в качестве основного молочного сырья молока цельного, обезжиренного, восстановленного, или пахты, а также их смесей [3, 7, 8]. В Республике Беларусь изготовление мягкого сыра основано на применении в основном цельного молока, или нормализованного обезжиренным молоком. Стоит отметить перспективность применения биологически ценного сырьевого ресурса пахты для получения мягкого сыра. Однако считается, что пахта в силу своих невысоких коагуляционных свойств может оказывать негативное влияние на структуру термокислотного сыра [7, 9]. Вместе с тем ее использование может позволить существенно повысить пищевую и биологическую ценность готовой продукции за счет обогащения ценными компонентами молочного жира, в частности фосфолипидами, и другими биологически активными веществами [10–12].

Известно, что часть населения (около 60 %) не может употреблять в пищу молочные продукты вследствие непереносимости лактозы, которая является одним из основных компонентов молока [13, 14]. В результате неспособности организма усваивать молочный сахар могут наблюдаться боли в животе, метеоризм, вздутие живота, головная боль, общая слабость, озноб, аритмия, ухудшение памяти, боли в мышцах и суставах, проявление аллергии и язвы слизистых оболочек [15, 16]. В связи с чем для повышения качества жизни населения актуальным является коррекция лактазной интолерантности при производстве молочных продуктов. В настоящее время известны различные способы снижения содержания лактозы в молочной продукции [17]. При этом самым перспективным методом является применение активных ферментных препаратов β -галактозидазы бактериального происхождения, которые расщепляют лактозу в молоке на глюкозу и галактозу и могут способствовать получению продуктов с заданными органолептическими и физико-химическими свойствами [13, 16–18].

Согласно проведенному литературному анализу источников научного характера, исследования, направленные на возможность производства низколактозного термокислотного мягкого сыра из пахты, ранее не проводились. Поэтому актуальным является расширение ассортимента мягких сыров с пониженным содержанием лактозы, полученных термокислотным способом коагуляции белков пахты.

Цель работы – установить эффективность применения пахты при изготовлении низколактозного мягкого сыра и технологические параметры его производства для расширения ассортимента термокислотных видов сыров с пониженным содержанием лактозы.

Общая научная задача – обосновать эффективность использования пахты для получения низколактозного мягкого сыра и технологические параметры его производства способом термокислотной коагуляции белков на основе оценки влияния сырьевого молочного ресурса пахты и процесса гидролиза лактозы в ней на показатели качества продукта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для производства образцов мягкого сыра в качестве молочного сырья применяли пахту, полученную от производства сладкосливочного масла способом сбивания сливок, с массовой долей жира (далее м.д.ж.) 0,4–0,7 %, белка – не менее 2,8 %, сухого обезжиренного молочного остатка – не менее 8,5 %, титруемой кислотностью не более 19 °Т, плотностью не менее 1027 кг/м³; цельное молоко с м.д.ж. не более 3,6 %, белка – не менее 3,2 %, сухого обезжиренного молочного остатка – не менее 8,2 %, кислотностью – 16–18 °Т, плотностью – не менее 1027 кг/м³. При этом изготовление контрольных образцов мягкого сыра было основано на использовании сырья, которое не подвергали процессу гидролиза (контроль 1 – сыр на основе цельного молока, контроль 2 – сыр на основе пахты), а для получения опытных образцов – проводили ферментативное расщепление молочного сахара в пахте (опыт – сыр на основе гидролизованной пахты).

Мягкий сыр вырабатывали по промышленной технологии сыра «Адыгейский», адаптированной к лабораторным условиям и основанной на термокислотной коагуляции белков молока. Мягкий сыр вырабатывали по следующей технологической схеме: для достижения минимального значения лактозы в опытных образцах мягкого сыра пахту подвергали процессу ферментативного гидролиза лактозы с применением ферментного препарата β-галактозидазы NolaFit 5500, производитель Chr.Hansen (Дания), микроорганизм-продуцент *Kluyveromyces lactis*, активность 5500 BLU/мл. Процесс пастеризации гидролизованной пахты и негидролизованного молочного сырья осуществляли при температуре 80–95 °С в течение 3–5 мин с последующей термокислотной коагуляцией белков сырьевых компонентов при этой же температуре путем внесения кислой творожной сыворотки титруемой кислотностью 65–80 °Т в количестве 10 % от массы смесей. Образующийся после термокислотной коагуляции белков хлопьевидный сгусток выдерживали при температуре 80–95 °С в течение 3–5 мин. После выдержки проводили формование и самопрессование в течение 10–15 мин. За это время продукт один раз переворачивали. Затем образцы упаковывали в потребительскую тару путем вакуумирования и направляли на доохлаждение и хранение в холодильную камеру при температуре (4±2) °С.

На первом этапе работы изучена эффективность применения пахты при создании низколактозного мягкого сыра, изготовленного термокислотным способом.

На втором этапе работы исследован процесс гидролиза лактозы пахты и установлены его параметры при производстве низколактозного термокислотного мягкого сыра.

Процесс гидролиза лактозы в пахте проводили в хладостатной камере при температуре (4±2) °С в течение 1; 3; 6; 9 и 12 ч для установления оптимальных технологических параметров расщепления молочного сахара.

На третьем этапе работы исследованы особенности процессов термокислотной коагуляции белков пахты в технологии производства мягкого сыра с пониженным содержанием лактозы.

Основное отличие термокислотного способа свертывания – использование высоких температур порядка 80–95 °С. Это способствует тому, что скорости взаимодействия компонентов молока очень сильно возрастают, в частности, происходит совместная коагуляция казеинов и сывороточных белков. Возможно, что на фоне деструктуризации воды при температурах выше 80 °С «сухие» компоненты молока отторгаются и группируются в отдельные конгломераты, что, в свою очередь, может оказать влияние на структуру сгустка на основе пахты [19].

Температура является одним из важнейших факторов для производства мягких термокислотных сыров, поэтому рациональный подбор температурных режимов будет способствовать повышению полноты осаждения отдельных белковых фракций. Коагуляцию исследуемых образцов из пахты проводили при (80±1); (85±1) и (90±1) °С.

При проведении исследований в молочном сырье определяли термоустойчивость по

ГОСТ 25228, титруемую кислотность по ГОСТ 3624, массовую долю лактозы йодометрическим методом и степень гидролиза молочного сахара.

В свежеприготовленных образцах низколактозного мягкого сыра контролировали органолептические показатели сенсорным методом, активную кислотность по ГОСТ 3624, массовую долю влаги по ГОСТ 3626, массовую долю жира в сухом веществе по ГОСТ 5867. Исследования органолептических показателей, титруемой и активной кислотности в экспериментальных образцах осуществляли на 0; 7; 15-е сутки хранения в стандартном температурном режиме (4 ± 2) °C.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе работы изучена эффективность применения пахты при создании низколактозного мягкого сыра, изготовленного термокислотным способом. Ферментативный гидролиз лактозы в молочном сырье осуществляли при температуре (4 ± 2) °C в течение 12 ч. Хранили продукт при температуре (4 ± 2) °C в течение 15-ти суток.

Первоначально определили физико-химические и технологические показатели молочного сырья, применяемого для производства термокислотного сыра (таблица 1).

Согласно таблице 1, анализ физико-химических и технологических показателей молочного сырья, применяемого для производства термокислотного сыра, в том числе гидролизованной пахты, показал, что все образцы характеризовались показателями титруемой кислотности, соответствующими значениям согласно ТНПА, группой термоустойчивости не ниже первой, что свидетельствует о способности белковых компонентов выдерживать последующую высокотемпературную обработку при термокислотной коагуляции. Кроме того, установлено, что применение гидролиза лактозы в пахте способствовало снижению молочного сахара в ней до количества, не превышающем 1 %, что соответствует низколактозной группе продукции. При этом степень гидролиза молочного сахара в пахте составила до 90 %, что, в свою очередь, является оптимальным решением в непереносимости и усвояемости лактозы.

Табл. 1. Физико-химические и технологические показатели молочного сырья

Table 1. Physical, chemical and technological indicators of dairy raw materials

Показатели	Цельное молоко	Пахта до гидролиза	Гидролизованная пахта
Титруемая кислотность, °Т, ($\pm 0,5$ %)	17,50	18,00	17,00
Термоустойчивость, группа, не ниже	I		
Лактоза, %, ($\pm 0,1$ %)	4,70	4,80	0,59
Степень гидролиза лактозы, %	—	—	88,00

Результаты определения массовой доли жира в сухом веществе мягкого сыра, массовой доли влаги и органолептических показателей в процессе хранения в течение 15-ти суток при температуре (4 ± 2) °C представлены в таблице 2.

Анализируя полученные результаты, представленные в таблице 2, установлено, что применение в качестве основного молочного сырья пахты без применения гидролиза (контроль 2) и с ферментативным расщеплением молочного сахара в ней (опыт) способствовало получению термокислотного мягкого сыра с более низкой массовой долей жира в сухом веществе по сравнению с контрольными образцами на основе цельного молока (контроль 1), что обусловлено пониженной жирностью пахты, которая, в свою очередь, является диетическим сырьевым компонентом в технологии производства молочных продуктов. Кроме того, установлено, что контрольные и опытные образцы мягкого сыра, для производства которых применяли пахту, характеризовались более высокими показателями массовой доли влаги по сравнению с контрольными образцами на основе цельного молока,

что можно обосновать хорошей влагоудерживающей и термопластифицирующей способностью вторичного молочного сырья [8].

Анализ органолептических показателей качества готовых продуктов (таблица 2) показал, что все исследуемые образцы мягкого сыра, независимо от сырьевого состава, характеризовались высокими вкусовыми и ароматическими показателями, хорошей консистенцией, внешним видом и цветом, соответствующие данной видовой группе термокислотных сыров. Вместе с тем установлено, что применение пахты при получении сыра способствовало проявлению более сливочного вкуса в готовом продукте относительно термокислотного мягкого сыра из цельного молока, а использование гидролизованной пахты – наличие еще и сладковатого вкуса и аромата, обусловленных расщеплением молочного сахара на глюкозу и галактозу, характеризующихся более высоким индексом сладости по сравнению с лактозой.

Табл. 2. Физико-химические и органолептические показатели мягкого сыра

Table 2. Physicochemical and organoleptic parameters of soft cheese

Показатели	Исследуемые образцы		
	Контроль 1 (сыр на основе цельного молока)	Контроль 2 (сыр на основе пахты)	Опыт (сыр на основе гидролизованной пахты)
Массовая доля жира в сухом веществе, %, не более	56±0,5	35±0,5	35±0,5
Массовая доля влаги, %, не более	65,3±0,5	71,5±0,5	70,6±0,5
Активная кислотность, ед. рН, не более	6,3±0,1	6,24±0,1	6,1±0,1
Вкус и запах	Вкус сырный, характерный для термокислотного сыра	Вкус сырный, характерный для термокислотно го сыра, в меру сливочный	Вкус сырный, характерный для термокислотного сыра, в меру сливочный, сладковатый вкус и аромат
Консистенция	Мягкая, в меру плотная, слегка крошащаяся	Мягкая, более нежная, слегка крошащаяся	
Внешний вид и цвет	Внешний вид произвольный, цвет белый, равномерный по всей массе		

При этом в процессе хранения в течение 15-ти суток при температуре (4±2) °С активная кислотность изменялась незначительно, органолептические показатели качества исследуемых опытных и контрольных образцов мягкого сыра соответствовали свежеприготовленному продукту. В связи с чем на первом этапе исследовательской работы научно обоснована возможность применения пахты в качестве основного молочного компонента в технологии производства термокислотного мягкого сыра с пониженным содержанием молочного сахара.

На втором этапе работы исследован процесс гидролиза лактозы пахты при температуре (4±2) °С в течение от 1 до 12 ч и установлены его параметры при производстве низколактозного термокислотного мягкого сыра.

Результаты исследований зависимости гидролиза лактозы пахты от продолжительности процесса ферментативного расщепления молочного сахара в сырье представлены в таблице 3.

Установлено (таблица 3), что с увеличением продолжительности гидролиза лактозы в пахте при температуре (4±2) °С количество молочного сахара в сырье снижалось.

Проведение процесса гидролиза лактозы в пахте в течение 9 и 12 ч способствовало получению мягкого сыра с содержанием молочного сахара в количестве $(0,9 \pm 0,1)$ и $(0,59 \pm 0,1)$ % соответственно, что в полной мере будет удовлетворять потребностям людей, страдающих непереносимостью лактозы в употреблении низколактозных продуктов. При этом степень гидролиза лактозы в пахте составила 81 и 88 % соответственно. Степень гидролиза лактозы в молочном вторичном сырье при проведении процесса ферментативного гидролиза молочного сахара в пахте в течение 1–6 ч находилась в диапазоне 2–56 %.

Табл. 3. Зависимость гидролиза лактозы пахты от его продолжительности

Table 3. Dependence of buttermilk lactose hydrolysis on its duration

Показатели	Исследуемые образцы пахты					
	Продолжительность гидролиза лактозы в пахте, ч					
	Без гидролиза	1	3	6	9	12
Лактоза, %, ($\pm 0,1$ %)	4,8	4,7	4,0	2,1	0,9	0,59
Степень гидролиза лактозы, %	–	2	17	56	81	88

Проведение гидролиза лактозы в молочном сырье сопровождается образованием глюкозы и галактозы, наличие которых значительно увеличивает скорость реакции Майяра с выделением меланоидинов, обладающих антиоксидантными свойствами и усиливающих цвет и вкусовые показатели готовых продуктов [17]. Выявлено, что проведение процесса гидролиза молочного сахара в пахте в течение 1–6 ч не оказало существенного влияния на изменение вкусовых и ароматических характеристик мягкого сыра. В свою очередь, мягкий сыр, при получении которого молочное сырье подвергалось гидролизу лактозы в течение 9 и 12 ч, характеризовался более выраженным сладковатым вкусом, который усиливался с увеличением продолжительности гидролиза молочного сахара.

Согласно результатам, полученным в ходе второго этапа работы, определено, что при производстве мягкого сыра из пахты снижение лактозы в готовом продукте до 1 % и ниже возможно достигнуть путем проведения ферментативного гидролиза молочного сахара в сырье при температуре (4 ± 2) °C в течение не менее 9 ч, при этом степень гидролиза лактозы будет составлять не менее 80 %.

На третьем этапе работы исследованы особенности процессов термокислотной коагуляции белков пахты в технологии производства мягкого сыра с пониженным содержанием лактозы. Ферментативный процесс расщепления молочного сахара в сырье осуществляли при температуре (4 ± 2) °C в течение 12 ч. Хранили продукт при температуре (4 ± 2) °C в течение 15-ти суток.

Результаты изучения физико-химических показателей низколактозного мягкого сыра в зависимости от технологических параметров термокислотной коагуляции белков молочного сырья в процессе хранения представлены в таблице 4.

Согласно данным, представленным в таблице 4, выявлено, что, независимо от температуры термокислотной коагуляции белков молочного сырья, все исследуемые образцы мягкого сыра характеризовались показателями активной кислотности, не имеющими существенных отличий. Кроме того, титруемая кислотность термокислотной молочной сыворотки, полученной в процессе коагуляции, составляла не более 26 °T.

Установлено (таблица 4), что с увеличением температуры термокислотной коагуляции белковых компонентов и применением пахты в качестве основного сырья (контроль 2), в том числе гидролизованной (опыт), массовая доля влаги в мягком сыре увеличивалась. Это может свидетельствовать о том, что с увеличением температуры коагуляции будет происходить повышение степени перехода сывороточных белков в готовый продукт.

Табл. 4. Физико-химические показатели мягкого сыра в процессе хранения

Table 4. Physicochemical parameters of soft cheese

Показатели	Исследуемые образцы		
	Контроль 1 (сыр на основе цельного молока)	Контроль 2 (сыр на основе пахты)	Опыт (сыр на основе гидролизованной пахты)
Температура термокислотной коагуляции (80 ± 1) °C в течение 3–5 мин			
Активная кислотность, ед. pH, ($\pm 0,05$ ед. pH)	6,23	6,27	6,14
Массовая доля влаги, %, ($\pm 0,05$ %)	65,30	71,70	70,60
Температура термокислотной коагуляции (85 ± 1) °C в течение 3–5 мин			
Активная кислотность, ед. pH, ($\pm 0,05$ ед. pH)	6,30	6,26	6,16
Массовая доля влаги, %, ($\pm 0,05$ %)	70,20	73,70	72,20
Температура термокислотной коагуляции (90 ± 1) °C в течение 3–5 мин			
Активная кислотность, ед. pH, ($\pm 0,05$ ед. pH)	6,28	6,26	6,16
Массовая доля влаги, %, ($\pm 0,05$ %)	75,60	75,30	74,70

Кроме того, определено, что наибольший выход готового продукта был характерен для низколактозного мягкого сыра, при производстве которого применяли температуру коагуляции белков свыше $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, и составил 16–18 %. При нагревании ниже $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ или выше $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ наблюдалось снижение выхода готовой продукции до 10–12 %.

Анализ органолептических показателей качества готовых продуктов показал, что, независимо от компонентного сырьевого состава мягкого сыра с пониженным содержанием лактозы, применение температурных режимов термокислотной коагуляции белков молочно-пахтовых смесей (85 ± 1) и (90 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ в течение 3–5 мин способствовало получению готового продукта с хорошими вкусовыми и ароматическими характеристиками, сладковатым вкусом за счет гидролиза молочного сахара (для опытных образцов), мягкой, в меру плотной, слегка крошащейся консистенцией. При этом использование пахты (контроль 2), в том числе гидролизованной (опыт), позволило получить продукт с более сливочным вкусом и ароматом относительно образцов на основе цельного молока (контроль 1), что обусловлено компонентным составом молочного жира пахты. Вместе с тем выявлено, что с увеличением температуры коагуляции вкусовые и ароматические показатели белковых продуктов улучшались и наблюдалось усиление сладкого вкуса. Напротив, использование температуры коагуляции (80 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ способствовало формированию невыраженных вкусовых и ароматических показателей и значительного отделения сыворотки при хранении продукта в упаковке.

Исходя из представленных исследований, полученных в ходе третьего этапа, установлено, что наиболее оптимальными технологическими параметрами проведения процесса термокислотной коагуляции белков молочного сырья явилась температура в диапазоне $85\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$, что способствует получению низколактозного мягкого сыра с высокими органолептическими характеристиками, хорошим влагоудержанием и стабильными физико-химическими показателями в процессе хранения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлена и научно обоснована эффективность применения пахты при изготовлении низколактозного мягкого сыра и технологические параметры его производства для расширения ассортимента термокислотных видов сыров с пониженным содержанием лактозы.

Получен мягкий сыр с пониженным содержанием лактозы до 1 %, массовой долей жира в сухом веществе не более 36 % и влаги не более 71 %, стабильными физико-химическими свойствами в процессе хранения и улучшенными органолептическими показателями, более

сливочным вкусом и ароматом, с наличием сладковатого привкуса, что не уступает существующим традиционным термокислотным сырам на основе цельного молока или пахты.

Исследован процесс гидролиза лактозы пахты и установлены его параметры при производстве низколактозного мягкого сыра на основе термокислотной коагуляции белковых компонентов. Научно обоснована продолжительность гидролиза лактозы пахты, которая составила не менее 9 ч при температуре $(4\pm 2)^\circ\text{C}$, при этом наиболее эффективным явилось проведение процесса ферментативного расщепления молочного сахара в сырье в течение 12 ч при температуре $(4\pm 2)^\circ\text{C}$, что способствует повышению степени гидролиза лактозы не ниже 80 % и формированию в продукте высоких и органолептических характеристик с проявлением сладковатого привкуса.

Изучены особенности и установлены оптимальные параметры проведения процесса термокислотной коагуляции белков молочного сырья в технологии производства низколактозного мягкого сыра. Установлено, что для получения мягкого сыра из пахты с пониженным содержанием лактозы необходимо применять температурные режимы термокислотной коагуляции белков не ниже 85°C в течение 3–5 мин, что способствует более полному осаждению белково-жировой фракции пахтовой смеси и получению готового продукта с высокими органолептическими характеристиками, хорошим влагоудержанием и стабильными физико-химическими показателями в процессе хранения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Зобкова, З. С. Выбор белковых ингредиентов, обогащающих и модифицирующих структуру кисломолочных напитков / З. С. Зобкова, Т. П. Фурсова, Д. В. Зенина // Актуальные вопросы индустрии напитков. – 2018. – В. 2. – С. 64–69.
- 2 Шингарева, Т. И. Применение микропартикулята сывороточных белков в технологии мягких сыров без созревания / Т. И. Шингарева [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2022. – № 1 (32). – С. 3–16.
- 3 Мироненко, И. М. Особенности технологии производства термокислотных натуральных сычужных сыров / И. М. Мироненко // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 2. – С. 101–108.
- 4 Купцова, О.И. Изучение эффективности применения пахты при создании низколактозного мягкого сыра геронтологической направленности / О. И. Купцова, Ю. Ю. Чеканова, А. В. Кобель // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр., 2023 / РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; редкол.: Г. В. Гусаков (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2024. – № 18. – С. 165–174.
- 5 Мироненко, И. М. Особенности выработки термокислотных сыров / И. М. Мироненко // Сыроделие и маслоделие. – 2014. – № 3. – С. 52–54.
- 6 Вистовская, В. П. Влияние различных коагулянтов и температуры на показатели подсырной сыворотки, полученной термокислотным способом / В. П. Вистовская, С. А. Вахрушева, И. М. Мироненко // Известия АлтГУ. – 2013. – № 3 (79). – С. 23–26.
- 7 Ефимова, Е. В. Технологические особенности использования сухих микропартикулированных белков для производства белковых продуктов из пахты / Е. В. Ефимова, С. И. Вырина, М. М. Шлемен, Е. М. Дмитрук // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2017. – № 12. – С. 77–85.
- 8 Валялкина, Е. М. Использование пахты для производства мягких сыров / Е. М. Валялкина, Е. В. Ефимова, М. Т. Серебрянская // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2007. – № 2. – С. 61–67.
- 9 Валялкина, Е. М. Влияние гранулометрического состава и текстуры белков молока в микропартикулированной форме на их свойства / Е. М. Валялкина, Н. А. Прокопьев // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2011. – № 6. – С. 138–146.
- 10 Купцова, О. И. Пахта – биологически ценный сырьевой компонент в технологии сметаны / О. И. Купцова, Ю. Ю. Чеканова, Н. А. Павлистова, А. А. Павлюковец // Сыроделие и маслоделие. – 2022. – № 6. – С. 46–48.
- 11 Василькевич, А. И. Аспекты выделения и использования фосфолипидов пахты / А. И. Василькевич, О. В. Дымар // Пищевая промышленность: Наука и технологии. – 2020. – № 2. – С. 69–77.
- 12 Абделлатиф, С. С. Пахта: один из источников молочных минорных компонентов / С. С. Абделлатиф, Н. А. Тихомирова // Пищевые ингредиенты России 2019: сб. науч. тр. / ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН; под ред. С. В. Юрьевич [и др.]. СПб., 2019. – С. 6–9.
- 13 Мохаммед Эль Амине Хелеф. Безлактозные молочные продукты: перспективы производств / Мохаммед Эль Амине Хелеф, Ю. В. Голубцова, С. А. Иванова // Новые технологии. – 2022. – Т. 18. – № 3. – С. 94–105.
- 14 Oak, S. J. The effects of probiotics in lactose intolerance: A systematic review / S. J. Oak, R. Jha // Critical reviews

in food science and nutrition. – 2019. – № 59 (11). – P. 1675–1683.

15 Богданова, Н. М. Лактазная недостаточность и непереносимость лактозы: основные факторы развития и принципы диетотерапии / Н. М. Богданова // Медицина: теория и практика. – 2020. – Т. 4. – № 1. – С. 62–70.

16 Фефилова, Г. А. Исследование ферментативного гидролиза лактозы молока / Г. А. Фефилова, М. В. Харина // Материалы VI Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург, 2019. – С. 144–147.

17 Дымар, О. В. Перспективы использования гидролиза лактозы при производстве молочных продуктов / О. В. Дымар, И. Н. Скакун // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2010. – № 4. – С. 114–124.

18 Panteri, S. Determination of Carbohydrates in Lactose-Free / S. Panteri, R. Pavlovic, M. Castrica [et al.] // Dairy Products to Support Food Labelling. Foods. – 2021. – № 10 (6). – P. 1219.

19 Мироненко, И. М. Особенности выработки термокислотных сыров / И. М. Мироненко // Сыроделие и маслоделие. – 2014. – № 3. – С. 52–54.

Поступила в редакцию 11.05.2025 г.

ОБ АВТОРАХ:

Юлия Юрьевна Чеканова, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии молока и молочных продуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: chekanowa_07@mail.ru.

Зоя Васильевна Василенко, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, профессор кафедры технологии продукции общественного питания и мясопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: vzv0003@rambler.ru.

Михаил Александрович Глушаков, кандидат технических наук, доцент, директор ООО «Техносолекс-Проект», e-mail: glushakov_m_a@mail.ru.

Анастасия Васильевна Кобель, студент, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: kobel16@bk.ru.

ABOUT AUTHORS:

Yuliya Y. Chekanowa, PhD (Technical Sciences), Senior Lecturer, Department of Milk and Dairy Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: chekanowa_07@mail.ru.

Zoja V. Vasilenko, Doctor of Technocal Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus, Professor of the Department of the Technology of Food Processing and Meat Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: vzv0003@rambler.ru.

Mikhail A. Glushakov, PhD (Technical Sciences), Associate Professor, Director ООО “Technosolex-Project” e-mail: glushakov_m_a@mail.ru.

Anastasia V. Kobel, student, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, email: kobel16@bk.ru.