

УДК 637.352

## ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА И ПРОПИОНОВОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ НА КАЧЕСТВО И СРОК ГОДНОСТИ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО МЯГКОГО СЫРА ИЗ ПАХТЫ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЛАКТОЗЫ

Ю. Ю. Чеканова, О. И. Купцова, З. В. Василенко, А. В. Кобель

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

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Актуальность: снижение лактозы и обогащение пробиотической микрофлоры – важные тренды при создании конкурентоспособных мягких сыров с улучшенными пищевой и функциональной характеристиками. Цель исследования – апробировать технологию низколактозного термокислотного мягкого сыра на основе пахты, обогащённого пропионовокислыми бактериями, и обосновать регламент его внедрения в производство с установлением режимов хранения и сроков годности. Научная задача – выявить влияние пахты и пропионовокислой микрофлоры на микробиологическую, физико-химическую и органолептическую стабильность низколактозного термокислотного сыра при стандартных и провокационных температурных условиях хранения; установить срок годности ферментированного мягкого сыра из пахты с пониженным содержанием лактозы.

**Материалы и методы.** Исследовали контрольный мягкий сыр из цельного молока и опытный – из пахты с пониженным содержанием лактозы и добавлением пропионовокислых бактерий. Применялись стандартные микробиологические, физико-химические и органолептические методы; хранение – при  $(4\pm 2)$  °С и «стресс-тест» при  $(10\pm 2)$  °С.

**Результаты.** Обогащение сыров пропионовокислой микрофлорой при использовании пахты обеспечило улучшение микробиологической и сенсорной устойчивости: при режиме  $(4\pm 2)$  °С сохранены улучшенные показатели качества до 50 суток (наблюдения), при «стресс-тесте» – до 5 суток. На основе полученных данных обоснован производственный срок годности – не более 25 суток при  $(4\pm 2)$  °С с двукратным коэффициентом запаса.

**Заключение.** Применение пахты и пропионовокислой микрофлоры позволяет получить конкурентоспособный низколактозный мягкий сыр с высокими показателями качества и обоснованным сроком годности, пригодный для промышленного внедрения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *мягкий сыр; пахта; сырьевой ресурс; лактоза; пропионовокислые микроорганизмы, пробиотическая микрофлора, хранимоспособность, стойкость свойств.*

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Чеканова, Ю. Ю. Влияние компонентного состава и пропионовокислых бактерий на качество и срок годности ферментированного мягкого сыра из пахты с пониженным содержанием лактозы / Ю. Ю. Чеканова, О. И. Купцова, З. В. Василенко, А. В. Кобель // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – № 2 (39). – С. 69–79.

## INFLUENCE OF COMPONENT COMPOSITION AND PROPIONIC ACID BACTERIA ON THE QUALITY AND SHELF LIFE OF FERMENTED SOFT BUTTERMILK CHEESE WITH REDUCED LACTOSE CONTENT

Yu. Yu. Chekanowa, O. I. Kuptsova, Z. V. Vasilenko, A. V. Kobel

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

### ABSTRACT

**Introduction.** The study addresses key industry trends – lactose reduction and probiotic microflora enrichment in developing competitive soft cheeses with superior nutritional and functional properties. The purpose is to validate technology for low-lactose thermo-acid soft cheese from buttermilk enriched with propionic bacteria, and establish storage conditions and shelf life for industrial production. The scientific aim is to assess the impact of buttermilk and propionic microflora on the microbiological, physicochemical and organoleptic stability of low-lactose thermal acid cheese under standard and provocative temperature storage conditions;

establish the shelf life of fermented soft buttermilk cheese with a reduced lactose content.

**Materials and methods.** Control soft cheese from whole milk and experimental low lactose buttermilk cheese with added propionic acid bacteria were evaluated using standard microbiological, physicochemical, and organoleptic methods. Storage tests were conducted at  $(4\pm 2)$  °C, and "stress test" at  $(10\pm 2)$  °C.

**Results.** Enrichment with propionic microflora improved microbiological and sensory stability in buttermilk cheese: high-quality parameters were maintained for up to 50 days at  $(4\pm 2)$  °C, and up to 5 days under "stress test". Based on the obtained data, the industrial shelf life of no more than 25 days was established at  $(4\pm 2)$  °C, with a two-fold safety factor being applied.

**Conclusions.** The combination of buttermilk and propionic acid microflora enables production of competitive, high-quality low-lactose soft cheese with a scientifically justified shelf life, suitable for commercial scale-up.

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

**FOR CITATION:** Chekanowa, Yu. Yu. Influence of component composition and propionic acid bacteria on quality and shelf life of fermented soft buttermilk cheese with reduced lactose content / Yu. Yu. Chekanowa, O. I. Kuptsova, Z. V. Vasilenko, A. V. Kobel // Bulletin of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – № 2 (39). – P. 69–79.

## ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь ассортимент белковых продуктов постоянно расширяется и в основном представлен творогом и творожными изделиями, твердыми и полутвердыми сырами, творожными мягкими сырами. При этом все больше набирают популярность среди потребителей всех возрастных категорий мягкие сыры на основе термокислотной коагуляции белков молока, обладающие сбалансированным составом по белковым составляющим и хорошими потребительскими свойствами. В настоящее время на рынке преимущественно представлены термокислотные сыры Рикотта, также в небольшом количестве сыры типа Адыгейский.

В настоящее время производство последних основано на традиционных технологиях с применением термокислотной коагуляции белков молока цельного или нормализованного обезжиренным молоком. В Белорусском государственном университете пищевых и химических технологий проводятся собственные исследования по расширению ассортимента термокислотных сыров типа Адыгейский за счет применения в качестве сырьевого ресурса пахты, снижения лактозы в готовом продукте и обогащения его пробиотической культурой [1–4].

Особую ценность пахта представляет как источник фосфолипидов, обладающих выраженными биологическими свойствами [5–7]. Фосфолипиды играют важную роль в нормализации жирового и холестерина обмена, задерживают развитие болезни Альцгеймера, подавляют развитие патогенных микроорганизмов в кишечнике человека, кроме того, являются источниками биологически ценных высокомолекулярных жирных кислот, таких как линолевая, линоленовая, арахидоновая, которые в значительном количестве содержатся в молочном жире пахты и обладают противосклеротическими свойствами. Из фосфолипидов наибольшее значение имеет лецитин, он находится в пахте в наиболее активной форме, так как связан с белком, образуя белково-лецитиновый комплекс. Минеральный состав пахты содержит около 75 % минеральных веществ молока. В пахте обнаружены как макро-, так и микроэлементы, выполняющие разносторонние функции в организме человека. Витаминный состав пахты в большей степени представлен водорастворимыми витаминами, которые играют важную роль в формировании пищевых свойств продукции. Особенно много в пахте содержится холина, обладающего выраженными антисклеротическими свойствами. Наряду с этим пахта обладает также антиоксидантной активностью, что обусловлено, прежде всего, фосфолипидами, в частности лецитином,

витаминами А, С, Е, В, сульфгидрильными группами. Кроме того, пахта является более дешевым сырьевым ресурсом, и ее использование позволит снизить также себестоимость готовой продукции, что имеет немаловажное значение для потребителей всех возрастных категорий.

На сегодняшний день все чаще у людей старших возрастных групп наблюдается лактазная недостаточность, связанная с неспособностью организма переварить и усвоить лактозу, что впоследствии сопровождается абдоминальной болью, вздутием живота, метеоризмом, флатуленцией и диареей [8]. Кроме того, под влиянием токсических метаболитов, образующихся в кишечнике в процессе бактериальной ферментации лактозы условно-патогенными микроорганизмами, могут наблюдаться слабость, потливость, тахикардия, озноб, аритмия, головные боли, ухудшение памяти, боли в мышцах и суставах, проявление аллергии и язвы слизистых [9].

Известно, что для получения ферментированных молочных продуктов с пробиотическими свойствами могут быть использованы бактериальные культуры пробиотических микроорганизмов. Наряду с широко известными пробиотическими микроорганизмами, такими как бифидобактерии, мезофильные и термофильные молочнокислые палочки, стоит выделить пропионовокислые бактерии *Propionibacterium freudenreichii*. Пропионовокислые микроорганизмы обладают уникальными иммуностимулирующими и антимуtagenными свойствами, они приживаются в кишечнике человека, стимулируют рост собственных лакто- и бифидобактерий и являются продуцентами витамина В<sub>12</sub> [10].

В Республике Беларусь традиционно приоритетное место среди молочных продуктов с пониженным содержанием лактозы принадлежит жидкой кисломолочной продукции, в том числе обогащенной бифидобактериями, например «Активил», «Бифитат», «БиоFit кефирный», «Кефир «Твоя кружка»» и т.д.

Известны исследования российских ученых по изучению влияния пробиотических микроорганизмов и прегастральной липазы на органолептические и биохимические показатели мягкого сыра, изготовленного термокислотным способом из смеси молока и пахты. В качестве пробиотической микрофлоры применяли *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*. Представленные результаты научной работы показывают, что применение пахты в составе молочной смеси в оптимальном соотношении, а также внесение липазы способствуют получению продукта с наилучшими физико-химическими показателями и максимальной оценкой по органолептическим характеристикам [11].

При этом применение пропионовокислых бактерий невелико. Например, *Propionibacterium freudenreichii* применяются при производстве твердых сыров на основе сычужной коагуляции для формирования рисунка (крупных глазков правильной круглой формы), а также вкуса и аромата.

Стоит отметить, что для получения высококачественного конкурентоспособного продукта важным аспектом является его стойкость при хранении. Так, применение в качестве сырьевого ресурса пахты вследствие высокого содержания фосфолипидов, богатых полиненасыщенными жирными кислотами, которые в первую очередь подвергаются интенсивным процессам гидролиза и окисления, по-разному может отразиться на показателях качества мягкого сыра в процессе хранения. Лактоза, которая является основным источником питания микроорганизмов, также играет важную роль в стойкости молочной продукции, поэтому ее снижение в мягком сыре вероятно будет положительно влиять на его хранимостепособность. Бактериальные пробиотические закваски отличаются по ряду признаков, включая видовой состав микрофлоры, соотношение видовых групп (штаммов), разную чувствительность к температурному фактору и др., что может оказывать существенное влияние на стойкость и хранение белкового продукта.

Однако в связи с отсутствием научных данных отечественных и зарубежных исследователей в области изучения качественных показателей низколактозного сыра, изготавливаемого термокислотным способом из пахты и обогащенного пропионовокислыми бактериями, и влияния их на хранимоспособность белкового продукта, представляло интерес изучить основные параметры изменения его свойств и стойкости при хранении.

Цель исследования – апробировать технологию низколактозного термокислотного мягкого сыра на основе пахты, обогащённого пропионовокислыми бактериями, и обосновать регламент его внедрения в производство с установлением режимов хранения и сроков годности.

Научная задача – выявить влияние пахты и пропионовокислой микрофлоры на микробиологическую, физико-химическую и органолептическую стабильность низколактозного термокислотного сыра при стандартных и провокационных температурных условиях хранения; установить срок годности ферментированного мягкого сыра из пахты с пониженным содержанием лактозы.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выбор правильного температурного режима хранения мягкого сыра способствует сохранению его качественных показателей в течение длительного периода. Стандартным режимом хранения белковых продуктов является температура  $(4\pm 2)$  °С, которая по ряду причин может нарушаться, и, прежде всего, уязвимым местом являются торговые сети, в частности в летние времена года, что впоследствии может оказывать влияние на качество и безопасность готовой продукции. В связи с чем хранение исследуемых образцов осуществляли в течение 60 суток с учетом коэффициента запаса в 2 раза в стандартном температурном режиме  $(4\pm 2)$  °С и провокационном «стресс-тест» режиме при  $(10\pm 2)$  °С. Точками контроля явились свежесвыработанные образцы мягкого сыра, а также образцы на 5-е, 25-е, 50-е, 60-е сутки хранения. Длительность хранения исследуемых образцов обоснована тем, что на сегодняшний день сыры типа Адыгейский имеют срок годности 25–30 суток.

В качестве исследуемых контрольных образцов выступали традиционный мягкий сыр на основе цельного молока (контроль), в качестве опытных – термокислотный мягкий сыр из пахты с пониженным содержанием лактозы и обогащенный пропионовокислыми бактериями (опыт).

Основной технологический процесс производства опытных образцов мягкого сыра был основан на традиционной технологии производства сыра «Адыгейский». Согласно ранее проведенным рекогносцировочным исследованиям для снижения содержания лактозы в готовом продукте пахту подвергали ферментативному гидролизу в течение не менее 12 ч при температуре  $(4\pm 2)$  °С ферментным препаратом микробного происхождения β-галактозидазы NolaFit 5500, производитель Chr.Hansen (Дания), микроорганизм-продуцент *Kluuveromyces lactis*, активность 5500 BLU/мл, что способствовало повышению степени гидролиза молочного сахара не ниже 85 % и формированию в мягком сыре высоких органолептических характеристик с проявлением сладковатого привкуса [1, 12].

Процесс обогащения мягкого сыра пропионовокислыми бактериями осуществляли следующим способом: полученный низколактозный мягкий сыр на основе термокислотной коагуляции белков пахты после процесса самопрессования ферментировали в специально созданной среде, основу которой составляла термокислотная подсырная сыворотка титруемой кислотностью не более 26 °Т, заквашенная чистыми культурами пробиотической глубокозамороженной закваски F-DVS PS-50 (*Propionibacterium freudenreichii ssp.*) производства Chr. Hansen A/S, активностью 500 U на 5000–25000 л смеси. При этом кислотность среды ферментации после внесения обогащающих микроорганизмов находилась в диапазоне (100–110) °Т. Согласно научным данным, представленным в литературе и

собственным исследованиям, которые позволили установить оптимальный режим ферментации, данный процесс осуществляли при температуре  $(20 \pm 1)$  °С в течение  $(24 \pm 1)$  ч [13].

В процессе хранения в стандартных и провокационных температурных условиях в опытных и контрольных образцах изучали динамику изменения количества дрожжей и плесневых грибов ГОСТ 9225 в зависимости от изменения активности воды, определяемой на анализаторе «HygroLab C1» согласно рекомендациям фирмы-изготовителя, содержание пропионовокислых бактерий ГОСТ Р 56139-2014, перекисного числа по ГОСТ ISO 3960-2020, показателей титруемой и активной кислотности по ГОСТ 3624, вкусовых и ароматических характеристик сенсорным методом.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что пропионовокислые бактерии растут в пределах температуры  $(15-40)$  °С с оптимумом  $(30 \pm 1)$  °С и рН около 6,0–7,0<sup>1</sup> [14]. При этом имеются данные, что рост этих микроорганизмов может происходить и при более низкой температуре (до минус 10 °С), а при снижении активной кислотности ниже 4,5 ед. рН возможно замедление роста пробиотических бактерий [14].

Изменение количества пропионовокислых бактерий и активной кислотности в мягком сыре из пахты в процессе хранения при температуре  $(4 \pm 2)$  °С и в режиме «стресс-тест»  $(10 \pm 2)$  °С представлено в таблице 1.

**Табл. 1.** Изменение пропионовокислых микроорганизмов и активной кислотности низколактозного мягкого сыра из пахты в процессе хранения

**Table 1.** Change in propionic acid microorganisms and active acidity of low-lactose soft buttermilk cheese during storage

Исследуемый показатель	Продолжительность хранения, сут			
	0	25	50	60
$(4 \pm 2)$ °С				
Количество <i>Propionibacterium freudenreichii</i> , КОЕ/г	$10^8$	$10^8$	$10^6$	$10^6$
Активная кислотность, ед. рН	5,99	5,88	5,27	5,14
$(10 \pm 2)$ °С				
Количество <i>Propionibacterium freudenreichii</i> , КОЕ/г	$10^8$	$10^8$	$10^7$	$10^6$
Активная кислотность, ед. рН	5,99	5,97	5,91	5,85

Установлено (таблица 1), что пропионовокислые бактерии развивались лучше в мягком сыре, хранение которого осуществлялось при провокационной температуре  $(10 \pm 2)$  °С в сравнении со стандартным режимом при  $(4 \pm 2)$  °С, что также коррелировало с изменением активной кислотности, показатели которой были выше в образцах, хранившихся в условиях «стресс-теста». При этом на конец исследуемого периода количество *Propionibacterium freudenreichii* в низколактозном мягком сыре из пахты, независимо от температурных условий, составило не ниже  $10^6$  КОЕ/г.

Объективной, физико-химически, термодинамически и микробиологически обоснованной характеристикой состояния влаги в пищевых, в том числе молочных продуктах, определяющей свойства и их стойкость при хранении, является интегральный показатель состояния влаги в продукте – активность воды  $a_w$  [15].

<sup>1</sup> ГОСТ Р 56139-2014 Продукты пищевые функциональные. Методы определения и подсчета пробиотических микроорганизмов – Введ. 01.01.16. – М.: Стандартинформ, 2015. – 29 с.

Зависимость изменения активности воды от микробиологических показателей и температуры хранения мягких сыров представлена в таблице 2.

Согласно данным в таблице 2, активность воды всех исследуемых опытных и контрольных образцов мягких сыров составляла не ниже 0,9. При этом в процессе хранения, независимо от температурных режимов, активность воды снижалась. Вместе с тем показатели активности воды мягких сыров, хранение которых осуществлялось в стандартном температурном режиме (4±2) °С в течение 60 суток были выше в сравнении с образцами, которые хранились в режиме «стресс-тест» при (10±2) °С в течение 25 суток. Это обусловлено тем, что при хранении молочных продуктов в нестандартных температурных режимах в большей степени создаются благоприятные условия для развития бактерий, в том числе микроорганизмов порчи.

Определено, что в процессе хранения опытных и контрольных образцов мягких сыров в стандартном температурном режиме (4±2) °С в течение 60 суток и нестандартных условиях при (10±2) °С в течение 25 суток со снижением активности воды наблюдалось увеличение количества дрожжей и плесневых грибов. Однако в мягких сырах, хранение которых осуществлялось при температуре (4±2) °С, количество дрожжей на 60 сутки не превышало 50 КОЕ/г, а плесневых грибов – 100 КОЕ/г. Напротив, при хранении исследуемых опытных и контрольных образцов в нестандартных условиях в режиме «стресс-тест» при (10±2) °С на 25 сутки количество дрожжей и плесневых грибов превысило 100 КОЕ/г, что также отразилось и на ухудшении органолептических показателей термокислотных сыров.

**Табл. 2.** Зависимость изменения активности воды от микробиологических показателей и температуры хранения мягких сыров

**Table 2.** Dependence of changes in water activity on microbiological indicators and storage temperature of soft cheeses

Исследуемый показатель	Контроль (Мягкий сыр из цельного молока)		Опыт (Низколактозный мягкий сыр из пахты, обогащенный пробиотиками)	
	(4±2) °С	(10±2) °С	(4±2) °С	(10±2) °С
<b>0-е сутки хранения</b>				
$a_w$	0,955		0,959	
Дрожжи, КОЕ/г	не обнаружены		не обнаружены	
Плесени, КОЕ/г	не обнаружены		не обнаружены	
<b>5-е сутки хранения</b>				
$a_w$	0,953	0,951	0,956	0,956
Дрожжи, КОЕ/г	не обнаружены	50	не обнаружены	40
Плесени, КОЕ/г		35		40
<b>25-е сутки хранения</b>				
$a_w$	0,952	0,947	0,956	0,950
Дрожжи, КОЕ/г	не обнаружены	более 100	не обнаружены	более 100
Плесени, КОЕ/г		более 100		более 100
<b>50-е сутки хранения</b>				
$a_w$	0,946	–	0,949	–
Дрожжи, КОЕ/г	не обнаружены		не обнаружены	
Плесени, КОЕ/г		не обнаружены	не обнаружены	
<b>60-е сутки хранения</b>				
$a_w$	0,944	–	0,967	–
Дрожжи, КОЕ/г	28		12	
Плесени, КОЕ/г	6		не обнаружены	

Динамика изменения перекисного числа, титруемой и активной кислотности мягких сыров

в процессе хранения при температуре  $(4\pm 2)$  °С и в режиме «стресс-тест»  $(10\pm 2)$  °С представлена в таблице 3.

Окисление молочного жира и фосфолипидов молочных продуктов происходит под действием ферментов, но чаще всего обусловлено химическим путем – влияние кислорода воздуха и света. Окислению подвергается в первую очередь свободный жир, не защищенный оболочкой, а из жирных кислот преимущественно окисляются ненасыщенные. Под окислением жира следует понимать его глубокий распад с образованием перекисей (пероксидов), альдегидов, кетонов, оксикислот и других соединений, которые очень часто приводят к снижению биологической ценности продуктов и вызывает их порчу за счет появления нежелательных привкусов и запахов [16].

Определено (таблица 3), что во всех исследуемых образцах термокислотного сыра из цельного молока (контроль) и низколактозного мягкого сыра из пахты, обогащенного пропионовыми кислотными бактериями (опыт), при хранении в течение 50 суток в стандартном режиме до 6 °С интенсивность окисления ненасыщенных жирных кислот была незначительной, что не оказывало существенного влияния на качественные показатели готовой продукции. При последующем хранении на 60 сутки для опытных и контрольных образцов было характерно наличие кислого вкуса и аромата. Вместе с тем установлено менее интенсивное окисление ненасыщенных жирных кислот в опытных образцах мягкого сыра с пониженным содержанием лактозы, обогащенных пробиотической микрофлорой, по сравнению с контрольными образцами термокислотного сыра. Напротив, при хранении исследуемых образцов в нестандартных условиях при температуре до 12 °С, начиная с 5-х суток, наблюдалось увеличение окислительной порчи молочного жира, что также отражалось на органолептических свойствах продукции. При этом на 25 сутки для опытных и контрольных образцов мягких сыров было характерно наличие посторонних привкусов и запахов.

**Табл. 3.** Физико-химические показатели мягкого сыра в процессе хранения

**Table 3.** Physical and chemical parameters of soft cheese during storage

Исследуемый показатель	Контроль		Опыт	
	$(4\pm 2)$ °С	$(10\pm 2)$ °С	$(4\pm 2)$ °С	$(10\pm 2)$ °С
0-е сутки хранения				
Перекисное число, ммоль $O_2$ /кг жира	0,0254		0,0126	
Титруемая кислотность, °Т	53		54	
Активная кислотность, ед.рН	6,07		5,99	
5-е сутки хранения				
Перекисное число, ммоль $O_2$ /кг жира	0,0381	0,115	0,0242	0,113
Титруемая кислотность, °Т	60	70	62	78
Активная кислотность, ед.рН	6,06	6,06	5,95	5,99
25-е сутки хранения				
Перекисное число, ммоль $O_2$ /кг жира	0,0405	0,508	0,0249	0,503
Титруемая кислотность, °Т	64	145	66	150
Активная кислотность, ед.рН	6,03	6,05	5,88	5,97
50-е сутки хранения				
Перекисное число, ммоль $O_2$ /кг жира	0,0445	–	0,0382	–
Титруемая кислотность, °Т	70		74	
Активная кислотность, ед.рН	5,99		5,27	
60-е сутки хранения				
Перекисное число, ммоль $O_2$ /кг жира	0,1508	–	0,1396	–
Титруемая кислотность, °Т	90		95	
Активная кислотность, ед.рН	5,93		5,14	

Представленные в таблице 3 данные свидетельствуют о повышении титруемой и понижении активной кислотности во всех исследуемых образцах мягких сыров в процессе хранения в течение 60 суток хранения в стандартных условиях при  $(4\pm 2)$  °С и провокационном «стресс-тест» режиме при  $(10\pm 2)$  °С в течение 25 суток.

Отмечено, что в контрольных образцах термокислотного сыра из цельного молока (контроль) и опытных образцах обогащенного низколактозного мягкого сыра из пахты (опыт), хранение которых осуществлялось при температуре до 6 °С, титруемая кислотность находилась в пределах 50–80 °Т в течение 50 суток. При этом на 60 сутки хранения показатели титруемой кислотности исследуемых образцов превышали 90 °Т, что отразилось на вкусовых и ароматических показателях мягких сыров. Для белковых продуктов при хранении в «стресс-тест» режиме до 12 °С показатели титруемой кислотности на 25 сутки хранения превысили 100 °Т, что коррелировало с их вкусовыми и ароматическими показателями. При этом в контрольных и опытных образцах на 60 и 25 сутки при хранении в стандартном и провокационном режиме соответственно, наблюдались выраженные кислый вкус и аромат.

Активная кислотность в течение 60 суток хранения при температуре до 6 °С и 25 суток при температуре до 12 °С всех исследуемых образцов мягких сыров изменялась незначительно. К концу исследуемого периода времени при температуре до 6 °С на 60 сутки показатели активной кислотности опытных и контрольных образцов находились в среднем на уровне 4,7–5,0 ед. рН, при температуре до 12 °С на 25 сутки – в среднем на уровне около 6,0 ед. рН.

Анализ органолептических показателей опытных и контрольных образцов при хранении в разных температурных условиях показал, что свежесыворотанные образцы мягкого сыра (опыт, контроль) и при последующем хранении до 25 суток при температуре до 6 °С характеризовались высокими органолептическими показателями. При этом для опытных образцов низколактозных мягких сыров на основе термокислотной коагуляции белков пахты, обогащенных пробиотической микрофлорой, в сравнении с контрольными образцами термокислотного сыра из молока цельного было характерно наличие сладкого вкуса, обусловленного гидролизом молочного сахара, более сливочного привкуса за счет применения в качестве сырья пахты и обогащающего компонента пропионовокислых бактерий. На 50 сутки хранения все исследуемые образцы были пригодны к употреблению, однако характеризовались удовлетворительной органолептической оценкой, что обосновано проявлением кисловатого вкуса и незначительным отделением сыворотки в упаковке. На 60 сутки хранения контрольные образцы термокислотного сыра из цельного молока и опытные образцы обогащенного низколактозного мягкого сыра из пахты были не пригодны для употребления в связи с неудовлетворительной оценкой, обусловленной значительным отделением сыворотки, проявлением кислого вкуса и аромата.

При хранении мягких сыров в провокационном температурном «стресс-тест» режиме до 12 °С на 5 сутки исследуемые опытные и контрольные образцы обладали наличием кисловатого привкуса и аромата и незначительным отделением сыворотки, а на 25 сутки для них были характерны посторонние привкусы и ароматы, а также кислый привкус, за что образцы получили неудовлетворительную оценку.

На основании комплексных исследований микробиологических, физико-химических и органолептических показателей термокислотных мягких сыров на основе сырья разного компонентного состава в процессе хранения выявлено, что низколактозный мягкий сыр из пахты, обогащенный пропионовокислой микрофлорой, характеризовался высокими показателями качества при хранении в стандартном температурном режиме  $(4\pm 2)$  °С в течение 50 суток и режиме «стресс-тест» при  $(10\pm 2)$  °С не более 5 суток. Полученные результаты позволили установить срок годности мягкого сыра на основе термокислотной коагуляции пахты с пониженным содержанием лактозы и применением пробиотической культуры, который составил 25 суток, с учетом коэффициента запаса в 2 раза, при температуре  $(4\pm 2)$  °С, что не уступает традиционному термокислотному сыру из молока цельного.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованы показатели качества и стойкости при хранении низколактозного мягкого сыра на основе термокислотной коагуляции белков пахты, обогащенного пропионовокислыми бактериями, в стандартных и провокационных температурных условиях.

Проведённые исследования позволили установить закономерности формирования качества и устойчивости при хранении низколактозного термокислотного мягкого сыра, произведённого на основе пахты и обогащённого пропионовокислой микрофлорой. Определены изменения активности воды, микробиологических показателей (пропионовокислых бактерий, дрожжей и плесневых грибов), перекисного числа, титруемой и активной кислотности, а также органолептических характеристик в сравнении с традиционным термокислотным сыром из цельного молока при стандартных ( $4\pm 2$ ) °С и провокационных ( $10\pm 2$ ) °С режимах хранения.

Использование пахты как сырьевого компонента и пропионовокислой культуры как обогащающего фактора способствует улучшению микробиологической стабильности и сохранению сенсорных свойств в течение длительного периода. Продукт сохраняет высокие показатели качества до 50 суток при температуре ( $4\pm 2$ ) °С и до 5 суток в «стресс-тесте» при ( $10\pm 2$ ) °С, не уступая образцам мягкого сыра из традиционного молочного сырья. На основе результатов установлено, что производственный срок годности низколактозного мягкого сыра, обогащённого пропионовокислой микрофлорой, должен составлять не более 25 суток при температуре ( $4\pm 2$ ) °С с учётом коэффициента запаса 2.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования представленных данных для разработки технологических регламентов, оптимизации режимов хранения и внедрения в производство конкурентоспособного низколактозного мягкого сыра с пробиотическими свойствами. Полученные результаты могут быть рекомендованы предприятиям молочной промышленности при переходе на расширенное использование пахты как функционального молочного ресурса.

Научный вклад работы состоит в уточнении влияния пропионовокислой микрофлоры и сырьевого состава на микробиологическую, физико-химическую и сенсорную стабильность мягких сыров, а также в обосновании методического подхода к расчёту срока годности с учётом стрессовых условий хранения.

## ЛИТЕРАТУРА

- 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.
- Купцова, О. И. Исследование возможности применения пахты при производстве низколактозного белкового продукта для питания людей пожилого и старческого возраста / О. И. Купцова, Ю. Ю. Чеканова, В. А. Грачева // Сборник тезисов III Международного Симпозиума «Пищевые технологии», посвященного 90-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ, основателя научной школы Льва Александровича Остроумова (20-21 сентября 2024 г., г. Кемерово. Кемеровский государственный университет) / Под общей редакцией А. Ю. Просекова. Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2024. – С. 279–283.
- Чеканова, Ю. Ю. Разработка технологических параметров производства низколактозного мягкого сыра на основе термокислотной коагуляции белков пахты / Ю. Ю. Чеканова, О. И. Купцова, А. В. Кобель // Материалы XVI Междунар. науч.-техн. конф., 17–18 апреля 2025 г., в 2-х т., Могилев / Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий»; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев: БГУТ, 2025. – Т. 1 – С. 362–363.
- 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.
- 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.
6. 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.
7. Абделлатыф, С. С. Пахта: один из источников молочных минорных компонентов / С. С. Абделлатыф, 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.
8. 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.
9. Matthews, S. B. Systemic lactose intolerance: a new perspective on an old problem / S. B. Matthews, J. P. Waud, A. G. Roberts, A. K. Campbell // Postgrad Med. – 2005. – № 81. – P. 167–73.
10. Богданова, Л. Л. Выделение пропионовокислых бактерий и характеристика из физиолого-биохимических и производственно-ценных свойств / Л. Л. Богданова, С. Л. Василенко, Д. П. Бажанов, К. К. Яцевич, Н. И. Петрушеня, Л. В. Сафроненко // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2009. – № 4. – С. 48–61.
11. Стурова, Ю. Г. Влияние пробиотических культур и липолитических ферментов на свойства молочного продукта в разрабатываемой биотехнологии сыра / Ю. Г. Стурова, А. В. Гришкова, В. В. Коньшин // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. – 2021. Т. 11. – № 2. – С. 290–298.
12. Купцова, О. И. Установление параметров гидролиза лактозы молочно-пахтовых смесей при производстве низколактозного мягкого сыра геронтологической направленности / О. И. Купцова, Ю. Ю. Чеканова, А. В. Кобель // Передовые достижения науки в молочной отрасли: сб. науч. тр. по результатам работы VI Международной научно-практической конференции, посвященной дню рождения Н. В. Верещагина; редкол.: В. В. Сувор [и др.]. – Вологда-Молочное: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2024. – Ч.1 – С. 203–208.
13. Купцова, О. И. Анализ применения пробиотической культуры при производстве низколактозного мягкого сыра для здорового питания / О. И. Купцова, Ю. Ю. Чеканова, А. В. Кобель // Материалы Международной научно-практической конференции «Наука и технологии устойчивого развития современного общества» (Бухара, 25–26 апреля 2025 года). – Бухара: Бухарский государственный технический университет, 2025. – С. 4–5.
14. Бегунова, А. В. Молочнокислые и пропионовокислые бактерии: формирование сообщества для получения функциональных продуктов с бифидогенными и гипотензивными свойствами / А. В. Бегунова, И. В. Рожкова, Е. А. Зверева, О. А. Глазунова, Т. В. Фёдорова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2019. – Т. 55 – № 6. – С. 1–12.
15. Тихомирова, Н. А. Зависимость показателя активности воды молочных продуктов от их состава / Н. А. Тихомирова, С. И. Рогов, М. М. Чураков // Вестник МАХ. – Раздел 2. Пищевые технологии. – 2005. – № 4. – С. 36–38.
16. Донская, Г. А. Перекисное окисление липидов и термообработка молока для приготовления кисломолочного продукта смешанного брожения // Г. А. Донская, Л. Г. Креккер, В. М. Дрожжин, Е. В. Колосова // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 5. – С. 226–233.

*Поступила в редакцию 28.11.2025 г.*

#### **ОБ АВТОРАХ:**

**Юлия Юрьевна Чеканова**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии молока и молочных продуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: chekanowa\_07@mail.ru.

**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.

**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.

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

#### **ABOUT AUTHORS:**

**Yulia Y. Chekanowa**, Ph.D., associate professor, department of milk and dairy products technology, Belarusian state university of food and chemical technologies, e-mail: chekanowa\_07@mail.ru.

**Olga I. Kuptsova**, Ph.D., associate professor, department, head of the department of milk and dairy products technology, Belarusian state university of food and chemical technologies, e-mail: ol.skokowa@yandex.by.

**Zoya V. Vasilenko**, Doctor of technical sciences, professor, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, professor of the department of technology of public catering and meat products, Belarusian state university of food and chemical technologies, e-mail: [vzv0003@rambler.ru](mailto:vzv0003@rambler.ru).

**Anastasia V. Kobel**, student, Belarusian state university of food and chemical technologies, e-mail: [kobel16@bk.ru](mailto:kobel16@bk.ru).