

ПАХТА ДЛЯ СЫРОДЕЛИЯ: ОГРАНИЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Ирина Леонидовна Остроухова, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, руководитель направления исследований по технологии сыра

E-mail: i.ostroukhova@fncps.ru

Елена Васильевна Топникова, заместитель директора по научной работе

E-mail: e.topnikova@fncps.ru

Юлия Сергеевна Сумеркина, инженер-исследователь направления исследований по технологии маслоделия

E-mail: yu.sumerkina@fncps.ru

Дмитрий Вячеславович Остроухов, научный сотрудник исследований по технологии сыра

E-mail: d.ostroukhov@fncps.ru

Игорь Тимофеевич Смыков, главный научный сотрудник

E-mail: i.smykov@fncps.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, г. Углич

Исследованы сыропригодные свойства пахты обычного состава и безлактозной, полученной при производстве масла методом сбивания сливок и преобразования высокожирных сливок. По сравнению с обезжиренным молоком для свертывания пахты (вне зависимости от применения ферментации лактозы) требуется в среднем в 4 раза больше молокосвертывающего фермента. Добавление хлористого кальция и наращивание кислотности позволяет существенно улучшить процесс свертывания. Сгустки из пахты имеют на 25 % меньшую условную вязкость, а сам сгусток получается более слабым и хлопьевидным. Пахта, выработанная методом преобразования высокожирных сливок, продемонстрировала большую «коагуляционную вялость» в сравнении с пахтой, выработанной методом сбивания сливок, что связано с меньшим содержанием белка и меньшей ее кислотностью. Проведены пробные выработки сыров из пахты, выработанной методом сбивания сливок, с использованием термокислотного и сычужно-кислотного свертывания. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования пахты в качестве основного сырья при выработке мягких сыров при дальнейшей оптимизации их состава и отработке технологии.

Ключевые слова: пахта, пахта безлактозная, сыр из пахты, термокислотная коагуляция, сычужно-кислотная коагуляция

Для цитирования: Пахта для сыроделия: ограничения и перспективы / И. Л. Остроухова, И. В. Топникова, Ю. С. Сумеркина [и др.] // Молочная промышленность. 2026. № 4. С. 66–76. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2026-4-98>

ВВЕДЕНИЕ

С физико-химической точки зрения пахта – это водная фаза сливок, образующаяся при выделении масляного зерна при производстве сливочного масла из коровьего молока. Она содержит все водорастворимые компоненты сливок, такие как молочный белок, лактозу и минеральные вещества [1]. Пахта включает составные части мембран жирового шарика молочного жира и содержит от 4 до 7 раз больше фосфолипидов, чем исходное молоко [2]. Фосфолипиды пахты являются основными компонентами природных мембран, амфифильные свойства которых определяют эмульгирующие свойства фосфолипидов. Они обусловлены одновременным наличием в молекуле гидрофильной «головки» и гидрофобного «хвоста» [3]. Интерес к молекулам фосфолипидов высок вследствие их положительного влияния на здоровье человека. Известно благоприятное воздействие фосфолипидов на профилактику воспалительных, сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [4–6].

Исследования [7, 8] показывают, что использование пахты при производстве полутвердых сыров приводит к увеличению времени свертывания молока молокосвертывающим ферментом и ухудшению синерезиса сырного зерна. Следствием этого является получение сыра с повышенной массовой долей влаги. Сыры, выработанные из молока, обогащенного фосфолипидами пахты, в любом возрасте имели мягкую консистенцию [7], повышенное содержание водорастворимого азота [8].

Добавление концентрированной пахты в количестве 5 % не оказало отрицательного влияния на вкус сыра Чеддер в возрасте 24 недель [7]. Добавление пахты при производстве сыра Чеддер привело к более гладкой, однородной белковой сетке с меньшими порами и более равномерному распределению жировых шариков и микроорганизмов в сырной матрице по сравнению с контрольным сыром [9].

*Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию FGUS 2024-008 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН.

В исследовании [10] был сделан вывод, что сыр типа Чеддер можно производить из пахты с содержанием жира 2,50 и 3,25 % с приемлемыми органолептическими свойствами. Другое исследование [11] показало, что сыр с добавлением пахты имеет повышенную ассоциацию с такими негативными свойствами, как ароматы «скотного двора, окисленный и в целом неприятные привкусы по сравнению с сырами, изготовленными из молока без добавления пахты. Сыр с пахтой имел излишнюю кислинку, более высокие уровни свободных жирных кислот, летучих соединений.

Исследования структуры и органолептических характеристик мягкого незрелого сыра с использованием пахты показали, что у него имеется большой потенциал для успешного вывода на рынок [12]. Мягкий сыр из пахты обладал высокими потребительскими качествами, благодаря несложной технологии этот продукт может быть легко внедрен в ассортимент молочных предприятий. Добавление до 5 % концентрированной пахты в смесь для изготовления низкожирной Моцареллы, позволило получить более нежную консистенцию [13]. B. Meghzili et al., оценивая использование пахты в качестве заменителя молока при производстве сыра Камамбер, пришли к выводу, что сыр, изготовленный из смеси молока и пахты, по физико-химическим и органолептическим свойствам идентичен контрольному сыру, приготовленному из коровьего молока [14]. В исследовании M. Bahrami и др. показано, что пахта может эффективно использоваться при производстве сливочного сыра. Оптимальное содержание пахты в молоке для производства сливочного сыра – 20–25 %. В этом диапазоне сливочный сыр отличался высоким выходом и приемлемым качеством [15].

В последние годы ассортимент низко- и безлактозных молочных продуктов значительно вырос, а технологии их производства постоянно совершенствуются [16]. В твердых и полутвердых сырах лактоза утилизируется в процессе созревания, превращаясь в молочную кислоту и другие продукты гликолиза. Содержание лактозы в твердых и сверхтвердых выдержанных сырах Грана Падано, Пармиджано Реджано и Пекорино Романо составляет менее 10 мг/кг [17, 18]. В мягких сырах содержание лактозы может составлять большую долю – от 2,0 до 2,5 %. Ферментация лактозы в этих сырах бывает затруднена по причине высокой кислот-

ности мягкого сыра и коротким сроком или отсутствием созревания. Мягкие сыры из низколактозного молока, в котором молочный сахар частично удален мембранными методами (до 15 %), начали выпускать в Республике Беларусь¹. Белорусскими учеными также изучалась возможность создания низколактозного сыра термокислотным свертыванием из пахты, топленого молока и из смеси пахты и топленого молока в различных пропорциях. Лактоза в смесях была предварительно подвергнута гидролизу β -галактозидазой. Выходными параметрами эксперимента служили: физико-химические показатели и органолептическая оценка. В качестве агента подкисления использовалась кислая сыворотка [19]. При этом не была дана цифровая оценка структурно-механических свойств сыра, не использовались в качестве подкислителей органические кислоты.

Таким образом, из сказанного выше можно заключить, что использование пахты при производстве сыров приводит к увеличению времени свертывания смеси молокосвертывающим ферментом; ухудшению синерезиса сырного зерна, как следствие, получению сыра с повышенной массовой долей влаги. Вкус сыров при созревании свыше 2 мес. может становиться неприятным с разнообразными привкусами – от излишне кислого до прогорклого и окисленного. Поэтому использование пахты в сыроделии при производстве полутвердых сыров носит ограниченный характер. Тем не менее пахта может успешно использоваться в технологиях низкожирных сыров для получения более нежной и мягкой консистенции, сыров для пиццы в целях снижения выделения свободного жира при выпекании, сливочных и творожных сыров без созревания, сыров с плесневой микрофлорой. Безлактозная пахта может найти применение в производстве сыров с функциональными свойствами, которые могут быть обеспечены отсутствием лактозы, наличием повышенного количества фосфолипидов и пониженным содержанием жира без ухудшения структурных характеристик продукта.

Целью работы явилось изучение способности пахты, в том числе безлактозной, к сычужному свертыванию; проведение пробных выработок сыров из пахты обычного состава методом термокислотного и сычужно-кислотного свертывания.

¹Технология получения безлактозного сыра [Электронный ресурс]. URL: <https://www.icct.by/rus/exh/plan/view.php?proid=93e8c340f302283bc3eb4db48cea20&lng=rus> (дата обращения: 12.05.2020).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования служили:

- пахта, полученная при изготовлении масла сливочного методом сбивания сливок (пахта СС) и методом преобразования высокожирных сливок (пахта ПВЖС);
- пахта лактозная, пахта безлактозная;
- обезжиренное молоко (обрат), полученное от сепарирования молока, отвечающего требованиям ГОСТ 31449-2013;
- сыр из пахты.

Пахту безлактозную получали от переработки в сливочное масло сливок, соответствующих требованиям ГОСТ 34355-2017, подвергнутых гидролизу β -галактозидазой. Для ферментации использовали фермент Biolactase L20 активностью 20 000 ед./мл, полученный с использованием штаммов-продуцентов *Kluyveromyces lactis* (производитель «Kerry Bio-Science», Ирландия) в оптимальных дозах [20] при температуре 5 ± 1 °C в течение 15 ± 1 ч. Пахту традиционного состава получали при переработке неферментированных сливок в масло.

В работе применяли следующие физико-химические методы исследований: массовая доля жира в пахте определялась по ГОСТ 5867–2023; массовая доля лактозы в пахте – методом капиллярного электрофореза по ГОСТ 33527–2015 с модификацией пробоподготовки исследуемых объектов с использованием системы «Капель-105М» (группа компаний «Люмэкс», Россия); массовая доля сухих веществ в пахте – по ГОСТ Р 54668-2011; массовая доля общего азота по Кьельдалю с пересчетом на массовую долю белка – по ГОСТ 23327-98; титруемая кислотность пахты – по ГОСТ Р 54669-2011; активная кислотность пахты – по ГОСТ 32892-2014.

Способность к свертыванию определяли по кружке ВНИИМС. Для постановки кружки ВНИИМС на 1 кг пахты вносили хлористый кальций в дозировке от 0 до 40 г безводной соли на 100 кг молока (от 0 до 1,0 см³ 40 % раствора CaCl₂); молочную кислоту в количестве, необходимом для изменения титруемой кислотности пахты от 18 до 22 °Т (от 0 до 3,2 см³ раствора 10 % молочной кислоты); раствор молоко-свертывающего ферментного препарата (МФП) – в количестве 10 см³ концентрацией 2,5 %.

Изменение вязкости при образовании сгустка из пахты под действием МФП оценивали по изменению его теплопроводности методом горячей проволоки (Hot Wire method) [21, 22]. При проведении иссле-

дований была использована специализированная система онлайн-контроля процесса кинетики гелеобразования, описанная в работе [23]. Определение вязкости образцов в процессе гелеобразования проводили непрерывно, при автоматической регистрации результатов наблюдений с интервалом 2 с. Для получения реограммы пахту и обезжиренное молоко в количестве 1 л нагревали до температуры 40 °C. Вносили хлористый кальций массовой концентрацией 400 г/дм³ в количестве 1 см³, молочную кислоту концентрацией 10 % в количестве 3,2 см³. Смесь перемешивали в течение 1 мин после давления каждого ингредиента. Молокосвертывающий фермент разводили дистиллированной водой при температуре 39 ± 1 °C за 10 мин до внесения в пахту / обезжиренное молоко. Раствор МФП вносили после урегулирования температуры, помещая пробу в пилотную установку для снятия параметров условной вязкости.

Синергетические свойства сгустков определяли, измеряя объем (в мл) выделившейся сыворотки из разрушенного сгустка и определив долю сыворотки от общего объема сгустка в %. Сгусток (40 мл) переносили в центрифужную пробирку с заворачивающейся крышкой, центрифугировали в лабораторной центрифуге в течение 20 мин с частотой вращения 6000 об/мин при 20 °C. В работе использовали лабораторную центрифугу марки ОПн-8УХЛ4.2 (ОАО ТНК «Дастан», Киргизия).

Твердость образцов сыра определяли на структурометре СТ-2 (ООО «Лаборатория качества», Россия) с использованием индентора Валента, представляющего собой сферический сегмент диаметром 16 мм и высотой 6 мм. Индентор погружали в сыр с постоянной скоростью 1 мм/с на глубину 3 мм, при температуре исследуемых сыров 22 ± 1 °C. В этот момент прибор фиксировал усилие (Н), по которому судили о твердости продукта.

Степень протеолиза определяли расчетным способом, основанным на анализе количественного соотношения водорастворимых фракций белка в сыре к общему количеству белка. Измерение массовой доли общего белка и водорастворимого белка осуществляется по стандартизированной методике на основе метода Кьельдаля.

Органолептическую оценку исследованных объектов (вкус и запах, цвет и консистенция, внешний вид) проводили группой аттестованных экспертов, входящих в состав дегустационной комиссии.

Эксперименты на видах пахты, полученных методами сбивания сливок и преобразования высокожирных сливок, проводились в идентичных условиях, не менее чем в трехкратной повторности. Статистическую обработку полученных данных и построение графиков проводили с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование сыропригодных свойств пахты. Физико-химические показатели пахты СС и пахты ПВЖС в сравнении с обезжиренным молоком-сырьем приведены в таблице 1, из которой видно, что по физико-химическому составу, за исключением содержания углеводов, пахта обычного состава и безлактозная не различаются. При этом лактоза в безлактозной пахте деградирована в глюкозу и галактозу.

Массовая доля казеинового белка в общем содержании белка в пахте обоих видов составила 83–85 %. Достаточно высокое содержание казеина в белке пахты, сравнимое с содержанием казеина в молоке-сырье, скорее всего, завышено, т. к. на анализ пахта поступала после тепловой обработки, которая проходила при достаточно высокой температуре (не менее 80 °С). Этот факт повлиял на образование конгломератов казеиновых и сывороточных белков. В осветленной сыворотке в результате оставалось меньше азота, это снижало измеренное количество сывороточного белка и увеличило долю казеинового белка в пахте.

Общая бактериальная обсемененность, измеренная по количеству КМАФАнМ, в пахте находилась на очень низком уровне. Для пахты СС она составила $1,5\text{--}5,3 \times 10^3$ КОЕ/см³, а для пахты ПВЖС еще

меньше: $1,0\text{--}2,5 \times 10^1$ КОЕ/см³. Сливки, от переработки которых получена пахта, подвергались высокотемпературной обработке и по этой причине, по всей видимости, остаточная микрофлора пахты будет представлена термостойкими микроорганизмами.

Оценка физико-химических показателей показала, что пахта ПВЖС содержит меньшее количество белка и жира по сравнению с пахтой СС. Это обуславливает меньшее содержание в ней сухих веществ. Различия в составе, прежде всего в содержании белка, повлияли на показатели титруемой и активной кислотности пахты. Большее содержание сухих веществ в пахте СС в сравнении с пахтой ПВЖС, по всей видимости, связано со способом получения пахты. Отличительной особенностью получения масла сбиванием сливок является то, что при этом методе в пахту переходит больше фосфолипидов и оболочек жировых шариков. При способе ПВЖС указанные вещества в большей степени остаются в самом масле [24].

Таким образом, было установлено, что пахта, полученная при изготовлении сливочного масла методом ПВЖС (независимо от применения ферментации), содержит меньше белка, жира, сухих веществ. Более низкое содержание белка и меньшая кислотность пахты, полученной методом ПВЖС, может существенно повлиять на ее сыропригодность.

Постановка кружки ВНИИМС в сыроделии необходима для установления количества молокосвертывающего фермента для свертывания молочной смеси при выработке сыра. Отметка на шкале кружки ВНИИМС, соответствующая моменту образования молочного сгустка, теоретически показывает массу молокосвертывающего ферментного препарата (МФП) в граммах, необходимую

Таблица 1. Физико-химические и микробиологические показатели пахты-сырья (диапазон колебаний)

Наименование образца	Массовая доля, %					Титруемая кислотность, °Т	Активная кислотность, ед. рН	Общая бактериальная обсемененность, КМАФАнМ, КОЕ/см ³
	белка	казеина	жира	сухих веществ	лактозы			
Пахта СС	3,10–3,40	2,57–2,89	0,70–1,00	8,5–8,8	4,70–4,90	16,0–17,5	6,55–6,75	$(1,5\text{--}5,3) \times 10^3$
Пахта ПВЖС	2,90–3,27	2,47–2,71	0,40–0,45	8,2–8,6	4,50–4,66	14,0–17,0	6,69–6,82	$(1,0\text{--}2,5) \times 10^1$
Пахта СС безлактозная,	3,10–3,40	2,57–2,89	0,70–1,00	8,5–8,8	–	16,5–17,5	6,52–6,75	$(1,8\text{--}5,2) \times 10^3$
Пахта ПВЖС безлактозная,	2,90–3,27	2,47–2,71	0,40–0,45	8,2–8,6	–	14,0–17,0	6,69–6,82	$(1,4\text{--}2,9) \times 10^1$
Молоко-сырье обезжиренное	3,30–3,40	2,74–2,82	0,06–0,04	8,6–8,9	4,60–4,80	16,0–19,0	6,60–6,80	$(1,0\text{--}4,0) \times 10^5$

Примечание: в безлактозной пахте углеводный состав представлен глюкозой и галактозой; лактоза присутствовала в следовых количествах, меньше уровня обнаружения, установленного ГОСТ 33527-2015.

для свертывания 100 кг смеси в течение 30 мин. Таким образом, чем меньше показания кружки ВНИИМС, тем меньше фермента требуется для получения сычужного сгустка за определенную единицу времени. Постановка кружки ВНИИМС является простым и информативным экспресс-методом, позволяющим по расходу МФП оценить качество сырья, идущего на выработку сыра.

На рисунке 1 представлены результаты постановки кружки ВНИИМС на пахте, в том числе безлактозной, полученной разными методами, в сравнении с обезжиренным молоком.

Из результатов исследований видно, что показания кружки ВНИИМС выше у пахты ПВЖС, в среднем на 11 %. Средние результаты показаний кружки

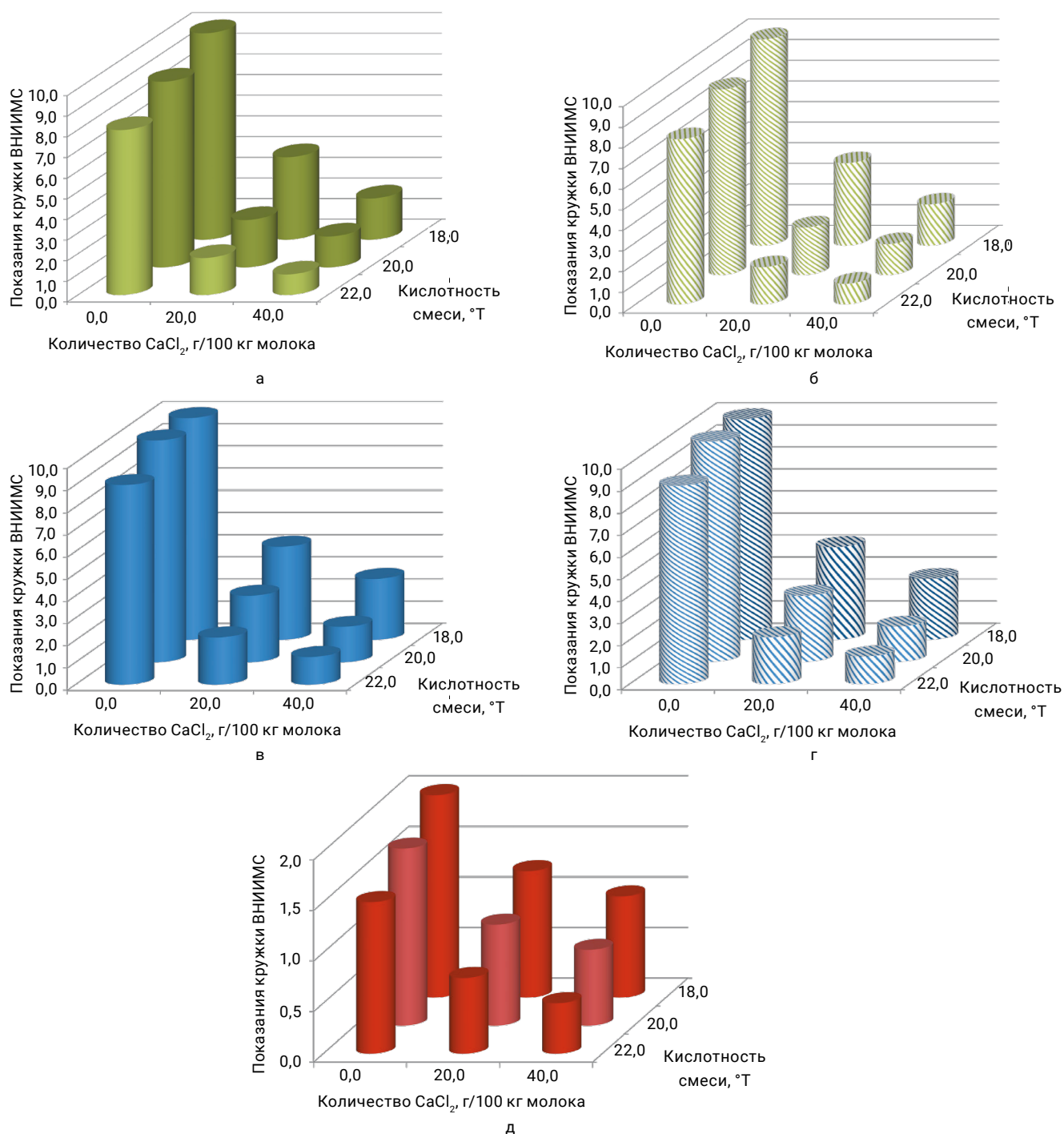


Рисунок 1. Показания кружки ВНИИМС: а) пахта СС лактозная; б) пахта СС безлактозная; в) пахта ПВЖС лактозная; г) пахта ПВЖС безлактозная; д) обезжиренное молоко

ВНИИМС для пахты СС – 4,40 ед., для пахты ПВЖС – 4,88 ед. Для примера, средние значения показания кружки ВНИИМС для обезжиренного молока составили 1,17 ед. Таким образом, для свертывания пахты потребуется в 4 раза больше МФП в сравнении с обезжиренным молоком при получении сычужного сгустка за одинаковый период времени. Добавление хлористого кальция и наращивание кислотности существенно улучшают процесс свертывания, при этом фактор кислотности (коэффициент регрессии $-0,125$) оказывает большее влияние на показатель кружки ВНИИМС, чем фактор концентрации хлористого кальция (коэффициент регрессии $-0,025$).

Между вариантами лактозной и безлактозной пахты не установлено достоверных различий в показаниях кружки ВНИИМС.

Для демонстрации (наглядности) способности пахты к сычужному свертыванию были проведены эксперименты по построению реограммы процесса изменения вязкости (в условных единицах) молочной смеси в зависимости от времени после внесения молокосвертывающего фермента. Определение вязкости образцов в процессе гелеобразования проводили непрерывно, при автоматической регистрации результатов наблюдений с интервалом 2 с. Данный эксперимент позволяет наглядно продемонстрировать различия в прохождении ферментативной фазы сычужного свертывания и фазы флокуляции белковых глобул для обоих видов пахты в сравнении с обезжиренным молоком.

Реограммы ферментативного гелеобразования в обезжиренном молоке, пахте обычного состава и безлактозной, полученной от разных методов производства масла, представлены на рисунке 2.

Из рисунка 2 следует, что условная вязкость, измеряемая в процессе ферментативного гелеобразования, у обезжиренного молока на 25 % больше, чем у пахты. При этом продолжительность ферментативной фазы у пахты СС была короче, чем у пахты ПВЖС. В то же время конечная вязкость полученного сгустка у пахты разного состава практически идентична.

Для обоих видов пахты ферментативные процессы проходили быстрее и начало флокуляции белковых глобул наступало раньше в безлактозной пахте. Одной из гипотез, почему это происходит, может быть следующая. Химозин расщепляет в κ -казеине связь в Phe105-Met106, разделяя его на пара-каппа-казеин и водорастворимый гликомакропептид. Гликомакропептиды содержат гликозилированные углеводные цепи. Можно предположить, что поскольку фермент β -галактозидаза гидролизует гликозидные связи, она способна к их гидролизу и в гликомакропептиде, тем самым снижая его заряд и «облегчая» задачу МФП.

Исследование способности гелей из пахты к синерезису как важной характеристики сычужного сгустка при изготовлении сыра прово-

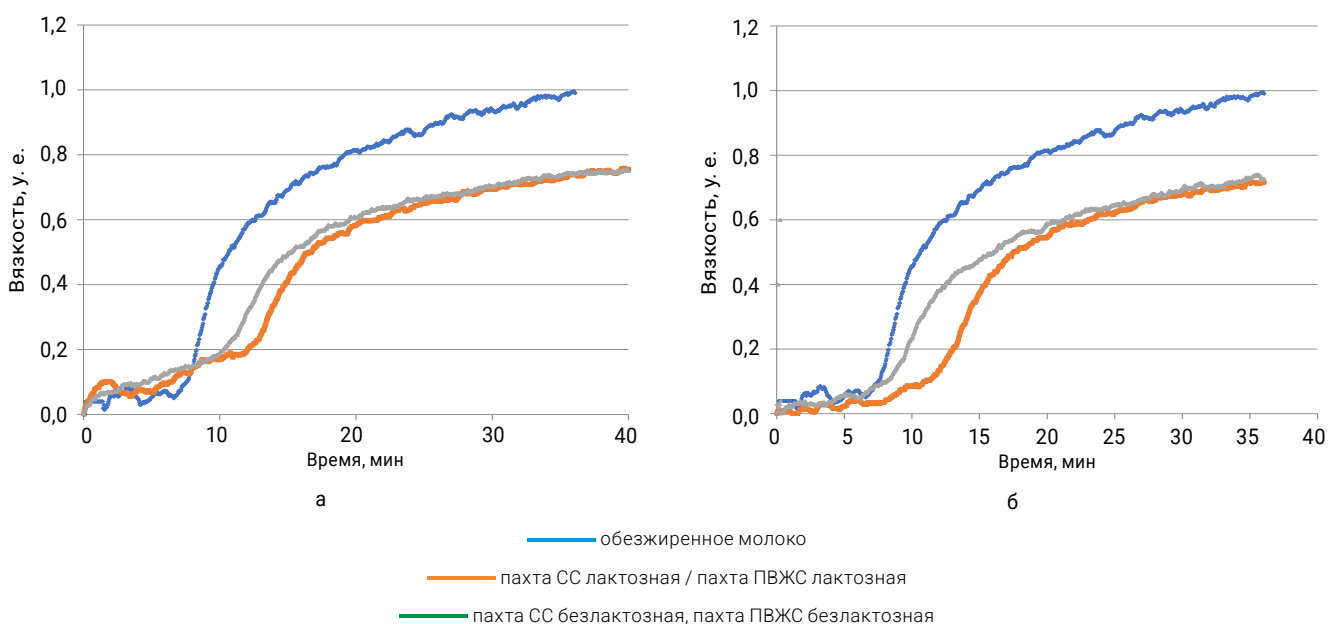


Рисунок 2. Ферментативное гелеобразование в пахте в сравнении с обезжиренным молоком: а) пахта СС; б) пахта ПВЖС

дили в сравнении с обезжиренным молоком. Результаты измерения синергетических свойств сгустков из пахты представлены на рисунке 3.

Результаты эксперимента не продемонстрировали значимую разницу между количеством выделившейся сыворотки и массовой долей полученного сгустка из обезжиренного молока / пахты. Разница в уровне синерезиса (количестве выделившейся сыворотки) между вариантами составила $5 \pm 1 \%$, что находится в пределах погрешности метода. В то же время наблюдались различия в качестве сгустка. Сгусток из пахты был слабым, хлопьевидным, из обезжиренного молока – плотным и гладким. Различий в синергетической способности сгустков из безлактозной пахты в сравнении с лактозной не обнаружено.

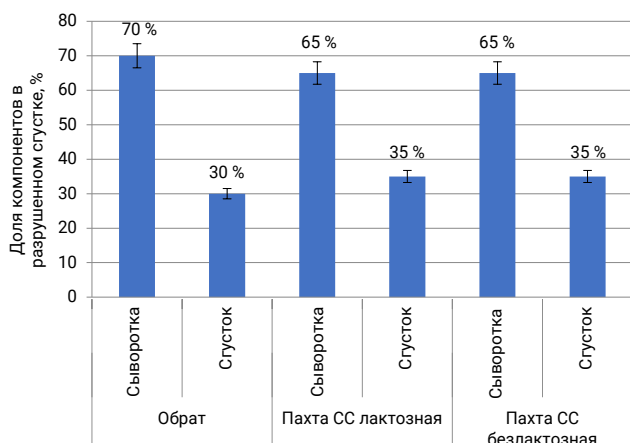
Таким образом, оценка способности пахты, в том числе безлактозной, полученной разными методами, к сычужному свертыванию показала принципиальную возможность вовлечения данного сырья в производство сыров, получаемых сычужно-кислотным свертыванием. Но, судя по усредненным показателям кружки ВНИИМС, для ее свертывания потребуется в 4 раза больше МФП в сравнении с обезжиренным молоком; сычужный сгусток из пахты слабый, хлопьевидный, а условная вязкость сгустка пахты на 25 % меньше, чем у сгустков из обезжиренного молока. При этом между вариантами лактозной и безлактозной пахты не установлено достоверных различий в способности к свертыванию МФП и образованию сгустка. Пахта ПВЖС продемонстрировала большую «коагуляционную вялость» в сравнении с пахтой СС, что связано с меньшим содержанием белка и меньшей ее кис-

лотностью. Полученные результаты подтвердили заключения, сделанные в литературном обзоре.

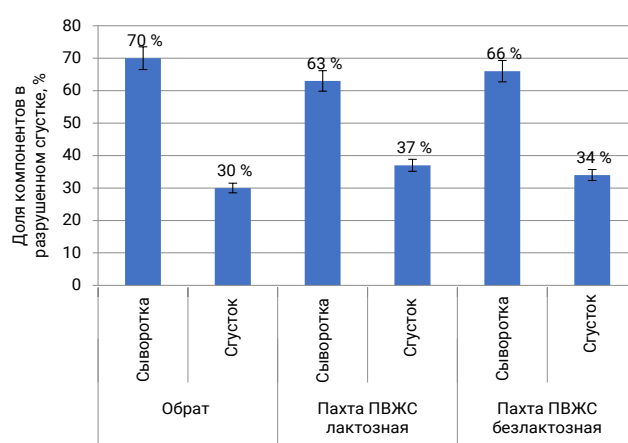
Исходя из результатов литературного обзора, изготовление мягких сыров из пахты имеет перспективу и представляет научный и практический интерес. При изготовлении мягких сыров применяют разные способы коагуляции молочных белков. Это сычужная, кислотная и термокислотная коагуляция, а также их разновидности. В сгустках, получаемых в результате этих способов свертывания пахты, связи между молекулами белка, уровень минерализации, способность к синерезису будут отличаться, а полученная сырная масса будет различаться, например, структурой и способностью к созреванию. В связи с этим было целесообразно оценить пригодность пахты в качестве основного сырья для изготовления мягких сыров с помощью принципиально разных способов коагуляции – термокислотной и сычужно-кислотной с предварительной оценкой качества сыров на априорных выработках. Для выработки использовали пахту СС традиционного состава. Изготовление и исследование качественных показателей мягких сыров из безлактозной пахты является предметом последующих исследований.

Изучение возможности использования пахты для получения сыров термокислотным способом.

Способ термокислотного свертывания молочных белков можно рассматривать как интенсивную технологию, которая выгодно отличается более коротким технологическим циклом и возможностью коагулировать не только казеин, но и сывороточные белки. Технология не требует наращивания кислотности, применения молочносвертывающего фермента и закваски.



а



б

Рисунок 3. Количество сыворотки и сгустка из пахты в сравнении с обезжиренным молоком: а) пахта СС; б) пахта ПВЖС

При быстром подкислении, высокой температуре и перемешивании мицеллы белка соединяются в массу, которая выпадает в осадок. Выделение белка и жира при высокой температуре обеспечивает достаточно большие сроки годности продукта. По этой технологии из молока вырабатывают сыры Адыгейский, Кавказский, из сыворотки – Рикотту.

Пахту, как правило, используют в молочной смеси для выработки сыра типа Адыгейского, для ее законной «утилизации». Сыр из одной пахты способом термокислотного свертывания не получил широкого распространения, в том числе из-за недостаточной изученности вопроса ее применения.

Задачей данного эксперимента было изучить возможность изготовления сыра из пахты термокислотным способом. Для коагуляции использовали растворы органических кислот: молочной, уксусной и лимонной, разрешенные для использования в соответствии с ГОСТ Р 52686-2023. Коагуляцию белковых веществ пахты проводили при температуре $92 \pm 1^\circ\text{C}$ с внесением 1 % по массе 10 % растворов кислот. Для эксперимента брали пахту, полученную при производстве сливочного масла методом сбивания сливок (пахта СС).

Результаты эксперимента приведены в таблице 2 и на рисунке 4.

Выработанные сыры по внешнему виду не отличались друг от друга. При сравнимых значениях массовой доли влаги (68,2–69,0 %) лучшие органолептические показатели были установлены для сыра из пахты, полученного с помощью лимонной кислоты в качестве коагулянта. У сыров этого варианта отмечен молочный вкус с привкусом пастеризации и однородная, умеренно плотная консистенция без признаков «заваренного» белка, с ощущением «гладкости» в ротовой полости. Для сыров, полученных с помощью молочной и уксусной кислот, установлены следующие пороки: горечь, несвязная и мучнистая консистенция.

Сыры вырабатывали без добавления сливок для нормализации пахты по жиру. По массовой доле жира в сухом веществе (16,7–16,9 %) полученные сыры в соответствии с ГОСТ Р 52686-2023 можно отнести к низкожирным сырам, их массовая доля жира в сухом веществе входит в диапазон от 10,0 до 24,9 %. При этом консистенция сыров была приемлемой, умеренно плотной, по ощущениям соответствовала сырам полужирным.

Таблица 2. Физико-химические и органолептические показатели сыров из пахты, полученные термокислотным свертыванием

Варианты опыта	Массовая доля влаги, %	Массовая доля жира в сухом веществе, %	Активная кислотность, ед. рН	Органолептические показатели
1 вариант (молочная кислота)	$68,2 \pm 0,2$	$16,9 \pm 0,2$	$5,83 \pm 0,15$	+ (молочный вкус с привкусом пастеризации, легкая горчинка, излишне плотная консистенция)
2 вариант (лимонная кислота)	$68,4 \pm 0,2$	$16,7 \pm 0,2$	$6,02 \pm 0,18$	+++ (молочный вкус с привкусом пастеризации, однородная «гладкая», умеренно плотная консистенция)
3 вариант (уксусная кислота)	$69,0 \pm 0,3$	$16,7 \pm 0,1$	$5,88 \pm 0,13$	+ (молочный вкус с привкусом пастеризации, излишне плотная неоднородная консистенция)



а



б



в

Рисунок 4. Фотографии сыров из пахты СС, полученных термокислотным способом: а) с использованием молочной кислоты; б) с использованием лимонной кислоты; в) с использованием уксусной кислоты

На структурометре были проведены измерения твердости сыра, изготовленного из пахты СС с лимонной кислотой, в сравнении с показателями твердости аналогичного сыра из нормализованного обезжиренного молока (массовая доля влаги – 63,5 %; массовая доля жира в сухом веществе – 19,5 %). Результаты измерений, подтверждающие вкусовые ощущения, представлены в таблице 3.

Твердость сыров из пахты в 2,5 раза ниже данного показателя сыров из молока. Более мягкая структура сыра из пахты может быть объяснена следующим образом. При термокислотном воздействии на сывороточные белки происходит разворачивание полипептидных цепей, которые могут объединяться за счет межмолекулярных сил, включая гидрофобные, водородные и дисульфидные связи ($-S-S-$). Сульфгидрильные группы ($-SH$), высвобождающиеся при денатурации, играют ключевую роль в этом процессе. Молекулы фосфолипидов амфифильны (имеют гидрофобные и заряженные участки), поэтому они могут участвовать в описанных взаимодействиях, подменяя собой белки, тем самым ослабляя структуру сыра.

В результате проведенного эксперимента установлена принципиальная возможность изготовления мягкого сыра из пахты СС термокислотным способом. Его основные физико-химические показатели: pH – $5,9 \pm 0,1$ ед.; массовая доля влаги – 69 ± 1 %; массовая доля жира в сухом веществе – 16 ± 1 %. По показателю массовая доля жира в сухом веществе этот сыр можно отнести к низкожирным диетическим продуктам. Твердость сыра термокислотного свертывания из пахты, измеренная на структурометре, в 2,5 раза ниже в сравнении с аналогичным сыром из нормализованного обезжиренного молока. Полученные результаты исследований могут быть использованы при дальнейшей отработке технологии низкожирного мягкого сыра термокислотного свертывания из пахты, в том числе безлактозной.

Изучение возможности использования пахты для получения мягких сыров сычужно-кислотным способом. Для реализации задачи получения мягкого сыра сычужно-кислотным способом было принято решение провести априорные выработки высокомаржинального деликатесного сыра из пахты по технологии сыра типа Камамбер. В полученном сыре в процессе созревания и хранения исследовали физико-химические и органолептические показатели.

Для выработки использовали пахту СС. Параметры технологического процесса выработки сыра типа Камамбер соответствовали технологическому процессу изготовления сыра из нормализованного молока.

Для нормализации пахты использовали сливки массовой долей жира 30 % с целью получения в готовом сыре массовой доли жира в сухом веществе 50 %.

Выработанные сыры до 15 суток созревали при температуре 12 ± 1 °C и влажности воздуха 82 %. По истечении этого периода сыры упаковывали в пергамент и помещали на дальнейшее созревание и хранение при температуре 3 ± 1 °C.

Физико-химические показатели сыра типа Камамбер из пахты СС во время созревания (до 15 суток) и хранения (до 60 суток) представлены в таблице 4. Массовая доля жира в сухом веществе сыра – $50,0 \pm 1,6$ %, массовая доля соли – $1,9 \pm 0,2$ %.

Динамика изменения активной кислотности и влаги в сырной массе сыра из пахты была аналогична сырам типа Камамбер из молока [25]. Органолептические характеристики сыров типа Камамбер из пахты СС в процессе созревания и хранения приведены в таблице 5, фотографии сыров – на рисунке 5.

Таблица 3. Твердость сыров из пахты в сравнении с обезжиренным молоком

Объект	Твердость	
	Грамм-сила (гс)	Ньютоны (Н)
Мягкий сыр из безлактозной пахты	322 ± 32	$3,2 \pm 0,3$
Мягкий сыр из нормализованного обезжиренного молока	816 ± 83	$8,0 \pm 0,8$

Таблица 4. Изменение физико-химических показателей сыра типа Камамбер из пахты в процессе созревания и хранения

Возраст сыра	Массовая доля влаги, %	Активная кислотность, ед. pH
После самопрессования	64,0	4,7
15 суток	58,2	5,2
30 суток	56,4	5,8
60 суток	55,0	6,8

Таблица 5. Оценка вкуса и консистенции сыров в процессе созревания

Объект исследования	Характеристика, степень выраженности		
	15 суток	30 суток	60 суток
Сыр из пахты типа Камамбер с мезофильно-термофильной заквасочной и плесневой микрофлорой	Вкус и запах		
	Кислый, легкая горечь	Умеренно-выраженный сырный, кисло-молочный, острый, грибной, слабая горчинка	Выраженный сырный с грибными оттенками, без горечи
	Консистенция		
	Умеренно творожистая внутри. Корочка не грубая	Однородная, сливочная	Слегка текучая, однородная, кремообразная



а



б

Рисунок 5. Сыр типа Камамбер из пахты СС: а) в возрасте 30 суток; б) в возрасте 60 суток

Сыры типа Камамбер из пахты СС получили достаточно высокую органолептическую оценку экспертной комиссии. К 60 суткам вкус сыров был выражен сырным, без горечи. Ожидаемых окисленных оттенков вкуса не было выявлено. Консистенция сыра была слегка текучей, однородной, кремовой, что согласовывается с высокой степенью протеолиза сырной массы – 75 %.

По итогам эксперимента было установлено, что из пахты СС можно получить мягкий созревающий сыр типа Камамбер методом сычужно-кислотной коагуляции. Органолептическая оценка сыра типа Камамбер в процессе созревания и хранения не выявила окисленных и липолизных нот, которые были обнаружены в созревающих сырах типа Чеддер [11]. Можно предположить, что эти «ноты» или трансформировались, или затушевывались другими вкусо-аромати-

ческими соединениями, образующимися при созревании сыра типа Камамбер, который отличается сложной микробиотой, представленной плесневыми культурами и бактериями, и априори отличается высоким уровнем протеолитических и липолитических процессов. Результаты исследований по сычужно-кислотной коагуляции пахты могут быть использованы при дальнейшей отработке технологии мягкого созревающего сыра на основе пахты, в том числе безлактозной с разной массовой долей жира в продукте.

ВЫВОДЫ

Результатами исследований подтверждены различия состава и свойств пахты, полученной разными методами (сбивания сливок и преобразования высокожирных сливок), а также ее отличие от обезжиренного молока. Более высокой сыропригодностью характеризуется пахта от метода сбивания сливок. Доказана возможность ее использования в качестве основного сырья при выработке мягких сыров. Получены пробные продукты сыроделия из пахты и проведена их оценка по отдельным показателям качества. Исследования требуют продолжения в части оптимизации состава и технологии мягких сыров на основе пахты, в том числе безлактозной. ■

Поступила в редакцию: 18.03.2026

Принята в печать: 09.06.2026



Источник изображений: magnific.com

BUTTER FOR CHEESEMAKING: LIMITATIONS AND PROSPECTS

Irina L. Ostroukhova, Elena V. Topnikova, Yulia S. Sumerkina, Dmitry V. Ostroukhov, Igor T. Smykov

All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking – Branch of V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Uglich

ORIGINAL ARTICLE

The research compared the cheesemaking properties of regular and lactose-free buttermilk obtained during butter production via cream churning and high-fat cream transformation. Compared to skim milk, buttermilk required, on average, four times more milk-clotting enzyme to coagulate, regardless of lactose hydrolysis. Adding calcium chloride and increasing acidity significantly enhanced the coagulation process. Buttermilk gel demonstrated a 25% lower relative viscosity, resulting in a weak and flaky curd. Buttermilk produced by high-fat cream transformation exhibited even poorer curd firmness than that obtained from cream churning, due to its lower protein content and acidity. Trial cheesemaking from churned buttermilk involved thermal-acid and rennet-acid coagulation. Buttermilk proved to be a viable raw material for soft cheese production; however, cheese formulation and technological parameters require further optimization.

Keywords: buttermilk, lactose-free buttermilk, buttermilk cheese, thermo-acid coagulation, rennet-acid coagulation

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Nie, C. Milk fat globule membrane: structural organization, bioactive constituents, and therapeutic applications / C. Nie [et al.] // *Foods*. 2026. Vol. 15(9). Art. no. 1526. <https://doi.org/10.3390/foods15091526>
2. Elling, J. L. Composition and microscopy of reformulated creams from reduced-cholesterol butteroil / J. L. Elling, S. E. Duncan, T. W. Keenan // *Journal of Food Science*. 2006. Vol. 61(1). P. 48–53. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb14723.x>
3. Singh, H. The milk fat globule membrane – A biophysical system for food applications / H. Singh // *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2006. Vol. 11(2). P. 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2005.11.002>
4. Küllenberg, D. Health effects of dietary phospholipids / D. Küllenberg [et al.] // *Lipids in Health and Disease*. 2012. Vol. 11. Art. no. 3. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-3>
5. Spitsberg, V. L. Bovine milk fat globule membrane as a potential nutraceutical / V. L. Spitsberg // *Journal of Dairy Science*. 2005. Vol. 88(7). P. 2289–2294. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72906-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72906-4)
6. Dewettinck, K. Nutritional and technological aspects of milk fat globule membrane material / K. Dewettinck [et al.] // *International Dairy Journal*. 2008. Vol. 18(5). P. 436–457. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.10.014>
7. Mistry, V. V. Use of ultrafiltered sweet buttermilk in the manufacture of reduced fat Cheddar cheese / V. V. Mistry, L. E. Metzger, J. L. Maubois // *Journal of Dairy Science*. 1996. Vol. 79(7). P. 1137–1145. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76467-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76467-6)
8. Turcot, S. Effet de la concentration en phospholipides de babeurre dans le lait de fromagerie sur la production et la composition de fromage allégés de type cheddar / S. Turcot, S. L. Turgeon, D. St-Gelais // *Lait*. 2001. Vol. 81. P. 429–442.
9. Romeih, E. A. The influence of fat globule membrane material on the microstructure of low-fat Cheddar cheese / E. A. Romeih, K. Marius Moe, S. Skeie // *International Dairy Journal*. 2012. Vol. 26(1). P. 66–72. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.03.008>
10. Asif, M. Effect of fat contents of buttermilk on fatty acid composition, lipolysis, vitamins and sensory properties of cheddar-type cheese / M. Asif [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. 2023. Vol. 14. Art. no. 1209509. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1209509>
11. Hickey, M. G. The effect of buttermilk or buttermilk powder addition on functionality, textural, sensory and volatile characteristics of Cheddar-style cheese / M. G. Hickey [et al.] // *Food Research International*. 2018. Vol. 103. P. 468–477. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.081>
12. Skryplonek, K. The use of buttermilk as a raw material for cheese production / K. Skryplonek, I. Dmytrów, A. Mituniewicz-Malek // *International Journal of Dairy Technology*. 2019. Vol. 72(4). P. 610–616. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12614>
13. Poduval, V. S. Manufacture of reduced fat Mozzarella cheese using ultrafiltered sweet buttermilk and homogenized cream / V. S. Poduval, V. V. Mistry // *Journal of Dairy Science*. 1999. Vol. 82(1). P. 1–9. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75202-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75202-1)
14. Meghzili, B. Soft cheese-making with buttermilk: physico-chemical, sensory, textural properties, and microstructure characterization / B. Meghzili [et al.] // *Journal of Food Quality and Hazards Control*. 2024. Vol. 11(8). P. 82–93. <https://doi.org/10.18502/jfqhc.11.2.15647>
15. Bahrami, M. Mixing sweet cream buttermilk with whole milk to produce cream cheese / M. Bahrami [et al.] // *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 2015. Vol. 54(2). P. 73–78. <https://doi.org/10.1515/ijaf-2015-0008>
16. Никитина, Ю. В. Технологические и методические аспекты производства низко- и безлактозных молочных продуктов / Ю. В. Никитина [и др.] // *Пищевые системы*. 2021. Т. 4, № 2. С. 144–153. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-4-2-144-153>; <https://elibrary.ru/dayuyn>
17. Facioni, M. S. Lactose residual content in PDO cheeses: Novel inclusions for consumers with lactose intolerance / M. S. Facioni [et al.] // *Foods*. 2021. Vol. 10(9). Art. no. 2236. <https://doi.org/10.3390/foods10092236>
18. Panseri, S. Determination of carbohydrates in lactose-free dairy products to support food labelling / S. Panseri [et al.] // *Foods*. 2021. Vol. 10(6). Art. no. 1219. <https://doi.org/10.3390/foods10061219>
19. 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*. 2023. № 18. С. 165–174.
20. Топникова, Е. В. Исследования закономерностей гидролиза лактозы в сливках-сырье для изготовления безлактозных и низколактозных продуктов маслodelия / Е. В. Топникова [и др.] // *Пищевая промышленность*. 2025. № 4. С. 135–139. <https://doi.org/10.52653/PPI.2025.4.4.025>; <https://elibrary.ru/objpon>
21. Hori, T. Objective measurements of the process of curd formation during rennet treatment of milks by the hot wire method / T. Hori // *Journal of Food Science*. 1985. Vol. 50. P. 911–917. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb12978.x>
22. Goncalves, B. J. Thermal conductivity as influenced by the temperature and apparent viscosity of dairy products / B. J. Goncalves [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100. P. 3513–3525. <https://doi.org/10.3168/jds.2016.12051>
23. Смыков, И. Т. Определение момента готовности молочного сгустка к разрезке при производстве сыров / И. Т. Смыков // *Пищевые системы*. 2018. Т. 1, № 2. С. 12–20. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-2-12-20>; <https://elibrary.ru/ovhfsj>
24. Вышемирский, Ф. А. Пахта продукт – «минимум калорий – максимум биологической ценности» / Ф. А. Вышемирский, Н. Н. Ожгихина // *Энциклопедия маслodelия*. – Углич, 2015. – С. 371–380.
25. Свириденко, Г. М. Исследование влияния композиционного состава плесневой и заквасочной микрофлоры на формирование органолептических показателей мягких сыров / Г. М. Свириденко, В. А. Мордвинова, И. Л. Остроухова // *Пищевые системы*. 2021. Т. 4, № 2. С. 126–133. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-4-2-126-133>; <https://elibrary.ru/pkwebv>