

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-2-134-143>

Поступила 23.04.2021

Поступила после рецензирования 21.06.2021

Принята в печать 25.06.2021

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОФИЛЬТРАЦИОННЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ПАХТЫ И СЫВОРОТКИ ДЛЯ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ С ПОВЫШЕННОЙ МАССОВОЙ ДОЛЕЙ БЕЛКА

Острецова Н. Г.\*, Боброва А. В.

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина, Вологда, с. Молочное, Россия

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:***пахта, подсырная сыворотка, нанофильтрация, концентрат, кисломолочный продукт, ацидофильная палочка, термофильный стрептококк***АННОТАЦИЯ**

Широкие возможности в области получения молочных продуктов с повышенным содержанием белка с точки зрения качества и энергосбережения открывают баромембранные методы, в частности, нанофильтрация. В данной работе описывается целесообразность использования концентратов пахты и подсырной сыворотки, полученных нанофильтрацией, в производстве кисломолочных продуктов. Комплекс физико-химических, реологических и органолептических исследований нанофильтрационных концентратов пахты и подсырной сыворотки позволил выбрать для дальнейших исследований концентраты с массовой долей сухих веществ 20%. Электронно-микроскопические исследования микроструктуры пахты, сыворотки и их концентратов с массовой долей сухих веществ 20% показали, что при концентрировании пахты нанофильтрацией средний диаметр дисперсных частиц не увеличился и составил  $(130 \pm 30)$  нм. При этом размер ячеек пространственной сетки уменьшился в 3,2 раза, а при концентрировании сыворотки размер частиц увеличился в 1,7 раза при уменьшении размера ячеек пространственной сетки в 1,3 раза. Полученные данные позволяют прогнозировать положительное влияние данного способа концентрирования на консистенцию кисломолочных продуктов. Обосновано использование комбинированной молочной основы с соотношением концентрата пахты (20% сухих веществ) к концентрату сыворотки (20% сухих веществ) 50:50 и 75:25, что обеспечивает содержание полноценного белка 4,4–5,6% в кисломолочных продуктах. Установлена высокая скорость кислотообразования и хорошая влагоудерживающая способность кислотных сгустков при сквашивании закваской, содержащей термофильный стрептококк и ацидофильную палочку в соотношении 4:1. Полученные результаты позволяют расширить ассортимент кисломолочных продуктов с повышенной массовой долей белка для полноценного питания населения.

Received 23.04.2021

Accepted in revised 21.06.2021

Accepted for publication 25.06.2021

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

## USE OF NANOFILTRATION CONCENTRATES OF BUTTERMILK AND WHEY FOR FERMENTED DAIRY PRODUCTS WITH INCREASED MASS CONTENT OF PROTEIN

Nadezhda G. Ostreczova\*, Anna V. Bobrova

Vologda State Dairy Farming Academy named after N. V. Vereshchagin, Molochnoe, Vologda, Russia

**KEY WORDS:***buttermilk, cheese whey, nanofiltration, concentrate, fermented milk product, acidophilus bacillus, thermophilic streptococcus***ABSTRACT**

Baromembrane methods, in particular, nanofiltration, open up broad opportunities in the field of obtaining dairy products with a high protein content in terms of quality and energy saving. This paper describes the feasibility of using buttermilk and cheese whey concentrates obtained by nanofiltration in the production of fermented milk products. The physicochemical, rheological and organoleptic studies of nanofiltration concentrates of buttermilk and cheese whey made it possible to select concentrates with a mass fraction of dry substances of 20% for further research. Electron microscopic studies of the microstructure of buttermilk, whey and their concentrates with a mass fraction of dry substances of 20% showed that when buttermilk was concentrated by nanofiltration, the average diameter of dispersed particles did not increase and amounted to  $(130 \pm 30)$  nm. The grid cells size decreased by 3.2 times; in serum concentration, the particle size increased by 1.7 times with a decrease in the grid cells size by 1.3 times. The obtained data make it possible to predict the positive effect of this concentration method on the consistency of fermented milk products. The use of the combined milk base with a ratio of buttermilk concentrate (20% dry matter) to whey concentrate (20% dry matter) of 50:50 and 75:25 is substantiated, providing a complete protein content of 4.4–5.6% in fermented milk products. A high rate of acid formation and a good water-holding capacity of acid clots were established when fermenting with a starter culture containing thermophilic streptococcus and acidophilic bacillus in a ratio of 4:1. The obtained results make it possible to expand the range of fermented milk products with an increased mass fraction of protein for good nutrition of the population.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Острецова, Н.Г., Боброва, А.В. (2021). Использование нанофильтрационных концентратов пахты и сыворотки для кисломолочных продуктов с повышенной массовой долей белка. *Пищевые системы*, 4(2), 134–143. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-2-134-143>

FOR CITATION: Ostreczova, N.G., Bobrova, A.V. (2021). Use of nanofiltration concentrates of buttermilk and whey for fermented dairy products with increased mass content of protein. *Food systems*, 4(2), 134–143. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-2-134-143>

## 1. Введение

Перспективным направлением создания пищевой продукции, направленным на снижение дефицита макронутриентов и микронутриентов в рационе питания, является разработка технологий продуктов с повышенным содержанием белка [1–3]. Потребность в белке — эволюционно сложившаяся доминанта в питании человека, обусловленная необходимостью обеспечивать оптимальный физиологический уровень поступления незаменимых аминокислот. При положительном азотистом балансе в периоды развития растущего организма, а также при интенсивных репаративных процессах потребность в белке на единицу массы тела выше, чем у взрослого здорового человека [4].

Важность правильного решения вопроса о показателях белкового питания бесспорна, так как достаточность белка в пищевом рационе и высокое его качество позволяют создать оптимальные условия внутренней среды, необходимые для роста, развития, нормальной жизнедеятельности человека и его работоспособности. Вместе с тем организм, обладая незначительными резервами белка, не в состоянии длительно обеспечивать процессы синтеза и ресинтеза за счет имеющихся запасов. В результате при пониженном его поступлении вместе с пищей быстро сокращается обновление клеток и тканей, замедляется и полностью останавливается рост, резко уменьшается образование ферментов и гормонов [5].

Таким образом, изменения, возникающие в организме под влиянием белкового дефицита, весьма многообразны и охватывают, по-видимому, все его органы и системы. Можно также сказать, что белок определяет характер всего питания, и на фоне его оптимального уровня сильнее проявляются биологические свойства всех других пищевых веществ. Доказано, что более полному усвоению белков способствует сбалансированность аминокислотного состава [5].

Известно, что источниками полноценного белка, содержащего полный набор незаменимых аминокислот в количестве, достаточном для биосинтеза белка в организме человека, являются пахта и молочная сыворотка.

Белки пахты представлены казеинат-кальций-фосфатным комплексом, включающим четыре фракции:  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$  и  $\kappa$ , среднее содержание которых составляет 40, 10, 38 и 12% соответственно. По данным ряда авторов пахта отличается повышенным содержанием сывороточных белков, составляющим 28,4% от общего содержания белков, что на 8,6% больше, чем в исходном молоке и на 10,5% — по сравнению с обезжиренным молоком. Исследование аминокислотного состава пахты показывает, что доля незаменимых аминокислот в ней выше, чем в цельном молоке. Особую ценность пахта представляет как источник фосфолипидов. Содержание фосфолипидов составляет 0,02–0,06%, из них на долю лецитина приходится 33,8%, кефалина — 36,3%, сфингомиелина — 20,8%, фосфатидилсерина — 39%, фосфатидилинозита и цереброзидов — по 6% [6–9].

Источником полноценных сывороточных белков при производстве кисломолочных напитков могут служить сыворотка или ее концентраты. Белки, содержащиеся в молочной сыворотке, по своему составу относятся к наиболее ценным белкам животного происхождения, являясь источником незаменимых аминокислот. Они имеют наивысшую скорость расщепления в пищеварительном тракте, усвояемость белков молочной сыворотки составляет 98%. Сывороточные белки представляют собой группу различных глобулярных белков, отличающихся друг от друга по структуре и свойствам. Наиболее представительными сывороточными белками являются  $\beta$ -лактоглобулин (50–54%) и  $\alpha$ -лактальбумин (20–25%). Остальное количество сывороточных белков приходится на альбумин сыворотки крови, иммуноглобулины, протеозо-пептоны [10–12].

Таким образом, анализ пищевой и биологической ценности пахты и молочной сыворотки указывает на целесообразность их использования в составе кисломолочных продуктов пониженной калорийности и высокой биологической ценности. Пахта и ее концентраты могут использоваться как источник казеина и сывороточных белков в составе продуктов на комбинированной молочной основе, для дополнительного обогащения которой сывороточными белками целесообразно включать концентраты сыворотки.

Поэтому актуальной является разработка технологии жидких кисломолочных продуктов с повышенным содержанием белка для удовлетворения запросов современных потребителей, предпочитающих продукты с низким содержанием жира и повышенным содержанием белка. Основой для производства таких продуктов могут стать концентраты пахты и молочной сыворотки.

Для увеличения массовой доли белка в сырье для производства жидких кисломолочных продуктов целесообразно использовать нанофильтрацию, т. к. данный мембранный процесс протекает без фазовых превращений сырья, что способствует значительному снижению потерь биологически активных веществ [13]. Нанофильтрация характеризуется отсечкой по молекулярной массе от 100 до 1000 дальтон. Учитывая молекулярную массу сывороточных белков:  $\beta$ -лактоглобулина — 18,3 кДа,  $\alpha$ -лактоальбумина — 14,2 кДа, иммуноглобулинов — 150–900 кДа, сывороточного альбумина — 66 кДа, лактоферрина — 80 кДа, лактопероксидазы — 80,6 кДа, содержание всех фракций сывороточных белков в концентрате увеличивается пропорционально кратности концентрирования [14,15].

При концентрировании молочной сыворотки методом нанофильтрации получают концентраты сыворотки с чистым, слегка сладким или кисло-сладким вкусом. Традиционно молочная сыворотка имеет невысокие вкусовые характеристики, обусловленные наличием сывороточного привкуса, непривычного для потребителей. Этот вкус в сыворотке вызван присутствием минерального комплекса. Частичная деминерализация молочной сыворотки позволяет улучшить органолептические показатели сыворотки и ее концентратов. Концентраты молочной сыворотки, полученные нанофильтрацией, применяют для разработки технологий новых молочных продуктов [14].

Изучению процесса нанофильтрации молочного сырья с целью получения молочной основы для йогуртов и дальнейшей ферментации ее молочнокислыми микроорганизмами посвящен ряд работ зарубежных исследователей. Установлено, что хороших текстурных и сенсорных качеств кисломолочного продукта можно добиться при использовании нанофильтрационного или ультрафильтрационного концентрирования пахты или обезжиренного молока [7,16]. Авторами [16,17] установлено изменение микроструктуры мицелл казеина после нанофильтрации: они агрегируются с увеличенными размерами частиц, но их агрегация незначительная, со сниженной гидрофобностью поверхности и с содержанием свободных сульфгидрильных групп.

Несмотря на ряд исследований по изучению интенсивности кислотообразования и формирования сгустка в концентратах мембранного разделения с различным содержанием белка, эта стадия технологического процесса требует более глубоких исследований.

Цель данной работы — подбор молочной основы, которая имеет повышенную массовую долю полноценного белка и включает концентраты пахты и сыворотки, полученные нанофильтрацией — а она, в свою очередь, обеспечивает активизацию заквасочной микрофлоры. Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

теоретически обосновать выбор молочной основы для использования в составе кисломолочных продуктов с повышенной массовой долей белка; изучить состав и свойства концентратов пахты и концентратов сыворотки, их микроструктуру, обосновать компонентный состав молочной основы для кисломолочных продуктов с повышенной массовой долей белка; провести исследования по подбору видового состава заквасочной микрофлоры для придания продуктам высоких потребительских характеристик.

## 2. Объекты и методы

Объектами исследований являлись пахта, полученная при производстве масла методом преобразования высокожирных сливок, обезжиренная подсырная сыворотка; концентраты пахты и сыворотки с массовой долей сухих веществ от 10 до 20%, полученные нанофильтрацией; кисломолочные продукты на молочной основе, состоящей из концентрата пахты и концентрата сыворотки в соотношении 75:25; 50:50; 25:75.

Для исследования физико-химических показателей пахты и их концентратов использовали стандартные общепринятые методы. Определение массовой доли белка в молочном сырье проводили методом инфракрасной спектроскопии на экспресс-анализатор MPA Bruker.

Для изучения структурно-механических характеристик кислотных сгустков использовали ротационный вискозиметр «Реотест 2.1». Синергетическую способность сгустков концентратов определяли по объему выделившейся из сгустка сыворотки при центрифугировании его в течение 10 минут с частотой 3000 оборотов в минуту при 20 °С.

Электронно-микроскопические исследования пахты, сыворотки и их концентратов, полученных нанофильтрацией, были проведены на трансмиссионном электронном микроскопе (ТЭМ) ЕМ-410 («Филипс», Нидерланды). Подготовка препаратов для прямой микроскопии проводилась контрастированием солями тяжелых металлов [18].

## 3. Результаты и обсуждение

Для концентрирования пахты и сыворотки использовали нанофильтрационную установку фирмы TIA (Франция), укомплектованную мембранами на основе полипитезаминамида с отсечкой по молекулярной массе 200 Д.

Известно, что с повышением температуры скорость фильтрации увеличивается, а селективность мембран изменяется незначительно. Повышение температуры фильтрации выше 40 °С может привести к переходу растворимых солей кальция и магния в нерастворимые и, как следствие, закупорке пор мембраны и снижению скорости фильтрации [19]. С учетом

рекомендаций производителя мембран процесс концентрирования осуществляли при температуре 20 °С и давлении 2,5 МПа.

Предварительными исследованиями установлено, что скорость фильтрации при указанных условиях существенно снижается при увеличении массовой доли сухих веществ в концентратах выше 22%. Это связано, по-видимому, с высокой концентрационной поляризацией на поверхности мембраны вследствие вязкостных и гидродинамических условий истечения продукта [14]. С учетом вышеизложенного, концентрирование пахты и сыворотки проводили до массовой доли сухих веществ в концентратах — 20%.

Изменение удельного расхода и массовой доли сухих веществ в исходном сырье в процессе нанофильтрации показано на Рисунке 1.

Установлено, что процесс нанофильтрации сыворотки до массовой доли сухих веществ 20% идет более интенсивно, чем пахты при выбранных условиях концентрирования. В целом затраты времени на процесс концентрирования исходного сырья не превышали 40 мин.

Для изучения состава и свойств концентратов пахты и концентратов подсырной сыворотки, полученных нанофильтрацией, дополнительно определяли массовую долю белка, титруемую и активную кислотность. В Таблице 1 приведены значения исследуемых показателей по пятикратной повторности опытов.

Таблица 1

Состав и свойства концентратов пахты и сыворотки, полученных нанофильтрацией

| Исследуемый продукт   |              | Массовая доля сухих веществ, % | Массовая доля белка, % | Кислотность, °Т | рН, ед.   |
|-----------------------|--------------|--------------------------------|------------------------|-----------------|-----------|
| Концентраты пахты     | Пахта        | 8,10±0,40                      | 3,30±0,50              | 14,7±2,0        | 7,14±0,06 |
|                       | Концентрат 1 | 10,40±0,20                     | 3,60±0,70              | 16,4±2,8        | 7,06±0,08 |
|                       | Концентрат 2 | 12,00±0,30                     | 4,60±0,30              | 19,2±1,5        | 7,03±0,07 |
|                       | Концентрат 3 | 13,90±0,30                     | 5,50±0,50              | 23,0±1,1        | 6,99±0,06 |
|                       | Концентрат 4 | 16,30±0,40                     | 6,20±1,02              | 26,6±2,0        | 6,97±0,06 |
|                       | Концентрат 5 | 18,40±0,20                     | 6,60±0,70              | 30,1±2,5        | 6,94±0,04 |
|                       | Концентрат 6 | 20,10±0,50                     | 7,03±0,30              | 32,0±1,0        | 6,87±0,21 |
| Концентраты сыворотки | Сыворотка    | 6,06±0,20                      | 0,63±0,15              | 9,7±1,5         | 6,66±0,05 |
|                       | Концентрат 1 | 9,80±0,39                      | 0,90±0,10              | 13,7±0,5        | 6,49±0,01 |
|                       | Концентрат 2 | 12,30±0,33                     | 1,13±0,06              | 15,7±1,1        | 6,46±0,01 |
|                       | Концентрат 3 | 13,94±0,13                     | 1,30±0,10              | 18,7±1,1        | 6,43±0,01 |
|                       | Концентрат 4 | 15,99±0,30                     | 1,87±0,16              | 23,3±0,6        | 6,39±0,01 |
|                       | Концентрат 5 | 17,92±0,18                     | 2,09±0,08              | 26,3±0,5        | 6,37±0,01 |
|                       | Концентрат 6 | 19,99±0,09                     | 2,28±0,06              | 29,3±1,2        | 6,36±0,12 |

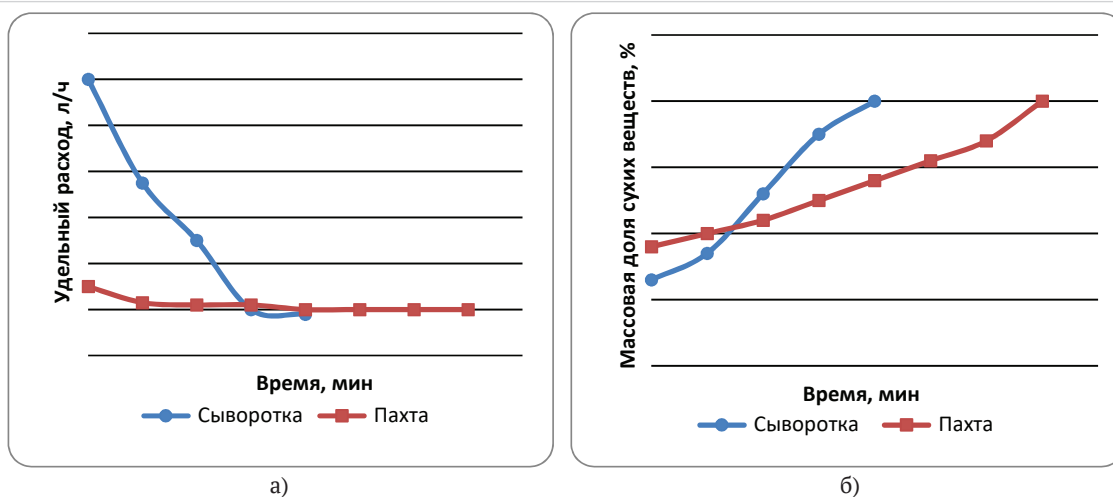


Рисунок 1. Изменение удельного расхода (а) и массовой доли сухих веществ (б) пахты и сыворотки в процессе нанофильтрации

Таким образом, при концентрировании пахты нанофильтрацией в 2,5–2,65 раза были получены концентраты с массовой долей белка до  $(7,03 \pm 0,3)\%$ . При концентрировании подсырной сыворотки в 3,2–3,3 раза массовая доля сывороточного белка увеличивается с 0,63 до 2,28%. Полученные концентраты целесообразно использовать для производства кисломолочных продуктов с повышенной биологической ценностью.

При выработке кисломолочных продуктов на развитие заквасочной микрофлоры существенное влияние оказывает pH среды. Изменение титруемой кислотности и pH в концентратах пахты и подсырной сыворотки представлены на Рисунке 2.

С повышением массовой доли сухих веществ концентратов линейно увеличивается титруемая кислотность и снижается значение pH.

В результате исследований отмечено, что снижение активной кислотности с ростом массовой доли сухих веществ идет менее значительно по сравнению с увеличением титруемой кислотности. При повышении кислотности в 2,2–2,6 раза в процессе концентрирования пахты с 8,1 до 20% pH изменяется незначительно — на 0,27 ед. В концентратах сыворотки при повышении титруемой кислотности в 3–4 раза при

концентрировании с 6,06 до 20% pH изменяется на 0,3 ед. По-видимому, это связано с наличием в концентратах ряда буферных систем — белковой, фосфатной, цитратной, лактатной.

Увеличение буферной емкости в концентратах пахты и сыворотки, полученных нанофильтрацией, позволяет прогнозировать интенсификацию молочнокислого процесса при сквашивании концентратов микроорганизмами закваски.

Известно, что органолептические свойства продуктов гораздо больше, чем химический состав и пищевая ценность, влияют на выбор потребителей и в конечном счете формируют их спрос, что обуславливает необходимость изучения органолептических показателей на всех стадиях производства. Формирование органолептических свойств кисломолочных продуктов со сложным сырьевым составом зависит в первую очередь от качества исходной молочной основы.

Наиболее значимыми показателями, влияющими на потребительские характеристики молочной основы для кисломолочных продуктов, являются вкус, запах и консистенция. Для оценки этих показателей разработана балльная система с максимальной оценкой за вкус и запах — 5 баллов, за консистенцию — 5 баллов.

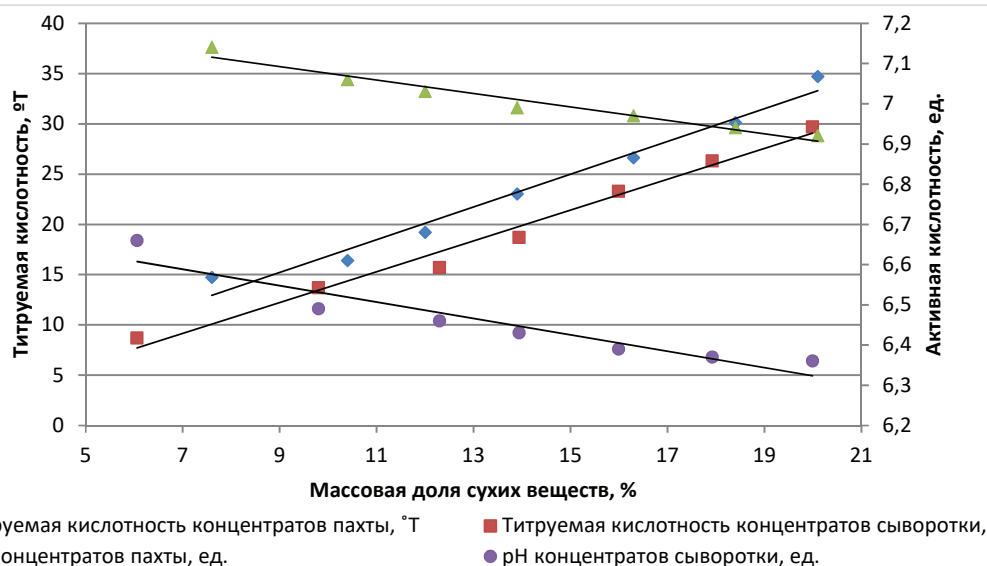


Рисунок 2. Зависимость титруемой и активной кислотности концентратов пахты и сыворотки от массовой доли сухих веществ

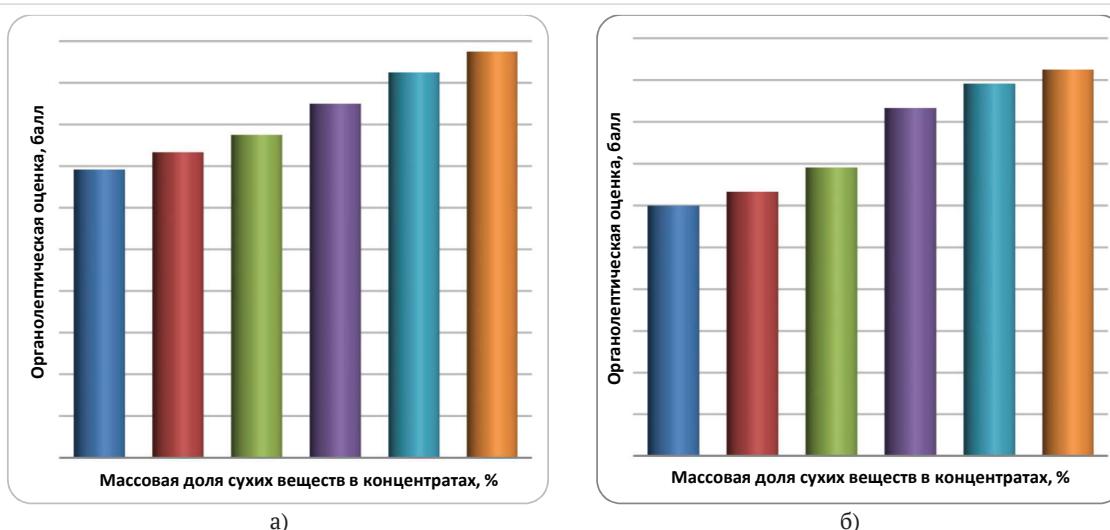


Рисунок 3. Влияние массовой доли сухих веществ на органолептические показатели  
а) концентратов пахты; б) концентратов сыворотки

Средний балл по сумме баллов за вкус, запах и консистенцию концентратов пахты и сыворотки с массовой долей сухих веществ от 10 до 20% представлен на Рисунке 3.

Органолептическая оценка показала (Рисунок 3а), что концентраты пахты, полученные нанофильтрацией, с массовой долей сухих веществ от 10 до 20% имели чистый, приятный, слегка сладковатый вкус, выраженность которого увеличивалась с повышением степени концентрирования. Несмотря на то, что массовая доля жира в концентратах невелика, формируется вкусовое ощущение полножирного продукта. Органолептическая оценка концентратов сыворотки (Рисунок 3б) показала, что по мере увеличения массовой доли сухих веществ до 20% в них ощущается сывороточный привкус при одновременном увеличении сладковатого привкуса за счет увеличения содержания лактозы, что в целом обеспечивает приемлемые органолептические показатели концентрата сыворотки с массовой долей сухих веществ до 20%. На улучшение органолептических показателей концентратов сыворотки влияет, по-видимому, частичная деминерализация в процессе нанофильтрации [14].

На основе комплексных исследований для получения кисломолочных продуктов с повышенной массовой долей полноценного белка были выбраны концентраты пахты и сыворотки, полученные нанофильтрацией, с массовой долей сухих веществ 20%.

Для объективной оценки консистенции полученных концентратов изучено изменение их эффективной вязкости в зависимости от скорости сдвига. Согласно полученным данным, начальная эффективная вязкость нанофильтрационного концентрата пахты в 2,5 раза выше вязкости пахты, а начальная эффективная вязкость концентрата сыворотки в 1,7 раза выше вязкости исходной сыворотки. При этом вязкость концентрата пахты в 2 раза выше вязкости концентрата сыворотки. По-видимому, использование концентратов с повышенной массовой долей белка будет оказывать существенное влияние на формирование консистенции кисломолочных напитков при сквашивании наряду с такими известными факторами, как состав и свойства закваски, температура и продолжительность ферментации [1,18].

На следующем этапе проводились электронно-микроскопические исследования микроструктуры пахты, сыворотки и их концентратов с массовой долей сухих веществ 20% с целью прогнозирования показателей качества кисломолочных продуктов на основе концентратов пахты и сыворотки (в первую очередь консистенции). На реологические и синергетические свойства кисломолочных створок оказывает влияние дисперсный состав белковых частиц исходного сырья [20]. Поэтому исследование изменений структурной составляющей вязкости пахты и сыворотки, обусловленной белками, в зависимости от воздействия на нее нанофильтрации и характер возникающих структурных элементов белков имеют важное теоретическое и практическое значение.

В Таблице 2 представлены данные электронно-микроскопических исследований по определению размера дисперсных частиц в пахте, подсырной сыворотке и их концентратах, полученных нанофильтрацией.

Таблица 2  
Характеристика микроструктуры пахты, сыворотки и их концентратов, полученных нанофильтрацией

| Объект исследования                      | Размер дисперсных частиц, нм | Размер ячеек пространственной сетки, мкм |
|------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|
| Пахта                                    | 130 ± 30                     | 4.2 ± 0.7                                |
| Концентрат пахты (20% сухих веществ)     | 130 ± 30                     | 1.3 ± 0.4                                |
| Сыворотка                                | 34 ± 7                       | 2.3 ± 0.5                                |
| Концентрат сыворотки (20% сухих веществ) | 58 ± 9                       | 1.8 ± 0.5                                |

Отмечено наличие в пахте дисперсных частиц, как в изолированной форме, так и в виде слабосвязанных агрегатов, в то время как дисперсные частицы в нанофильтрационном концентрате пахты находятся в основном в связанной форме. При концентрировании пахты нанофильтрацией средний диаметр дисперсных частиц не увеличился и составил (130 ± 30) нм, а размер ячеек пространственной сетки уменьшился в 3,2 раза что, вероятно, связано с усилением межмолекулярного взаимодействия элементов структуры в единице объема дисперсионной среды.

При концентрировании сыворотки размер частиц увеличился в 1,7 раза при уменьшении размера ячеек пространственной сетки в 1,3 раза, что связано, вероятно, с укрупнением дисперсных частиц и формированием отдельных свободных агрегатов. Таким образом, в процессе нанофильтрации отмечено структурирование белковой фазы пахты и сыворотки. По-видимому, при формировании кисломолочного створа в процессе сквашивания элементы белковой фазы концентратов будут являться центрами образования новой непрерывной белковой фазы.

Известно, что отношение содержания казеина к сывороточным белкам в коровьем молоке составляет 80:20. Приближение белкового состава молочных продуктов к рациональному составу для человека достигается приведением в соответствие соотношения казеина к сывороточным белкам, равного 40:60. Такое приближение носит условный характер. Более важно сбалансировать состав белков по их биологической ценности. Систематическое отсутствие или дефицит хотя бы одной из незаменимых аминокислот неизбежно нарушит синтез тканевых белков, обменных процессов, приведет к белковому голоданию, истощению и другим нежелательным явлениям [4,5]. Повышение биологической ценности можно получить, меняя соотношения казеина и белков сыворотки — биологическая ценность последних выше биологической ценности казеина, так как белки сыворотки содержат больше незаменимых аминокислот.

Таким образом, исходя из литературных данных, расчета предполагаемой биологической ценности и ранее проведенных опытов, для получения продуктов с высокой биологической ценностью были выбраны три вида молочной основы с соотношением концентрата пахты (массовая доля сухих веществ 20%) к концентрату сыворотки (массовая доля сухих веществ 20%): 75:25; 50:50; 25:75 (варианты 1, 2, 3, соответственно).

Характеристики концентратов и комбинированных молочных смесей приведены в Таблице 3.

Таблица 3

Состав и свойства концентратов и молочной основы

| Образец              | Массовая доля, %, сухих веществ |             |             |              | Кислотность, °Т | рН, ед      |
|----------------------|---------------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|-------------|
|                      | белка                           | жира        | лактозы     |              |                 |             |
| Концентрат пахты     | 20,10 ± 0,50                    | 7,03 ± 0,12 | 0,78 ± 0,08 | 10,58 ± 1,20 | 32,00 ± 1,00    | 6,57 ± 0,21 |
| Концентрат сыворотки | 19,99 ± 0,09                    | 2,28 ± 0,26 | 0,10 ± 0,01 | 14,95 ± 1,40 | 29,30 ± 1,15    | 6,39 ± 0,12 |
| Молочная основа      |                                 |             |             |              |                 |             |
| Вариант 1            | 20,07 ± 0,35                    | 5,17 ± 0,46 | 0,70 ± 0,06 | 11,91 ± 1,80 | 31,30 ± 0,57    | 6,52 ± 0,19 |
| Вариант 2            | 20,05 ± 0,29                    | 4,44 ± 0,33 | 0,55 ± 0,05 | 12,08 ± 1,00 | 31,00 ± 1,00    | 6,46 ± 0,20 |
| Вариант 3            | 20,01 ± 0,15                    | 3,29 ± 0,15 | 0,23 ± 0,06 | 13,25 ± 1,30 | 30,30 ± 0,57    | 6,41 ± 0,14 |

Титруемая кислотность всех трех комбинаций из концентратов пахты и сыворотки изменилась незначительно. Отмечено незначительное изменение активной кислотности: с увеличением массовой доли концентрата пахты увеличивается pH смеси, по-видимому, в этом случае более активно работает белковая буферная система. С точки зрения состава и физико-химических свойств образцов для производства кисломолочных продуктов, подходят все три вида молочной основы, представленные в таблице 3. В первую очередь это касается высокой буферной емкости полученных смесей, т. е. молочнокислые бактерии чувствительны к низким значениям pH, особенно на начальном этапе развития. Кроме того, увеличение содержания лактозы в смесях может исключить истощение основного источника питания заквасочных микроорганизмов в процессе сквашивания [21].

Для окончательного выбора был изучен процесс сквашивания всех трех вариантов молочной основы (Таблица 3) молочнокислыми микроорганизмами. Учитывая органолептические показатели изучаемых вариантов молочной основы, в частности, сладковатый привкус из-за повышенной массовой доли сухих веществ, было решено включить в состав заквасок лактобациллы (ацидофильную или болгарскую палочку) в комбинации с термофильным стрептококком. Ацидофильная и болгарская палочки как гомоферментативные микроорганизмы при своем развитии образуют в основном молочную кислоту и ряд ароматических веществ, что способствует формированию приятного кисломолочного вкуса и запаха. Кроме того, проявляя протеолитическую активность в первые часы культивирования, лактобациллы

способствуют накоплению свободных аминокислот, в которых нуждаются термофильные стрептококки на всем протяжении своего развития. Молочнокислые палочки образуют, как правило, колющийся сгусток, не характерный для кисломолочных продуктов. Включение термофильного стрептококка в комбинированную закваску позволяет получить сгустки, обладающие высокой вязкостью, хорошо удерживающие сыворотку [22–24].

Для заквашивания применяли два вида закваски: закваску, состоящую из *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* в соотношении 4:1; закваску на основе *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и *Lactobacillus acidophilus* в соотношении 4:1. Сквашивание до получения в меру плотного сгустка проводили при температуре  $(38 \pm 2)^\circ\text{C}$ , доза закваски составляла 5%.

Изменение титруемой и активной кислотности в процессе сквашивания при использовании трех видов молочной основы и двух видов заквасок представлено на Рисунках 4 и 5.

В образцах с долей концентрата пахты 75 и 50% (вариант 1 и 2) при использовании закваски на основе термофильного стрептококка и ацидофильной палочки (Рисунок 4) в меру плотный сгусток был получен в течение четырех часов, для образца с долей концентрата пахты 25% (вариант 3) в течение 5 часов был получен слабый, рыхлый сгусток. Аналогичная зависимость наблюдалась при сквашивании всех вариантов молочной основы с использованием закваски на основе болгарской палочки и термофильного стрептококка. Плотность сгустков повышалась по мере увеличения содержания концентрата пахты в молочной основе.

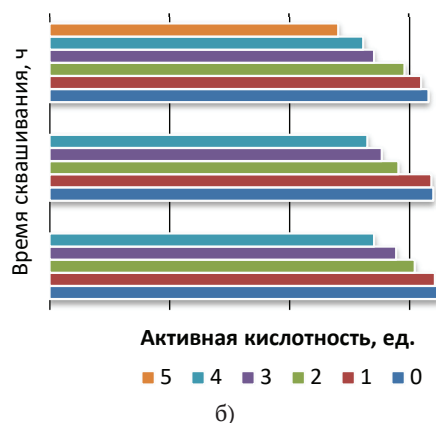
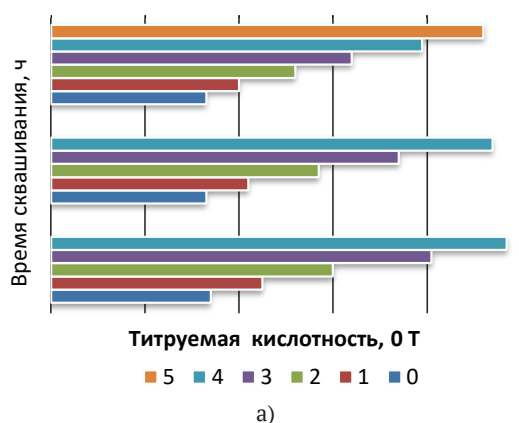


Рисунок 4. Изменение титруемой (а) и активной кислотности (б) в процессе сквашивания образцов закваской на основе ацидофильной палочки и термофильного стрептококка

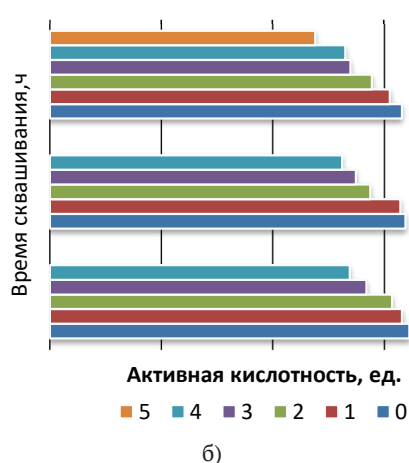
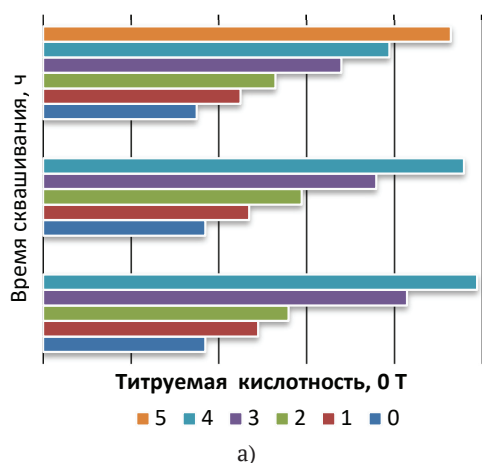


Рисунок 5. Изменение титруемой (а) и активной кислотности (б) в процессе сквашивания образцов закваской на основе болгарской палочки и термофильного стрептококка

Титруемая кислотность образцов, сквашенных болгарской палочкой и термофильным стрептококком, отличалась незначительно и варьировала в интервале (93–99) °Т, более низкая активная кислотность отмечена в образцах с долей концентрата пахты 25% (вариант 3) (Рисунок 5).

Отмечена тенденция уменьшения средней скорости кислотообразования при использовании закваски на основе болгарской палочки и термофильного стрептококка в сравнении с закваской на основе ацидофильной палочки и термофильного стрептококка (Рисунок 6).

Увеличение доли концентрата пахты в молочной основе в результате повышения буферных свойств и факторов роста оказывает положительное влияние на активизацию роста заквасочных культур и, соответственно, на скорость кислотообразования. Средняя скорость кислотообразования за весь процесс сквашивания при увеличении доли концентрата пахты с 25 до 75% повышалась в 1,2–1,3 раза.

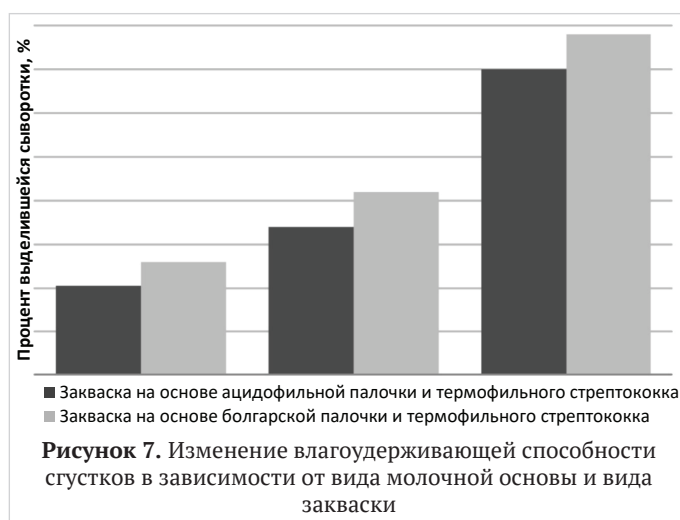
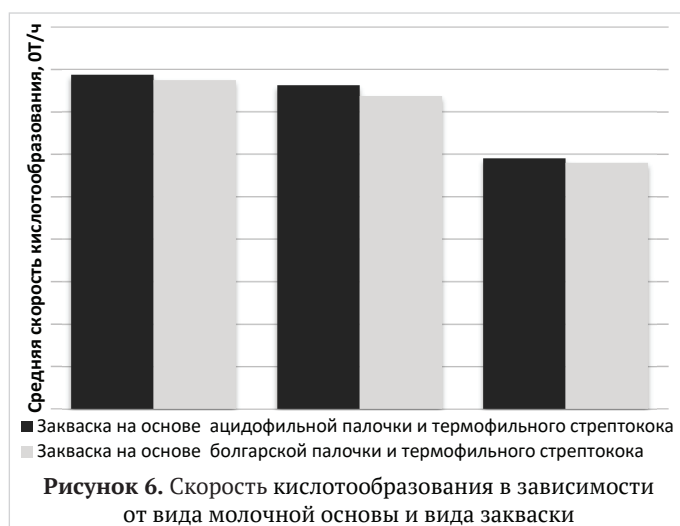
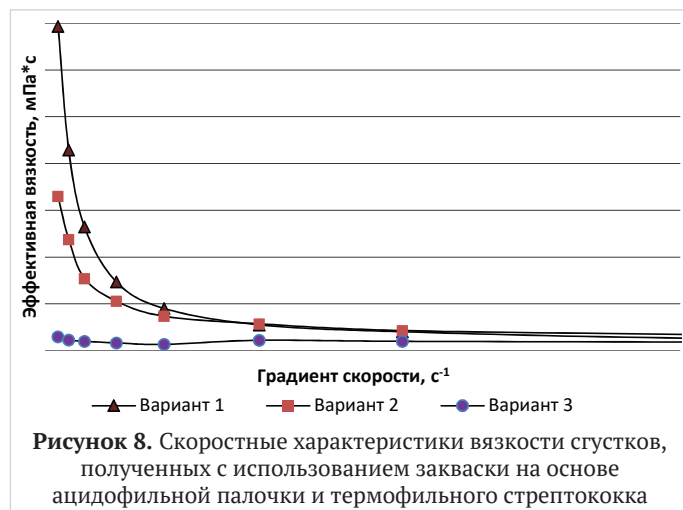
Изменение влагоудерживающей способности сгустков, определенной методом центрифугирования по количеству выделившейся сыворотки из разрушенного сгустка, представлено на Рисунке 7.

Увеличение доли концентрата сыворотки в составе молочной основы (варианты 1 и 2) уменьшает влагоудерживающую способность сгустков при использовании исследуемых видов заквасок. Отмечена тенденция улучшения влагоудерживающей способности у сгустков, полученных с использованием закваски на основе ацидофильной палочки и термофильного стрептококка.

На следующем этапе при разработке кисломолочных продуктов изучали влияние состава молочной основы и вида закваски на формирование структурно-механических и органолептических свойств продукта. Кисломолочные продукты относятся к структурированным дисперсным системам, которые имеют сплошной пространственный каркас, образующийся в результате соприкосновения частиц дисперсной фазы при определенной концентрации.

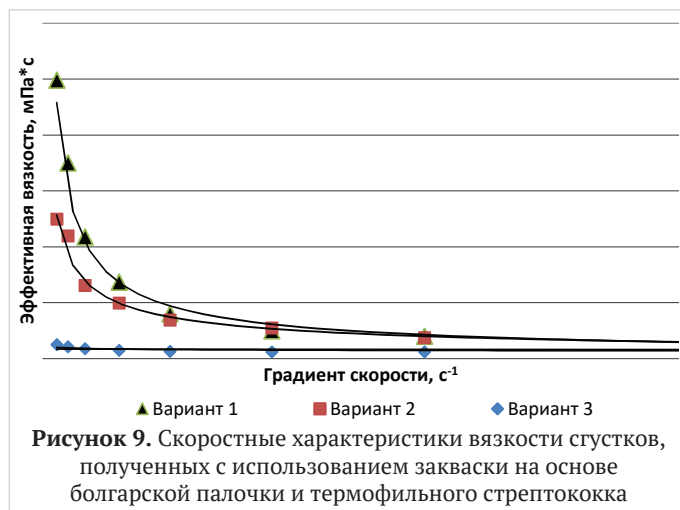
Скоростные характеристики сгустков представлены на Рисунках 8 и 9.

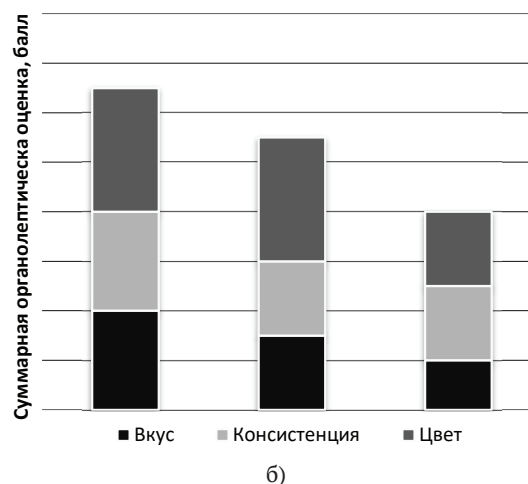
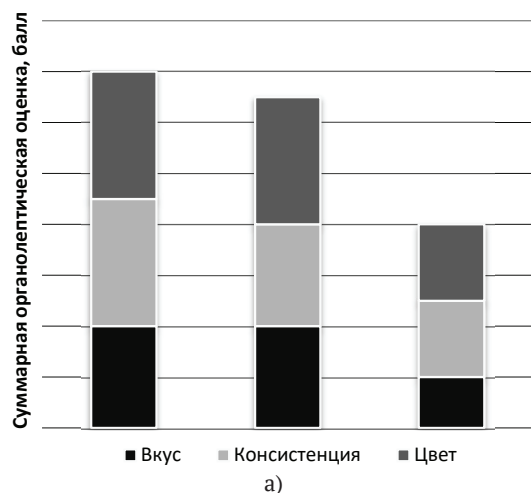
Отмечено, что с увеличением доли концентрата пахты в сгустке его вязкость увеличивается. По-видимому, это связано не только с концентрированием сухих веществ, но и агрегированием в первую очередь белков пахты, а также образованием внутренних структур [20]. В области малых значений скорости сдвига ( $0-10 \text{ c}^{-1}$ ) наблюдается резкое снижение вязкости, которая начинает стабилизироваться с ростом градиента сдвига. Во всех сгустках, полученных с использованием закваски на основе болгарской палочки и термофильного стрептококка, начальная эффективная вязкость ниже в 1,2–1,4 раза, чем



в образцах, полученных с использованием закваски на основе ацидофильной палочки и термофильного стрептококка.

Результаты органолептической оценки показали (Рисунок 10 б), что продукт, полученный на молочной основе варианта 1, сквашенный закваской на основе болгарской палочки и термофильного стрептококка, имеет недостаточно выраженные кисломолочный вкус и запах, а также в меру вязкую консистенцию без отделения сыворотки. По мере увеличения содержания концентрата сыворотки в смеси наблюдалось ухудшение консистенции продукта и снижение выраженности кисломолочного вкуса и аромата.





**Рисунок 10.** Изменение органолептических показателей кисломолочного продукта в зависимости от вида закваски:  
а) закваска на основе ацидофильной палочки и термофильного стрептококка;  
б) закваска на основе болгарской палочки и термофильного стрептококка

Анализ органолептических показателей продукта на основе ацидофильной палочки и термофильного стрептококка (варианты молочной основы 1 и 2) показал (Рисунок 10 а), что данные образцы отличаются чистым кисломолочным вкусом и однородной в меру вязкой консистенцией.

Отмечено, что для продукта на молочной основе с высоким содержанием сухих веществ наиболее предпочтительна закваска на основе ацидофильной палочки, обеспечивающая более выраженный кисломолочный вкус и аромат. При увеличении доли концентрата пахты в продукте наблюдалось улучшение структурно-механических и органолептических свойств продукта.

На основании комплексных исследований выбраны два вида молочной основы для новых кисломолочных продуктов с повышенной массовой долей белка с соотношением концентрата пахты к концентрату сыворотки 75:25 и 50:50. В состав закваски предусматривается включить ацидофильную палочку и термофильный стрептококк.

#### 4. Выводы

Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность использования concentra-

тов пахты и подсырной сыворотки, полученных нанотриацией, в качестве молочной основы для производства кисломолочных продуктов с повышенной массовой долей белка.

На основании определения размеров дисперсных частиц в пахте, сыворотке и их концентратах установлено, что при концентрировании нанотриацией до массовой доли сухих веществ 20% происходит структурирование белковой фазы с уменьшением размера ячеек пространственной сетки в 3,2 раза в концентрате пахты и в 1,3 раза в концентрате сыворотки, а также увеличение размера частиц в концентрате сыворотки в 1,7 раза.

Обосновано использование комбинированной молочной основы с соотношением концентрата пахты (20% сухих веществ) к концентрату сыворотки (20% сухих веществ) 50:50 и 75:25, обеспечивающее содержание полноценного белка 4,4–5,6% в кисломолочных продуктах. Сбраживание указанной молочной основы закваской, содержащей термофильный стрептококк и ацидофильную палочку в соотношении 4:1 позволяет получить кисломолочные продукты с привлекательными потребительскими характеристиками.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Банникова, А.В., Евдокимов, И.А. (2012). Инновационный подход к созданию обогащенных молочных продуктов с повышенным содержанием белка. — М.: ДеЛи плюс, 2015. — 136 с.
- Банникова, А.В., Евдокимов, И.А. (2015). Молочные продукты, обогащенные сывороточными белками: технологические аспекты создания. *Молочная промышленность*, 1, 64–66.
- Володин, Д.Н., Золотарев, М.С., Топалов, В.К., Евдокимов, И.А., Храмов, А.Г., Чаблин, Б.В. и др. (2015). Сывороточные ингредиенты: анализ рынка и перспективы производства. *Молочная промышленность*, 3, 60–62.
- Тутельян, В.А., Никитюк, Д.Б., Батулин, А.К., Васильев, А.В., Гаппаров, М.Г., Жилинская, Н.В. и др. (2020). Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществ пищи. *Вопросы питания*, 89(4), 24–34. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10039>.
- Гришин, Д.В., Подобед, О.В., Гладилина, Ю.А., Покровская, М.В., Александрова, С.С., Покровский, В.С. и др. (2017). Биоактивные белки и пептиды: современное состояние и новые тенденции практического применения в пищевой промышленности и кормопроизводстве. *Вопросы питания*, 86(3), 19–31.
- Топникова, Е.В., Иванова, Н.В., Оносовская, Н.Н. (9–18 июня 2017). Новый стандарт на пахту и продукты ее переработки. Сборник материалов Международной молочной недели. Углич, Россия.
- Ahmed, J.A.O., Razig, K.A.A. (2017). Effect of levels of buttermilk on quality of set yoghurt. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 7, 634. <https://doi.org/10.4172/21559600.1000634>
- Вышемирский, Ф.А., Ожгихина, Н.Н. (2011). Пахта: минимум калорий — максимум биологической ценности. *Молочная промышленность*, 9, 54–56.
- Новокшанова, А.Л., Топникова, Е.В., Абабкова, А.А. (2019). Анализ аминокислотного состава обезжиренного молока и пахты для производства кисломолочного напитка при внесении гидролизата сывороточных белков. *Вопросы питания*, 88(3), 90–96. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10034>.
- Пономарев, А. Н., Мельникова, Е.И., Богданова, Е.В. (2018). Молочная сыворотка как сырьевой ресурс для производства пищевых ингредиентов. *Молочная промышленность*, 7, 38–39.
- Fennema, O.R., Damodaran, S., Parkin, K.L. (2012). *Fennema's Food chemistry*. London: CRC Press, 2012.
- Bannikova, A. V., Evdokimov, I. A. (2015). The scientific and practical principles of creating products with increased protein content. *Foods and Raw Materials*, 3(2), 3–12.
- Cao, J., Wang, G., Wu, S., Zhang, W., Liu, C., Li, H. et al. (2016). Comparison of nanofiltration and evaporation technologies on the storage stability of milk protein concentrates. *Dairy Science and Technology*, 96(1), 107–121. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0244-3>.

14. Шохалова, В.Н., Кузин, А.А., Дыкало, Н.Я., Шохалов, В.А. (2014). Состав НФ-концентратов творожной сыворотки. *Молочная промышленность*, 12, 56–57.
15. Meyer, P., Hartinger, M., Sigler, S., Kulozik, U. (2017). Concentration of milk and whey by membrane technologies in alternative cascade modes. *Food and Bioprocess Technology*, 10(4), 674–686. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1848-1>
16. Cao, J., Zhang, W., Wu, S., Liu, C., Li, Y., Li, H. et al. (2015). Short communication: Effects of nanofiltration and evaporation on the physicochemical properties of milk protein during processing of milk protein concentrate. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 100–105. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8619>
17. Wang, H., Wang, Y., Cao, J., Yuan, D., Chen, L., Han, J. (2018). Short communication: Effects of nanofiltration and evaporation on the gel properties of milk protein concentrates with different preheat treatments. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 4977–4982. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13811>
18. Смыков, И.Т. (2012). Исследование кинетики формирования белковой структуры в процессе гелеобразования. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 6, 30–37.
19. Tamime, A.Y. (2013). *Membrane Processing: Dairy and Beverage Applications*. US: Wiley-Blackwell, 2013.
20. Smykov, I.T. (2019). Study of the enzymatic stage of milk gelation: changes in viscosity and microstructure. *Food systems*, 2(3), 4–8. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-3-4-8>
21. Рязанцева, К.А., Кручинин, А.Г., Агаркова, Е.Ю., Харитонов, В.Д. (2015). Применение баромембранных процессов в технологии йогурта функциональной направленности. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 5, 36–41.
22. Madhubasani, G. B. L., Prasanna, P. H. P., Chandrasekara, A., Gunasekara, D. C. S., Senadeera, P., Chandramali, D. V. P., Vidanarachchi, J. K. (2020). Exopolysaccharide producing starter cultures positively influence on microbiological, physicochemical, and sensory properties of probiotic goats' milk set-yoghurt. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(3), Article e14361. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14361>
23. Xu, Y., Cui, Y., Yue, F., Liu, L., Shan, Y., Liu, B. et al. (2019). Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria and bifidobacteria: Structures, physicochemical functions and applications in the food industry. *Food Hydrocolloids*, 94, 475–499. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.032>
24. Han, X., Yang, Z., Jing, X., Yu, P., Zhang, Y., Yi, H., Zhang, L. (2016). Improvement of the texture of yogurt by use of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria. *BioMed Research International*, 2016, Article 7945675. <https://doi.org/10.1155/2016/7945675>

## REFERENCES

1. Bannikova, A.V., Evdokimov, I.A. (2012). An innovative approach to the creation of fortified dairy products with a high protein content. Moscow: DeLi plus, 2015, 136 p. (In Russian)
2. Bannikova, A.V., Evdokimov, I.A. (2015). Milk products enriched with whey proteins. Technological aspects of developing. *Dairy Industry*, 1, 64–66. (In Russian)
3. Volodin, D.N., Zolotarev, M.S., Topalov, V.K., Evdokimov, I.A., Khramtsov, A.G., Chablin, B.V. et al. (2015). Analysis of the market and production of the whey ingredients. *Dairy Industry*, 3, 60–62. (In Russian)
4. Tutelyan, V.A., Nikityuk, D.B., Baturin, A.K., Vasiliev, A.V., Gapparov, M.G., Zhilinskaya, N.V. et al. (2020). Nutriome as the direction of the “main blow”: determination of physiological needs in macroand micronutrients, minor biologically active substances. *Problems of Nutrition*, 89(4), 24–34. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10039> (In Russian)
5. Grishin, D.V., Podobed, O.V., Gladilina, Yu.A., Pokrovskaya, M.V., Aleksandrova S. S., Pokrovsky V. S. et al. (2017). Bioactive proteins and peptides: current state and new trends of practical application in the food industry and feed production. *Problems of Nutrition*, 86(3), 19–31. (In Russian)
6. Topnikova, E.V., Ivanova, N.V., Onosovskaya, N.N. (2017, June 9–18). *New Standard for Buttermilk and Its Processed Products*. International Dairy Week Proceedings. Uglich, Russia. (In Russian)
7. Ahmed, J.A.O., Razig, K.A.A. (2017). Effect of levels of buttermilk on quality of set yoghurt. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 7, 634. <https://doi.org/10.4172/21559600.1000634>
8. Vyshemirskii, F.A., Ozhgihina, N.N. (2011). Buttermilk: minimum of calories-maximum of biological value. *Dairy Industry*, 9, 54–56. (In Russian)
9. Novokshanova, A.L., Topnikova, E.V., Ababkova, A.A. (2019). Analysis of amino acid composition of skim milk and buttermilk for the production of dairy drink when introducing whey protein hydrolysate. *Problems of Nutrition*, 88(3), 90–96. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10034> (In Russian)
10. Ponomarev, A. N., Melnikova, E. I., Bogdanova, E. V. (2018). Milk whey as a raw material for the production of food ingredients. *Dairy Industry*, 7, 38–39. (In Russian)
11. Fennema, O.R., Damodaran, S., Parkin, K.L. (2012). *Fennema's Food chemistry*. London: CRC Press, 2012.
12. Bannikova, A. V., Evdokimov, I. A. (2015). The scientific and practical principles of creating products with increased protein content. *Foods and Raw Materials*, 3(2), 3–12.
13. Cao, J., Wang, G., Wu, S., Zhang, W., Liu, C., Li, H. et al. (2016). Comparison of nanofiltration and evaporation technologies on the storage stability of milk protein concentrates. *Dairy Science and Technology*, 96(1), 107–121. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0244-3>
14. Shohalova, V.N., Kuzin, A.A., Dykalo, N. Ya., Shokhalov, V.A. (2014). Composition of the NF concentrates of curds whey. *Dairy Industry*, 12, 56–57. (In Russian)
15. Meyer, P., Hartinger, M., Sigler, S., Kulozik, U. (2017). Concentration of milk and whey by membrane technologies in alternative cascade modes. *Food and Bioprocess Technology*, 10(4), 674–686. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1848-1>
16. Cao, J., Zhang, W., Wu, S., Liu, C., Li, Y., Li, H. et al. (2015). Short communication: Effects of nanofiltration and evaporation on the physicochemical properties of milk protein during processing of milk protein concentrate. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 100–105. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8619>
17. Wang, H., Wang, Y., Cao, J., Yuan, D., Chen, L., Han, J. (2018). Short communication: Effects of nanofiltration and evaporation on the gel properties of milk protein concentrates with different preheat treatments. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 4977–4982. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13811>
18. Smykov, I.T. (2011). Investigation of kinetics of protein structure formation during gelation. *Storage and Processing of Farm Products*, 6, 30–37. (In Russian)
19. Tamime, A.Y. (2013). *Membrane Processing: Dairy and Beverage Applications*. US: Wiley-Blackwell, 2013.
20. Smykov, I.T. (2019). Study of the enzymatic stage of milk gelation: changes in viscosity and microstructure. *Food systems*, 2(3), 4–8. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-3-4-8>
21. Rjazanceva, K.A., Kruchinin, A.G., Agarkova, E. Yu., Kharitonov, V.D. (2015). Usage of baromembrane processes in the production technology of yoghurt of functional orientation for dietary-prophylactic nutrition. *Storage and Processing of Farm Products*, 5, 36–41. (In Russian)
22. Madhubasani, G. B. L., Prasanna, P. H. P., Chandrasekara, A., Gunasekara, D. C. S., Senadeera, P., Chandramali, D. V. P., Vidanarachchi, J. K. (2020). Exopolysaccharide producing starter cultures positively influence on microbiological, physicochemical, and sensory properties of probiotic goats' milk set-yoghurt. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(3), Article e14361. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14361>
23. Xu, Y., Cui, Y., Yue, F., Liu, L., Shan, Y., Liu, B. et al. (2019). Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria and bifidobacteria: Structures, physicochemical functions and applications in the food industry. *Food Hydrocolloids*, 94, 475–499. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.032>
24. Han, X., Yang, Z., Jing, X., Yu, P., Zhang, Y., Yi, H., Zhang, L. (2016). Improvement of the texture of yogurt by use of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria. *BioMed Research International*, 2016, Article 7945675. <https://doi.org/10.1155/2016/7945675>

| СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | AUTHOR INFORMATION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Принадлежность к организации                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Affiliation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p><b>Острецова Надежда Геннадьевна</b> — кандидат технических наук, доцент, кафедра технологии молока и молочных продуктов, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина<br/>160555, Вологда, Молочное, ул. Шмидта, 2<br/>Тел: +7-921-714-65-56<br/>E-mail: lugovaya22@mail.ru<br/>ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-5073-756X">https://orcid.org/0000-0001-5073-756X</a><br/>* автор для контактов</p> | <p><b>Nadezhda G. Ostreczova</b> — candidate of technical sciences, docent, Department of Milk and Dairy Products Technology, Vologda State Dairy Farming Academy named after N. V. Vereshchagin<br/>2, Shmidta str., 160555, Vologda, Molochnoe, Russia<br/>Tel.: +7-921-714-65-56<br/>E-mail: lugovaya22@mail.ru<br/>ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-5073-756X">https://orcid.org/0000-0001-5073-756X</a><br/>* corresponding author</p> |
| <p><b>Боброва Анна</b> — кандидат технических наук, кафедра технологии молока и молочных продуктов, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина<br/>160555, Вологда, Молочное, ул. Шмидта, 2<br/>Тел.: +7-953-509-90-44<br/>E-mail: anna.chekaleva@mail.ru<br/>ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-0335-8820">https://orcid.org/0000-0002-0335-8820</a></p>                                               | <p><b>Anna V. Bobrova</b> — candidate of technical sciences, Department of Milk and Dairy Products Technology, Vologda State Dairy Farming Academy named after N. V. Vereshchagin<br/>2, Shmidta str., 160555, Vologda, Molochnoe, Russia<br/>Tel.: +7-953-509-90-44<br/>E-mail: anna.chekaleva@mail.ru<br/>ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-0335-8820">https://orcid.org/0000-0002-0335-8820</a></p>                                       |
| Критерии авторства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Contribution                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Конфликт интересов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Conflict of interest                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>The authors declare no conflict of interest</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |