

Состав и функционально-технологические свойства пермеата подсырной сыворотки

Мельникова Елена Ивановна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Адрес: 394036, г. Воронеж, пр. Революции, д. 19

E-mail: melnikova@molvest.ru

Богданова Екатерина Викторовна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Адрес: 394036, город Воронеж, пр. Революции, д. 19

E-mail: ek-v-b@yandex.ru

Павельева Дарья Анатольевна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Адрес: 394036, город Воронеж, пр. Революции, д. 19

E-mail: kotma95@inbox.ru

Решение проблемы утилизации молочной сыворотки возможно только за счёт инвестиций переработчиков в новые ресурсосберегающие технологии, в том числе производство пермеатов. Целью данного исследования было изучение функционально-технологических характеристик, размера частиц и способности к восстановлению сухого сывороточного пермеата. Сухой пермеат получали из предварительно просепазированной при $t=(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ и очищенной подсырной сыворотки, которую пастеризовали при $t=(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 5 минут, затем охлаждали до $t=(10 - 15)^\circ\text{C}$ и отправляли на ультрафильтрацию при $t=(10 - 12)^\circ\text{C}$, $P=(0,3 - 0,6)$ МПа. Последующую сушку осуществляли на установке VRD-5 при температуре на входе в сушильную башню $150 - 160^\circ\text{C}$, на выходе – $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$. Экспериментальные исследования проводились в соответствии с арбитражными и общепринятыми в исследовательской практике методами. В ходе работы были установлены гранулометрический состав и физико-химические показатели сухого пермеата: средний размер частиц составил 56,03 мкм, индекс растворимости $-0,1\text{ см}^3$, насыпная плотность $-0,68\text{ г/см}^3$, диспергируемость $-80,6\%$, смачиваемость $-62,0\%$. Изученные функциональные свойства сывороточного пермеата показывают высокую способность к адаптации рецептур кондитерских и хлебобулочных изделий, горячих напитков, молочных и мясных продуктов для улучшения их вкуса и текстуры, а также при снижении стоимости. Выпуск сухого сывороточного пермеата, нового для нашей страны продукта, позволит организовать замкнутый цикл производства и расширить ассортиментные группы традиционных товаров.

Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, сывороточный пермеат, продукты для специализированного питания, химический состав

Введение

Совершенствование современных технологий, поиск альтернативно-компонентных решений производства продуктов питания катализирует развитие рынка новых сырьевых ингредиентов, в том числе из вторичного молочного сырья (Bhandari et al., 2013). К одному из широко востре-

бованных ингредиентов для производства продуктов питания относятся пермеат молочного сырья (Minj et al., 2020; Лазарев & Титова, 2019).

В настоящее время Российскими нормативными документами (ТР ТС 033/2013¹; ТР ТС 029/2012²) не только не регламентированы требования к этим ингредиентам, но и отсутствует понятийный

¹ ТР ТС 033/2013. (2013). *Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции»*. <https://docs.cntd.ru/document/499050562>

² ТР ТС 029/2012. (2014). *Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств*. <https://docs.cntd.ru/document/902359401>

аппарат к таким наименованиям. Комиссией Кодекс Алиментариус при ФАО/ВОЗ в 2017 г. утвержден стандарт на сухие пермеаты из молочного сырья (CXS 331-2017). В соответствии с этим стандартом сухие пермеаты производятся из молочного сырья (молока, сливок, пахты, сыворотки, за исключением творожной), посредством удаления (полного либо частичного) молочного жира и белка (Kravtsov et al., 2021).

На сегодняшнем российском рынке молочных ингредиентов большим спросом пользуются сывороточные пермеаты ввиду экономической целесообразности их применения в пищевом производстве, а также функционально-технологических характеристик, широко востребованных в различных сферах пищевой промышленности (Охотин, 2014). Мировыми лидерами по производству пермеата являются США, страны ЕС, Новая Зеландия, Аргентина (Мельникова и др., 2020). В РФ в настоящее время пермеат производят три предприятия:

- «Калачеевский сырзавод»;
- ООО «Трубчевский молочный комбинат»;
- «Рубцовский молочный завод».

Области применения сывороточного пермеата:

- кондитерское и хлебопекарное производство (придает сладкий вкус и приятный молочный аромат. Действует в качестве усилителя вкуса, благодаря содержанию в нем лактозы и минералов. Сладковатый агент - наполнитель, особенно подходит для применения там, где требуется высокое содержание сухих веществ без излишней сладости (Глотова и др., 2019). Является эффективным компонентом для создания подрумяненного цвета и ноток жженого сахара).
- молочная промышленность. Особенно интересен в использовании в тех технологиях, где требуется внесение большего количества безбелковых и нежирных сухих веществ для придания объема. Применяется в производстве мороженого и сгущенного молока для восполнения сухих веществ и предотвращения кристаллизации лактозы. Действует как усилитель вкуса в комбинации с другими ароматами, такими как, шоколад или ваниль.
- производство порошков и смесей для приготовления напитков. Действует как ингредиент наполнитель, увеличивающий объем порошкообразных продуктов. Придает напиткам сладковатый молочный аромат и полноту вкуса, благодаря содержанию лактозы и минералов, особенно кальция (Рязанцева & Коростелева, 2021).

- бакалейное производство. Соусы, супы быстрого приготовления и приправы: придает объем специям, улучшает их привлекательный внешний вид. Малый размер частиц пермеата обеспечивает прекрасное смешивание с другими компонентами приправ, позволяя лучше наносить их на продукт, например, на чипсы.
- производство ЗЦМ и кормов для сельскохозяйственных животных.

Теоретическое обоснование

Сывороточные пермеаты представляют собой низкобелковые продукты переработки молочной сыворотки (Бабенышев и др., 2020).

В зависимости от технологии получения их химический состав варьируется в диапазоне, представленном в Таблице 1.

Таблица 1
Химический состав сывороточных пермеатов

Наименование показателя	Значение
Массовая доля влаги, %	2 – 5
Массовая доля лактозы, %	76 – 92
Массовая доля жира, %	0 - 1,5
Массовая доля белка, %	1,2 – 4
Массовая доля золы, %	
деминерализованный пермеат	до 4
недeminерализованный пермеат	до 12

По внешнему виду пермеаты представляют собой сыпучий порошок белого цвета с желтоватым оттенком, сладковатым молочным вкусом (Издаев и др., 2019). Пермеат относится к натуральным молочным ингредиентам, позволяющим производить продукты с «чистой этикеткой». Вследствие высокого содержания уникального углевода животного происхождения - лактозы, может заменить в рецептурах пищевых продуктов более дорогостоящие компоненты, такие как чистая лактоза, сухая молочная сыворотка и другие (Быкова & Калинина, 2021).

К важным функционально-технологическим характеристикам пермеата, востребованным в пищевых производствах, относятся:

- высокая гидрофильность;
- быстрая растворимость в воде и других полярных растворителях;
- возможность усиливать естественный вкус и аромат продуктов;

- участие в реакциях меланоидинообразования;
- меньший коэффициент сладости в сравнении с сахарозой;
- оптимальная насыпная плотность и гигроскопичность;
- хорошая адгезия с другими смесевыми компонентами (Murphy et al., 2020).

Важной характеристикой сухих продуктов является размер частиц, который в значительной степени влияет на физические свойства: насыпную плотность, плотность частиц, межклеточный воздух и сыпучесть (Кручинин & Шилова, 2020). Размер частиц и их распределение в сухом пермеате определяют способность к восстановлению сухого продукта (Голубева и др., 2021), его смачиваемость, диспергируемость и возможность применения в рецептурах других продуктов (Anandharamakrishnan et al., 2013). Небольшой размер частиц и правильная форма могут улучшить плотную упаковку. Крупные частицы пермеата (90 мкм) характеризуются хорошей смачиваемостью и диспергируемостью.

Стандартная технологическая схема производства сывороточного пермеата предусматривает наличие следующих технологических операций (Рисунок 1).

В случае необходимости получения деминерализованного пермеата, после нанофильтрации предусматривается проведение процесса электродиализа (Мельникова & Богданова, 2021).

В традиционной технологии частичная деминерализация пермеата (до 30 %) осуществляется за счет нанофильтрации (Золоторева и др., 2017). Поэтому, как правило, процесс электродиализа в данной технологической схеме не востребован.

Насыпная плотность — это свойство продукта, важное в экономическом отношении (особенно при транспортировке на большие расстояния) и определяющее его функционально-технологические свойства (Anandharamakrishnan, 2017). Высокая насыпная плотность экономит упаковочный материал и объемы складских помещений.

Насыпная плотность продукта — это интегрированный показатель, который зависит от плотности сухих веществ, входящих в его состав, содержания абсорбированного воздуха и сыпучести. Насыпная плотность пермеата в зависимости от условий получения несколько выше, чем у сухого обезжиренного молока и сыворотки и составляет 0,7–0,75 г/см³,

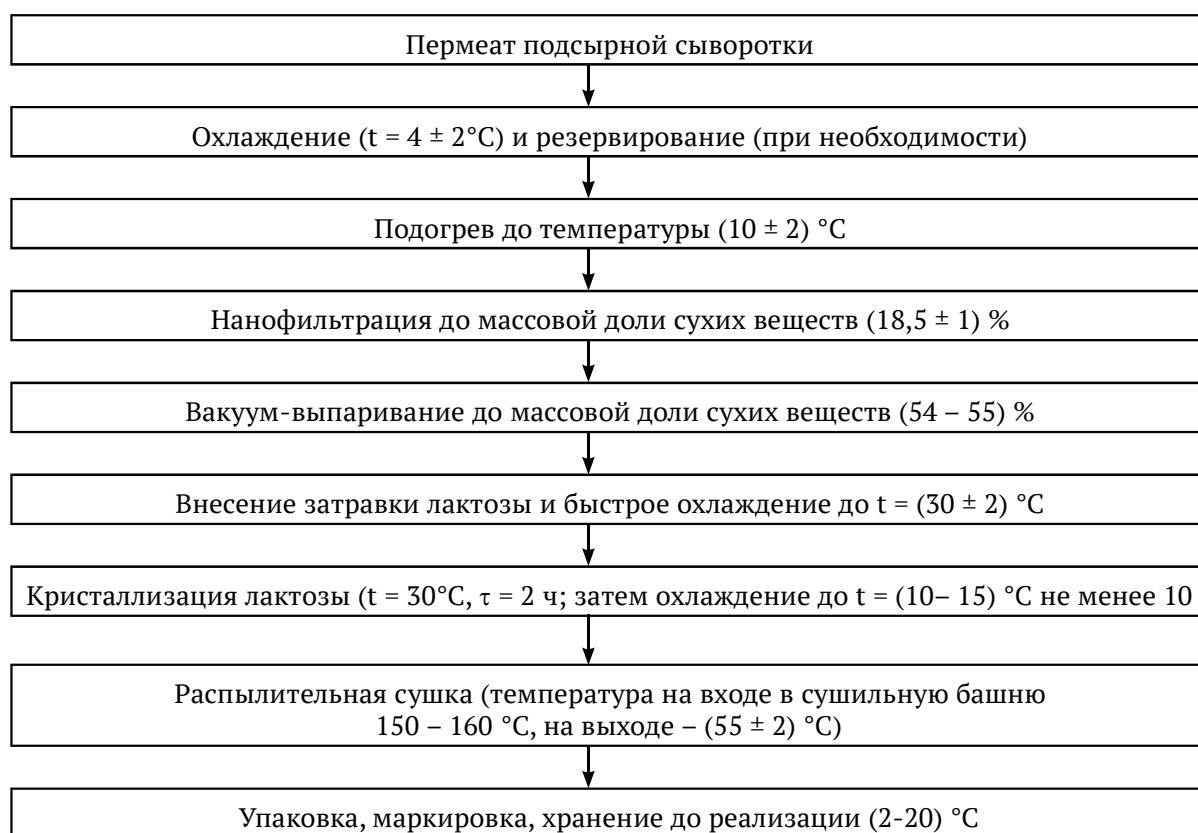


Рисунок 1. Стандартная технологическая схема производства сывороточного пермеата

что обусловлено высоким содержанием лактозы (Huppertz & Gazi, 2016). Индекс растворимости пермеата приближен к сухой сыворотке и составляет $0,1 \text{ см}^3$ сырого осадка.

Целью данного исследования было изучение функционально-технологических характеристик, размера частиц и способности к восстановлению сухого сывороточного пермеата. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить гранулометрический состав и его влияние на физические свойства сухого пермеата;
- установить взаимосвязь размера частиц сывороточного пермеата с растворимостью и смачиваемостью готового продукта.

Материалы и методы исследования

Материалы

Сырье для производства сухого пермеата – подсырная сыворотка, которую получали в условиях филиала ПАО МК «Воронежский» «Калачеевский сырзавод».

Оборудование

Для реализации данного исследования использовали следующее оборудование:

- вибросито;
- нанопольтрационная установка;
- вакуум-выпарная установка ТН-TVR4;
- сушильная установка VRD-3;
- лазерный дифракционный анализатор размера частиц LS 13 320 XR (производитель – Beckman Coulter, США)

Методы

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с арбитражными и общепринятыми в исследовательской практике методами: объемная насыпная плотность, г/см^3 (ГОСТ Р ИСО 8967-2010³; ГОСТ Р 51462-99⁴); рыхлая насыпная плотность, г/см^3 (ГОСТ Р ИСО 8967-2010⁵; ГОСТ

Р 51462-99); насыпная плотность, г/см^3 (ГОСТ Р ИСО 8967-2010; ГОСТ Р 51462-99); показатель термообработки (СТБ ISO 6735-2011⁶); пригорелые частицы (ГОСТ Р 51465-99); индекс растворимости, см^3 сырого осад⁷; диспергируемость, % (ISO/TS 17758:2014⁸); смачиваемость, % (ISO/TS 17758:2014).

Процедура исследования

Сыворотку предварительно очищали от жира и казеиновой пыли с применением вибросита, пастеризовали при $t=(75\pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 5 минут, затем охлаждали до $t=(10-15)^\circ\text{C}$ и отправляли на ультрафильтрацию. Полученный пермеат подавали на нанопольтрационную установку при $t=(10\pm 2)^\circ\text{C}$ и давлении процесса до 25 бар, при этом происходило его сгущение до содержания сухих веществ 17,5 %. Далее пермеат сгущали до (54-55 %) на вакуум-выпарной установке ТН-TVR4 и отправляли на кристаллизацию в течение 12-16 ч. Последующую сушку осуществляли на установке VRD-3 при температуре на входе в сушильную башню (170 – 200) $^\circ\text{C}$, на выходе – (70-100) $^\circ\text{C}$. Анализ гранулометрического состава (прибор Beckman Coulter. Справочное руководство оператора: обзор системы и основные операции). Экспериментальные исследования каждого образца проводили 5 – 10 раз в трехкратной последовательности.

Анализ данных

Анализ сухого сывороточного пермеата был выполнен в испытательной лаборатории «МОЛОКО» ФГАНУ «ВНИМИ». Физико-химические показатели сывороточного пермеата определяли в научно-исследовательских лабораториях ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» и ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий». Расчеты, построение диаграмм и их описание проводили методами математической статистики с помощью приложений Microsoft Office для дома и учебы 2021 для Mac. Ограничения проведенных экспериментальных исследований были погрешности и неопределенности используемых методов анализа, что повлияло на представленные результаты.

³ ГОСТ Р ИСО 8967-2010. (2011). *Молоко сухое и сухие молочные продукты*. М.: Стандартинформ.

⁴ ГОСТ Р 51462-99. (2018). *Продукты молочные сухие. Метод определения насыпной плотности*. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ Р ИСО 8967-2010. (2011). *Молоко сухое и сухие молочные продукты. Определение насыпной плотности*. М.: Стандартинформ.

⁶ СТБ ISO 6735-2011. (2011). *Молоко сухое. Оценка класса термообработки (контрольный метод определения показателя термообработки)*. Минск: Госстандарт.

⁷ *Analytical methods for dry milk products*. <https://www.gea.com/en/products/analytical-methods-dry-milk-products.jsp>

⁸ ISO/TS 17758:2014. (2014). *Молоко сухое быстрорастворимое. Определение диспергируемости и смачиваемости*. <https://tnpa.by/#!/DocumentCard/316918/436658>

Результаты и их обсуждение

Анализ гранулометрического состава приведён на Рисунке 2. Средний размер частиц составил 54-58 мкм.

Чем меньше размер частиц, тем больше растворителя требуется для их диспергирования, при условии, что крупные и мелкие частицы имеют одинаковую массу (Ji et al., 2016). Следовательно, пермеат достаточно быстро будет достигать равновесного состояния и распределяться между молекулами воды (Galstyan et al., 2016). Помимо гранулометрического состава и структурной пористости, на диспергируемость сухого пермеата влияют плотность (Таблица 2) и химический состав (Таблица 1). Низкая плотность мелких частиц замедляет осаждение, что приводит к плохой диспергируемости сухого продукта (Агаркова & Чилинкин, 2021).

Мелкие частицы более адгезивны и хуже диспергируются, что снижает растворимость в воде. Крупные частицы порошка уменьшают удельную поверхность по сравнению с ними, что приводит к уменьшению когезионных межчастичных взаимодействий (Fyfe et al., 2011). Продолжительность смачиваемости сокращается при наличии более крупных агломерированных частиц. В данном исследовании было обнаружено, что сывороточный пермеат характеризуется высокой способностью к смачиванию. Это можно объяснить тем,

Таблица 2

Физико-химические показатели сывороточного пермеата

Наименование показателя	Величина
Объемная насыпная плотность, г/см ³	0,52 ± 7,8 % относ.
Рыхлая насыпная плотность, г/см ³	0,62 ± 7,8 % относ.
Насыпная плотность, г/см ³	0,68 ± 7,8 % относ.
Индекс растворимости, см ³ сырого осадка	0,10 ± 0,01
Пригорелые частицы (диск)	A/B
Показатель термообработки (тепловое число)	85,17
Класс термообработки	Умеренно высокотемпературная термообработка
Диспергируемость, %	80,6 ± 4,0 % относ.
Смачиваемость, %	62,0 ± 4,0 % относ.

что кристаллы лактозы в порошке более крупные и поэтому быстрее погружаются в растворитель (Evdokimov et al., 2021).

Установленные физико-химические показатели позволяют применять сывороточный пермеат в технологиях различных ассортиментных групп продуктов, для регулирования технологических

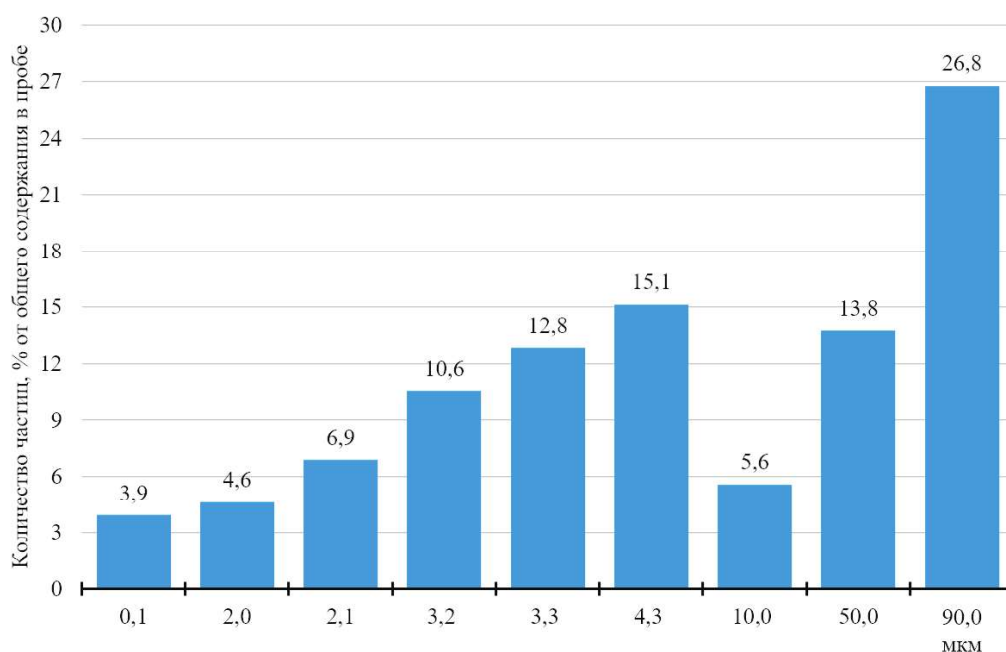


Рисунок 2. Анализ гранулометрического состава сухого сывороточного пермеата

процессов и показателей качества (Плотникова и др., 2020а; Плотникова и др., 2020б).

Выводы

В ходе проведённой экспериментальной работы были определены гранулометрический состав (средний размер частиц составил 56,03 мкм), и основные физико-химические показатели (индекс растворимости - 0,1 см³, насыпная плотность - 0,68 г/см³, диспергируемость - 80,6 %, смачиваемость - 62,0 %) сухого сывороточного пермеата, подтверждающие его высокую способность к восстановлению и адаптации в технологиях различных продуктов.

Разработка подобных ресурсосберегающих технологий пищевых ингредиентов из подсырной сыворотки может способствовать решению проблемы обеспечения предприятий сырьевыми ингредиентами для производства качественной продукции со стабильным химическим составом и реологическими свойствами.

Дальнейшие исследования будут ориентированы на разработку функциональных продуктов с добавлением сухого сывороточного пермеата с целью расширения ассортиментных групп пищевых продуктов.

Литература

- Агаркова, Е. Ю., & Чиликин, А. Ю. (2021). Особенности технологии молочных продуктов, обогащенных сывороточными белками. *Молочная промышленность*, 3, 49-51. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-03-49-51>
- Бабенышев, С. П., Брацихин, А. А., Мамай, Д. С., Мамай, А. В., Хоха, Д. С., & Шепелев, О. Г. (2020). Сублимированный пермеат творожной сыворотки: получение и оценка основных качественных показателей. *Молочная промышленность*, 9, 62-65. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-09-62-64>
- Быкова, С. Т., & Калинина, Т. Г. (2021). Сывороточный сухой молочный пермеат - перспективный ингредиент для обогащения продуктов питания детей, больных фенилкетонурией. *Пищевая промышленность*, 7, 46-49. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.7.7.015>
- Глотова, И. А., Тихонов, Г. С., Ерофеева, Н. А., & Шахов, С. В. (2019). Подходы к расширению ассортимента сухих белковых продуктов для здорового питания. В *Продовольственная безопасность: Научное, кадровое и информационное обеспечение: Сборник научных статей и докладов VI Международной научно-практической конференции* (с. 52-57). Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий.
- Голубева, Л. В., Пожидаева, Е. А., & Красильников, А. А. (2021). Изучение процесса восстановления сухой молочной смеси в производстве молокосодержащих продуктов. В *Пищевые технологии будущего: Инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: Сборник статей II Международной научно-практической конференции в рамках международного научно-практического форума, посвященного Дню Хлеба и соли* (с. 241-244). Саратов: Центр социальных агроинноваций СГАУ.
- Золоторева, М. С., Володин, Д. Н., Чаблин, Б. В., Евдокимов, И. А., & Топалов, В. К. (2017). Мембранные технологии как основа переработки молочной сыворотки в современных экономических условиях. *Молочная промышленность*, 11, 42-44.
- Изтаев, А. И., Турсунбаева, Ш. А., & Магомедов, М. Г. (2019). Инновационные технологии производства хлеба ускоренным способом с и без использования закваски и дрожжей. *Вестник Алматинского технологического университета*, 1, 5-10.
- Кручинин, А. Г., & Шилова, Е. Е. (2020). Исследование баромембраной фильтрации подсырной и творожной сывороток. *Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством*, 1(1), 298-305. <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-298-305>
- Лазарев, В. А., & Титова, Т. А. (2019). Применение пермеата ультрафильтрации творожной сыворотки в хлебопекарной промышленности Уральского макрорегиона. В *Урал - драйвер неиндустриального и инновационного развития России: Материалы I Уральского экономического форума* (с. 164-167). Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет.
- Мельникова, Е. И., & Богданова, Е. В. (2021). Сывороточные белки как источник биологически активных пептидов. *Молочная промышленность*, 3, 55-56. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-03-55-56>
- Мельникова, Е. И., Богданова, Е. В., & Павельева, Д. А. (2020). Мировой и российский рынок сывороточных ингредиентов. *Молочная промышленность*, 8, 56-58.
- Охотин, И. Н. (2014). Сывороточный пермеат: Улучшение вкуса и текстуры продукта при снижении затрат. *Переработка молока*, 9, 54-55.

- Плотникова, И. В., Полянский, К. К., Полякова, Л. Е., & Плотников, В. Е. (2020a). Сухой деминерализованный сывороточный пермеат - альтернативный продукт молочному сахару. В *Наука, образование и инновации для АПК: Состояние, проблемы и перспективы: Материалы VI Международной научно-практической онлайн-конференции* (с. 524-526). Майкоп: Магарин Олег Григорьевич.
- Плотникова, И. В., Шенцова, Е. С., Полянский, К. К., & Писаревский, Д. С. (2020b). Химический состав и технологические свойства различных видов молочной сыворотки. *Сыроделие и маслоделие*, 3, 43-45. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-3-43-45>
- Рязанцева, К. А., & Коростелева, М. М. (2021). Рынок функциональных продуктов, обогащенных сывороточными ингредиентами. *Молочная промышленность*, 1, 30-33. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-01-30-32>
- Anandharamakrishnan, C. (2017). *Handbook of drying for dairy products*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Anandharamakrishnan, C., Rielly, C. D., & Stapley, A. G. F. (2013). Loss of Solubility of Alpha-lactalbumin and Beta-lactoglobulin during the spray drying of whey proteins. *LWT - Food Science and Technology*, 41(2), 270-277. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2007.03.004>
- Bhandari, B., Bansal, N., Zhang, M., & Schuck, P. (2013). *Handbook of food powders Processes and properties*. Woodhead Publishing. <http://dx.doi.org/10.1533/9780857098672>
- Evdokimov, I. A., Gridin, A. S., Volodin, D. N., Kulikova, I. K., & Slozhenkina, M. I. (2021). Investigation of crystallization process of lactose in milk serum permeate. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (vol. 852, Article 012031). IOP Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/852/1/012031>
- Fyfe, K., Kravchuk, O., Nguyen, A. V., Deeth, H., & Bhandari, B. (2011). Influence of dryer type on surface characteristics of milk powders. *Drying Technology*, 29(7), 758-769. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2010.538481>
- Galstyan, A. G., Petrov, A. N., & Semipyatniy, V. K. (2016). The oretical backgrounds for enhancement of dry milk dissolution process: Mathematical modeling of the system "solid particles – liquid". *Foods and Raw Materials*, 4(1), 102-109. <http://dx.doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-102-109>
- Huppertz, T., & Gazi, I. (2016). Lactose in dairy ingredients: Effect on processing and storage stability. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6842-6851. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10033>
- Ji, J., Fitzpatrick, J., Cronin, K., Maguire, P., Zhang, H., Miao, S. (2016). Rehydration behaviours of high protein dairy powders: The influence of agglomeration on wettability, dispersibility and solubility. *Food Hydrocolloids*, 58, 194-203. <http://dx.doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2016.02.030>
- Kravtsov, V. A., Kulikova, I. K., Anisimov, G. S., Evdokimov, I. A., & Khramtsov, A. G. (2021). Variety of dairy Ultrafiltration permeates and their purification in lactose production. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (vol. 677, Article 032001). IOP Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/677/3/032001>
- Minj, J., Sudhakaran, V., & Kumari, A. (2020). *Dairy processing: Advanced research to applications*. Springer Nature Singapore Pte Ltd. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-2608-4>
- Murphy, E. G., Regost, N. E., Roos, Y. H., & Fenelon, M. A. (2020). Powder and reconstituted properties of commercial infant and follow-on formulas. *Foods*, 9(1), 84. <http://dx.doi.org/10.3390/foods9010084>

Composition, Functional and Technological Properties of Whey Permeate Powder Spray

Elena I. Melnikova

Voronezh State University of Engineering Technology
19, prospekt Revolyucii, Voronezh, 394036, Russian Federation
E-mail: melnikova@molvest.ru

Ekaterina V. Bogdanova

Voronezh State University of Engineering Technology
19, prospekt Revolyucii, Voronezh, 394036, Russian Federation
E-mail: ek-v-b@yandex.ru

Daria A. Paveleva

Voronezh State University of Engineering Technology
19, prospekt Revolyucii, Voronezh, 394036, Russian Federation
E-mail: komma95@inbox.ru

The solution to the problem of whey utilization is possible only through the investment of processors in new resource-saving technologies. This research aimed the studying of the functional and technological characteristics, particle size and the ability to rehydration of the whey permeate powder spray. This product was obtained from pre-separated at $t = (45 \pm 2)^\circ\text{C}$ and purified cheese whey, which was pasteurized at $t = (80 \pm 2)^\circ\text{C}$ for 5 minutes, then cooled to $t = (10 - 15)^\circ\text{C}$ and direct for ultrafiltration at $t = (10 - 12)^\circ\text{C}$, $P = (0.3 - 0.6) \text{ MPa}$. Subsequent drying was carried out on the VRD-5 spray dryer at an injection temperature of $150 - 160^\circ\text{C}$, at cold-end temperature $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$. Experimental research was conducted in accordance with arbitration and generally accepted methods in research practice. In the course of the work, the grain-size distribution, physical and chemical parameters of dry permeate were valued. The average particle size was 56.03 microns, the solubility index was 0.1 cm^3 , the bulk density was 0.68 g/cm^3 , dispersive ability was 80.6%, wettability was 62.0%. The studied functional properties of whey permeate show a high ability to adapt the recipes of confectionery and bakery products, hot drinks, dairy and meat products to improve their taste and texture, as well as to reduce the cost. The launch of whey permeate powder spray as new product for our country will allow us to organize a closed production cycle and expand the assortment groups of traditional goods.

Keywords: resource-saving technologies, whey permeate powder spray, products for specialized diets, grain-size and chemical composition

References

- Agarkova, E. Yu., & Chilikin, A. Yu. (2021). Osobennosti tekhnologii molochnykh produktov, obogashchennykh syvorotochnymi belkami [Features of the technology of dairy products enriched with whey proteins]. *Molochnaya promyshlennost' [Dairy Industry]*, 3, 49-51. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-03-49-51>
- Babenyshev, S. P., Bratsikhin, A. A., Mamai, D. S., Mamai, A. V., Khokha, D. S., & Shepelev, O. G. (2020). Sublimirovannyi permeat tvorozhnoi syvorotki: poluchenie i otsenka osnovnykh kachestvennykh pokazatelei [Sublimated curd whey permeate: obtaining and evaluating the main quality indicators]. *Molochnaya promyshlennost' [Dairy Industry]*, 9, 62-65. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-09-62-64>
- Bykova, S. T., & Kalinina, T. G. (2021). Syvorotochnyi sukhoi molochnyi permeat - perspektivnyi ingredient dlya obogashcheniya produktov pitaniya detei, bol'nykh fenilketonuriei [Whey milk permeate powder is a promising ingredient for food enrichment for children with phenylketonuria]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]*, 7, 46-49. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.7.7.015>
- Glотова, I. A., Tikhonov, G. S., Erofeeva, N. A., & Shakhov, S. V. (2019). Podkhody k rasshireniyu assortimenta sukhikh belkovykh produktov dlya zdorovogo pitaniya [Approaches to expanding the range of dry protein products for a healthy diet]. In *Prodovol'stvennaya bezopasnost': Nauchnoe*

- kadrovoe i informatsionnoe obespechenie: Sbornik nauchnykh statei i dokladov VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Food security: Scientific, personnel and information support: Collection of scientific articles and reports of the 6th International scientific and practical conference] (pp. 52-57). Voronezh: Voronezhskii gosudarstvennyi universitet inzhenernykh tekhnologii.
- Golubeva, L. V., Pozhidaeva, E. A., & Krasil'nikov, A. A. (2021). Izuchenie protsessa vosstanovleniya sukhoi molochnoi smesi v proizvodstve molokosoderzhashchikh produktov [Study of the process of recovery of dry milk formula in the production of milk-containing products]. In *Pishchevye tekhnologii budushchego: Innovatsii v proizvodstve i pererabotke sel'skokhozyaistvennoi produktsii: Sbornik statei II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskogo foruma, posvyashchennogo Dnyu Khleba i soli* [Food technologies of the future: Innovations in the production and processing of agricultural products: Collection of articles of the 2nd International scientific and practical conference as part of the international scientific and practical forum dedicated to the Day of bread and salt] (pp. 241-244). Saratov: Tsentral'nykh agroinnovatsii SGAU.
- Iztaev, A. I., Tursunbaeva, Sh. A., & Magomedov, M. G. (2019). Innovatsionnye tekhnologii proizvodstva khleba uskorennyim sposobom s i bez ispol'zovaniya zakvaski i drozhdzhei [Innovative technologies for the production of bread in an accelerated way with and without the use of sourdough and yeast]. *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Almaty Technological University], 1, 5-10.
- Kruchinin, A. G., & Shilova, E. E. (2020). Issledovanie baromembranoi fil'tratsii podsyronoi i tvorozhnoi syvorotki [Research of baromembrane filtration of cheese whey and curd whey]. *Aktual'nye voprosy molochnoi promyshlennosti, mezhotraslevye tekhnologii i sistemy upravleniya kachestvom* [Actual issues of the dairy industry, cross-industry technologies and quality management systems], 1(1), 298-305. <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-298-305>
- Lazarev, V. A., & Titova, T. A. (2019). Primenenie permeata ul'trafil'tratsii tvorozhnoi syvorotki v khlebopekarnoi promyshlennosti Ural'skogo makroregiona [Application of ultrafiltration permeate of cottage cheese whey in the baking industry of the Ural macroregion]. In *Ural - draiver neoindustrial'nogo i innovatsionnogo razvitiya Rossii: Materialy I Ural'skogo ekonomicheskogo foruma* [The urals as a driver of russia's neo-industrial and innovative development: Proceedings of the 1st ural economic forum] (pp. 164-167). Ekaterinburg: Ural'skii gosudarstvennyi ekonomicheskii universitet.
- Mel'nikova, E. I., & Bogdanova, E. V. (2021). Syvorochnye belki kak istochnik biologicheskii aktivnykh peptidov [Whey proteins as a source of biologically active peptides]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 3, 55-56. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-03-55-56>
- Mel'nikova, E. I., Bogdanova, E. V., & Pavel'eva, D. A. (2020). Mirovoi i rossiiskii rynek syvorotochnykh ingredientov [World and Russian market of whey ingredients]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 8, 56-58.
- Okhotin, I. N. (2014). Syvorotochnyi permeat: Uluchshenie vkusa i tekstury produkta pri snizhenii zatsrat [Whey Permeate: Improving the taste and texture of the product while reducing costs]. *Pererabotka moloka* [Milk Processing], 9, 54-55.
- Plotnikova, I. V., Polyanskii, K. K., Polyakova, L. E., & Plotnikov, V. E. (2020a). Sukhoi demineralizovannyi syvorotochnyi permeat - al'ternativnyi produkt molochnomu sakharu [Dry demineralized whey permeate - an alternative product to milk sugar]. In *Nauka, obrazovanie i innovatsii dlya APK: Sostoyanie, problemy i perspektivy: Materialy VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi onlain-konferentsii* [Science, education and innovation for the agro-industrial complex: Status, problems and prospects: Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Online Conference] (pp. 524-526). Maikop: Magarin Oleg Grigor'evich.
- Plotnikova, I. V., Shentsova, E. S., Polyanskii, K. K., & Pisarevskii, D. S. (2020b). Khimicheskii sostav i tekhnologicheskie svoistva razlichnykh vidov molochnoi syvorotki [Chemical composition and technological properties of various types of whey]. *Syrodellie i maslodellie* [Cheese-Making and Butter-Making], 3, 43-45. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-3-43-45>
- Ryazantseva, K. A., & Korosteleva, M. M. (2021). Rynek funktsional'nykh produktov, obogashchennykh syvorotochnymi ingredientami [The Market for Functional Products Enriched with Whey Ingredients]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 1, 30-33. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-01-30-32>
- Zolotareva, M. S., Volodin, D. N., Chablin, B. V., Evdokimov, I. A., & Topalov, V. K. (2017). Membrannye tekhnologii kak osnova pererabotki molochnoi syvorotki v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyakh [Membrane technologies as the basis for whey processing in modern economic conditions]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 11, 42-44.
- Anandharamakrishnan, C. (2017). *Handbook of drying for dairy products*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Anandharamakrishnan, C., Rielly, C. D., & Stapley, A. G. F. (2013). Loss of Solubility of Alpha-lactalbumin and Beta-lactoglobulin during the

- spray drying of whey proteins. *LWT - Food Science and Technology*, 41(2), 270-277. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2007.03.004>
- Bhandari, B., Bansal, N., Zhang, M., & Schuck, P. (2013). *Handbook of food powders Processes and properties*. Woodhead Publishing. <http://dx.doi.org/10.1533/9780857098672>
- Evdokimov, I. A., Gridin, A. S., Volodin, D. N., Kulikova, I. K., & Slozhenkina, M. I. (2021). Investigation of crystallization process of lactose in milk serum permeate. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (vol. 852, Article 012031). IOP Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/852/1/012031>
- Fyfe, K., Kravchuk, O., Nguyen, A. V., Deeth, H., & Bhandari, B. (2011). Influence of dryer type on surface characteristics of milk powders. *Drying Technology*, 29(7), 758-769. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2010.538481>
- Galstyan, A. G., Petrov, A. N., & Semipyatniy, V. K. (2016). The oretical backgrounds for enhancement of dry milk dissolution process: Mathematical modeling of the system "solid particles – liquid". *Foods and Raw Materials*, 4(1), 102-109. <http://dx.doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-102-109>
- Huppertz, T., & Gazi, I. (2016). Lactose in dairy ingredients: Effect on processing and storage stability. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6842-6851. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10033>
- Ji, J., Fitzpatrick, J., Cronin, K., Maguire, P., Zhang, H., Miao, S. (2016). Rehydration behaviours of high protein dairy powders: The influence of agglomeration on wettability, dispersibility and solubility. *Food Hydrocolloids*, 58, 194-203. <http://dx.doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2016.02.030>
- Kravtsov, V. A., Kulikova, I. K., Anisimov, G. S., Evdokimov, I. A., & Khramtsov, A. G. (2021). Variety of dairy Ultrafiltration permeates and their purification in lactose production. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (vol. 677, Article 032001). IOP Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/677/3/032001>
- Minj, J., Sudhakaran, V., & Kumari, A. (2020). *Dairy processing: Advanced research to applications*. Springer Nature Singapore Pte Ltd. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-2608-4>
- Murphy, E. G., Regost, N. E., Roos, Y. H., & Fenelon, M. A. (2020). Powder and reconstituted properties of commercial infant and follow-on formulas. *Foods*, 9(1), 84. <http://dx.doi.org/10.3390/foods9010084>