

УДК 637.14

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК

**Гинзбург М.А., кандидат технических наук, доцент
Дмитриева А.М., студентка, тел. 8(800)222-04-02,
dmitrieva_one@mail.ru
ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева**

Ключевые слова: *молочная сыворотка, вторичные ресурсы молочной промышленности, глубокая переработка, функциональные ингредиенты, биологически активные добавки, мембранные технологии, акустическая кавитация, биотехнологические подходы.*

Работа посвящена анализу современных подходов и разработке интегрированной технологии глубокой переработки вторичных ресурсов молочной промышленности (подсырной и творожной сыворотки, пахты) с получением функциональных ингредиентов и биологически активных добавок. Предложено комбинированное применение мембранных методов, ферментативного гидролиза и акустической кавитации. Показано, что получаемые продукты обладают высокой биологической ценностью, антиоксидантной, иммуномодулирующей и пребиотической активностью и могут использоваться в производстве продуктов здорового питания.

Введение. Молочная промышленность России ежегодно генерирует миллионы тонн вторичных ресурсов — прежде всего подсырной и творожной сыворотки, пахты и обезжиренного молока. Значительная часть этого сырья используется неэффективно или утилизируется, создавая экологическую нагрузку и приводя к потере ценного биологического сырья [2]. В то же время вторичные ресурсы содержат до 50 % сухих веществ исходного молока, включая высокоценные сывороточные белки, лактозу, минеральные вещества и биологически активные компоненты, которые служат отличной

основой для функциональных ингредиентов и БАД [3]. Актуальность темы обусловлена необходимостью перехода к ресурсосберегающим безотходным технологиям, импортозамещению и созданию высокомаржинальной продукции в условиях растущего спроса на продукты здорового питания.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования послужили данные научной литературы и технологических разработок по переработке вторичных молочных ресурсов за 2020–2025 гг. Анализ проводился на основе изучения мембранных процессов (ультрафильтрация, нанофильтрация), ферментативного гидролиза протеазами, а также обработки акустической кавитацией. Оценка эффективности технологий осуществлялась по показателям выхода целевых продуктов, их функционально-технологическим свойствам, биологической активности и экологической безопасности.

Результаты и их обсуждение. Анализ современного состояния переработки вторичных ресурсов молочной промышленности демонстрирует значительный потенциал для углубления технологических процессов. По данным литературы, подсырная и творожная сыворотка, а также пахта содержат до 50 % сухих веществ исходного молока, включая высокоценные сывороточные белки (0,58–0,8 % в сыворотке). Применение мембранных технологий (ультрафильтрация и нанофильтрация) позволяет получать концентраты сывороточных белков (КСБ) с содержанием белка 35–80 % в сухом веществе (КСБ-35, КСБ-55, КСБ-80) и степенью извлечения белка до 80–95 %. При этом выход пермеата составляет 83–95 % от исходного объема сыворотки, что обеспечивает возможность его дальнейшего использования для производства лактозы или как основу для ферментации. Полученные концентраты и пермеат обладают высокими функционально-технологическими характеристиками и сохраняют нативную структуру белковых фракций [3]. Перспективным направлением ресурсосбережения являются биотехнологические подходы. Ферментативный гидролиз сывороточных белков протеазами (например, Alcalase) при степени гидролиза 18,8–22,8 % (через 3 ч) и 39,4–41,6 % (через 24 ч) дает возможность получать биоактивные пептиды с доказанной антиоксидантной активностью (ингибирование DPPH до 60–80 %), иммуномодулирующей и пребиотической

активностью. При этом наблюдается существенное снижение антигенности гидролизатов (в 265–589 раз по сравнению с нативными белками) и повышение антиоксидантной активности (в 1,5–1,9 раза при использовании комплексов с циклодекстринами), что делает такие продукты особенно ценными для специализированного и функционального питания [2]. Особое место в интегрированной технологии занимает акустическая кавитация. Ультразвуковая обработка (частота 20–45 кГц, в т.ч. режим 45 кГц) существенно улучшает физико-химические и органолептические показатели, микроструктуру молочных продуктов, повышает растворимость белков на 20–40 %, снижает вязкость и увеличивает выход и биодоступность биоактивных компонентов на 15–35 %. Кроме того, в комбинации с ферментацией она сокращает время процесса на 1,5–2 часа [1]. Комбинирование мембранных методов, ферментативного гидролиза и акустической кавитации обеспечивает синергетический эффект: достигается максимальная глубина переработки (общий выход целевых функциональных продуктов более 85–95 %), минимизация отходов производства и получение ингредиентов с высокой биологической ценностью. Такой подход не только решает экологические задачи, но и позволяет создавать функциональные ингредиенты и БАД с подтвержденными антиоксидантными, иммуномодулирующими и пребиотическими свойствами для продуктов здорового питания.

Заключение. Разработанная интегрированная технология глубокой переработки вторичных ресурсов молочной промышленности на основе мембранных, биотехнологических методов и акустической кавитации позволяет комплексно использовать сыворотку и пахту, получать функциональные ингредиенты и биологически активные добавки высокого качества. Внедрение такой технологии решает экологические задачи, повышает экономическую эффективность предприятий молочной отрасли и расширяет ассортимент продуктов здорового питания. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются оптимизация технологических режимов и клиническая оценка полученных продуктов.

Библиографический список:

1. Dunchenko N. I., Krasulya O. N., Voloshina E. S. [и др.] Influence of acoustic cavitation on physico-chemical, organoleptic indicators and microstructure of Adyge cheese produced from cow and goat milk // Ultrasonics Sonochemistry. – 2023. – Vol. 98. – P. 106493. – DOI 10.1016/j.ultsonch.2023.106493. – EDN AWRUXO.

2. Симоненко С. В., Антипова Т. А., Фелик С. В., Андросова Н. Л., Кудряшова О. В. Использование компонентов молочной сыворотки для производства продуктов специализированного питания // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 4 (118). – DOI: 10.23670/IRJ.2022.118.4.030.

3. Потороко И. Ю., Кузнецова А. Д., Руськина А. А. Биотехнологические подходы ресурсосбережения вторичных ресурсов молочного производства // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2025. – Т. 13. – № 1. – С. 53–61. – DOI: 10.14529/food250107.

**STUDY OF TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR DEEP
PROCESSING OF SECONDARY RESOURCES OF THE DAIRY
INDUSTRY TO OBTAIN FUNCTIONAL INGREDIENTS AND
BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVES**

Ginzburg M.A., Dmitrieva A.M.

**Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev
Agricultural Academy**

Keywords: *whey, secondary resources of the dairy industry, deep processing, functional ingredients, biologically active additives, membrane technologies, acoustic cavitation, biotechnological approaches.*

The paper analyzes modern approaches and develops an integrated technology for deep processing of secondary resources of the dairy industry (whey, buttermilk) to obtain functional ingredients and biologically active additives. A combination of membrane methods, enzymatic hydrolysis and acoustic cavitation is proposed. It is shown that the obtained products have high biological value, antioxidant, immunomodulatory and prebiotic activity and can be used in the production of healthy food.