

## ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЗЕИНОВОГО ВОЛОКНА С РАЗЛИЧНЫМИ ПРИМЕНЕНИЯМИ

Банков А.А. (ИТМО), Макеева Е.А. (АлтГУ), Корешков Д.С. (АлтГТУ им. И.И. Ползунова)

Научный руководитель – Дауди Д.И. (ИТМО)

**Введение.** Производственный цикл молочного производства характеризуется высокими показателями продовольственных потерь, относительно растениеводства, мясного животноводства и рыболовства, на стадиях: обработки и переработки сырья (до 25%), транспортировки и хранения (до 35%), реализации (до 10%). Продовольственные потери в молочном производстве характеризуются наличием молочной сыворотки и испорченной молочной продукции.

Выход молочной продукции (сыра, творога и казеина) составляет 10–20% от массы перерабатываемого молока, в то время как 80–90% приходится на молочную сыворотку [1,2]. Молочная промышленность ежегодно производит миллионы тонн молочной сыворотки с тенденцией к линейному росту в перспективе. Так за 2020 год было произведено 7,97 млн т молочной сыворотки. Однако, в настоящее время сыворотка практически не находит применения. Частично молочную сыворотку используют в качестве корма для скота, незначительную часть используют на технические и пищевые цели, а остальную основную часть сливают в канализацию. С экономической точки зрения сброс такого количества относительно дешевого сырья в канализацию крайне убыточен и неразумен, поскольку прибыль молочных предприятий при реализации молочной сыворотки увеличивается на 28–30%. С экологической же точки зрения слив сыворотки опасен для окружающей среды: сыворотка по загрязняющей способности в 500–1000 раз сильнее сточных вод [3].

Если же говорить об испорченной молочной продукции, то в России ее объемы составляют примерно 7,99 млн тонн в год. На данный момент наиболее распространены два способа утилизации кисломолочной продукции: прессование, использование в качестве кормления животных [1].

Из описанных выше отходов предлагается производить казеиновое волокно, как это делает с 2011 по настоящее время компания из Германии QMilch. По данным компании из 26 л молочной продукции можно произвести 1 кг пряжи. Этот пример открывает уникальные возможности для развития местной текстильной и швейной промышленности. Однако казеиновое волокно имеет гораздо больший потенциал применения [4].

**Основная часть.** Казеиновые волокна растворимы в слабых щелочах и ферментах. Из свойств также можно выделить прочность в сухом состоянии 87–116 МПа, вязкость во влажном состоянии 43,5–58 МПа, относительное удлинение 30–50% [5], устойчивость к УФ-излучению, благодаря чему их можно смешивать с другими волокнами, такими как хлопок. Они не восприимчивы к моли, но бактерии могут их разлагать. Казеиновые волокна мягче и глаже, чем шерсть, обладают антимикробными свойствами, биосовместимы при контакте с кожей, поскольку имеет значение рН 6,8, близкое к рН человеческой кожи, что важно для людей имеющих кожные заболевания. Казеиновые волокна хорошо принимают красители [6]. Однако, казеиновые волокна нуждаются в добавлении пластификаторов, связующих и сшивающих агентов для поддержания внутренних свойств (механической прочности, водостойкости, текстуры) и долговечности конечного продукта, например, волокна, сшитые 1% лимонной кислотой показали улучшение относительного удлинения примерно в 10 раз, стабильность в воде, а также сохранение прочности до 90%, что сделало их пригодными для различных применений [5, 6].

В рамках данной работы нами были получены казеиновые волокна из технического казеина. Для их приготовления в соотношении 1:3 с водой брался казеиновый порошок. На

первом этапе вода ставилась на магнитную мешалку с нагревом и к ней добавлялся раствор 2М NaOH также в соотношении 1:3 к воде. Затем постепенно при перемешивании раствора вносился казеин, по мере его растворения и достижения температуры внутри колбы 70 °С. Для уменьшения хрупкости волокон и увеличения водостойкости добавлялись в соотношении 1:3 к воде 50% р-р глицерина и 0.08 г карбоксиметилцеллюлозы на 15 мл воды. Затем раствор выдавливали через сопло диаметром около 4 мм и растягивали между двумя точками крепления. Полученные волокна оказались гибкими и достаточно прочными, что позволило получить из них моток ниток толщиной нити около 1 мм. Технология производства требует дальнейших корректировок, т.к. механические свойства всё же не соответствуют необходимым для текстильной промышленности, поэтому в будущем стоит рассмотреть другие соотношения компонентов, а также включение новых реагентов, влияющих на вязкость смеси, таких как хлорид кальция.

Как уже было сказано ранее, одним из направлений применения казеинового волокна является создание текстиля различного рода, в том числе одежды для людей с аллергическими реакциями и кожными заболеваниями. Помимо этого казеиновые волокна используются в получении упаковки для пищевых продуктов, что может стать экологичной альтернативой упаковочным материалам на нефтяной основе. В медицинских целях используются для создания перевязочных материалов для ран и хирургических халатов, за счет гипоаллергенности, биоразлагаемости и легкости стерилизации. Казеиновое волокно также можно использовать в нетканых материалах, таких как туалетная бумага и детские салфетки, они растворяются в воде, не оставляя следов [6].

**Выводы.** Молочная сыворотка, как отход молочного производства, имеет большой потенциал для создания казеинового волокна с применениями в производстве нетканых материалов, а также в упаковочном, текстильном и медицинском производствах.

#### **Список использованных источников:**

1. Кручинин А.Г., Бигаева А.В., Туровская С.Н. и др. Современное состояние рынка вторичных сырьевых ресурсов молочной промышленности // Ползуновский вестник. – 2022. – Т. 1, №4. – С. 140-149.
2. Барбарош М.М.А., Некрылова Л.К. Решение проблемы использования и переработки молочной сыворотки // Технологии переработки отходов с получением новой продукции.: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Кишинев, Молдова: Публичное учреждение «Научно-практический институт садоводства, виноградарства и пищевых технологий», 2022. С. 144-148.
3. Охотников С.И., Кабанова Т.В. Об использовании молочной сыворотки в вермипроизводстве // Вестник «Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2018. – Т. 4, №2. – С. 48-54.
4. Tashim N. Eco-friendly Manufacturing Process of Casein Fiber with It's Sustainable Features & Comfortable Uses // American Journal of Environmental Engineering. – 2019. – Vol. 2. – №9. – P. 31-35.
5. Reddy N., Yiqi Y. Properties and potential medical applications of regenerated casein fibers crosslinked with citric acid // International Journal of Biological Macromolecules. – 2012. – Vol. 51. – P. 37-44.
6. Upadhye, N.Y. Different Types of Textile Protein Fibers with Properties and Uses / N.Y. Upadhye // Textile Learner : электронный журнал. – URL: <https://textilelearner.net/types-of-textile-protein-fibers/>. – Дата публикации: 21.10.21.