

УДК 66.067.12:66.067.16

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ АГРОПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ – ПИЩЕВЫХ ЖИДКОСТЕЙ

А.Г. Кравцов¹, С.В. Зотов², Ж.В. Кадолич³

¹Отделение физико-технических наук Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

²Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси», г. Гомель, Республика Беларусь

³Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Обеспечение и сохранение продовольственной безопасности – один из важнейших для Беларуси приоритетов. Очистка пищевых жидкостей является важным прикладным аспектом агропромышленного комплекса, поскольку напрямую влияет на экологичность продуктов питания и, соответственно, на качество жизни. Фильтрационные системы представляют собой не только совокупность материалов, способных отфильтровывать примеси, но и ряд конструктивных решений, обеспечивающих эффективность фильтрации и эргономичность процесса. В настоящей работе рассмотрены варианты фильтрационных систем для очистки пищевых жидкостей на основе волокнисто-пористых полимерных материалов.

Одной из проблем агропромышленного комплекса является обеспечение высокого качества молока. Продукты, изготавливаемые на основе свежесвыдоенного молока, обладают высокой конкурентоспособностью, которую следует всемерно поддерживать. Известно, что в ходе доения в молоко могут попасть различные загрязнения (например, бактерии), что снижает показатели качества. Традиционная схема первичной обработки цельного молока предусматривает операцию фильтрования. Обычно фильтр располагают после молокоприемника, счетчика и молочного насоса, что не всегда позволяет предотвратить преждевременное закисание продукта. В силу комплекса причин (в частности, из-за недостаточной обеспеченности большинства молочно-товарных предприятий средствами защиты цельного молока от загрязнений) в Беларуси значительная доля произведенного продукта не соответствует стандартам «высший сорт» или «экстра». Более половины выдоенного молока перерабатывается на масло, 35% – на питьевое молоко и кисломолочные продукты, из остальной части

вырабатывают сыры, брынзу, мороженое, сгущенное консервированное и сухое молоко, сливки и др. Эффективное фильтрование молока непосредственно после операции доения — важное средство повышения его качества и срока сохранности. Однако большинство традиционно применяемых сорбционно-фильтрующих материалов (гранулы кварцевого песка, оксидов алюминия, титана, циркония или их сплавов с открытой пористостью, бумажные и картонные фильтры, полиэфирные ткани, хлопчатобумажная марля, фланель, «вафельная» ткань и вата) не обеспечивают удаления из цельного молока малоразмерных частиц механических и биологических примесей. Также эти материалы не обеспечивают качественную очистку в соответствии с требованиями стандартов, например ГОСТ Р 52054. Еще одним их недостатком является быстрая «забиваемость» механическими примесями, что может нарушить герметичность и вынуждает часто производить замену фильтра. Более перспективной представляется очистка молока от загрязнений в потоке, для чего перед каждым доением следует оснащать доильный аппарат специальными фильтрами. Традиционные технические решения в этой области — одно- или двухступенчатые фильтры, имеющие жесткий цилиндрический каркас и фильтрующую поверхность в виде навитой на каркас пружины с фильтрующим зазором между витками, причем зазор увеличивается в сторону выхода. Эти фильтры позволяют очищать молоко от крупных и мелких механических примесей, однако неприменимы для удаления из цельного молока продуктов мастита.

В НИИ нетканых материалов и ВНИИ жира (РФ) проведены комплексные исследования номенклатуры нетканых фильтроэлементов при фильтровании молока коров, среди которых отмечалось распространение субклинических маститов. Использование фильтроэлементов разной поверхностной плотности (до 160 г/м^2) не сказывалось отрицательно на изменении содержания жира, белка, лактозы и сухого вещества. Количество мезофильных анаэробных и факультативно анаэробных мезофильных микроорганизмов составляло около $135,7\text{--}138,2$ тыс./см³. В среднем по показателю количества бактериальных клеток (не выше 500 тыс./см³) молоко отвечало требованиям высшего сорта. Повышение поверхностной плотности фильтроэлементов способствовало снижению количества соматических клеток в молоке на $48\text{--}54,6$ тыс./см³ и увеличению вероятности получения молока высшего сорта до $88,8\%$ против $66,6\%$ при плотности фильтра 140 г/м^2 и 120 г/м^2 . Таким образом, нетканые волокнистые фильтры проявили себя в качестве эффективного средства повышения санитарного качества и сортности молока при условии удачного сочетания конструкционных и структурных параметров.

Имеется опыт применения отечественных полимерных фильтров для тонкой очистки цельного молока. В качестве основы фильтра использован пневмоэкструзионный волокнисто-пористый материал, в

котором путем целевого модифицирования и варьирования структурно-морфологических характеристик создан градиент структуры и свойств. Адаптация пневмоэкструзионной технологии открывает широкие перспективы для целевого регулирования пористости и плотности упаковки волокон. Создано техническое решение [1–3], в соответствии с которым в полимерном корпусе находится формоустойчивый фильтроэлемент в виде цилиндра из волокнисто-пористого нетканого материала из полиэтиленовых или полипропиленовых волокон, диаметр и плотность упаковки которых изменяются по ходу протекания фильтруемой жидкости. Волокна обладают высокой степенью извитости и придают это качество каналам фильтроэлемента. Благодаря этому фильтр, имеющий компактную легко монтируемую конструкцию, эффективен по отношению не только к механическим частицам, но и к микроорганизмам. Внешний вид фильтроэлемента – цилиндр из волокнисто-пористого материала, выполненный пневмоэкструзионным методом из расплава полиэтилена или полипропилена. Размеры: высота – 125–250 мм, внутренний диаметр – 25–50 мм, толщина стенки – 5–15 мм. Диаметр волокон 80–150 мкм, плотность материала 0,15–0,35 г/см³, пористость 65–85%. Блок фильтров в сборе состоит из фильтра грубой и тонкой очистки и встраивается в систему подачи молока от доильного аппарата по молокопроводу в емкость. Структура применяемого в фильтре пневмоэкструзионного материала представлена на рис. 1, варианты конструкционного исполнения фильтров – на рис. 2. Фильтр реализует последовательную очистку жидкостей от крупных, средних и мелких частиц загрязнений до размеров 10–15 мкм, а также (в областях с наибольшей плотностью упаковки) от ряда бактериальных загрязнений. Очистка молока от механических примесей – до 98%. Очистка от продуктов маститов – до 50%. Снижение количества соматических клеток – до 65%. Снижение количества микробных клеток – до 50%. Содержание жира, белка, лактозы – без изменений. Результат – гарантированное повышение сортности, увеличение срока хранения. Обеспечивается не менее чем 90%-ная вероятность получения молока, соответствующего I группе по чистоте и показателям качества «Высший сорт» или «Экстра».



Рис. 1 – Структура волокнисто-пористого полимерного фильтроматериала для очистки молока



Рис. 2 – Конструкционные варианты фильтров для очистки молока

Данная разновидность волокнисто-пористых полимерных фильтров может быть применена также для очистки жидких растительных масел. Проведен цикл исследований, в ходе которых высказан ряд соображений по физико-химическим свойствам растительных масел [4–5]. В частности, выдвинута гипотеза о том, что ключевую роль в комплексе свойств масел играют надмолекулярные структуры – ассоциаты, формируемые триглицеридами жирных кислот определенного химического состава. В объеме масла в зависимости от температурно-временных факторов может происходить не только объединение молекул триглицеридов с созданием ассоциатов, но также – на более высоком масштабном уровне – вторичная агрегация ассоциатов с формированием коллоидных частиц субмикронного или микронного размера. Фильтрация растительных масел от этих частиц представляет собой задачу, решение которой возможно с помощью фильтрационных систем на базе волокнисто-пористых материалов.

Литература

1. Фильтр для очистки молока. Пат. № 15606 РБ. Савицкий Н.Е., Латышев А.В., Кравцов А.Г., Овчинников К.В., Зотов С.В., Барановский М.В. Оpubл. 30.04.2012.
2. Способ получения полимерного фильтроэлемента тонкой очистки пищевых жидкостей, преимущественно молока. Пат. № 2461409

РФ. Савицкий Н.Е., Латышев А.В., Кравцов А.Г., Овчинников К.В., Зотов С.В., Барановский М.В. Оpubл. 20.09.2012.

3. Фильтр и фильтроэлемент для очистки молока. Евразийский патент № 016858. Савицкий Н.Е., Латышев А.В., Кравцов А.Г., Зотов С.В. Оpubл. 30.08.2012.

4. Кадолич Ж.В. Иллюстрация возможностей метода электретно-термического анализа при исследовании растительных масел / Ж.В. Кадолич, С.В. Зотов // Стандартизация. – 2018. – № 4. – С. 61 – 68.

5. Физический метод электретно-термического анализа / С.В. Зотов, Ж.В. Кадолич, Е.А. Цветкова, А.Г. Кравцов // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 6. – С. 629 – 639.