

*Д. А. Родионов**

УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ БЕЛКОВ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Во время производства сычужного сыра образуется вторичное молочное сырье – 80...90% от исходной массы молока. Из-за сложности хранения молочную сыворотку чаще сливают в сточные воды. При этом молочная сыворотка богата минеральными веществами, водорастворимыми витаминами, а также альбуминовыми белками. Процентный состав молочной сыворотки представлен в табл. 1 [1].

1. Процентный состав молочной сыворотки

Компонент	Молочный жир	Белки	Лактоза	Минеральные соли	Сухое вещество
%	0,2	0,9	4,8	0,6	6,5

Как видно из табл. 1, в молочной сыворотке остается достаточное количество молочных белков. На данный момент есть несколько способов получения концентрата молочного белка, к ним относятся выпаривание, криоконцентрирование и баромембранные процессы. Первые два типа концентрирования очень энергозатратны по сравнению с баромембранными методами, где электроэнергия расходуется только на работу насоса. С применением баромембранных методов концентрирования можно извлечь белки и впоследствии использовать их в пищу как высокобелковую добавку [2 – 4].

Исследования по влиянию трансмембранного давления проводились на реальной молочной сыворотке молокоперерабатывающего предприятия Тамбовской области. Для исследования процесса концентрирования использовалась полупромышленная установка трубчатого типа, общий вид, а также схема которой представлены на рис. 1–2 соответственно. Для данной установки были приобретены мембранные ультрафильтры типа БТУ 05/2 производства ЗАО НТЦ «Владипор», в качестве материала мембраны использовались полиэфирсульфон и полисульфон.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, зав. кафедрой «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «ГПТУ» С. И. Лазарева.



Рис. 1. Полупромышленная установка трубчатого типа с внутренним расположением мембран

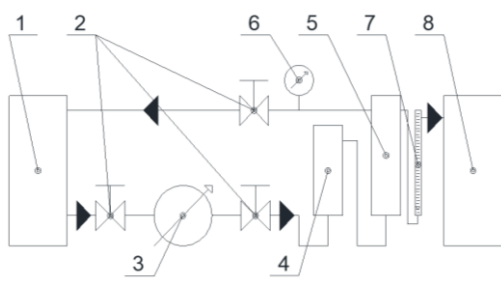


Рис. 2. Схема полупромышленной установки трубчатого типа с внутренним расположением мембран:

- 1* – исходная емкость; *2* – вентили; *3* – центробежный насос;
- 4* – фильтр грубой очистки, *5* – мембранная ячейка;
- 6* – манометр; *7* – ротаметр; *8* – емкость для пермеата

Представленная установка на рис. 1–2 была оснащена центробежным насосом, позволяющим создавать давление до 0,3 МПа и скорость потока 3 м/с, что является подходящим для применяемых типов мембран в данном исследовании.

Эксперименты проводились при разных вариациях давления от 0,05 до 0,3 МПа, а для определения концентрации белка использовался метод формольного титрования. Результаты экспериментальных данных представлены на рис. 3.

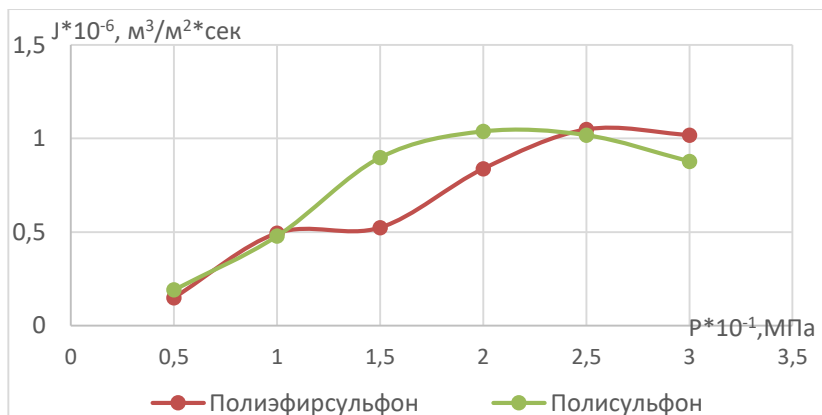


Рис. 3. Зависимости выходного удельного потока (J , $\text{м}^3/\text{м}^2\text{с}$) от трансмембранного давления для ультрафильтрационных мембран из полиэфирсульфона и полисульфона

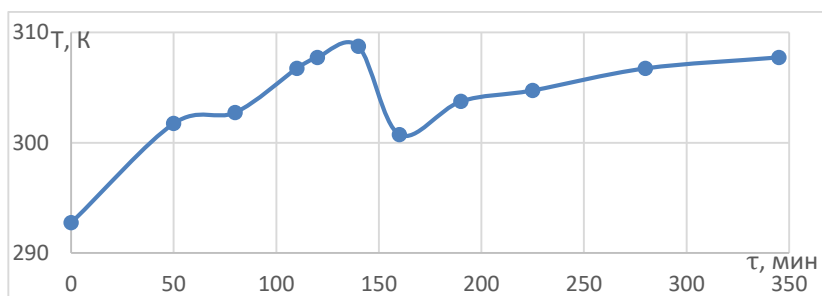


Рис. 4. Зависимости температуры от времени концентрирования молочной сыворотки

Как видно из рис. 3, оптимальным значением трансмембранного давления для двух типов мембран является 0,25 МПа, при увеличении давления до 0,3 МПа наблюдается снижение производительности за

счет снижения скорости потока. При этом стоит отметить, что коэффициент задержания для двух типов мембран составляет 95%, это связано с более мелкими ячейками ультрафильтрационных мембранных элементов, способными задерживать крупные молекулы белка.

Исследования по концентрированию белков молочной сыворотки проходили на протяжении 6 часов, результаты изменения температуры от времени представлены на рис. 4.

Во время эксперимента молочная сыворотка нагревалась от рабочего центробежного насоса.

Применяя процесс ультрафильтрационного концентрования, возможно получить молочный концентрат с массовой долей белка до 15%, что значительно снижает расход электроэнергии на последующих стадиях получения концентрата сывороточного белка.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90036.

Список литературы

1. Ожгихина, Н. Н. Рациональная переработка молочной сыворотки / Н. Н. Ожгихина, Т. А. Волкова // Переработка молока. – 2012. – №. 9. – С. 44 – 47.
2. Богомолов, В. Ю. Проблемы переработки и вторичного использования подсырной сыворотки / В. Ю. Богомолов, С. И. Лазарев // Импортзамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья. – 2019. – С. 465 – 468.
3. Сорбционная способность ультрафильтрационных мембран и потенциал поля поверхностных сил в растворах молочных белков / В. Ю. Богомолов, С. И. Лазарев, К. К. Полянский, А. Е. Стрельников // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2018. – Т. 18, № 1. – С. 104 – 110.
4. Определение энергозатрат и эффективности электроультрафильтрационного концентрирования и деминерализации промышленных растворов / С. И. Лазарев и др. // Вестник российских университетов. Математика. – 2017. – Т. 22, № 1.

Кафедра «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «ТГТУ»