

Микрофильтрация в молочной промышленности



А. Ф. Зябрев, к.т.н.,
член-корреспондент РИА,
ЗАО НПО «Элевар», г. Москва

*(Продолжение.
Начало № 3, 2008 г.)*

Получение микрофильтрованного молока на Западе в промышленных масштабах стало возможным в начале 1990-х гг. В 1994 г. появилась новая категория молока – «свежее микрофильтрованное молоко». За рубежом насчитывается более 50 крупных промышленных установок для микрофильтрации молока мощностью 10 – 20 т/ч (Швеция, Финляндия, Франция).

В России микрофильтрованное молоко до 2008 г. не выпускалось.

Интересным направлением применения микрофильтрации в молочной промышленности является очистка от бактерий солевых рассолов, используемых в сыроделии. Бактериальная чистота сырных рассолов становится важным фактором в производстве высококачественных сыров. Присутствие бактерий и спор, а также дрожжей может быть причиной появления пороков в сыре. Известно, что бактерии и споры могут размножаться даже при концентрации соли более 20 %.

Поэтому использование микрофильтрации для удаления бактерий и спор из сырных рассолов становится актуальным направлением в сыроделии.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ МИКРОФИЛЬТРАЦИИ МОЛОКА

В мембранной технологии процесс микрофильтрации протекает под давлением в потоке, когда разделяемая жидкость вместе с частицами движется относительно фильтрующей среды – мембраны с достаточно большой скоростью. Частицы, например бактерии, размер которых больше размера пор мембраны, задерживаются на ее поверхности, а жидкая среда, например молоко, проходит в поры

мембраны благодаря приложенному давлению, создаваемому насосом.

Вследствие постоянного движения жидкости и частиц над поверхностью пористой мембраны происходит непрерывная очистка поверхности от накапливающегося осадка в отличие от глубинных фильтров и конвективной фильтрации, когда фильтры забиваются задерживаемыми частицами.

Размер наибольших мицел казеина в молоке составляет около 0,6 мкм. Размер большинства бактерий и спор – более 0,8 мкм. Поэтому теоретически можно ожидать, что размер пор мембраны должен лежать в области 0,7 – 0,9 мкм, для того чтобы достичь максимально возможной задержки микроорганизмов и при этом избежать задержки казеиновых белков. Однако на практике часто при микрофильтрации молока используют мембраны с номиналом пор 1,4 мкм. Это позволяет, с одной стороны, повысить производительность процесса при достаточно хорошем уровне задержки бактерий, с другой стороны, сохранить как можно больше белка в микрофильтрованном молоке.

Глобулы жира имеют в молоке размеры, близкие к размерам бактерий, например мембрана с размером пор 1,8 мкм задерживает около 98 % жира. Поэтому перед удалением бактерий из молока необходимо предварительно максимально удалить из него жир.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА МИКРОФИЛЬТРАЦИИ МОЛОКА

Как уже отмечалось, микрофильтрация молока происходит в потоке, который движется над поверхностью мембраны со скоростью 5 – 6 м/с. Задерживаемые мембраной частицы находятся в непрерывном движении у ее поверхности, и это обеспечивает

самоочистку мембраны. Этот процесс микрофильтрации получил название «тангенциальная фильтрация» (за рубежом – cross flow).

Под молоком, направляемым на микрофильтрацию, подразумевается только обезжиренное молоко.

Молоко под действием давления, создаваемого в потоке насосом, проходит через поры мембраны, очищаясь при этом от бактерий и спор. Этот поток отфильтрованного молока называют пермеатом. Чем больше давление, тем больший поток частиц направляется к мембране, и для их удаления от поверхности необходимо создавать поток с большей скоростью вдоль поверхности.

При микрофильтрации молока в потоке со скоростью 5 – 6 м/с не следует увеличивать давление более 0,06 – 0,08 МПа, в противном случае это может привести к закупорке или засорению пор мембраны выделяемыми частицами и к снижению производительности.

Для удаления частиц, закупоривающих поры мембраны, создают импульс избыточного давления со стороны пермеата, за рубежом такой процесс получил название back flush. В результате часть отфильтрованного молока короткий промежуток времени движется через поры в обратном направлении и очищает их. Микрофильтрация в потоке с импульсами избыточного давления со стороны пермеата нашла применение при очистке солевых рассолов.

При микрофильтрации молока используют организацию потоков, отличную от описанной выше. На входе в канал мембранного элемента давление больше, чем на выходе из него. Это связано с гидравлическими потерями в потоке по длине канала мембранного элемента. Для устранения неравномерности давления вдоль по-

верхности мембраны создают поток с другой стороны мембраны в области пермеата. Таким образом, мембрана как бы разделяет два потока: один со стороны фильтруемого молока, в котором создается давление, например на входе в канал мембранного элемента 0,30 МПа и на выходе из него 0,15 МПа, другой – за мембраной со стороны пермеата, в котором создают давление, например 0,25 МПа на входе и 0,1 МПа на выходе. Таким образом, вдоль поверхности мембраны давление, под действием которого молоко проходит через поры (так называемое трансмембранное давление), одинаково и составляет в нашем примере 0,05 МПа. Такая организация потоков при микрофильтрации получила название «фильтрация в потоке с одинаковым трансмембранным давлением» (uniform transmembrane pressure).

Температура процесса микрофильтрации молока составляет около 50 °С.

Производительность процесса микрофильтрации с одинаковым трансмембранным давлением составляет

обычно 400 – 700 л/м²ч. Производительность с единицы поверхности мембраны часто называют скоростью фильтрации.

Частицы, задерживаемые мембраной, бактерии, споры, жировые шарики и частично мицеллы казеина накапливаются в каналах мембранных элементов и соответственно во всей системе фильтрации.

Для характеристики этого накопления используется параметр – фактор концентрирования, который равен отношению объема обработанного молока к разности объемов обработанного молока и пермеата (молока, полученного после очистки микрофильтрацией). Обычно фактор концентрирования составляет 1:20. Это означает, что выход очищенного молока равен 95 %. При этом факторе концентрирования производительность мало изменяется в течение рабочего времени процесса микрофильтрации, составляющего, как правило, 6 – 8 ч.

В современных системах микрофильтрации молока фактор концентрирования может достигать значений

1:50 и даже 1:100. Но для получения таких высоких значений фактора концентрирования требуются дополнительные затраты на оборудование и технологии, так как после фактора концентрирования 1:20 по мере концентрирования задерживаемых частиц в молоке становятся значимыми содержание остаточного жира, мицелл казеина и нарастание сухих веществ в концентрате.

**ПРИМЕНЕНИЕ
МИКРОФИЛЬТРАЦИИ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ
СОЛЕВЫХ РАССОЛОВ**

Для санитарной обработки солевых рассолов используются различные методы. Наиболее распространенные методы – это тепловая пастеризация, добавление гипохлорита натрия, фильтрация через кизельгуровые фильтры. Однако эти традиционные методы недостаточно эффективны по причинам, описанным выше.

Компонентный состав солевых рассолов приведен в таблице (Pedersen P. J., 1991).



ЭЛЕВАР
качественное производственное оборудование
ИСКУССТВО ИНЖИНИРИНГА

МЕМБРАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

микрофильтрации, ультрафильтрации и нанофильтрации молока и сыворотки

МФС-8
Установка для микрофильтрации обезжиренного молока

УФС-360
Установка для концентрирования сыворотки при производстве белковых концентратов WPC-80

УФС-240
Установка для концентрирования цельного и обезжиренного молока

МФС-60
Установка для получения гомогенного творога

Комплексные решения по созданию и модернизации молочных производств

БОЛЕЕ 300 РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРОЕКТОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Основные компоненты в солевом рассоле

Наименование компонента	Содержание (среднее из 5 образцов, молочная промышленность Дании)
Вода	75 – 82 %
NaCl	17 – 23 %
Компоненты Ca и P: Са Фосфаты	0,07 – 0,18 % 0,03 – 0,10 %
Азот: NPN Сывороточный белок	0,01 – 0,06 % 0,001 – 0,020 %
Общее содержание бактерий	5000 – 250 000 КОЕ/мл
Тонкодисперсные частицы	Сырная крошка
pH	4,83 – 5,04

Высокое содержание микроорганизмов в солевом рассоле может быть понижено в несколько сотен раз путем микрофльтрации (99,8 %). Кроме того, микрофльтрация в отличие от традиционных методов практически не изменяет компонентный состав рассолов, за

исключением удаления бактерий, спор и тонкодисперсных частиц.

В отличие от микрофльтрации молока, при которой температура процесса составляет около 50 °С, микрофльтрацию солевых растворов проводят при температуре около 20 °С, так как при повышении температуры возможно выпадение в осадок комплексов фосфата кальция, что приводит к забивке пор мембраны. Удельная производительность в процессе микрофльтрации солевых рассолов колеблется в пределах 250 – 600 л/м² в час. Фактор концентрирования составляет 60 – 100.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процесс микрофльтрации позволяет удалять как бактерии, так и споры из молока и солевых рассолов с эффективностью более 99,8 %, т.е. в 500 раз и более. Такой эффективности удаления бактерий и спор невозможно достичь другими способами механического выделения, в том числе бактофугированием.

Микрофльтрованное молоко содержит очень мало бактерий и спор (не более 10²/мл). Это гарантирует увеличение сроков хранения молока в несколько раз, при этом в молоке сохраняются все полезные вещества и улучшается органолептика. Кроме того, такое молоко является качественным сырьем для производства молочных продуктов.

Микрофльтрация солевых рассолов позволяет использовать их многократно, обеспечивая высокий уровень санитарной обработки, снижать потребление воды и уменьшает нагрузки на очистные сооружения.

В настоящее время для молочной отрасли России применение микрофльтрации молока находится на грани между искусством и технологией. Эта грань определяется тем ноу хау, которое имеет разработчик оборудования и данной технологии. Получив широкое применение в России, микрофльтрация молока по праву станет технологией. 💧