

# Отделение бактерий из молока центрифугированием

## С.С.Колесникова, к.т.н., ИПДО НУХТ

Как известно, молоко, поступившее в переработку должно быть очищенным от инородных включений, для этого используют фильтры, затем сепараторы, молокоочистители, для микробиально чистого молока способы и оборудование для бактофугирования, т.е. имеются возможности использования центробежной силы для удаления из молока микроорганизмов. Существует такое определение, как центробежное бактоотделение молока.

Метод центробежного бактоотделения нашел применение в различных промышленных технологиях молочной отрасли, но наибольшее распространение он получил в сыроделии зарубежья, где его используют для очистки молока от спор *Clostridium tyrobutyricum*, присутствие которых вызывает в сырах появление пороков, связанных с маслянокислым брожением.

Принцип действия основан на том, что плотность микроорганизмов несколько превышает плотность молока, поэтому они могут оседать под действием центробежной силы и удаляться из молока. На практике эта операция выполняется на потоке с предварительной очисткой молока (фильтрование, очистка на сепараторе, молокоочистителе, используемых для физической очистки молока, но бактофуги имеют более высокую частоту вращения, а величина центробежного ускорения на краях тарелок или в приемниках шлама, действию которой подвергаются бактерии, составляет от 7 до 9000g (g-локальное ускорение силы тяжести). Бактерии, собирающиеся в периферийной части барабана, постепенно удаляются в виде суспензии, концентрирующейся в обезжиренном молоке, через сопла небольшого диаметра (0,4-0,6 мм). Обычно 2-4 сопла располагаются в средней части барабана. Объем этой суспензии называется бактофугатом, концентратом или шламом, зависит главным образом от количества и диаметра сопел. В среднем он составляет 2-3% объема обрабатываемого молока, но может достигнуть и более 4%. В настоящее время имеются модели с открывающимся барабаном или автоматической системой очистки, программируемое срабатывание которых (например, в течение 15-20с через каждые 20-40мин) позволяет производить разгрузку шламоприемников без остановки оборудования, в этом случае осадок отводится вместе со шламом.

Эффективность такого бактоотделения выражается в процентах бактерий (или спор), удаляемых со шламом в процессе центрифугирования; ее рассчитывают на молоке до и после центрифугирования. Это делается либо путем периодических отборов проб в процессе обработки, либо с помощью непрерывного отбора пропорциональной части молока, проходящего через систему, либо, наконец, на основе разовых отборов проб сборного молока. Последний способ более сложен и не всегда оказывается показательным. В этом случае надежное определение эффективности бактофугирования возможно лишь в том случае, если после обработки остается достаточное для подсчета количество спор.

Уже в начале работы создатели описанной технологии установили, что на ее эффективность в значительной степени влияет температура, при которой проводится центрифугирование молока. Они пытались объяснить это тем, что повышение температуры якобы способствует сепарации, снижая вязкость молока, но, как мы увидим дальше, роль нагревания заключается не только в этом. Поэтому бактофугирование почти всегда проводится при температурах, лежащих в пределах между 56 и 57°C, и при температурах пастеризации (72-74°C). Это означает, что в большинстве случаев бактоотделитель монтируют после установок термизации или

пастеризации (или в ответвлении линии секций регенерации), в результате чего молоко претерпевает дополнительную выдержку, которой не следует пренебрегать.

Что касается обычной микрофлоры молока, то часть может уничтожаться и при нагревании в процессе центрифугирования (эффект тепловой выдержки), и поэтому затруднительно точно определить действительную эффективность только центрифугирования; ввиду этого в большей части встречающихся в литературе данных, касающихся процента удаления бактерий, речь идет о совместном действии обоих видов обработки. Эти данные у разных авторов не только бывают различными, разногласия наблюдаются также и между данными, полученными в ходе нескольких испытаний, проводившихся в рамках одного эксперимента: так, при температуре от 55 до 57°C указанные значения изменяются в пределах от 56 до 97%, а при температурах 62-63°C – от 80 до 99%. Это зависит, как от эффективности центрифугирования и не только от условий обработки, но также от количества и типа микроорганизмов, и, возможно, от предварительной обработки молока. При сочетании центрифугирования молока с пастеризацией появляется возможность повышения эффективности последней: например, если пастеризация при 72°C позволяет уничтожить 99,2% общего количества бактерий, ее проведение в сочетании с бактофугированием при температуре 55-56°C позволяет довести общий размер уменьшения количественного содержания бактерий и спор до 99,83%.

**Эта технология используется в основном как средство очистки молока от спор маслянокислых бактерий.** От этих спор избавляются и двойной пастеризацией с интервалом во времени 8-10 часов. Споры прорастают и молоко повторно пастеризуют, таким образом, добиваются тех же результатов, что и бактофугированием.

Воздействие температуры на эффективность бактоотделения объясняется не только изменениями вязкости молока, но также, весьма вероятно, и присутствием агглютининов. В период лактации коровье молоко, помимо других белков, содержит иммуноглобулины, обладающие антигенными свойствами и способные агглютинировать (слипаться, склеиваться) молочнокислые бактерии: стрептококки группы N и лактобациллы. Результат агглютинации выражается в поднятии скоплений агглютинированных бактерий вместе со сливками в молоке повышенной жирности или в осаждении этих скоплений в обезжиренном молоке. Это ведет к физическому разделению бактерий, выражающемуся в сокращении их роста и уменьшении количества вырабатываемой ими кислоты. Это касается молозивного и стародойного молока.

Было доказано, что молоко содержит антитела, способные агглютинировать споры *S.turobuturicum* и/или уносить их вместе с жировыми шариками. Эти агглютинины, частично инактивируемые при 75°C, полностью инактивируются при 80°C и должны играть роль ограничивающего фактора в удалении спор центрифугированием до тех пор, пока температура не станет достаточно высокой для их уничтожения.

Приводя в целом к снижению количества спор *S.turobuturicum* в исходном молоке, указанный метод бактофугирования оказывает влияние на появления порока-позднего вспучивания, что зависит прежде всего от степени бактериальной загрязненности молока. Действительно, эффективность центрифугирования как средства предупреждения этого порока определяется начальной обсемененностью молока, процентом удаления микроорганизмов, т.е. условиями использования оборудования, типом изготавливаемого сыра, технологией его производства и продолжительностью созревания. Эффективность может быть самой разной, начиная от обычной задержки в появлении названного порока с изменением (или без изменения) интенсивности его явления и кончая полным его исчезновением. При производстве

сыра с высокой температурой второго нагревания центрифугирование при температуре 60-63°C обычно позволяет избегать появления порока маслянокислого вспучивания, если степень загрязненности молока не превышает **1000-3000 спор на литр**. При большом загрязнении положение изменяется, и, даже если порок не проявляется характерным для него образом в течение некоторого времени, при анализе все-таки обнаруживаются аномальные концентрации масляной кислоты. Бактофугирование может быть эффективным при незначительном уровне загрязнения молока спорами микроорганизмов. Напротив, **для сыра типа гауда центрифугирование недостаточно для того, чтобы препятствовать появлению порока**, даже если количество спор составляет менее 1000 на литр. Для повышения эффективности в таком случае проводят внесение в молоко 2,5г нитрата на 100 л молока (если не применять центрифугирование необходимая доза нитрата составляет 15 г на 100 л).

Если не говорить об аспекте маслянокислого брожения, бактофугирование не оказывает какого-нибудь заметного влияния на технологию изготовления и состав сыра, ни на их органолептические свойства, но **влияет на изменение консистенции сырного теста**, которая становится более эластичной и более плотной, особенно у сыров с высоким вторым нагреванием. Это положение исправляют возвращением в молоко после стерилизации шлама, а рисунок все равно у сыров с высокой температурой второго нагревания становится более крупным и редким.

И, наконец, следует принимать во внимание, что одно из неудобств бактофугирования заключается в образовании концентрата, или бактофугата, то есть обезжиренного молока, отводимого через отверстия в барабане центрифуги (с помощью промывок водой) и содержащего бактерии и тяжелые фракции казеинов.

**Следует отметить, что при бактофугировании также отмечается снижение содержания белков в пределах от 0,5 до 1,5 г/л обработанного молока, а вытекающие из этого потери выхода сыра составляет от 4 до 9%, следует отметить, что это речь идет о сыропригодном молоке, которое у нас отсутствует даже согласно ДСТУ на молоко.**

Концентрат практически не содержит жиров, но содержание в нем сухого вещества может достичь 18%, а белков-13%. В Украине, при использовании бактофугирования, уже убедились, что при низком качестве сырья нет выхода продукции, а бактофугат (концентрат), из-за сильной бактериальной и механической загрязненности, использовать просто нет возможности.

Обратимся к международному справочнику по данному вопросу.

Бактофугирование есть процесс, в котором предусмотрена специальная конструкция герметической центрифуги, бактофуги, применяют сепарирование (отделение) бактерий и не проросших спорных форм специфических бактериальных штаммов, присутствующих в молоке.

Путем бактофугирования молока, после специфической гравитации, эффективно снижается число спор, их в бактофугате больше, чем осталось в молоке.

Бактофугированное молоко нормализуется сепарированием по фракциям более или менее освобожденным от бактерий и концентрат (бактофугат) с собранными спорами и бактериями, в основном, в количестве до 3% ослабленных бактофугой.

Бактофугирование используется для качественной предобработки молока. Применение его для улучшения качества молока в производстве сыра и сухих продуктов считается объективным моментом. Бактофуги официально включены в серию с центрифужным сепаратором одновременно снижающие поток или поднимающие поток в нем.

Когда качества отделившихся сливок добиваются в основной линии нормализации по жиру, бактофуга может размещаться выше сепаратора. Для получения качественных сливок необходимо снижение обилия спор *Bacillus cereus*. Кроме того, температуру

перед бактофугированием выбирают как для сепарирования, т.е. 55-65°C или мгновенную 60-63°C.

Есть два типа бактофугирования, т.е.:

- двухфазная бактофуга.
- однофазная бактофуга.

Двухфазная бактофуга имеет два выпускных отверстия в верхней части:

- один для постоянной разгрузки тяжелой фракции (бактофугата) через специальный верхний диск, и
- один для бактериально ослабленной фракции.

Однофазная бактофуга имеет один единственный выпускной патрубок для вывода бактериально очищенного молока; осадок бактофугата собирается в пространстве резервуара и выгружается через определенный интервал в виде выброса через клапан.

**Эти два типа дают возможность избирать варианты комбинированного оборудования с оптимальными бактериологическими требованиями к молоку предназначенного для обеих технологий и других назначений.**

В этих контекстах может всегда быть упомянута, например сыворотка, если используется для продукции из сывороточных концентрированных белков как ингредиента для детских продуктов, могут быть бактофугированы затем тонко измельчаться и смешиваться с жиром.

Имеется всего 10 направлений конфигураций комплектов машин для бактофугирования; три образца представлены ниже:

1. Двухфазная бактофуга.
2. Однофазная бактофуга с периодической выгрузкой бактофугата.
3. Дублирующее бактофугирование с двумя однофазными бактофугами в ряду.

Технологическая схема бактофугирования с непрерывной разгрузкой и стерилизацией бактофугата может включать следующее оборудование:

1. Пастеризатор;
2. Центрифугу-сепаратор;
3. Автоматическую систему стандартизации;
4. Двухфазную бактофугу;
5. Инфузорный стерилизатор.

Двухфазная бактофуга с постоянной выгрузкой бактофугата, с нижней герметической постоянной очисткой непрерывного потока концентрированной воздушной фракции бактерий (бактофугата) с выбросом фазы.

Эта фаза, включающая в себя 3% объема потока (приводит в движение наружный кулачек ротора насоса с непостоянной скоростью управления) после стерилизации и обезвреживания соответствующей температурой 130°C в течение нескольких секунд достаточных для инактивации спор микроорганизмов Clostridia. Обеззараженный горячий бактофугат смешивают с половиной объема бактофугированного молока с высокой температурой, которая сократила остаток потока бактофугата, молоко направляется на пастеризацию при 72°C в течение 15с, следующим за регенирацией и конечным охлаждением до температуры свертывания.

Бактофуга со специальной выгрузкой отобранного бактофугата к использованию:

- возможность повторного обеззараживания бактофугата,
- это альтернативная обработка бактофугата в производстве с высокой температурой вполне достаточно инактивирует микроорганизмы.

Номинальная производительность 15000 л/час и 25000 л/час (две величины центрифуг), где эмпирически достигается 98% ослабленных спор.

## **1. Однофазные бактофуги с периодическим выбросом бактофугата.**

Ослабление редуцирующего эффекта, такого как упоминалось ранее, подобные рекомендации для производительности 15000 л/час и 25000 л/час .

Бактофугат из однофазной бактофуги выбрасывается наружу через патрубок корпуса в интервале 15-20 мин, чем меньше концентрация бактофугата, тем меньше в объеме от подачи 0,15-0,2 %. Когда бактофугат должен быть внесен снова в молоко на сыр, оно должно быть очищенным. Перед подачей насосом в инфузорный стерилизатор концентрат разжижен с бактофугированным молоком, около 1,8% в подаче, в получении достаточного объема для соответствующей стерилизации. Начало и конец выброса насосом соединяющим с операциями выбрасывающей системы бактофуги. Так как это позволяет стерилизованный горячий бактофугат охлаждать молоком путем смешивания его после бактофугирования около 50% от общей подачи. Не разрешается повторное бактофугирование т.к. возможна разгрузка в дренаж или бактофугат собирается в танк для дальнейшей переработки.

## **2. Двойное бактофугирование с двумя однофазными бактофугами в сериях.**

Одно бактофугирование молока не всегда достаточно, необходимо обратить особое внимание на высокое обилие спор в молоке. С двойным бактофугированием достигается сокращение спор Clostridia более чем на 99%.

Очень часто пользуются двойным бактофугированием в производстве сыра без добавления химикалий для ингибирования бактерий. В период, когда присутствует очень высокий уровень спороформ, добавляют небольшое количество химикалий, 2,5-5 г на 100 л молока, это возможно когда применение разрешено по безопасности. При отсутствии механических средств, для понижения количества спор нормальное добавление 15-20 г нитрата натрия на 100 л молока для сдерживания их роста, но с одним бактофугированием и высоким уровнем спор, добавляют 2,5-5 г для 100 л молока за короткое время предотвращает развитие спор через их рост.

Напрашивается вывод, что бактофугирование пригодно без больших потерь для молока с очень низким содержанием маслянокислых бактерий (1000-3000 спор в литре), а остальные технически вредные микроорганизмы, которых в сборном молоке 500 тыс в 1мл и в сотни раз больше? В таком случае бактофугат не может быть использован для пищевых продуктов, а потери будут ощутимые, как показывает практика.

Очистка на сепараторах молокоочистителях, в наших условиях, молоко очищать практичнее; контрольные показали, что просепарировав 100 т молока собирается до 2 тонн выбросов с механическими включениями. Для такого молока бактофугирование будет сопровождаться большими потерями сырья, а закваски прямого внесения "не победят" технически вредную микрофлору. В таком случае нужна следующая технологическая схема: сократить пребывание молока на заготовительных пунктах; очистка молока должна проводиться во время приемки молока, с термизацией (62-65°C и выдержкой до 40 сек); выдержка молока 8-10 часов при температуре 4-6°C (для прорастания оставшихся спор) и последующей пастеризацией 76°C с выдержкой до 40 сек (уничтожение проросших спор); закваски должны быть активными, но не прямого внесения, чем хуже по качеству молоко, тем больше вносить закваски (до 3%). Проверена и актуальна, в отечественном сыроделии, биологическая обработка молока.

Использованная литература:

1.Производство сыра: технология и качество. Перевод с французского. - Москва. ВО "Агропромиздат".1989г.,496с.

2.Санитарная микробиология молока и молочных продуктов. Королева Н.С., Семенихина В.Ф. -Москва. Изд-во "Пищевая промышленность".1980г.

3.Сыр. Традиционные и основные отраслевые сведения. !4-ая часть международного справочника по молочному делу.