

ФИЛЬТРОВАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ЧАСТИЦ КРАХМАЛЬНОЙ СУСПЕНЗИИ ПО РАЗМЕРУ

А.А. Заболотец, ФММП БНТУ, г. Минск, д-р техн. наук, канд. хим. наук В.В. Литвяк, РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию», г. Минск, канд. техн. наук А.И. Ермаков, ФММП БНТУ, г. Минск

Резюме - крахмальная суспензия содержит частицы нативного крахмала. С целью осуществления тонкой регуляции потребительских характеристик (органолептических и физико-химических свойств) нативного крахмала без использования модифицирующих (химических) факторов предлагается разработать инновационный высокоэффективный и экологически безопасный способ получения нативного крахмала, классифицированного по размеру крахмальных гранул из сырья различного ботанического происхождения. Предлагаемое изобретение позволит повысить производительность процесса мембранного разделения суспензий по размеру на фракции, повысить эффективность очистки мембраны от задержанного ею слоя из осадков микрочастиц и крупных механических загрязнений, увеличить проницаемость и селективность мембраны, снизить длительность процесса фильтрации.

Ключевые слова: крахмал, суспензия, гранула, разделение, мембрана.

Введение. Крахмальная суспензия содержит частицы нативного крахмала. Основной структурной характеристикой строения нативного крахмала, определяющей его физико-химические свойства, является крахмальная гранула. Выявлено большое разнообразие форм крахмальных зерен. Были идентифицированы крахмальные зерна правильной и не правильной овальной, округлой, многогранной формы. Установлено, что минимальный и максимальный размер зерен нативных крахмалов имеет широкий диапазон размеров: от 5 до 200 мкм [1]. С целью осуществления более точной регуляции потребительских характеристик нативного крахмала без использования модифицирующих (химических) факторов предлагается разработать инновационный высокоэффективный и экологически безопасный способ получения нативного крахмала, позволяющий классифицировать крахмальные гранулы по размеру из сырья различного ботанического происхождения.

Основная часть. При фильтрации разделяемой жидкой суспензии в мембранных аппаратах в результате концентрационной поляризации на поверхности мембраны образуется слой осадок микрочастиц, содержащихся в суспензии. В результате этого резко ухудшаются характеристики процесса разделения, быстро уменьшается проницаемость мембраны, снижается длительность фильтроцикла (время между регенерациями аппарата) [2,3].

Для снижения концентрированной поляризации и повышения производительности процесса разделения рекомендуется создание мембранной установки с кавитационным реактором, что приводит к увеличению проницаемости и селективности мембраны вследствие снижения концентрации растворенных веществ в пограничном слое и выравнивания концентрации по всему сечению потока. Для этой цели широко применяются кавитационные реакторы, закрепляемые внутри мембранного устройства.

Предлагается создание фильтровальной установки для классификации частиц суспензий по размеру. Данная установка состоит из пористого трубчатого каркаса, на внешней поверхности которого расположена микропористая подложка с полупроницаемой мембраной. Внутри трубчатого элемента установлен гидродинамический кавитационный реактор, выполненный в виде втулки переменного сечения, состоящей из последовательно расположенных конфузора и проточной камеры. Полость проточной камеры выполнена в виде цилиндрического участка и диффузора, внутри диффузора установлен конусный кавитатор. При этом угол у вершины конуса участка диффузора, на котором расположен кавитатор меньше на 5-10 градусов угла у вершины конуса кавитатора, а длина цилиндрического участка равна его диаметру.

При использовании такого кавитационного реактора скорость потока воды, подаваемой внутрь реактора в определенный промежуток времени, будет возрастать по мере уменьшения сечения реактора. Благодаря этому на участке с большой скоростью потока происходит выделение парогазовых пузырьков, которые захлопываются на выходе из реактора, т.е. происходит кавитация. Воздействие кавитации способствует интенсификации процесса очистки мембраны от задержанного ею слоя осадок микрочастиц фильтруемой суспензии.

Данная установка работает в двух режимах: работа в режиме фильтрации, работа в режиме промывки.

При работе в режиме фильтрации подача промывной воды в фильтровальную установку не осуществляется. Движущей силой процесса является разность давлений продукта по обе стороны фильтровальной перегородки.

Большое влияние на скорость фильтрации оказывает вязкость жидкой фазы суспензии [4]. Кроме того, важно учитывать и форму ячеек фильтровальной перегородки. Тонкость разделения определяется размером ячейки и формы сетки. Также важно учитывать и материал изготовления таких перегородок. В пищевой промышленности при классификации крахмальной суспензии наиболее устойчивыми к коррозии и безопасными являются пластмассовые фильтровальные перегородки. Обычно тонкость фильтрации пластмассовых перегородок составляет около 10 мкм, но можно изготовить сетку с ячейками размером в десятые доли микрометра. Сетчатые фильтрующие элементы часто изготавливают многослойными, что несколько увеличивает тонкость и эффективность очистки, но приводит к росту гидравлического сопротивления фильтрующего элемента пропорционально количеству слоев сеток.

Структура образующегося при фильтрации осадка и, следовательно, его сопротивление потоку жидкости зависят от свойств твердых частиц и жидкой фазы суспензии, от условий фильтрации.

Предлагаемые наименования групп фракций крахмальных гранул нативного крахмала, согласно [5] в соответствии с размерами фракции приведены в табл. 1.

Таблица 1. – Характеристики фракции гранул нативного крахмала

Наименование крахмальной фракции	Размер крахмальных гранул, мкм
«Максимус»	150–200
«Макси»	100–150
«Пионер»	50–100
«Супериор»	30–50
«Прима»	20–30
«Секунда»	10–20
«Отход»	<10

При работе в режиме промывки подача исходной суспензии в фильтровальную установку не осуществляется. Происходит подача промывной воды внутрь трубчатого элемента с установленным гидродинамическим кавитационным реактором.

По мере протекания процесса фильтрации происходит нарастание слоя осадка на поверхности мембраны, скорость процесса снижается. Именно в этот момент вступает в работу кавитационный реактор, внутрь которого подается жидкость (промывная вода). При движении этой жидкости внутри кавитационного элемента скорость потока ощутимо возрастает в узком сечении, создаваемом цилиндрическим участком большего диаметра. За счет этого возникают завихрения и пульсации потока с отделением его от поверхности мембраны, что способствует смыванию слоя осадка с поверхностного слоя мембраны и снижения концентрации частиц разделяемой суспензии. С увеличением скорости потока в узкой части сечения происходит снижение давления вплоть до образования вакуума. Это приводит к интенсивному парообразованию с выделением газов на этом участке. Парогазовые пузырьки потоком жидкости переносятся за пределы кавитационного реактора в полость трубчатой мембраны с фильтруемой суспензией. Здесь парообразование прекращается, т.к. уменьшается скорость потока жидкости и увеличивается давление. Под действием давления происходит схлопывание парогазовых пузырьков с конденсацией пара (кавитация). Этот процесс протекает одновременно с образованием местных гидравлических ударов, которые действуя на поверхность мембраны, вызывают разрушение слоя осадка, отдаления его от поверхности мембраны с последующим выносом потоком суспензии через патрубок за пределы аппарата. Кавитация сопровождается активным перемешиванием суспензии, пульсацией скорости и давления. Все это способствует выравниванию концентрации осадка по сечению потока, повышению эффективности производительности аппарата.

В мембранном элементе угол конусности конического участка кавитационного реактора составляет ориентировочно 30–40°, что обеспечивает постепенное сужение и последующее расширение потока при минимальных гидравлических сопротивлениях. При большем угле конусности возрастают местные гидравлические сопротивления, при меньшем угле конусности ухудшаются условия для образования кавитационных процессов.

Заключение. Таким образом, предлагаемое изобретение позволит повысить производительность процесса мембранного разделения суспензий по размеру на фракции, повысить эффективность очистки мембраны от задержанного ею слоя из осадков микрочастиц и крупных механических загрязнений, увеличить проницаемость и селективность мембраны, снизить длительность процесса фильтрации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ловкис, З.В. Технология крахмала и крахмалопродуктов: Учеб. пособ. / З.В. Ловкис, В.В. Литвяк, Н.Н. Петюшев; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». – Минск: Асобный, 2007. – 178 с.
2. Дитнерский, Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет / Ю.И. Дитнерский. – М.: Химия, 1986, 272 с.
3. Жужиков, В.А. Фильтрация. Теория и практика разделения суспензий / В.А. Жужиков. – М.: Химия – 1971. – 440 с.
4. Русанов, Е.С. Мембраны в химических процессах: учеб. пособие / Е.С. Русанов - М.: Просвещение, Слово, 1997. - 198 с.
5. Литвяк, В.В. Технические условия: ТУ ВУ 190239501.924-2019 «Крахмал нативный, классифицированный по размеру гранул» / В.В. Литвяк, А.А. Заболотец // РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». Минск, 2019. – 16 с. – Государственная регистрация № 054974 от 23.01.2019 г.