УДК 637.344:621.7.04

Влияние электрогидравлической обработки на дисперсность творожной сыворотки

Канд. техн. наук **О.В.КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО,**
О.А.ЧЕРНЮШОК,
канд. техн. наук **В.В.ОЛИШЕВСКИЙ,**
канд. техн. наук **А.И.МАРИНИН**
Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

Реализация современных способов высокоэнергетического дискретного диспергирования в пищевых технологиях открывает возможности создания новых многокомпонентных дисперсных систем с управляемыми качественными характеристиками, способствует улучшению органолептических показателей и технологических свойств сырья, повышению сроков хранения готовых продуктов вследствие увеличения стойкости дисперсной системы и т.д. При производстве пищевых продуктов предлагаются способы диспергирования, основанные на использовании различных физических эффектов, – прохождение жидкости с большой скоростью через узкий зазор седло-клапан, адиабатное кипение в вакууме, дисковое распыление жидкости, ультразвуковое воздействие, гидродинамическая кавитация, ударные, импульсные возмущения и др. Практическое использование большинства из них сдерживается аппаратурно-технологическими возможностями и существенными энергозатратами. Перспективным направлением развития способов диспергирования является воздействие на дисперсную систему, основанное на импульсном электрическом пробое жидкости.

Диспергирующее действие электрогидравлического эффекта было изучено в 1950-е годы Львом Юткиным и развито в работах многих исследователей. При прохождении разряда нарушается целостность слоя жидкости с преодолением молекулярных связей частиц в середине ее объема и образуются полости. По завершении действия разряда происходит смыкание стенок образованной полости, протекающее со звуковыми или сверхзвуковыми скоростями и сопровождающееся, согласно современным представлениям, теми же явлениями, что и кавитация. Импульсный разряд вызывает по крайней мере два гидравлических удара: первый – в момент образования полости, второй – при ее захлопывании. Это способствует диспергированию частиц, попавших в зону кавитационных пустот.

Авторами исследована возможность применения электрических разрядов при переработке цельной творожной сыворотки с целью усовершенствования производства и предупреждения отложения нежелательного белкового осадка. При тепловой обработке на теплопередающей поверхности пастеризаторов осаждаются частицы белка, что не только приводит к его потерям, но и снижает эффективность пастеризации. Становится невозможной CIP-мойка – обязательное условие современного производства в соответствии с международными нормами НАССР.

Исследовалась творожная сыворотка с массовой долей белка 1,0–1,5 % и жирностью 0,05–0,1 %, полученная при производстве обезжиренного творога. Электрогидравлическую обработку проводили на экспериментальной установке (рис. 1), которая состоит из генератора импульсных токов ГИТ 50-5×1/4С УХЛ4 и электроразрядной камеры объемом 2700 см^3, с электродной системой типа «остриё-плоскость». Напряжение изменяли в пределах 30–45 кВ, количество разрядов – от 5 до 25 с шагом 5.

Диаметр белковых частиц измеряли на анализаторе размера и дзета-потенциала «Malvern Zetasizer Nano ZS» (Malvern Instruments Ltd., Великобритания) с углом детектирования 173° при 25 °С. Было выполнено не менее пяти измерений каждого образца. Распределения по размерам в единицах интенсивности получены из анализа корреляционных функций с использованием алгоритма General purpose программного обеспечения анализатора Zetasizer Software 6.20.

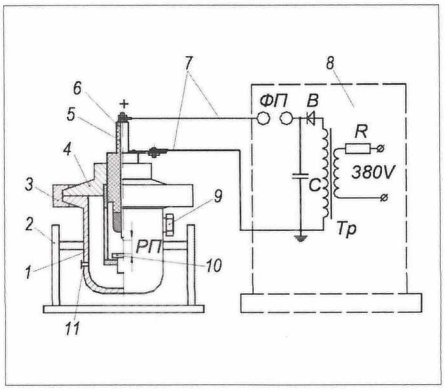

Рис. 1. Схема экспериментальной установки: *1* – электроразрядная камера; *2* – станина; *3* – хомут; *4* – крышка; *5* – изолятор; *6* – положительный электрод; *7* – высоковольтные кабели; *8* – генератор импульсных токов ГИТ 50-5×1/4С УХЛ4; *9, 11* – технологические отверстия; *10* – отрицательный электрод; *РП* – разрядный промежуток; *ФП* – формирующий промежуток; *Тр* – трансформатор; *В* – выпрямитель; *R* – разрядное сопротивление; *С* – конденсатор

Кривые объемного распределения белковых частиц в творожной сыворотке до и после обработки электроискровыми разрядами, как правило, имели пики в трех размерных рядах: до 150 нм, от 150 до 500 нм и свыше 500 нм. В исходной сыворотке размер белковых частиц находился преимущественно в диапазоне свыше 500 нм, их объем составлял 89 %. Причем наиболее часто встречались частицы диаметром около 2,2 мкм, что соответствует справочным данным для частиц осажденного белка цельной сыворотки.

Анализ кривых объемного распределения частиц в сыворотке после обработки электрическими разрядами свидетельствовал о влиянии на ее дисперсность параметров электрогидравлической обработки – напряжения и количества разрядов.

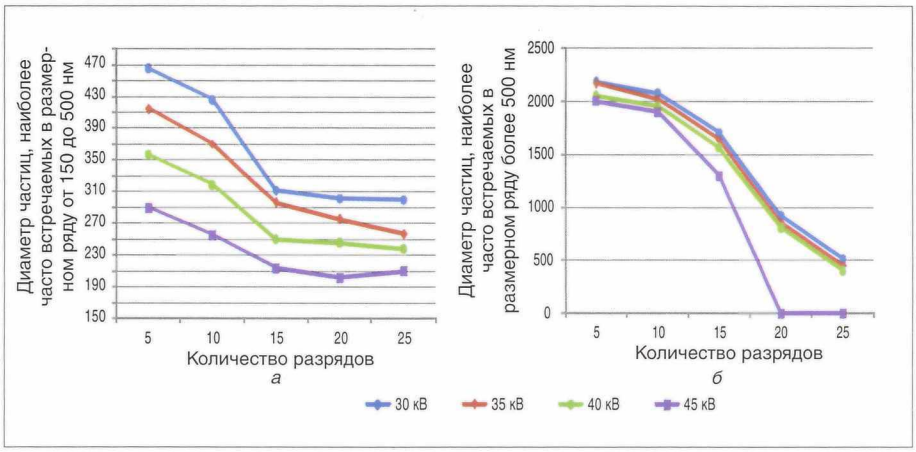

Рис. 2. Зависимость размера белковых частиц творожной сыворотки от параметров электрогидравлической обработки (напряжения и количества разрядов): *а* – размерный ряд 150–500 нм; *б* – размерный ряд свыше 500 нм

При изучении динамики преобразований дисперсной фазы наблюдалось доминирование более крупных частиц в пробах, обработанных при напряжении 30 кВ и 5–15 разрядах. По мере увеличения напряжения и количества разрядов доля частиц свыше 500 нм снижалась, и они перераспределялись между первым и вторым размерными рядами.

Температура процесса не оказывала существенного влияния на степень диспергирования частиц. С точки зрения технологичности и во избежание излишних энергозатрат электрогидравлическую обработку творожной сыворотки предусмотрено проводить при температуре промежуточного хранения (4 ± 2 °С) или сразу после осаждения белка и отделения сыворотки от творога – при 30 ± 2 °С.

С целью определения рационального режима обработки сыворотки создан массив данных «параметры-эффект», исходя из размера частиц, наиболее часто встречающихся в соответствующем размерном ряду.

Принимая во внимание то, что в первую очередь осаждаются более крупные частицы, детально анализировали изменение размера белковых частиц во втором и третьем размерных рядах в зависимости от напряжения и количества разрядов. К тому же доля частиц в размерном ряду до 150 нм во всех образцах, включая исходную сыворотку, была не более 6–12 %.

Увеличение напряжения и количества разрядов электрогидравлической обработки приводит не только к снижению доли частиц в размерном ряду свыше 500 нм, но и к постепенному уменьшению диаметра частиц, наиболее часто встречаемых в рассмотренных размерных рядах (рис. 2).

Наилучшая степень диспергирования достигнута при напряжении 45 кВ и количестве разрядов 20 и 25 (см. таблицу). При этих режимах система приближалась к монодисперсной, количество частиц с размером свыше 300 нм стремилось к 0.

Изменения в состоянии дисперсной системы согласуются с визуальными наблюдениями и результатами центрифугирования экспериментальных образцов сыворотки, моделирующего принудительное осаждение частиц.

В сыворотке, обработанной при напряжении 45 кВ и количестве разрядов 20–25, отсутствовал видимый осадок белка в отличие от исходной сыворотки. Белковые частицы оставались во взвешенном состоянии на протяжении двух суток, на третьи сутки наблюдался незначительный осадок, допустимый в технологии пастеризованной сыворотки. Объем сырого осадка в образцах исходной сыворотки после центрифугирования с частотой 1000 мин$^{-1}$ был 0,5–1,0 см^3, в образцах обработанной творожной сыворотки не превышал 0,1–0,2 см^3.

О стабилизации системы вследствие электрогидравлической обработки творожной сыворотки свидетельствуют результаты исследования электрокинетического потенциала, который, как известно, несет информацию о протекающих в стабилизирующих оболочках процессах, размере и форме частиц, процессах структурирования и является определяющим параметром при оценке стабильности широкого ряда систем.

Как показали исследования, с увеличением напряжения и количества разрядов электрогидравлической обработки, сопровождающимся уменьшением размера частиц белка и смещением их в размерный ряд до 500 нм, снижается абсолютное значение отрицательного электрокинетического потенциала. Так, при напряжении 45 кВ абсолютное значение дзета-потенциала обработанной сыворотки по мере увеличения количества разрядов от 5 до 25 постепенно снижалось с минус 4,12± 0,19 до минус 3,19 ±0,26 мВ, в то время как в исходной сыворотке это значение составляло минус 4,75 ± 0,17 мВ.

Таким образом, электрогидравлический способ обработки творожной сыворотки в рациональном режиме имеет ряд преимуществ перед классической технологией ее обработки.

Показатель	Размер белковых частиц творожной сыворотки					
	цельной	обработанной при напряжении 45 кВ и количестве разрядов				
		5	10	15	20	25
Доля белковых частиц размером до 150 нм, %	11,0	8,9	6,4	8,2	8,5	6,2
Диаметр частиц, наиболее встречаемых в размерном ряду до 150 нм, нм	104,6	67,5	140,2	123,6	89,6	153,9
Доля белковых частиц размером 150–500 нм, %	–	24,3	35,4	42,8	91,5	93,8
Диаметр частиц, наиболее встречаемых в размерном ряду 150–500 нм, нм	–	260,8	235,2	210,3	202,6	208,9
Доля белковых частиц размером свыше 500 нм, %	89,0	66,8	58,2	49,0	0,0	0,0
Диаметр частиц, наиболее встречаемых в размерном ряду свыше 500 нм, мкм	2,2	2,0	1,9	1,3	–	–

При установленных параметрах обработки (напряжение 45 кВ и количество разрядов 20) в творожной сыворотке доля белковых частиц размером свыше 500 нм уменьшается, что, в свою очередь, обеспечивает дисперсность системы, достаточную для замедления процесса осаждения белковых частиц.

Комплекс проведенных исследований подтверждает целесообразность применения электрогидравлической обработки при переработке цельной творожной сыворотки с целью получения продукта с улучшенными органолептическими показателями без видимого белкового осадка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Василів В.П. *Розроблення та застосування способу електрогідравлічної інтенсифікації процесів харчових виробництв: автореф. … канд. техн. наук. – Киев: НУХТ, 2005.*

Гулий І.С., Українець А.І., Дашковський Ю.О., Хомічак Л.М., Олішевський В.В., Верченко Л.М., Блаженко С.І., Василів В.П., Маринін А.І. *Електроіскрові технології в харчовій промисловості: перспективи застосування // Наукові праці НУХТ. – Киев: НУХТ, 2002. № 13.*

Гулый Г.А., Малюшевский П.П. *Высоковольтный электрический разряд в силовых импульсных системах. – Киев: Наукова думка, 1977.*

Маринін А.І. *Розроблення та застосування імпульсного електрогідравлічного способу оброблення сировини рослинного походження: автореф. … канд. техн. наук. – Киев: НУХТ, 2007.*

Олишевский В.В., Маринин А.И. *Влияние электрогидравлической обработки на сокостружечную смесь сахарной свеклы // Кишинёв. Электронная обработка материалов. 2013. № 49 (5).*

Патент України № 22033. *Установка для електроіскрового оброблення рідких середовищ /А.І. Маринін, Ю.О. Дашковський, А.І. Українець, В.П. Василів, В.В. Олішевський. – Опубл. 10.04.07. Бюл. № 4.*

Сытник И.А. *Электрогидравлическое действие на микроорганизмы. – Киев: Здоров'я, 1982.*

Фізико-хімічні методи обробки сировини і стабілізація харчових продуктів */ А.І. Соколенко, А.І. Українець, В.Л. Яровий, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний, Ю.О. Дашковський. – Киев: ПП. Люксар, 2007.*

Юткин Л.А. *Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. – Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1986.*

На правах рекламы

GEA

Оборудование
ГЕА Вестфалия Сепаратор
для молочной промышленности

- Сепараторы для обезжиривания и очистки молока и сыворотки
- Сепараторы высокожирных сливок
- Декантеры для казеина и лактозы
- Комплексные решения для производства творога, масла и молочного жира
- Узлы автоматической нормализации молока и сливок

6 -10 октября 2014 года
Москва, Экспоцентр, Агропродмаш - 2014
Форум, стенд **FE030**

GEA Mechanical Equipment
GEA Westfalia Separator

ГЕА Вестфалия Сепаратор Си Ай Эс
107061, г. Москва, Преображенская пл. д.8
Тел. +7 (495) 787 20 05, Факс +7 (495) 787 20 08
E-mail wsmoscow.info@gea.com www.westfalia-separator.ru