

Г. Г. Абдуллазянова, В. П. Барабанов, Ю. Г. Галяметдинов

ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ПРОЦЕССОВ КОАГУЛЯЦИИ И ФЛОКУЛЯЦИИ В ЖИР- И БЕЛОКСОДЕРЖАЩЕЙ ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЕ

Ключевые слова: коагуляция, флокуляция, жир- и белоксодержащие системы.

На примере реальной дисперсной системы опробованы коагулянт и флокулянты различной природы. Методами физико-химического анализа изучены особенности протекания процессов коагуляции и флокуляции. Установлены оптимальные концентрации вводимых реагентов.

Keywords: coagulation, flocculation, fat- and protein-containing systems.

Variety of coagulants and flocculants of different nature was tested on an example of real disperse systems. Characteristics of the coagulation and flocculation processes were studied using methods of physicochemical analysis. The optimum concentrations of the reactants were established.

Введение

Пищевая промышленность является одним из самых крупных потребителей пресной воды. Сбрасываемые сточные воды ее предприятий относятся к числу наиболее загрязненных [1 - 3]. Основное внимание обращается на выделение и утилизацию из них жира и белков.

В последние годы наметилась тенденция развития физико-химических методов очистки жир- и белоксодержащих дисперсных систем, основанных на применении процессов коагуляции и флокуляции, вызывающих изменения агрегативной и седиментационной устойчивости систем с образованием крупных агрегатов и последующим их осаждением [4 - 6].

Целью данной работы является – изучение коллоидно-химических особенностей протекания процессов коагуляции и флокуляции в жир- и белоксодержащей дисперсной системе.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась высокодисперсная система, являющаяся сточной водой майонезного производства. Превышение значений предельно-допустимых концентраций наблюдалось для большинства показателей, особенно по белкам и жирам (табл. 1). Последние представлены преимущественно жирами олеиново - линолиевого комплекса. Основным источником растительных жиров является подсолнечное масло (65,4 % мас.). Содержание насыщенных кислот составляет 8– 12%.

Таблица 1 - Химический состав исходной дисперсной системы

Показатели	Система	
	Исследуемая система	Нормативные показатели [7]
рН	6,5-8,0	6,5-8,0
ХПК, мг/л	800-1500	265
БПК, мг/л	1250	177
Взв. в-ва, мг/л	1500	186
Жиры, мг/л	1500	10
Белок, %	0,05	-
СПАВ, мг/л	80	0,5

Структурно-групповой состав системы был изучен с помощью метода ИК-Фурье спектроскопии [8]. В составе молекулы органических соединений дисперсной системы до очистки присутствует большое количество ароматических соединений с полосой поглощения 1539 см⁻¹ и 1576 см⁻¹. Особый интерес вызывают жиры и соединения сопутствующие им, олеиновая кислота (1712 см⁻¹), ее производные (1736 см⁻¹), глицерин и другие соединения.

Размер частиц исходной системы был определен методом оптической микроскопии [9] и составил 4,5·10⁻⁶ м [10].

Помимо метода ИК-Фурье спектроскопии и оптической микроскопии в работе были использованы следующие физико-химические методы исследования: метод седиментации [11], первичного хлопьеобразования [12], рН - метрии [13], фотоэлектроколориметрии [14, 15].

В качестве реагентов использовались коагулянт оксосульфат алюминия – ОСА (ГОСТ 12966-85) и флокулянты: сополимеры акриламида с акрилатом натрия (ПАА1, ПАА2, ПАА3). Характеристики флокулянтов представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Характеристика флокулянтов

Характеристики флокулянтов:	Флокулянты анионной природы		
	ПАА1	ПАА2	ПАА3
[η], см ³ /г	1970	1800	61800
M _n ·10 ⁻⁶	12,6	4,6	4,4
Ионоген. звеньев, мол. %	19,8	20	28
Строение	$\begin{array}{c} \text{-(}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{)-}_n\text{-} \\ \quad \quad \\ \text{O}=\text{C} \quad \quad \text{O}=\text{C}-\text{O}^-\text{Na}^+ \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$		

Обсуждение результатов

На сегодняшний день актуальным остается вопрос подбора оптимальных условий протекания процессов коагуляции и флокуляции в жир- и белоксодержащей дисперсной системе.

Методом фотоэлектроколориметрии и первичного хлопьеобразования получены кривые зависимости $D = f(c)$ и $t = f(c)$ (рис. 1), где установлено

наличие двух участков («крутого» и «пололого»), соответствующих скрытой коагуляции и менее динамичным процессам образования ассоциатов. Область перехода от одного участка к другому на кривых соответствует оптимальной концентрации коагулянта ($c_{\text{ОСА}} = 0,05\%$).

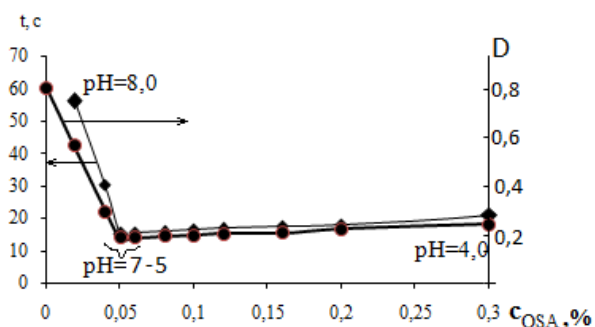


Рис. 1 – Кривые зависимости времени первичного хлопьеобразования t , с и оптической плотности D дисперсной системы в зависимости от концентрации коагулянта $c_{\text{ОСА}}$, %

Правильность подбора оптимальной концентрации ОСА подтверждается кинетическими кривыми седиментации в присутствии различных концентраций коагулянта (рис. 2). При концентрации коагулянта $c_{\text{ОСА}} \leq 0,05\%$ наблюдается увеличение скорости седиментации. При $c_{\text{ОСА}} > 0,05\%$ происходит некоторое снижение скорости процесса, связанное с избытком соединений алюминия в растворе.

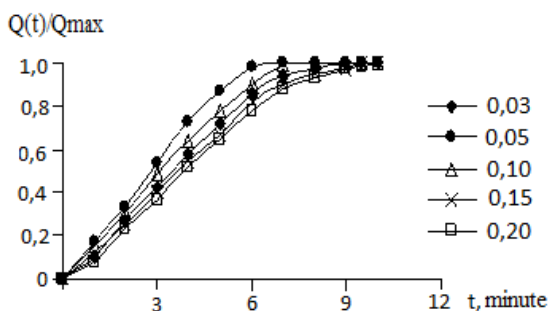


Рис. 2 – Кинетические кривые седиментации в присутствии различных концентраций коагулянта $c_{\text{ОСА}}$, %

Данные, полученные всеми тремя методами, позволяют выявить область максимального действия коагулянта ОСА, которая лежит в пределах $\text{pH} = 7 - 5$. Это область наиболее характерных изоэлектрических точек белков присутствующих в исследуемой системе. Именно здесь следует ожидать усиления межмолекулярных взаимодействий коагулянта с соединениями, имеющими пептидные связи [16].

Подбор условий процесса флокуляции проводился в присутствии коагулянта ($c_{\text{ОСА}} = 0,05\%$) и флокулянтов.

При введении в систему композиций коагулянта с флокулянтами наблюдается существенное снижение оптической плотности растворов D (рис. 3), по сравнению с исходной системой. Значения D в присутствии одного ОСА составили $0,18 - 0,22$ [10], а в присутствии композиций с флокулянтами приблизительно $0,050 - 0,065$.

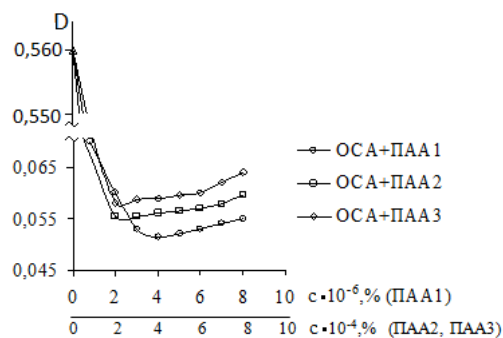


Рис. 3 – Зависимость оптической плотности D от оптимальных концентраций добавок c , %

На кривых имеются характерные точки перегиба, которые соответствуют оптимальным концентрациям добавок (c , %), а именно: ПAA1 = $4 \cdot 10^{-6}$; ПAA2 = $2 \cdot 10^{-4}$; ПAA3 = $2 \cdot 10^{-4}$. Наименьшие значения оптической плотности растворов достигаются в присутствии композиции ОСА и ПAA1, что, возможно, связано с наибольшей молекулярной массой полимера [17], по сравнению с ПAA2 и ПAA3.

Характерные точки перехода наблюдаются и на кривых хлопьеобразования (рис. 4). Введение добавок флокулянтов через определенные временные промежутки после внесения в систему ОСА свидетельствует о быстрой формировании вторичной структуры частицами флокулянта. При этом скорость образования структуры в присутствии флокулянтов существенно выше, чем в присутствии одного коагулянта. Время первичного хлопьеобразования в присутствии ОСА $t \approx (15 - 20)\text{с}$, в присутствии композиции $t \approx (2 - 5)\text{с}$. Это, по нашему мнению, связано с активностью и многообразием возникающих межмолекулярных взаимодействий флокулянтов с первичной, достаточно открытой, мозаичной структурой коагулянта.

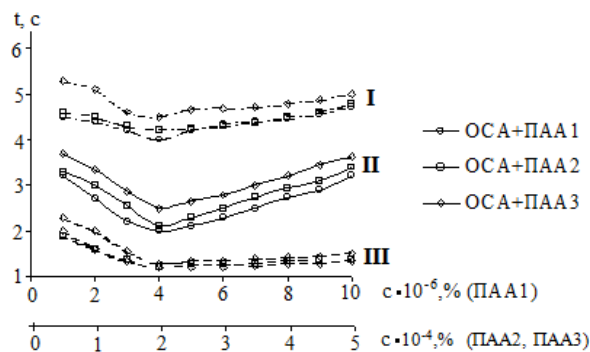


Рис. 4 – Кривые зависимости времени первичного хлопьеобразования $t, \text{с}$ от концентрации флокулянтов c , % при $c_{\text{ОСА}} = 0,05\% = \text{const}$. Время введения флокулянта после внесения ОСА: I серия – 10с; II серия – 15с; III серия – 10мин.

Выравнивание значений времени начала хлопьеобразования по мере увеличения временных промежутков между внесением добавок (в пределах 10 мин) может быть объяснено «насыщением» двойных или тройных связей ненасыщенных жирных кислот, входящих в молекулу.

Последующий химический анализ дисперсной системы после обработки композицией коагулянт – флокулянт позволил определить существенное снижение показателей до нормативных значений. Степень очистки в рассматриваемых случаях составила 95 – 98 %.

Таким образом, показана возможность нахождения области оптимальных концентраций реагентов на основе данных метода седиментации, первичного хлопьеобразования, рН метрии и измерения оптической плотности дисперсной системы.

Этими методами установлена быстрота формирования структуры частицы в присутствии флокулянтов на стадии хлопьеобразования.

Введение композиций коагулянт – флокулянт позволило снизить показатели до нормативных значений. Наилучший эффект был достигнут при $c_{ОСА} = 0,05 \%$ и $c_{ПАА1} = 4 \cdot 10^{-6} \%$, $pH = 7 - 5$.

Литература

1. Е.О. Ноздрина, С.Б. Зуева, Л.В. Голубева *Успехи современного естествознания*, 7, 168-170 (2011)
2. Пат. RU 2228301 (2001)
3. С.Б. Зуева *Экология и промышленность России*, 6, 7-8 (2009)
4. Пат. RU 2323166 (2006)
5. Пат. RU 2414435 (2011)
6. Ф. М. Гимранов, А.Н. Беляев, И.В. Флегентов, А.С. Суслов *Вестник Казанского технологического университета*, 15, 8, 289-291 (2012)
7. СанПин 2.1.4.539-96. *Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения*. Госкомэпиднадзор, Москва, 1996.
8. Л. Беллами *Инфракрасные спектры сложных молекул*. Изд-во иностр. лит-ры, Москва, 1963. 590 с.
9. Н. Дрейпер, Г. Смит *Прикладной регрессионный анализ*. Финансы и статистика, Москва, 1986. 366с.
10. А.Ф. Добрынина, Г.Г. Файзуллина, В.П. Барабанов *Журн. прикл. химии*, 77, 3, 503-506, (2004)
11. Ю.Г. Фролов, А.С. Гродской *Лабораторные методы и задачи по коллоидной химии*. Химия, Москва, 1986. 216с.
12. А.В. Моисеев. Дисс. канд. техн. наук, Научно-исслед. инс-т коммунального водоснабж. и очистки воды, Москва, 2005. 198с.
13. В.П. Васильев *Аналитическая химия*. в 2 ч. Дрофа, Москва. Ч.1, 2003. 367 с.; Ч.2, 2003. 384 с.
14. Ю.Ю. Лурье, *Унифицированные методы анализа вод*. Химия, Москва, 1973. 376с.
15. Г. Шарло *Методы аналитической химии*. Химия, Ленинград, 1965, С.219
16. В.Н. Измайлова, Г.П. Ямпольская, Б.Д. Сумм *Поверхностные явления в белковых системах*. Химия, Москва, 1988. 240с.
17. В.Ф. Куренков, Н.-Г. Hartan, Ф.И. Лобанов. *Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения*. 11, 31 – 40 (2002)

© Г. Г. Абдуллазянова – канд. хим. наук, доц. каф. физической и коллоидной химии КНИТУ, f_gulshat@mail.ru; В. П. Барабанов – д-р хим. наук, проф. каф. физической и коллоидной химии КНИТУ; Ю. Г. Галяметдинов – д-р хим. наук, проф., зав. каф. физической и коллоидной химии КНИТУ.