

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]	pH 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.

Характеристика флокулянтов	Характеристики флокулянтов:
Флокулянты анионной природы	ПАА1 ПАА2 ПАА3
[η], см ³ /г	1970 1800 61800
Mh•10 ⁻⁶	12,6 4,6 4,4
Ионоген. звеньев, мол. %	19,8 20 28

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 «пологого»), соответствующих скрытой коагуляции и менее динамичным процессам образования ассоциатов. Область перехода от одного участка к другому на кривых соответствует оптимальной концентрации коагулянта ($c_{OCA} = 0,05\%$). Рис. 1 - Кривые зависимости времени первичного хлопьеобразования t , с и оптической плотности D дисперсной системы в зависимости от концентрации коагулянта c_{OCA} , %

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

Данные, полученные всеми тремя методами, позволяют выявить область максимального действия коагулянта OCA , которая лежит в пределах $pH = 7 - 5$. 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 ($c_{OCA} = 0,05\%$) 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 OCA 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: $ПАА1 = 4 \cdot 10^{-6}$; $ПАА2 = 2 \cdot 10^{-4}$; $ПАА3 = 2 \cdot 10^{-4}$. Наименьшие значения оптической плотности растворов достигаются в присутствии композиции OCA и $ПАА1$, что, возможно, связано с наибольшей молекулярной массой полимера [17], по сравнению с $ПАА2$ и $ПАА3$. Характерные точки перехода наблюдаются и на кривых хлопьеобразования (рис. 4). Введение добавок флокулянтов через определенные временные промежутки после внесения в систему OCA свидетельствует о быстроте формирования вторичной структуры частицами флокулянта. При этом скорость образования структуры в присутствии флокулянтов существенно выше, чем в присутствии одного коагулянта. Время первичного хлопьеобразования в присутствии OCA $t \approx (15 - 20)$ с, в присутствии композиции $t \approx (2 - 5)$ 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 ,с от

концентрации флокулянтов с, % при $c_{ОСА} = 0,05 \% = \text{const}$. 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 $c_{ПАА1} = 4 \cdot 10^{-6} \%$, $pH = 7 - 5$.