

УДК.: 544.77: 664.314.6



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ЭМУЛЬСИЙ

ДЮШЕЕВА А.Д.
КГТУ им. И.Раззакова
izvestiya@ktu.aknet.kg

В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса диспергирования в разработанном роторно-пульсационном аппарате.

С развитием технологий производства многокомпонентных пищевых систем предъявляются повышенные требования к дисперсности готового продукта.

Дисперсность – фундаментальная характеристика гетерогенных систем, является одним из основных факторов, определяющих эффективность гидромеханических, тепловых и массообменных процессов. Это связано с тем, что дисперсность определяет площадь межфазной поверхности в гетерогенной системе и, тем самым, имеет непосредственное влияние на коэффициенты тепло- и массопередачи. Кроме того, дисперсность определяет органолептические свойства многокомпонентных продуктов, представляющих собой гетерогенную систему. Так в зависимости от размеров частиц изменяется цвет системы, вкусовые ощущения и консистенция.

Диспергирование применяют для измельчения жидких, твердых веществ в жидкости или жидких и твердых веществ в газе с целью получения дисперсных веществ.

Диспергирование включает эмульгирование, гомогенизацию и распыление жидкостей в газовой среде.

Эмульгирование применяют для получения эмульсий типа масло в воде или наоборот. В первом случае масло является дисперсной фазой, а вода дисперсионной, во втором – масло является дисперсионной фазой, а вода – дисперсной.

При эмульгировании для стойких, нерасслаивающихся эмульсий в смесь добавляют поверхностно-активные вещества (ПАВ): желатин, казеинаты, казеин, крахмал, яичный белок, агар-агар и другие вещества, которые образуют на поверхности тонкую оболочку, придающую эмульсиям устойчивость и препятствующую их расслоению [1].

Стабильность эмульсий определяется многими факторами: размерами дисперсной фазы, распределением жировых частиц по размерам, типом или природой эмульгатора, а также его концентрацией, необходимо правильно выбрать эмульгатор при максимальной совместимости продуктов. Для каждого вида существует свой оптимум, обеспечивающий наивысшую устойчивость получаемых эмульсий. При этом важно установить соотношение эмульгатор-масло-вода, гарантирующее высокую эмульгирующую способность и стабильность эмульсии.

Условия диспергирования: тип используемого аппарата, его конструктивные особенности, форма и материал емкости, в которой происходит процесс, кратность, скорость, время перемешивания также влияют на стабильность эмульсий. Повышение интенсивности эмульгирования значительно увеличивает стабильность конечной эмульсии. В результате опытов, имеющих цель получить эмульсии с более равномерным составом жировых шариков при многократном эмульгировании, было отмечено, что наибольший эффект достигается при двух, трехкратной обработке. Дальнейшее увеличение кратности обработки приводит к стабилизации результатов и в некоторых случаях к некоторому укрупнению частиц. Кратность эмульгирования также зависит от типа эмульгатора. Так при использовании сывороточных белков молока оптимальная кратность равна двум (клапанный гомогенизатор).

Как правило, средние размеры масляных капель при эмульгировании быстро уменьшаются и достигают минимальной величины в течение 4-6 минут. Аналогично меняются вязкость и стабильность эмульсий, достигающие оптимальных значений за это время. Поэтому продолжительное перемешивание не приводит к повышению дисперсности эмульсий.

Стабильность эмульсий зависит от температуры. С повышением температуры стабильность снижается. Если стоит обратная задача - разделить устойчивые эмульсии на составляющие их компоненты, то можно использовать нагревание с последующим отстаиванием. Термические

способы разделения устойчивых эмульсий являются предпочтительными, например, при их утилизации.

Для проведения процессов диспергирования и получения эмульсий в основном используют клапанные, центробежные, ультразвуковые, импульсные, электрогидравлические гомогенизаторы и роторно-пульсационные аппараты.

Механизмы диспергирования дисперсных фаз связывают со следующими явлениями: вытягиванием частиц дисперсной фазы и их дроблением в результате действия градиента скорости (клапанный гомогенизатор); разрывом жидких частиц дисперсной фазы за счет относительной скорости подвижных и неподвижных частей (устройства, содержащие систему ротор-статор); дроблением за счет сдвиговых деформаций; дроблением частиц, обусловленным возмущением внешней среды (ультразвуковые и импульсные диспергаторы). Основные виды возмущений среды – кавитационные мелкомасштабные ударные; ультразвуковые; импульсные [2].

В настоящее время для диспергирования гетерогенных систем широко применяются роторно-пульсационные аппараты, которые отличаются простотой конструкции и относительно малым энергопотреблением при высокой эффективности. Несмотря на это, практическое применение роторно-пульсационных аппаратов в производстве пищевых эмульсий существенно ограничено.

В целях совершенствования оборудования для диспергирования пищевых эмульсий нами был разработан экспериментальный стенд, на котором выполнялись исследования. Он состоит из пульта управления и многофункционального роторно-пульсационного аппарата, предназначенного для перемешивания, эмульгирования и аэрации маловязких пищевых систем. Основным узлом аппарата является роторно-пульсационный рабочий орган, состоящий из ротора и статора [3]. Диспергирование многокомпонентных смесей осуществляется в узком кольцевом зазоре между неподвижным статором и вращающимся ротором, где диспергирование происходит под действием сдвиговых напряжений. Эффект диспергирования дополнительно повышается за счет наложения пульсаций потока в радиальном направлении в результате перекрытия отверстий в стенках статора и ротора.

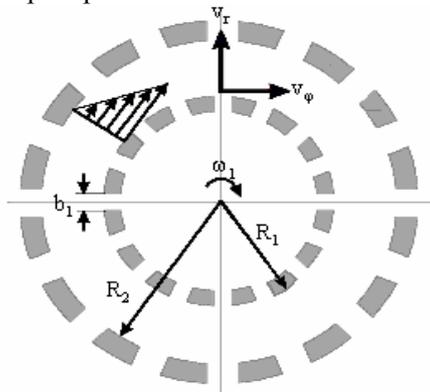
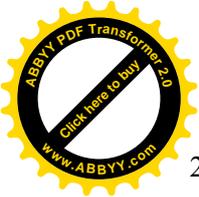


Рис. 1- Расчетная схема течения вязкой жидкостив рабочем органе роторно-пульсационного аппарата

В результате теоретического исследования процесса эмульгирования рассмотрена задача движения вязкой жидкости в кольцевом зазоре, когда вращается внутренний цилиндр (ротор), а наружный цилиндр (статор) неподвижен. На поле окружных скоростей v_ϕ накладывается радиальная скорость v_r , обусловленная течением жидкости в радиальном направлении сквозь щели в стенках ротора и статора. Поток в осевом направлении отсутствует, т.е. v_z равен нулю (рис.1), где ω_1 – угловая скорость вращения ротора, c^{-1} ; R_1 – наружный радиус ротора, м; R_2 – внутренний радиус статора, м, b_1 - ширина прорези ротора.

На основе аналитического решения системы уравнений Навье-Стокса для данного случая вязкого течения с учетом радиальной и окружной скоростей получены следующие результаты:

1. выведены аналитические зависимости для расчета радиальной и окружной скоростей течения вязкой жидкости, а также энергетических затрат на сдвиговое течение в кольцевом пространстве между коаксиальными цилиндрами, которые, наряду с физическими свойствами жидкости, учитывают геометрические и кинематические параметры рабочего органа роторно-пульсационного аппарата.



2. сопоставление экспериментальных и рассчитанных по полученным аналитическим зависимостям величин расхода энергии на сдвиговое течение показало их удовлетворительное соответствие с погрешностью не более 24%.
3. полученные аналитические зависимости могут быть использованы для оценки энергетических затрат на диспергирование маловязких гетерогенных систем, например, эмульсий, в кольцевом пространстве рабочего органа роторно-пульсационного аппарата.

Комплекс экспериментальных исследований был посвящен изучению процесса эмульгирования в роторно-пульсационном аппарате, который включал в себя определение оптимального режима эмульгирования, влияние частоты вращения ротора на размер частиц дисперсной фазы эмульсии, исследование влияния белкового эмульгатора на дисперсность, стабильность и реологические свойства эмульсий, стабилизированных белками. В результате проведенной работы можно сформулировать следующие выводы:

1. Исследовано влияние частоты вращения ротора аппарата на средний размер, количество частиц дисперсной фазы и стабильность полученной эмульсии.
2. Установлен оптимальный режим эмульгирования в роторно-пульсационном аппарате, характеризуемый частотой вращения ротора 1450 мин⁻¹ и температурой эмульгируемой смеси 50-55 °С.
3. Установлено, что белки молочной сыворотки являются эффективными стабилизаторами эмульсий вида «масло-вода» и их применение предпочтительно в производстве эмульсий с меньшими энергозатратами в роторно-пульсационных аппаратах.
4. На основе исследований реологических свойств и положений фрактальной геометрии установлено, что вязкость разбавленных флокуллированных эмульсий ($\leq 2\%$) зависит от размера частиц дисперсной фазы, в то время как вязкость концентрированных эмульсий ($\geq 5\%$) больше зависит от фрактальной размерности флокул [4].

Опытный образец был испытан в производственных условиях в ОАО «Эльвест», который является одним из известных производителей молочных продуктов в Кыргызстане.

На первом этапе испытаний производили эмульсию, стабилизированную творожной сывороткой, вторичным продуктом молочного производства.

Оптимальные технологические режимы, полученные в результате проведения настоящих исследований, применялись в производственных испытаниях.

Оценку качества произведенной эмульсии оценивали по среднему диаметру диспергированных частиц масла. В результате эмульгирования в течение 10 мин при частотах вращения ротора аппарата 440, 935 и 1450 мин⁻¹, были получены эмульсии со средним диаметром дисперсных частиц 1 мкм, содержание которых от общей совокупности частиц составляло 59, 83,5 и 93% соответственно. Наблюдения устойчивости полученных эмульсий к агрегатированию показали, что пробы, полученные при частоте вращения ротора 1450 мин⁻¹ сохраняли первоначальные дисперсные характеристики в течение времени до 50 часов.

На втором этапе производственных испытаний экспериментальный аппарат был апробирован на линии переработки молока на стадии гомогенизации молока и сливок. При обработке молока 4% жирности в роторно-пульсационном аппарате в течение 15 мин при температуре 45 °С наименьший размер жировых частиц был получен при частоте вращения ротора 1450 мин⁻¹. При этой частоте был также достигнут наиболее высокий эффект диспергирования частиц жира при обработке сливок 41% жирности. Сливки обрабатывались в течение 20 мин при температуре 55 °С. Кривая распределения частиц по размерам сливок, обработанных в указанных условиях, была близка к монодисперсной.

В процессе обработки молока и сливок в роторно-пульсационном аппарате наблюдалась аэрация продукта. Наибольший прирост объема за счет насыщения воздухом для молока составил 38,5 % при 1450 об/мин. Возможность насыщения молока воздухом при обработке в роторно-пульсационном аппарате позволит производить взбитые молочные продукты, популярные в настоящее время. Для сохранения аэрированной структуры необходимо применять известные стабилизаторы.

Таким образом, производственные испытания показали, что роторно-пульсационные аппараты могут заменить применяемые в молочном производстве энергоемкие гомогенизаторы клапанного типа. При этом в роторно-пульсационном аппарате могут быть совмещены три процесса – перемешивание, гомогенизация и аэрирование.



В целом, включение в технологическую линию нового роторно-пульсационного аппарата быстро окупится и удешевит стоимость продукта, повысит рентабельность производства высококачественной продукции.

Роторно-пульсационный аппарат может успешно использоваться при производстве соков, кетчупов, фруктовых напитков, жидких ароматизаторов, десертов, кондитерских, молочных, кисломолочных продуктов, в том числе, детского, диетического, геронтологического назначения, в технологии которых процесс диспергирования играет важную роль.

Литература

1. Кавецкий Г.Д., Воробьева А.В. Технологические процессы и производства(пищевая промышленность) - М.: Колос, 2006 – 368 с.
2. Орешин М.Н., Космодемьянский Ю.В. Моделирование процесса тонкого диспергирования пищевых эмульсий// Хранение и переработка сельхозсырья, 2007, № 4, с.79-81.
3. Дюшеева А.Д. Применение роторно-пульсационного аппарата при производстве молочных эмульсий// Известия КГТУ им.И.Разакова. Материалы международной научно-технической конференции “Инновации в образовании, науке и технике”:Т.III. – Б.: «Текник». 2006, № 9, с.143-146.
4. Дюшеева А.Д., Кулмырзаев А.А., Эркинбаев Ч.Ж. Реологические свойства эмульсий, стабилизированных белками эмульсий//Вестник Казахского технического университета им. К.И.Сатпаева, 2006, № 5(55), с.65-68.

