

Роторно-вихревой эмульсор для получения стойких дисперсий растительных жиров

Ересько Г.А., д.т.н., Гуляев-Зайцев С.С., д.т.н.,
Кимачинский С.И., с.н.с., академик МАТН, Нарижный С.А., н.с.
Технологический институт молока и мяса, г. Киев

На основании анализа известных технических решений и экспериментальных исследований процесса диспергирования растительных и молочного жиров разработан эффективный эмульсор для получения технологически стойких жировых эмульсий при производстве спредов. Результаты работы могут быть использованы при решении практических вопросов производства вязких эмульсионных продуктов.

Ключевые слова: роторно-вихревой эмульсор, степень дестабилизации, заменители молочного жира, дисперсность, технологическая стойкость, спред

Рисунок 1.
Внешний вид рабочих органов
эмульсора



В маслодельной отрасли молочной промышленности, наряду с производством натурального сливочного масла, широко внедряются технологии спредов (по терминологии ДСТУ 4445:2005 «Спреди та суміші жирів») — пищевых продуктов с комбинированным составом жировой фазы. Для их производства широко используются разнообразные по составу и свойствам растительные жиры, их композиции и так называемые заменители молочного жира. Именно благодаря большим объемам производства спредов (в Украине свыше 80 тыс. т в год¹), потребление которых значительно возросло, маслодельная отрасль промышленности стала одним из основных потребителей растительных жиров.

Потребность в современных технологиях и оборудовании для изготовления спредов, новых видов легких маргаринов и других продуктов с комбинированной жировой основой возрастает с каждым годом, особенно учитывая то, что при выработке молочных продуктов, в том числе и жировых, довольно широко используются растительные жиры и заменители молочного жира.

При изготовлении продуктов с комбинированной жировой фазой одной из важнейших технологических операций является эмульгирование жира — получение технологически стойких² дисперсных систем. Эмульсии растительных жиров не должны разрушаться на стадиях, которые предшествуют маслообразованию (сбиванию или преобразованию), т.е. необходимо сохранение их технологической стойкости с учетом применяемого способа производства. Технологическая стойкость для методов сбивания и преобразования разная. Для первого метода она должна быть значительно выше из-за особенностей подготовки эмульсии к

¹ 83,8 тыс. т — по данным Государственного комитета статистики Украины.

² Технологическая стойкость — это способность эмульсии сохранять стабильность на протяжении технологического процесса.

маслообразованию. Устойчивость таких эмульсий в значительной степени влияет на характер последующих технологических процессов и в конечном итоге на качество готовых продуктов.

В настоящее время практически не существует научно обоснованных способов и режимов получения технологически стойких жировых эмульсий. Те же, которые применяются, носят скорее эмпирический характер.

При производстве спредов для диспергирования жировой фазы используют самые разнообразные эмульгирующие устройства: гомогенизаторы, эмульсоры роторного типа и центробежные насосы. Последние широко распространены, однако часто не обеспечивают необходимую дисперсность эмульсий. В конечном счете это сказывается на снижении качества готовых продуктов и способствует повышению отхода жира в виде потерь.

Одним из перспективных направлений разработки оборудования для эмульгирования жиров является использование роторных устройств, однако процесс получения эмульсий необходимой технологической устойчивости с их применением фактически не изучен.

Для получения комбинированных эмульсий в настоящее время используется большое количество разнообразных устройств: центробежных, винтовых, сопловых, вакуумных, клапанных, ультразвуковых, вибрационных, вихревых и др., которые можно разделить на три группы.

1. Аппараты с вращающимися рабочими органами, смешивающие аксиальные слои, расположенные в поле скоростей лопастной, пропеллерной, винтовой мешалки или ротора.

2. Поршневые аппараты, использующие преобразование высокого гидравлического давления в скорость истечения.

3. Аппараты, в которых реализуются нестационарные гидромеханические процессы — акустические колебания, вибрации, пульсации, кавитация.

Каждая из перечисленных групп имеет свои преимущества и недостатки, обусловленные изначально заложенными в конструкцию устройствами механизмами получения высокодисперсных жировых эмульсий.

Следует также заметить, что энергия, затрачиваемая на получение технологически стойкой жировой эмульсии при производстве спредов, — важнейший показатель, характеризующий совершенство применяемого оборудования, который в то же время является интегральным показателем, зависящим от принципа действия и конструктивных особенностей диспергирующего устройства.

В результате анализа известных технических решений и на основе экспериментальных исследований процесса эмульгирования молочного и растительных жиров нами разработан эмульсор³ для подготовки технологически стойких жировых эмульсий при производстве спредов. В основу технического решения положен принцип, базирующийся на эффекте гидродинамической обработки вязкой жидкости, проходящей в пульсирующем зазоре между вращающимся ротором и неподвижным статором. Рабочие органы эмульсора (рис. 1) выполнены в виде конического профильного статора и вращающегося с помощью привода коаксиального профильного конического ротора. Выходная часть ротора снабжена лопатками, создающими при вращении центробежный эффект, который обеспечивает создание необходимого напора продукта на выходе.

Зазор между ротором и статором по пути следования исходных компонентов продукта образует рабочую зону эмульгирования, в которой осуществляется процесс гидродинамической обработки при переменном градиенте скоростей, что обеспечивает широкий спектр воздействия на продукт и высокую эффективность процесса эмульгирования.

Принцип действия эмульсора заключается в следующем: исходные компоненты смеси подаются во входной патрубке и попадают в рабочий зазор между ротором и статором, где интенсивно смешиваются, гомогенизируются и эмульгируются, а затем с помощью лопастей ротора подаются в выходной патрубок для циркуляции или выгрузки. Степень диспергирования определяется интенсивностью механической обработки в рабочем зазоре и кратностью циркуляции продукта.

Таблица 1. Техническая характеристика эмульсора Я5-ОММ

Наименование параметра	Значение
Производительность, м ³ /ч	18
Температура продукта, °С	до 85
Мощность привода, кВт	4,0
Габаритные размеры, мм: длина	600
ширина	300
высота	360
Масса, кг	62

Энергия, затрачиваемая на получение технологически стойкой жировой эмульсии при производстве спредов, — важнейший показатель, характеризующий совершенство применяемого оборудования

³ Промышленное производство эмульсора освоено подведомственным ТИММ предприятием.

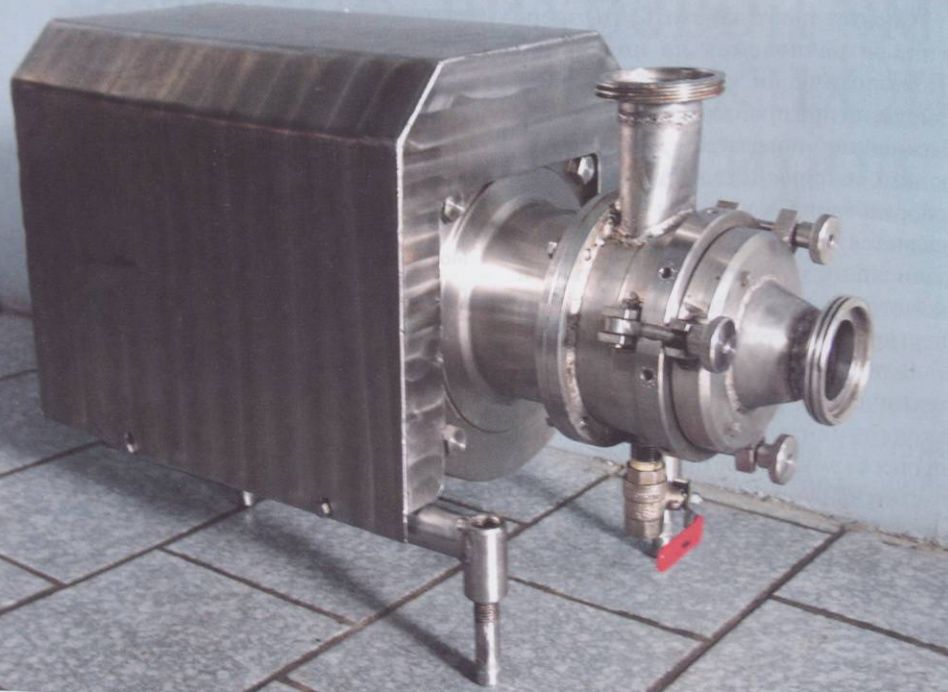
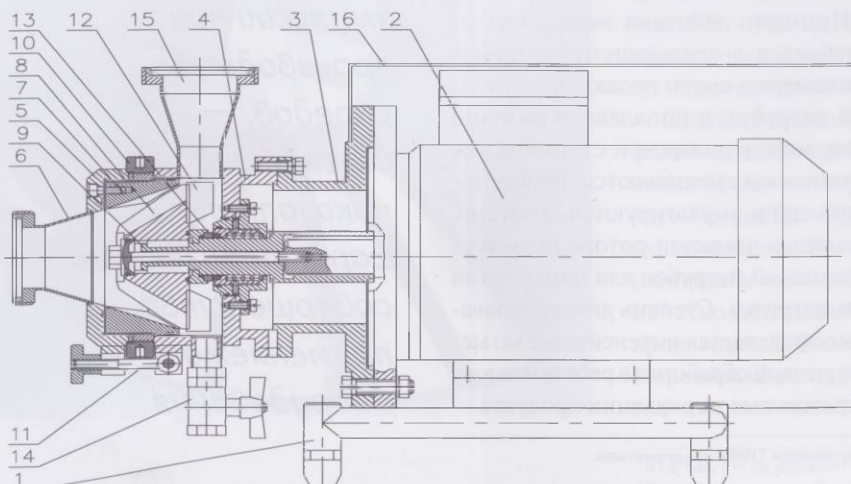


Рисунок 2.
Внешний вид эмульсора

На рисунках 2 и 3 показан внешний и общий вид экспериментально-промышленного роторно-вихревого эмульсора Я5-ОММ

Рисунок 3.
Общий вид эмульсора



Эмульсор состоит из: рамы (1) с приводом (2), на фланце которого с помощью стакана (3) установлен корпус (4) эмульгирующего устройства (рис. 3). Крышка (5) корпуса посредством входного патрубка (6) соединяется с трубопроводом для подвода исходного продукта или его компонентов.

В корпусе эмульгирующего устройства установлен профильный конический статор (7), который образует с вращающимся профильным коническим ротором (8), установленным на промежуточном валу (9) рабочий зазор диспергирования. Величина рабочего зазора может регулироваться от 0,22 до 3 мм с помощью распорной гайки (10) при одновременном

ослаблении откидных болтов (11), фиксирующих положение крышки со статором. Для улучшения отвода продукта тыльная часть ротора выполнена в виде лопастного колеса (12) центробежного насоса. Промежуточный вал герметизирован торцевым уплотнением (13). Эмульсор снабжен сливным краном (14) и выходным патрубком (15) для соединения с трубопроводом циркуляции или выгрузки. Электропривод эмульсора защищен от попадания воды и моющих растворов кожухом (16).

Для сравнительной оценки эффективности работы роторно-вихревого диспергирующего устройства были проведены испытания конструкции на эмульсиях с концентрацией жировой фазы от 3,5% до 72,5%. Результаты представлены в таблице 2.

Исходя из принципов минимизации энергозатрат на получение тонкодисперсных жировых эмульсий, созданная конструкция эмульсора Я5-ОММ обладает высокой производительностью при чрезвычайно низких затратах мощности и поэтому на данный момент является оптимальной для использования в промышленных целях.

Проведены испытания эмульсора в составе линий для производства спредов методом непрерывного сбивания жировой смеси, а также методом преобразования высокожирных сливок. Результаты подтвердили работоспособность и целесообразность принятых конструкторских решений, а также высокую эффективность эмульсора роторного типа.

В ходе проведения испытаний в лабораториях заводов были исследованы образцы эмульсий, отобранные в процессе диспергирования (после каждого цикла⁴ обработки), а также после всех последующих технологических операций. Результаты показали, что во время диспергирования стабильность эмульсии возрастает и достигает оптимального уровня для производства спредов методом непрерывного сбивания жировой смеси после пяти циклов обработки. Для получения технологически стойкой жировой эмульсии при производстве спредов методом преобразования высокожирных сливок достаточно

⁴ Расчет продолжительности цикла производится по формуле $Z = V / X * 60$, где: Z-продолжительность цикла, мин; V-объем эмульсии, м³; X-производительность эмульсора, м³/ч.

одного-двух циклов. При этом показатели стабильности эмульсий (степень дестабилизации и отстаивание жира) изменяются синхронно, коррелируя между собой.

Также установлено, что после смешивания эмульсии растительных жиров с натуральными сливками показатели стабильности смеси значительно возрастают. Исходя из этого нет необходимости достижения степени дисперсности жировых эмульсий, соответствующей показателям натуральных сливок.

Изменение интенсивности механического воздействия в эмульсоре Я5-ОММ осуществляется с помощью регулирования рабочего зазора между ротором и статором, а также путем ограничения расхода продукта на выходе.

Наиболее эффективное диспергирование смеси в эмульсоре Я5-ОММ достигается при максимальной производительности перекачивания и минимальном рабочем зазоре между ротором и статором $\Delta=0,22$ мм. Рабочий зазор $\Delta=0,33$ мм менее эффективен. Дальнейшее увеличение зазора, соответственно, уменьшает интенсивность обработки.

Создание противодействия осуществляется с помощью регулирования сечения выходного крана на 75, 50 и 25%. Проведенные нами исследования показали, что ограничение расхода продукта на выходе замедляет процесс получения технологически стойких эмульсий, независимо от концентрации жировой фазы в смеси.

Таким образом, стремление к повышению эффективности эмульгирования путем ограничения расхода продукта на выходе (создания противодействия) и увеличения рабочего зазора между ротором и статором применительно к эмульсору Я5-ОММ нецелесообразно.

Производительность эмульсора Я5-ОММ при минимальном рабочем зазоре между ротором и статором $\Delta=0,22$ мм без ограничения расхода продукта на выходе составляет: на воде, молоке и смеси с массовой долей жира 3,5–40% ($t=65^\circ\text{C}$) – $18\text{ м}^3/\text{ч}$, на смеси 62,5–72,5% жирности ($t=50^\circ\text{C}$) – $10\text{ м}^3/\text{ч}$. С учетом периодического режима эмульгирования и оптимальной кратности обработки рабочая производительность по продукту составля-

Таблица 2. Сравнительная характеристика различных типов диспергирующих устройств

Тип диспергирующего устройства	Производительность, л/ч	Диаметр частиц после обработки, мкм	Мощность, потребляемая двигателем, кВт	Удельная мощность привода, кВт/м ³
Клапанный, А1-ОГ2М	5000	0,8...2,5	37	7,4
Ультразвуковой	30	1,6	1,4	13,3
Сопловый, ОГВ	1000	1...1,25	4,4	4,4
Вихревой, на базе клапанного А1-ОГ2М	5000	0,77...1,05	19	3,8
Роторно-вихревой, Я5-ОЭА ⁵	300	1...2,5	0,15–0,175	0,5–0,6
Роторно-вихревой, Я5-ОММ ⁶	3500-4000	1...2,5	2,1	0,5–0,6
Роторно-вихревой, Я5-ОММ ⁷	6000-7000	—	2,5	0,4

⁵ Для сравнительной оценки были взяты показатели лабораторного эмульсора Я5-ОЭА, применительно к эмульсиям с концентрацией жировой фазы от 3,5% до 35%.

⁶ Применительно к эмульсиям с концентрацией жировой фазы 35±5%.

⁷ Применительно к эмульсиям с концентрацией жировой фазы 62,5–72,5%

ет: на эмульсии с массовой долей жира 62,5–72,5% – $6-7\text{ м}^3/\text{ч}$, а с массовой долей жира 35±5% – $3,5-4\text{ м}^3/\text{ч}$.

В процессе работы эмульсор Я5-ОММ создает рабочее давление, которое изменяется в зависимости от зазора между ротором и статором, а также реологических свойств обрабатываемого продукта.

Затраты мощности и величина тока практически не изменяются и составляют $2,3\pm 0,2$ кВт и $4,6\pm 0,4$ А соответственно. Незначительное уменьшение энергозатрат наблюдается при перекачивании готовой эмульсии.

На основании проведенных исследований обоснованы оптимальные параметры и режимы эмульгирования жиров как с точки зрения получения технологически стойких эмульсий жирностью от 3,5 до 72,5%, так и с целью минимизации затрат энергии на процесс.

ВТИММ на основании полученных данных разработаны и утверждены рекомендации по приготовлению технологически стойких жировых эмульсий с помощью эмульсора роторного типа для производства спредов как методом сбивания жировой смеси, так и методом преобразования высокожирных сливок, а также внесены изменения и дополнения в технологические инструкции по производству спредов обоими методами, в разделы, касающиеся процессов эмульгирования. □

Для получения технологически стойкой жировой эмульсии при производстве спредов методом преобразования высокожирных сливок достаточно одного-двух циклов. При этом показатели стабильности эмульсий изменяются синхронно