

Исследование процессов эмульгирования растительных жиров в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве

С.С. Гуляев-Зайцев, [REDACTED]
доктор техн. наук, проф., член-корр.
УААН.

С.А. Нарижный, [REDACTED]
магистр, аспирант отдела маслоделия
(ТИММ, Киев)

Исследованы процессы эмульгирования растительных жиров в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве и выяснено влияние таких факторов, как интенсивность и продолжительность обработки. Установлены оптимальные параметры для получения эмульсии жирностью 35%.

Ключевые слова: эмульсия, коалесценция, дестабилизация, гомогенизаторы, диспергирование, эмульгаторы, жировые шарики, технологическая стойкость, спреда.

Маслодельная отрасль промышленности в значительных объемах (в Украине ориентировочно до 80 тыс. т в год) вырабатывает жировые продукты с комбинированной жировой фазой – так называемые спреда (по терминологии ДСТУ «Спреди та суміші жирові»). Частичная замена молочного жира растительным при производстве спредов позволяет регулировать его жирнокислотный состав с целью получения биологически полноценного продукта. Эти продукты отличаются сбалансированным жирнокислотным составом и хорошей усвояемостью.

Одним из важных технологических процессов в производстве спредов является получение технологически стойких эмульсий растительных жиров. Такие эмульсии не должны разрушаться на стадиях, которые предшествуют маслообразованию (сбиванию или преобразованию), то есть они должны быть технологичес-

ки стойкими с учетом применяемого способа производства. Технологическая стойкость для методов сбивания и преобразования разная. Для метода сбивания она должна быть значительно выше из-за особенностей подготовки эмульсии к маслообразованию. Качество таких эмульсий в значительной мере влияет на характер процесса, отхода жира и показатели готового продукта.

Анализ литературы [1–4] показывает, что разные авторы уделяли некоторое внимание приготовлению эмульсий с использованием жиров растительного происхождения на основе молочного сырья (обезжиренное, цельное молоко, пахта, сыворожка). Но эмульсии с немолочным жиром в основном использовали для детских продуктов, сметаны и др. Сведения о процессах получения эмульсий для специфических и разнообразных жировых систем очень ограничены. В маргариновой области продукт вырабатывается из эмульсии обратного типа «вода в жире», а в молочной отрасли готовятся так называемые эмульсии прямого типа «жир в воде».

Существующие способы и режимы получения таких эмульсий практически не имеют научного обоснования и носят исключительно эмпирический характер. Не оптимизированы технологические и энергетические параметры получения эмульсий, не оценено влияние их на стойкость эмульсий.

Для диспергирования жировой фазы используются самые разнообразные эмульгирующие устройства (гомогенизаторы, эмульгаторы роторного типа и нередко центробежные насосы), которые часто не обес-

печивают необходимое качество эмульсий [5–8]. В конечном счете, это приводит к тому, что снижается качество готовых продуктов и увеличивается отход жира в виде потерь. К примеру, использование для диспергирования жировой фазы гомогенизаторов не совсем рационально, так как при этом имеют место высокие затраты энергии, а также высокая степень дисперсности жира. Последнее нецелесообразно, так как при маслообразовании следует разрушать эмульсию, и при высокой степени дисперсности опять же требуются более высокие затраты энергии.

Центробежные насосы в принципе не предназначены для эмульгирования жира, дают далеко не всегда стабильную эмульсию. Поэтому нужна многократная обработка эмульсии в насосе (высокая кратность).

Как показали наши предыдущие исследования, для получения эмульсии необходимой технологической устойчивости лучше использовать роторные устройства. Это, в частности, было показано при исследованиях так называемых эмульгаторов марки Я5-ОЭВ-150 и Я5-ОЭВ-250 на производстве майонезов, творожных изделий, плавленого сыра. Но данных о проведении исследований процесса эмульгирования с использованием роторных устройств фактически нет.

Это не позволяет разработать обоснованные режимы получения жировых эмульсий прямого типа с оптимальными свойствами стабильности и степени дисперсности жировой фазы.

В связи с изложенным выше представляется довольно актуальным исследовать процессы эмульгирования жира и установить опти-

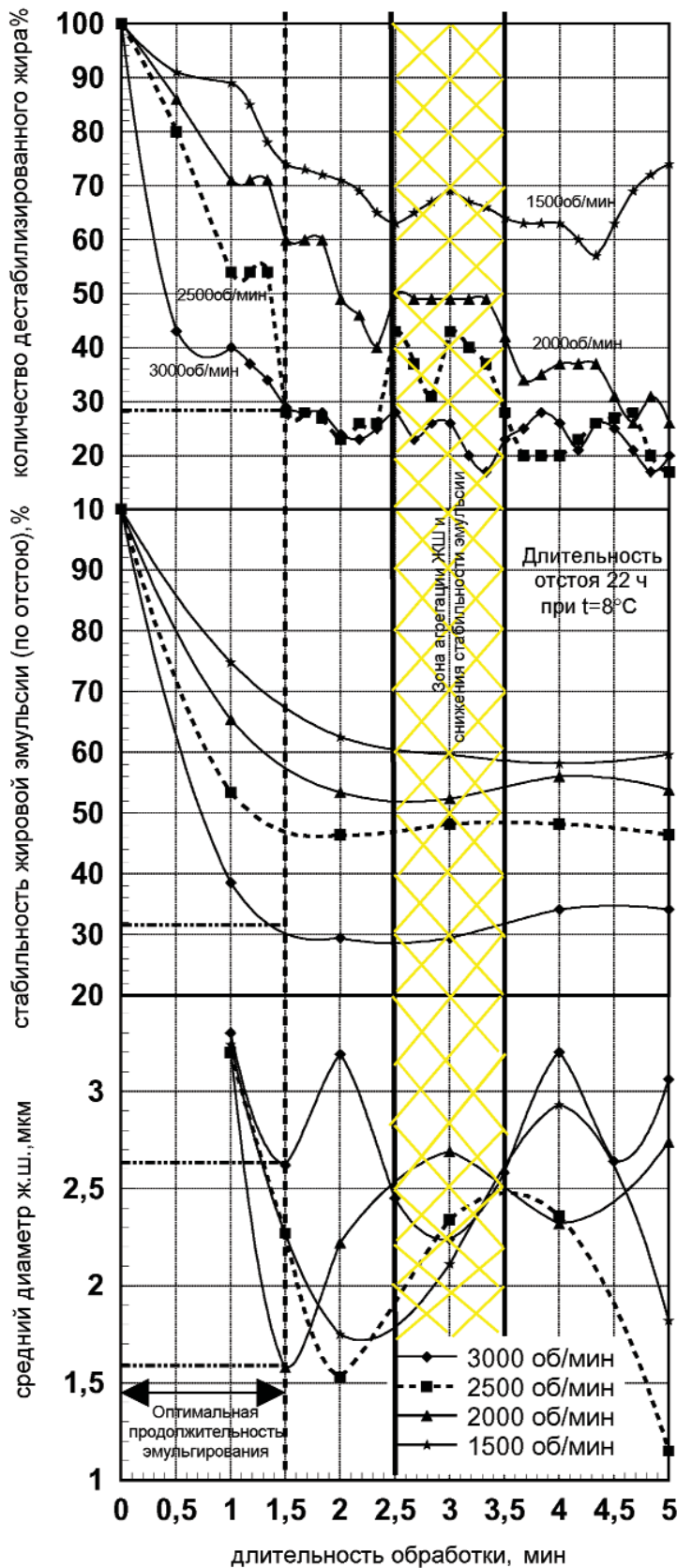


Рис. 1. Изменение степени дисперсности и стабильности жировой эмульсии в процессе обработки в эмульгирующем устройстве

мальные параметры и способы эмульгирования.

Была поставлена задача – исследовать процессы эмульгирования растительных жиров в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве и

выяснить влияние таких факторов, как интенсивность и продолжительность обработки. Оценка эмульсий проводилась по таким параметрам: степень дестабилизации и стойкость, степень дисперсности жировой фазы.

В итоге было целесообразно разработать параметры эмульгирования жиров как с точки зрения получения технологически стойких эмульсий (с учетом специфики процессов их дальнейшей обработки), так и с целью минимизации затрат энергии.

Результаты исследований могут быть использованы для уточнения технологии производства спредов как методом сбивания, так и преобразования.

Нами установлена чрезвычайно интересная и, по-видимому, важная закономерность, которая заключается в следующем. Процесс эмульгирования проходит как бы циклично: на фоне формирования эмульсии (снижения средних размеров жировых шариков, повышения стабильности) попеременно происходят процессы уменьшения размеров жировых шариков (диспергирование жировой фазы) и их увеличения (агрегации – коалесценции). При этом снижение дисперсности жира сопровождается и соответствующим снижением стабильности эмульсии (повышением степени дестабилизации). Частота смены размеров жировых шариков возрастает по мере повышения интенсивности обработки продукта (удельной мощности, затрачиваемой на обработку). Особенно хорошо этот эффект проявляется при интенсивности обработки, соответствующей скорости ротора эмульгирующего устройства в 2000 и 2500 об/мин. В промежутке от 2,0 до 3,6 мин степень дестабилизации возрастает (2500 об/мин) с 24 до 44%. Размеры жировых шариков (ЖШ) в этих циклах могут изменяться с 1,6 до 2,6 мкм (2000 об/мин) и с 1,5 до 2,5 мкм (2500 об/мин). В большей или меньшей мере эти явления просматриваются и при интенсивности обработки, соответствующей скорости 1500 и 3000 об/мин.

На рис. 1 показана динамика изменения состояния жировой эмульсии в процессе обработки в роторно-вихревом устройстве. Она подтверждает, что эмульгирование растительного жира проходит во времени по характерной волнообразной кривой: зоны минимальных диаметров и средних объемов жировых шариков сменяются зонами повышенных диаметров и объемов; при этом эти показатели изменяются в 1,5–3,0 раза.

Таким образом, обработка эмульсии в роторном устройстве со

скоростью 3000 об/мин уже через 1,5 мин дает стойкую тонкодисперсную жировую эмульсию с размерами жировых шариков, соизмеримыми с таковыми для натуральных молочных сливок.

Эффективность эмульгирования, оцениваемая, наряду с другими показателями [9,10], по степени дестабилизации (методу Фавстовой [11] и отстаивания [12]) так же достигает практически максимального уровня (минимальная степень дестабилизации – 28%) через 1,0–1,5 мин эмульгирования при интенсивности обработки 3000 об/мин (удельная мощность 175 Вт). Это хорошо коррелирует с данными по размерам жировых шариков (дисперсностью жировой фазы).

Принципиально такая же эмульсия по большинству параметров получается и при скорости 2500 об/мин. Хотя последняя по показателю отстоя уступает предыдущей.

Повышение интенсивности (удельной мощности) механической обработки (с 1500 до 3000 об/мин) ускоряет процесс формирования эмульсии типа ж/в со сравнительно небольшим уровнем дестабилизации (~ 28%).

Цикличность процесса диспергирования жира весьма наглядно демонстрируют кривые изменения гранулометрического состава эмульсии (рис. 2). Через 2 мин эмульгирования в эмульсии преобладают шарики диаметром 9 мкм и ниже, тогда как через 3 мин основная масса жира (68%) присутствует в ЖШ размером 13–19 мкм. В дальнейшем, через 5 мин эмульгирования, дисперсность вновь повышается – в ЖШ размером 11 мкм содержится всего лишь 9% жира. Эти данные хорошо коррелируют с описанными выше.

Разработанная нами экспериментальная установка позволила рассчитать как мощность, затрачиваемую на эмульгирование, так и энергию. На рис 3 и 4 приведены эти данные. Как видно, затраты энергии, обеспечивающие достаточную устойчивую эмульсию (степень дестабилизации менее 30%), находятся на уровне 3,0–4,2 кДж/кг. Превышение этого уровня затрачиваемой энергии нецелесообразно, так как практически не увеличивает стойкость эмульсии. Оптимальная мощность обработки – 150–175 Вт, она достигается при интенсивности обработки, соответствующей скорости ротора эмульгирующего устройства в 2500–3000

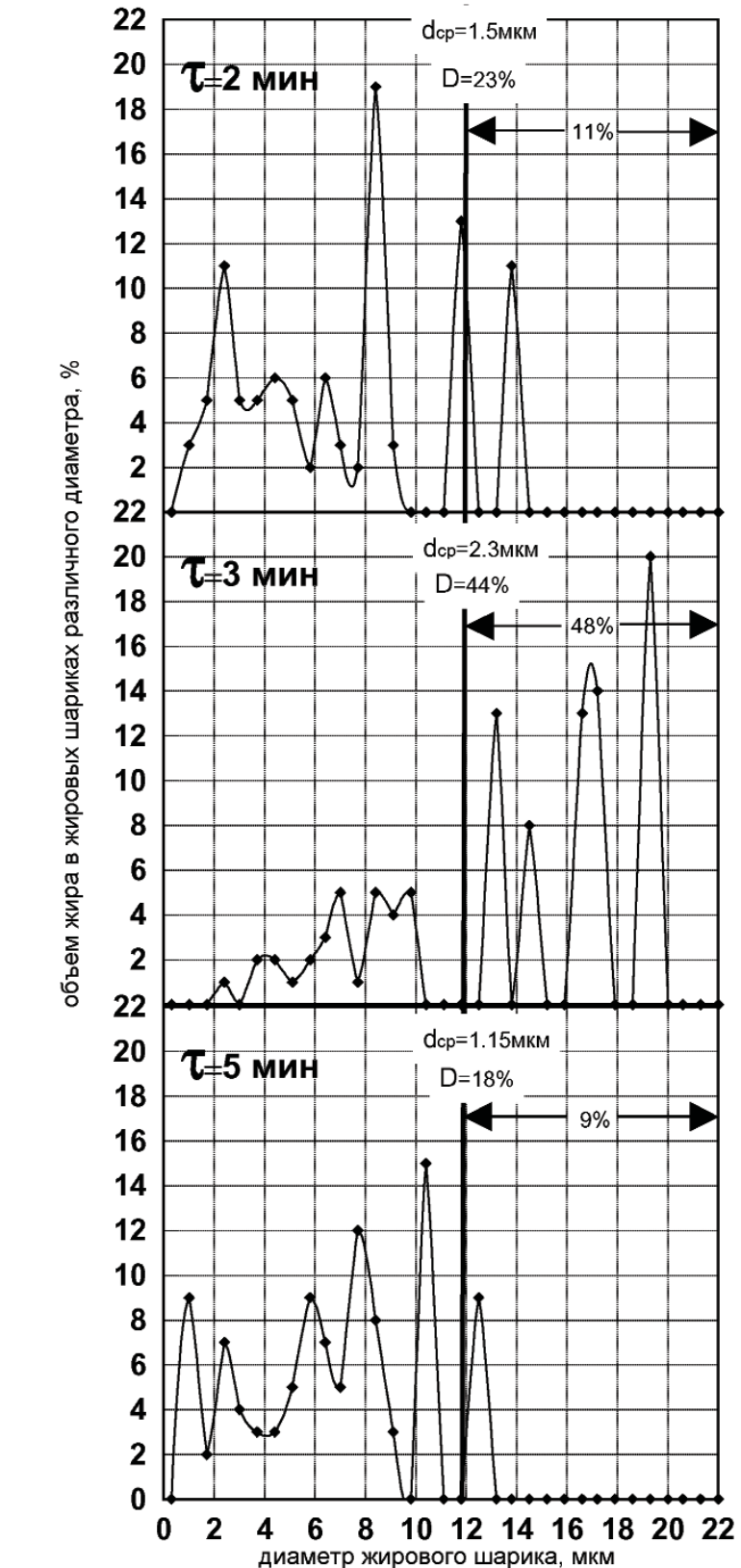


Рис. 2. Изменение гранулометрического состава жировой эмульсии в процессе обработки в эмульгирующем устройстве (n=2500 об/мин.)

об/мин. Обработка эмульсии в роторном устройстве с указанной выше мощностью позволяет уже через 1,5 мин получать технологически стойкую жировую эмульсию. Характеристики и показатели процесса эмульгирования приведены в табл. 1 и 2.

Далее были исследованы затраты мощности в процессе эмульгирования жира в роторном устройстве, результаты представлены на рис 5.

Естественно, что по мере повышения скорости ротора возрастают и затраты мощности – с 50 Вт при скорос-

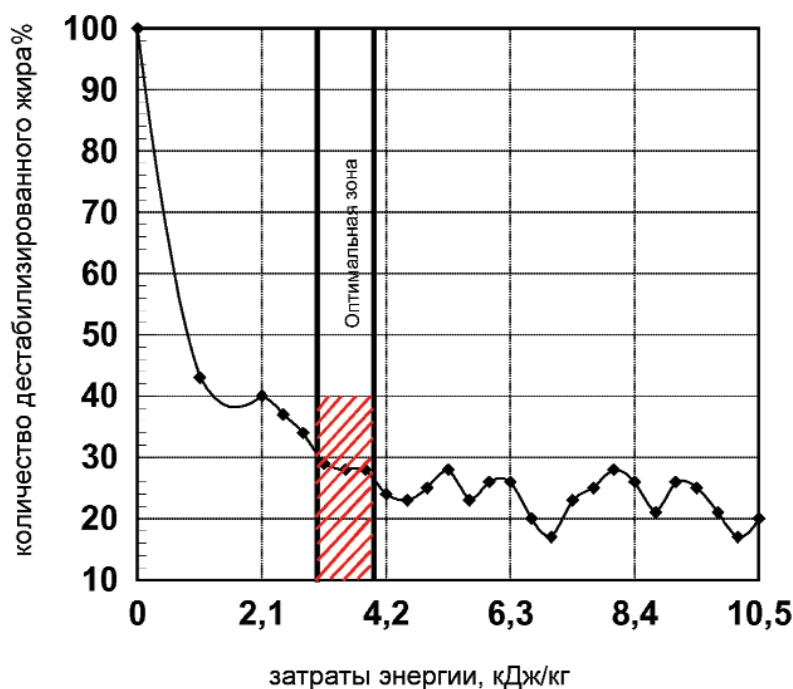


Рис. 3. Изменение стабильности жировой эмульсии в процессе обработки в эмульгирующем устройстве ($n=3000$ об/мин, $N=175$ Вт) в зависимости от затрат энергии

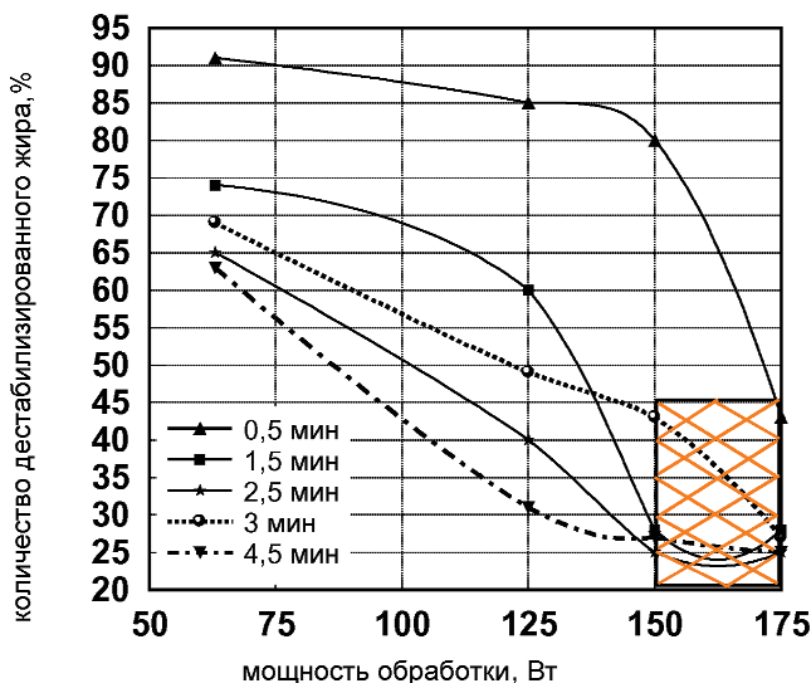


Рис. 4. Изменение стабильности жировой эмульсии в процессе эмульгирования в эмульгирующем устройстве

ти 1500 об/мин до 150-200 Вт при скорости 3000 об/мин. На кривых можно видеть зону повышенных затрат мощ-

ности (от 0,5 до 2,0 мин), которая в принципе совпадает с зоной активного эмульгирования. После процесса

формирования эмульсии со сравнительно постоянными характеристиками затраты мощности на обработку ее в роторном устройстве становятся приблизительно постоянными. Таким образом, процесс эмульгирования жира и доведение системы до постоянных характеристик является более энергозатратным. В зоне активного эмульгирования ($n = 3000$ об/мин) затраты мощности (до 200 Вт) примерно на 30% выше по сравнению с таковыми для уже сформированной эмульсии (140–150 Вт).

На первой стадии формирования эмульсии в зоне активного эмульгирования затраты энергии примерно на 30% выше, чем при обработке практически стабильной эмульсии.

Таким образом, анализируя полученные нами результаты исследований, можно сделать следующие выводы:

- процесс эмульгирования заменителя молочного жира (ЗМЖ) в молочной плазме с получением эмульсии 35% жирности носит циклический характер. После получения дисперсии со средним размером жировых шариков меньше 4 мкм попеременно происходят процессы диспергирования и агрегации жировых шариков, сопровождающиеся соответственно повышением и снижением стабильности эмульсии;
- наиболее эффективное эмульгирование проходит при скорости вращения ротора диспергирующего устройства 3000 об/мин. При этом уже через 1,5 мин. формируется тонкодисперсная (средний размер ЖШ 1,6 мкм) и достаточно устойчивая (степень дестабилизации около 30%) эмульсия. Близкие к описанным характеристики эмульсии получены и при интенсивности обработки соответствующей скорости ротора 2500 об/мин;
- затраты энергии для получения эмульсии, соответствующей технологическим требованиям, составляют 3,0–4,0 кДж/кг;
- по мере повышения интенсивности обработки эмульсии в роторном устройстве (числа оборотов ротора) существенно возрастает и за-

Таблица 1.

Степень дестабилизации эмульсии при различной интенсивности обработки в эмульгирующем устройстве

№ П/П	Интенсивность механической обработки, Вт(об/мин)	Степень дестабилизации эмульсии, % через, мин				
		0,5	1,5	2,5	3,0	4,5
1.	63 (1500)	91	74	65	69	63
2.	125(2000)	85	60	40	49	31
3.	150(2500)	80	28	25	43	27
4.	175(3000)	43	28	25	27	25

Таблица 2.

Характеристики и показатели процесса эмульгирования (жирность эмульсии 35%)

№ П/П	Наименование показателей	Величина показателей при интенсивности механической обработки, об/мин			
		3000	2500	2000	1500
1	Мощность обработки, Вт	175	150	125	63
2	Удельная полезная мощность, Вт/кг	0,88	0,75	2,08	–
3	Длительность эмульгирования, с	90	90	300	–
4	Необходимое количество циклов для эмульгирования	8	8	27	–
5	Производительность эмульгирования, кг/ч	200	200	60	–
6	Затраты работы (энергии) на эмульгирование, кДж/кг	3,15	2,7	7,5	–

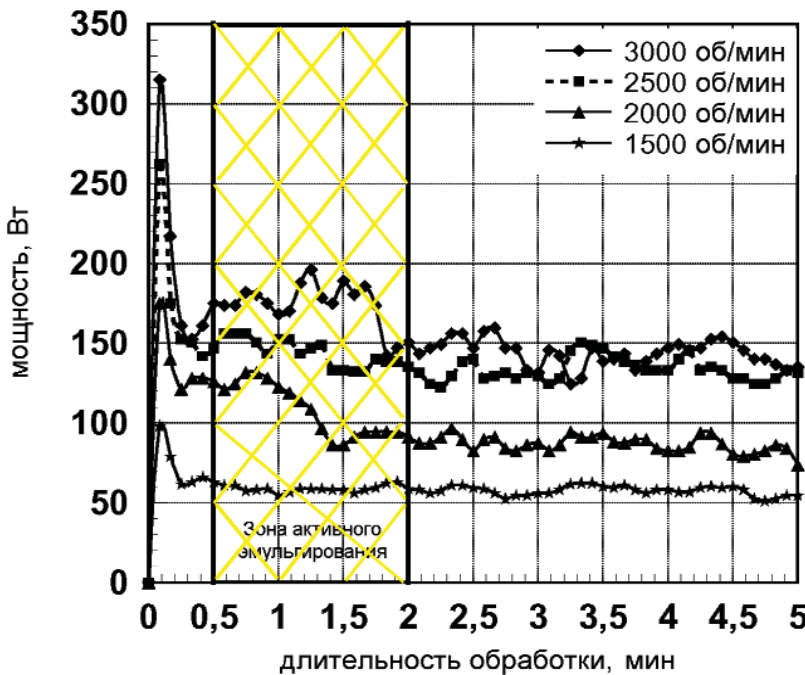


Рис. 5. Изменение мощности обработки в процессе эмульгирования при температуре 65°C

трачиваемая мощность. Так, при скорости 1500 об/мин она составляет около 60 Вт, а при 3000 об/мин достигает 150–200 Вт.

Таким образом, можно утверждать, что оптимальные параметры для получения эмульсии жирностью 35% (с дисперсностью, близкой к натуральным сливкам) в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве следующие: мощность обработки 150–175 Вт при скорости ротора эмульгирующего устройства в 2500–3000 об/мин; длительность обработки 1,5 мин; затраты энергии 3–4 кДж/кг.

Литература

- Бахмач В.О., Подаревська О.В., Тимохін В.В. Фізико-хімічні властивості деяких харчових модельних емульсій // Харчова промисловість. – 2003. – № 2. – С. 38-39.
- Вайткус В., Зиберкайте Р. Адсорбции казеина и сывороточ-

ных белков на поверхности жира при эмульгировании в оброте и сыворотке // Диспергирование жиров в производстве пищевых продуктов: Тезисы докладов симпозиума. – Каунас, 1978. – С. 89-91.

- Вайткус В., Кривенцева Л., Коробкина Г. Диспергирование жировой эмульсии ацидофильной смеси для детского питания // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1980, – Т. XIV, с. 11-19.
- Вышемирский Ф.А. Масло из коровьего молока и комбинированное. – С-Пб.: ГИОРД, 2004. – 720 с.
- Грановский В.Я. Сравнительная оценка диспергирующих устройств // Молочная промышленность. – 1999. – № 11. – С. 37-38.

- Жидонис В., Матиешка С. Определение взаимосвязи геометрических параметров роторного диспергатора, потребляемой мощности и стабильности вырабатываемой эмульсии // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс. – 1990, Т. XXIII, с. 44-48.
- Луконіна К. Протитечійно-струменева гомогенізація молока // Харчова і переробна промисловість. – 1998. – № 8. – С. 34.
- Смотрин А.А. Изучение стабилизирующих свойств некоторых пищевых эмульгаторов и установление закономерностей процесса эмульгирования с применением гидродинамического вибратора: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.04 / Московский институт народного хозяйства им. Г.В. Плеханова. – М., 1963. – 16 с.
- Руководство по методам исследования, технохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности. – Л., 1964, т. 3, с. 381-382;
- Липатов Н.Н. Сепарирование в молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – С. 59-86.
- Брио Н.П., Конокотина Н.П., Титов А.И. Технохимический контроль в молочной промышленности. М.: Пищепромиздат, 1962. – С. 197-198;
- Бронюкайтене Н., Лазаускас В., Швядене Р. Метод определения устойчивости жировой суспензо-эмульсии с модифицированной жировой фазой // Проблемы и пути рационального использования сырья в маслodelии и сыроделии Тез. докл. VII научно-техн. конф. – Каунас, 1986. – С. 40-41.