

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ АГРАРНЫХ НАУК УКРАИНЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ МОЛОКА И МЯСА

На правах рукописи

НАРИЖНЫЙ
СЕРГЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ

УДК 664.3.033.1

РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ
СТОЙКИХ ЭМУЛЬСИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СПРЕДОВ

05.18.04 – технология мясных, молочных продуктов и продуктов из гидробионтов

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание научной степени кандидата технических наук

Научный руководитель – Гуляев-Зайцев
Сергей Сергеевич, доктор технических
наук, профессор, член - корреспондент
Национальной академии аграрных наук
Украины

КИЕВ - 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
РАЗДЕЛ 1 ЭМУЛЬГИРОВАНИЕ ЖИРОВ: ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	13
1.1. Общие представления об эмульсиях	13
1.2. Основные принципы, способы и методы получения эмульсий	15
1.3. Факторы устойчивости эмульсий	16
1.4. Виды диспергирующих устройств	19
1.5. Режимы эмульгирования	22
1.6. ПАВ и их роль в эмульгировании	25
1.7. Влияние температурного фактора и вакуумирования на устойчивость эмульсий	30
1.8. Влияние массовой доли жировой фазы и вида жира на стабильность и дисперсность эмульсий	33
1.9. Окисление жиров в ходе технологической переработки	35
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 1	37
РАЗДЕЛ 2 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	39
2.1. Организация работы	39
2.2. Методика постановки и проведения исследований	42
2.3. Экспериментальная установка	49
2.4. Методы исследований	50
2.5. Математическая и статистическая обработка результатов	55
РАЗДЕЛ 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	61
3.1. Исследование факторов влияющих на дисперсность и стабильность жировых эмульсий	61
3.1.1. Интенсивность механического воздействия и длительность эмульгирования	61
3.1.2. Массовая доля поверхностно-активных веществ	69
3.1.3. Температура эмульгирования и вакуумирование	76

3.1.4. Вид жира	79
3.1.5. Содержание жировой фазы	82
3.2. Изменение показателей окисления жиров в ходе эмульгирования	85
3.3. Влияние технологических факторов на затраты энергии при эмульгировании	90
3.4. Обработка основных результатов исследования влияния технологических и энергетических параметров на дисперсность и стабильность эмульсий	99
РАЗДЕЛ 4 РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	104
4.1. Производство спредов методом непрерывного сбивания	107
4.2. Производство спредов методом преобразования ВЖС	117
4.3. Практическое использование результатов работы	128
ВЫВОДЫ	130
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	133
ПРИЛОЖЕНИЯ	
Приложение А – Участок получения жировых эмульсий	151
Приложение Б – Схемы технологических процессов производства спредов с применением эмульсора Я5-ОММ	152
Приложение В – Схема экспериментальной установки	158
Приложение Д – Общий вид лабораторного эмульсора Я5-ОЕА	159
Приложение Е – Результаты статистической и математической обработки данных	160
Приложение Ж – Микрофотографии жировых эмульсий	169
Приложение К – Исходные требования на разработку эмульсора роторного типа	181
Приложение Л – Вид опытно-промышленного эмульсора Я5-ОММ	187
Приложение М – Паспорт на эмульсор Я5-ОММ-02.00.000	189
Приложение Н – Акты промышленных испытаний эмульсора Я5-ОММ	191
Приложение П – Протоколы дегустации образцов продукции, полученных в промышленных условиях при проведении выработок с использованием эмульсора Я5-ОММ	198

Приложение Р –	Рекомендации по получению технологически стойких жировых эмульсий, с помощью эмульсора роторного типа Я5-ОММ, для производства спредов	201
Приложение С –	Выдержка из технологической инструкции по производству спредов методом сбивания жировой смеси с внесенными изменениями	210
Приложение Т –	Изменения к технологической инструкции по производству спредов методом преобразования жировой смеси	213
Приложение У –	Список рассылки технологических инструкций по производству спредов на молокоперерабатывающие предприятия	214

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- ВЖС – высокожирная смесь;
- ЖШ – жировые шарики;
- ЗМЖ – заменители молочного жира;
- МГД – моноглицериды дистиллированные;
- ПАВ – поверхностно-активные вещества;
- СОМ – сухое обезжиренное молоко;
- ГЛБ – гидрофильно-липофильный баланс;
- ж/в – эмульсия типа жир в воде;
- в/ж – эмульсия типа вода в жире.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы, в маслодельной отрасли молочной промышленности, наряду с производством натурального сливочного масла, широко внедряется технология спредов (по терминологии ДСТУ 4445:2005 “Спреди та суміші жирів”) – пищевых жировых продуктов, состоящих из молочного и растительных жиров. Для их производства широко используют разнообразные по составу и свойствам растительные жиры, их композиции и так называемые заменители молочного жира (ЗМЖ). Именно благодаря большим объемам производства спредов (в Украине свыше¹ 60 тыс. т в год), потребление которых значительно возросло, маслодельная отрасль промышленности стала потреблять существенные объемы растительных жиров.

Частичная замена молочного жира растительным при производстве спредов позволяет целенаправленно регулировать его жирнокислотный состав и таким образом повышать биологическую эффективность продуктов. Эти продукты, обладая высокой пищевой ценностью, отличаются более сбалансированным жирнокислотным составом и хорошей усвояемостью.

Потребность в современных технологии и оборудовании для изготовления спредов, новых видов легких маргаринов и других продуктов с комбинированной жировой основой возрастает с каждым годом, особенно учитывая разнообразие растительных жиров и их композиций, которые появляются в промышленности.

Как известно, в основе промышленного производства сливочного масла и спредов лежат процессы преобразования фаз "жир-плазма", и основополагающим фактором, обеспечивающим получение качественного продукта, является стойкость жировых эмульсий. Поэтому, при изготовлении продуктов с комбинированной жировой фазой одной из важнейших технологических операций является эмульгирование жира — получение

¹ 60,7 тыс. т за 2010г – по данным Государственного комитета статистики Украины.

технологически стойких² дисперсных систем. Полученные эмульсии растительных жиров не должны разрушаться на стадиях, которые предшествуют маслообразованию (сбиванию или преобразованию), т.е. они должны быть устойчивыми с учетом применяемого способа производства. Технологическая стойкость эмульсий для методов сбивания и преобразования разная. Для метода сбивания она должна быть значительно выше из-за особенностей подготовки эмульсий к маслообразованию. Устойчивость таких эмульсий в значительной степени влияет на характер последующих технологических процессов и в конечном итоге на качество готовых продуктов.

Актуальность темы. В настоящее время технологическая операция эмульгирования растительных жиров изучена не в полной мере, недостаточно обоснованы режимы получения стойких жировых эмульсий прямого типа (с учетом специфики процессов их дальнейшей обработки). Существующие режимы получения таких эмульсий носят скорее эмпирический характер. Не оптимизированы технологические и энергетические параметры получения эмульсий, не оценено влияние их на стойкость жировых дисперсий. При этом следует также учитывать, что в маслодельной отрасли (в отличие от маргариновой) технология спредов предусматривает получение эмульсий прямого типа “жир в воде”.

При производстве спредов для диспергирования жировой фазы применяют самые разнообразные эмульгирующие устройства: гомогенизаторы, эмульсоры роторного типа, центробежные насосы. Последние широко распространены, однако часто не обеспечивают необходимую дисперсность эмульсий, что негативно влияет на качество готовых продуктов и повышает отход жира в виде потерь.

Одним из перспективных направлений разработки оборудования для эмульгирования жиров является использование роторных устройств, однако

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

вопрос получения эмульсий, необходимой технологической устойчивости с их применением, практически не изучен.

Фактически нет данных о проведении исследований проблемы диспергирования с помощью роторно-вихревых эмульгирующих устройств. Не исследовано влияние ряда факторов (продолжительности и интенсивности механического воздействия, температуры диспергирования, состава и свойств жировой системы) на эмульгирование жиров в устройствах роторного типа. Не установлена роль безусловно важных факторов, определяющих ход диспергирования жира и стабильность эмульсии прямого типа, которыми являются: массовая доля поверхностно-активных веществ (ПАВ) и жировой фазы в эмульсии. Сведения о влиянии вакуумирования на эмульгирование также очень ограничены и противоречивы.

Недостаточное количество знаний в этой области не позволяет разработать научно-обоснованные режимы получения жировых эмульсий прямого типа с оптимальными свойствами стабильности и дисперсности жировой фазы.

Постановка этой проблемы дает возможность получить ответы по указанным направлениям. Кроме того, расширяется практика использования растительных жиров для производства молочносодержащих продуктов и, следовательно, становится актуальным вопрос эмульгирования при производстве мороженого, десертов, сгущенных, сырных, сметанных и других продуктов. Поэтому полученные результаты найдут широкую сферу применения.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Настоящая работа выполнена согласно научно-технической программы Национальной академии аграрных наук Украины (НААНУ) 2006...2010 гг, в рамках научно исследовательской работы на тему: "Исследовать процессы эмульгирования растительных и молочного жиров, разработать способы и параметры получения технологически стойких жировых эмульсий" (государственный регистрационный номер 0108U0005561), где соискатель был ответственным исполнителем.

Диссертационная работа выполнена в ТИММ НААНУ. Исследование эмульгирования жиров, а также определение показателей устойчивости эмульсий проводили в отделе маслоделия, оценку степени дисперсности жировой фазы эмульсий – в отделе биотехнологии ТИММ.

Целью диссертационной работы является усовершенствование технологии спредов путем разработки научно обоснованных режимов эмульгирования жиров.

В соответствии со сформулированной целью были определены следующие основные *задания*:

- провести информационно-патентный поиск по вопросам технологии и оборудования для получения жировых эмульсий;
- изготовить опытный образец лабораторной установки на базе эмульсора роторного типа;
- исследовать эмульгирование молочного и растительных жиров в устройстве роторного типа, установить закономерности формирования эмульсий прямого типа и изучить их стойкость;
- выяснить влияние основных технологических и энергетических параметров (продолжительности диспергирования и интенсивности механического воздействия, массовой доли ПАВ и жировой фазы в эмульсии, состава и свойств жировой системы, температуры и вакуумирования) на дисперсность и стабильность эмульсий;
- определить влияние исследуемых факторов на энергетические затраты при получении стойких жировых эмульсий с помощью устройства роторного типа;
- установить изменения показателей окисления жиров при термомеханической обработке в ходе эмульгирования;
- разработать научно обоснованные режимы термомеханической обработки жировых систем с целью получения технологически стойких эмульсий прямого типа;

Объект исследований – технология жировых эмульсий.

Предмет исследований – эмульсии молочного и растительных жиров с массовой долей жировой фазы 3,5...72,5 %.

Методы исследований. Работа выполнена на специально смонтированной экспериментальной установке. При выполнении экспериментальной части работы по изучению эмульгирования жиров, были использованы физико-химические методы исследований структурно-механических показателей эмульсий, их устойчивости и степени дисперсности. Для определения физико-химических и органолептических показателей сырьевых компонентов, готовой и вторичной продукции использованы стандартные, общеизвестные и модифицированные методы исследований.

Научная новизна полученных результатов. Впервые получены данные о кинетике эмульгирования жиров животного и растительного происхождения в плазме молока с помощью эмульсора роторного типа. Установлено влияние на эмульгирование технологических параметров: продолжительности диспергирования и интенсивности механического воздействия, массовой доли ПАВ и жировой фазы, состава и свойств жировой системы, температуры и вакуумирования. Выяснено влияние данных факторов на энергозатраты в ходе эмульгирования и установлены их значения, обеспечивающие получение стойких дисперсий жира в роторно-вихревом эмульсоре. Определены показатели технологической стойкости эмульсий для обоих методов производства спредов.

Впервые научно обоснованы оптимальные параметры получения технологически стойких эмульсий в роторно-вихревом устройстве: массовая доля ПАВ – 0,6 %; температура эмульгирования 50...70 °С, мощность обработки 155...220 Вт, скорость ротора эмульгирующего устройства 3000 об/мин (18,8 м/с); длительность обработки 60...75 с; затраты энергии 1,9...3,3 кДж/кг.

Практическое значение полученных результатов. Результаты исследований положены в основу рекомендаций по получению технологически

стойких жировых эмульсий с помощью устройства роторного типа для производства спредов как методом сбивания жировой смеси, так и преобразования ВЖС, а также дополнений в технологические инструкции по производству спредов обоими методами. Дополненные технологические инструкции разосланы и используются на 15 молокоперерабатывающих предприятиях.

Данные, полученные в ходе исследований, использованы при составлении исходных требований на разработку роторно-вихревого эмульсора Я5-ОММ для подготовки технологически стойких жировых дисперсий. Проведены выработки продуктов с комбинированной жировой фазой в промышленных условиях и установлены технологические параметры и энергозатраты для получения устойчивых жировых эмульсий с помощью устройства роторного типа.

Эмульгирование растительных жиров используется также при производстве мороженого, десертов, сгущенных, сырных, сметанных и других продуктов, поэтому полученные результаты найдут широкую сферу применения.

Личный вклад диссертанта состоит в подборе и анализе литературных источников по теме диссертационной работы, организации и выполнении экспериментальных исследований совместно со специалистами отдела маслоделия и биотехнологии ТИММ, обработке и анализе полученных экспериментальных данных. С участием автора разработаны рекомендации по получению технологически стойких жировых эмульсий, внесены дополнения в технологические инструкции по обоим методам производства спредов, а также по материалам работы подготовлены к публикации статьи.

Определение цели и постановка задач работы, разработка программы и методики исследований, планирование экспериментов, анализ и обобщение полученных результатов, формулировка выводов проведены совместно с научным руководителем д.т.н. С.С. Гуляевым-Зайцевым.

Проверка технологических разработок в промышленных условиях выполнена диссертантом при участии специалистов молокоперерабатывающих предприятий Украины.

Личный вклад диссертанта подтверждается поданными документами и научными трудами.

Апробация результатов исследований. Основные положения диссертационной работы были представлены на:

- V Международной научно-практической конференции “Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка”, ДонНУЭТ (Донецк 2007 г);
- VII Международной конференции “Масложировая индустрия-2007”, ВНИИЖ (Санкт-Петербург 2007 г);
- Международной научно-технической конференции “Інноваційні технології, проблеми якості і безпеки сировини та готової продукції у м'ясній та молочної промисловості”, НУХТ (Киев 2007 г);
- II Международном научно-практическом семинаре “Маргарины, майонезы, спреды, пищевые добавки”, Экспоцентр (Москва 2008 г), организаторы: ВНИИЖ, КубГТУ, УКНИИ масел и жиров;
- XII Научной конференции Тернопольского государственного технического университета, ТГТУ (Тернополь 2008 г);
- Научно-практической конференции молодых ученых и специалистов "Досягнення молодих вчених у вирішенні актуальних проблем м'ясної та молочної галузей", ТИММ (Киев 2009 г);
- Ученых советах ТИММ по результатам работы ежегодно в 2006...2008 гг.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 17 научных трудов, среди которых 11 статей (восемь из них в специализированных научных изданиях, перечень которых утвержден ВАК Украины) и тезисы в сборниках докладов шести конференций.

РАЗДЕЛ 1

ЭМУЛЬГИРОВАНИЕ ЖИРОВ: ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

подавляющее большинство вырабатываемых молочной и мясной промышленностью продуктов, а также сырья и полуфабрикатов, относится к дисперсным системам – микрогетерогенным системам с сильно развитой внутренней поверхностью раздела между фазами [1]. Дисперсные системы вследствие сильно развитой межфазной поверхности раздела обладают рядом особых характерных свойств: избытком свободной энергии, повышенной химической активностью, адсорбционной способностью и являются термодинамически неустойчивыми [2]. Жировую дисперсию молока принято называть эмульсией молочного жира, поскольку жировая фаза в момент выделения молока из желез находится в жидком состоянии [3, 4].

1.1. Общие представления об эмульсиях

Эмульсии – это однородные по внешнему виду системы, состоящие из двух практически взаимно нерастворимых жидких фаз, одна из которых составляет внутреннюю (дисперсную) фазу, а другая – внешнюю (дисперсионную) среду [5, 6]. Дисперсионной средой обычно является та жидкость, в которой растворимы ПАВ, стабилизирующие эмульсию [7]. Размер капелек дисперсной фазы определяет степень дисперсности эмульсий - чем меньше размеры отдельных капелек, тем она выше [8].

Эмульсии делят на два типа: прямые – “масло в воде” (м/в) и обратные - “вода в масле” (в/м). Они могут получаться почти в любых концентрациях дисперсной фазы: от сколь угодно малых, в которых капельки вполне свободно седиментируют или диффундируют в зависимости от размеров, и до весьма высоких объемных концентраций, когда дисперсионная среда остается в виде тончайших пленок между капельками [5].

В зависимости от массовой доли дисперсной фазы эмульсии делят на разбавленные, концентрированные и высококонцентрированные. Простые разбавленные эмульсии представляют интерес для общей теории дисперсных систем, тогда как сложные эмульсии являются более важными с технологической точки зрения [5].

Пищевые эмульсии – это многокомпонентные системы, состоящие из масла и воды, белков и углеводов [9...12]. Так, молоко по своей структуре представляет собой

сложнейшую микрогетерогенную многофазную систему, содержащую множество взаимозависимых структурных образований. К таким структурам относят: грубую дисперсию молочного жира, коллоидную систему казеиновых частиц, дисперсию липопротеиновых частиц, молекулярные и ионизированные растворы сывороточных белков, низкомолекулярные азотистые соединения, лактозу, соли и др [4].

Основная масса липидов находится в виде молочного жира, образующего дисперсную фазу, которая в теплом молоке находится в виде жидких капель, а в охлажденном – в виде частично отвердевших частиц сферической формы; обычно их называют жировыми шариками (ЖШ).

Молочный жир в молоке представлен колоссальным количеством отдельных, независимых один от другого ЖШ. Общее число ЖШ составляет 2...6 млрд. в 1 см³ молока. Оно относительно постоянно в отличие от их размеров, которые зависят от ряда факторов: кормления, породы коров, периода лактации и др.

Размеры основной массы ЖШ находятся в пределах 0,5...20 мкм, при этом преобладают шарики с диаметром 2...5 мкм [13, 14]. Распределение ЖШ указанных размеров подчиняется нормальному закону распределения Гауса. Благодаря применению новых методов в молоке обнаружено также большое количество очень мелких ЖШ ($d < 0,1$ мкм). Суммарное распределение ЖШ (с учетом этой группы) складывается [15] из трех субраспределений: мелкие – составляют лишь несколько процентов от общей массы жира, но 80 % от общего числа; средние – 94 % от общей массы жира; крупные – 2...3 % [16].

ЖШ обладают большой удельной поверхностью – от 100 до 50000 см² в 1 см³ молока, а в 1 дм³ 30 % -ных сливок межфазная поверхность составляет примерно, 400...600 м². Таким образом, дисперсное состояние жира определяет общую поверхность жировой фазы, которая и обуславливает действие поверхностных сил [4].

Сливки состоят из тех же компонентов, что и молоко, но с другим соотношением между жировой фазой и плазмой. Средний размер ЖШ в сливках крупнее, нежели в молоке, расстояние между ними, соответственно, меньше. Это результат того, что мелкие ЖШ (менее 1 мкм) в процессе сепарирования остаются в обезжиренном молоке. Размер ЖШ в сливках оказывает существенное влияние на процесс маслообразования и степень использования жира [17].

1.2. Основные принципы, способы и методы получения эмульсий

Эмульгирование – это диспергирование одной жидкости в другой в виде капелек, более или менее устойчивых по отношению к коалесценции [5]. Механизм эмульгирования чрезвычайно сложен. При распределении дисперсной фазы в виде множества мелких капелек в дисперсионной среде поверхность диспергированной жидкости значительно увеличивается, чему противодействует энергия, направленная параллельно поверхности (поверхностное натяжение) [9].

Ребиндер П. А. [2] развил следующее представление о механизме эмульгирования. При кинетическом рассмотрении процесс образования эмульсий механическим диспергированием идет следующим образом. Первой стадией является вытягивание капле диспергируемой жидкости в потоке дисперсионной среды. Такое растягивание капли в жидкую нить (цилиндрик) сопровождается увеличением поверхности и происходит с затратой работы против молекулярных сил поверхностного натяжения. Из общей теории капиллярности известно [2], что такая капля, когда ее длина превосходит диаметр в π раз, становится настолько неустойчивой формой, что самопроизвольно распадается на ряд мелких сферических капелек. Эта (вторая) стадия сопровождается уменьшением поверхности полученных мелких капелек в сравнении с исходной – большой, являясь самопроизвольным процессом. Затем наступает следующая, третья стадия: образовавшиеся капельки, с одной стороны, коалесцируют при столкновениях, с другой стороны – вновь растягиваются и распадаются на более мелкие.

Таким образом, получение эмульсий есть результат двух конкурирующих процессов: диспергирования и коалесценции, так как ПАВ не успевают полностью адсорбироваться на поверхности капелек, и они еще не имеют достаточной устойчивости [6, 18].

Выводы Ребиндера П. А., также подтверждают работы Кремнева Л. Я. с сотрудниками о том, что в основе повышения дисперсности лежит самопроизвольный распад капель, вытянутых до неустойчивых размеров.

Кроме выводов Ребиндера П. А. и Виттинга Г. также известны теории и гипотезы диспергирования Суркова В.Д., Барановского Н.В., Зоммера Г., кавитационного диспергирования, диспергирования вибрациями и сдуванием микрочастиц.

Безусловно, требуется проявить немалую изобретательность, чтобы получить метастабильную тонкодисперсную эмульсию. Диспергирование одной жидкости в другой может быть осуществлено двумя способами – приложением механической энергии и с помощью физико-химической энергии специального вещества – эмульгатора (самоэмульгирование) [19].

Капли требуемых размеров могут быть получены различными способами. Один из них заключается в дроблении больших капель, другой – в выращивании капель из малых центров каплеобразования (конденсационный метод). Приготовить эмульсию с заданной массовой долей жировой фазы можно диспергируя смесь, необходимой жирности, или получить более концентрированную эмульсию с последующей ее нормализацией [20].

Для получения устойчивых эмульсий существуют методы смешивания, гомогенизации, прерывистого встряхивания, звуковые, ультразвуковые, электрические, впрыск и инъекция одной жидкости в поток другой, применения коллоидной мельницы и т.д. [21...25]. В промышленных целях преимущественно используются дисперсионные методы эмульгирования в эмульсорах различных конструкций [26].

Следует также отметить, что в научно-патентной литературе довольно часто встречаются материалы об использовании растительных жиров и процессе их эмульгирования в технологии молокопродуктов [27...30].

1.3. Факторы устойчивости эмульсий

Проблема устойчивости эмульсий является одной из основных в физикохимии дисперсных систем. Она связана с выяснением условий, необходимых для длительного сохранения равномерного распределения тонкодиспергированной фазы в дисперсионной среде. Устойчивости коллоидных систем, в частности эмульсий и суспензий, посвящено множество работ [21, 31, 32]. Наиболее существенные из них выполнены Ребиндером П. А. с сотрудниками [2].

Устойчивость эмульсий является наиболее важным свойством при их промышленном производстве [18, 21, 33, 34]. Жировая дисперсия молока кинетически неустойчива, поскольку плотность молочного жира ниже, чем плотность плазмы

(соответственно 931кг/м^3 и 1034кг/м^3 при $20\text{ }^\circ\text{C}$). Вместе с тем жировая дисперсия молока характеризуется высокой агрегативной устойчивостью, т.е. способностью длительное время сохранять раздельное существование дисперсных частиц. Без заметного разрушения она выдерживает такие воздействия как сепарирование, встряхивание, нагревание, концентрирование жировой фазы и др [4, 17]. Поэтому жировая дисперсия молока при жидком жире может быть охарактеризована термодинамически как метастабильная [4].

Основной показатель стойкости эмульсий – их дисперсность, которая характеризуется средним размером капелек дисперсной фазы или функцией, описывающей распределение капелек по размерам [13].

Одним из методов оценки дисперсности является седиментационный анализ. Седиментация – это свободное всплывание или оседание капелек дисперсной фазы. Скорость седиментации зависит от величины капелек, разницы плотностей обеих фаз, вязкости дисперсионной среды, температуры и т.д. [13].

Для установления закономерностей распределения дисперсной фазы в эмульсиях применяют различные методы седиментационного анализа, основанного на законе Стокса, согласно которому скорость подъема капелек жира в сливках прямопропорциональна квадрату их радиуса [5].

Экспериментальному исследованию распределения ЖШ в молоке посвящено значительное количество работ [13, 14, 35]. Однако степень дисперсности эмульсий еще не является достаточным критерием оценки их стабильности. Объективным показателем устойчивости эмульсий также является степень дестабилизации в них жировой дисперсии – отношение жира, свободного от оболочек ЖШ, к его общему количеству [36, 37].

Устойчивость эмульсий к расслаиванию зависит от ряда факторов: поверхностного натяжения, стремящегося вызвать коалесценцию капелек с уменьшением общей поверхности раздела; броуновского движения, вызывающего соударение капелек, что способствует потере устойчивости; электрического заряда на поверхности капелек, обуславливающего отталкивание частиц при сближении друг с другом и т.д. [5, 18, 38, 39].

Факторы, стабилизирующие эмульсию, делят на две большие группы: энергетические (термодинамические) и структурномеханические [2]. Термодинамическая

устойчивость связана с возникновением, так называемого расклинивающего давления [13], структурномеханическая – с наличием насыщенного адсорбционного слоя [18].

К числу основных факторов, определяющих стабильность образующихся эмульсий, относятся: свойства ПАВ, характер и интенсивность механического воздействия, температура эмульгирования, степень дисперсности и однородность размеров частиц дисперсной фазы, вязкость, разность плотностей и соотношение объемов фаз, значение pH и электрические свойства компонентов смеси, наличие воздуха при диспергировании, свойства адсорбционных слоев и др. Действие последнего фактора обнаруживается через определенный промежуток времени, необходимый для установления должной степени адсорбции ПАВ. Значение каждого из перечисленных факторов для устойчивости эмульсий, и особенно концентрированных, различно, но наиболее значительным из них является существование на поверхности раздела адсорбционных оболочек [32, 40...43].

Согласно одним воззрениям [44], прочность эмульсий обуславливается наличием на поверхности раздела глобул двойного электрического поля. Но большинство исследователей признает, что для стабилизации концентрированных эмульсий должен образовываться коллоидно-дисперсный слой эмульгатора с гелеобразной структурой.

Согласно выводам Клейтона В. и Кинга Н. [5] единственным существенным условием, определяющим устойчивость эмульсий, является прочность и компактность модифицированного поверхностного слоя. Другие факторы влияют лишь в той мере, в какой они изменяют свойства этого слоя.

Процессы агрегатирования и диспергирования ЖШ, которые связаны с изменением и разрушением их оболочек, зависят от параметров протекающих технологических процессов [1]. Стойкость эмульсий, снижается с понижением устойчивости оболочек ЖШ при нагревании, охлаждении, механическом перемешивании, замораживании и т.д.

Вследствие локального повреждения оболочек ЖШ происходит выделение жидкого жира, что является одной из причин гидрофобизации их внешней поверхности. Это способствует взаимному притяжению ЖШ и является первой стадией деэмульгирования жира. Поэтому увеличение количества свободного (не покрытого оболочками) жира снижает стабильность эмульсий.

Наряду с проблемой образования стойких эмульсий, важна также обратная проблема — их разрушения. Ряд авторов дополнили сведения в литературе по этому вопросу [45...76].

Уменьшение дисперсности частиц жира с последующим расслоением фаз, можно обозначить термином "дестабилизация". Скорость и степень дестабилизации жира зависит от характера технологической обработки эмульсий, структурно-механических свойств оболочек ЖШ, содержание жировой фазы и солей в плазме, ее кислотности, содержания ионов кальция, наличия ПАВ и других факторов [17, 21, 77].

Фавстова В.Н., Влодавец И.Н и Грищенко А.Д. подтвердили закономерность, установленную многими исследователями (Горяевым М.И., Мелешиним В.А., Лукьяновым Н.Я., Желтаковым А.И. и др.) для статических условий, показав, что степень дестабилизации жира в предварительно охлажденных сливках возрастает по мере повышения содержания жировой фазы, снижения температуры предварительного охлаждения и увеличения продолжительности выдержки при пониженной температуре [41].

1.4. Виды диспергирующих устройств

Производство эмульсионных продуктов развивается по двум направлениям. Первое — это высокопроизводительные поточные линии непрерывного действия, в которых основные технологические стадии осуществляются в потоке, в отдельных последовательно расположенных аппаратах. Второе направление представлено линиями малой производительности, в которых получение высокодисперсных эмульсий проводится в одном аппарате путем периодически повторяемых циклов (загрузка — обработка — удаление готового продукта). Каждое из направлений имеет свои преимущества [9, 78]. Однако следует учитывать, что энергия, затрачиваемая на получение технологически стойких жировых эмульсий — важнейший показатель, характеризующий совершенство применяемого оборудования, который является интегральным показателем, зависящим от принципа действия и конструктивных особенностей диспергирующего устройства.

В процессе диспергирования энергия необходима не только для образования новых поверхностей, но и для преодоления внутреннего трения жидкости и приведения

ее в движение. Поэтому потребляемая установкой для эмульгирования мощность также будет зависеть от таких факторов как: скорость прохождения смеси через диспергирующее устройство, ее вязкость, поверхностное натяжение, свойства ПАВ, размер частиц, массовая доля дисперсной фазы, температура эмульгирования и др.

Получение тонкодисперсных гомогенных эмульсий, устойчивых в течение длительного времени, требует применения эффективных диспергирующих устройств, способных производить дробление дисперсной фазы до нескольких микрометров.

В патентной литературе приводится множество разнообразных аппаратов для приготовления эмульсий, описанных Морицом, Дикерсом, Фишером, Омарешалем, Андреазеном, Бергом и Кьяером, Раевским и Буркхардом, Клюзаном и др [5].

В настоящее время для получения эмульсий используются разнообразные устройства: центробежные, винтовые, сопловые, вакуумные, клапанные, ультразвуковые, вибрационные, вихревые и др. [79...82], которые можно разделить на три группы.

1. Аппараты с вращающимися рабочими органами, смешивающие аксиальные слои, расположенные в поле скоростей мешалки или ротора. К ним относятся разного рода мешалки (лопастные, пропеллерные, винтовые, турбинные), смесители, эмульгаторы, коллоидные мельницы, системы типа “ротор-статор” с изменяющимся зазором, усовершенствованные модификации насосов-гомогенизаторов [32, 82].

В коллоидной мельнице эмульгирование проходит при прохождении жидкости в узком зазоре от 0,5 до 1,5 мм между ротором, вращающимся с большой скоростью (1000...20000 об/мин), и неподвижным статором [79].

Эмульсоры действуют по принципу центробежных насосов, но в отличие от них, у края колеса жидкость под действием угловой скорости вращения должна пройти узкую щель, по аналогии с гомогенизирующей насадкой клапанного гомогенизатора [13].

Получила распространение конструкция коллоидных мельниц системы Хотунцева-Гольдштейна, в которой дисперсная система принудительно продавливается винтом в узкий зазор между неподвижной и вращающейся коническими поверхностями [2].

2. Поршневые аппараты, использующие преобразование высокого гидравлического давления в скорость истечения для получения эмульсий с размерами капель 1 мкм и менее [13, 35, 83]. Существующие многочисленные поршневые гомогенизаторы являются

модификациями аппарата, изобретенного Голенном в 1899 г. Наиболее распространенным является гомогенизатор высокого давления клапанного типа. В нем гомогенизация происходит при прохождении продукта через последовательно расположенные зазоры, образованные одной или несколькими парами седел и клапанов [13].

Применяются также фильерный и сопловый гомогенизаторы. В фильерном продукт продавливается через параллельно расположенные отверстия с постоянным или регулируемым сечением. В сопловом гомогенизирующая головка имеет постоянные геометрические размеры и состоит из двух камер. На первой ступени гомогенизации продукту придается вращательное движение, на второй – поступательное [79].

3. Аппараты, в которых реализуются нестандартные гидромеханические процессы – акустические колебания, вибрации, пульсации [84]. Следует отметить аппараты, в которых диспергирование происходит под действием импульсных возмущений давления, ультразвуковых волн, гидродинамические вибраторы, а также противотечийно-струйные и вакуумные гомогенизаторы [85...89].

Каждая из этих групп имеет свои преимущества и недостатки, обусловленные, изначально заложенными в конструкцию устройств механизмами диспергирования. Однако не все они применимы для получения технологически стойких эмульсий при производстве спредов. Так например, использование для этой цели гомогенизаторов нецелесообразно, ввиду больших затрат энергии, а также получения эмульсий с высокой степенью дисперсности жира, что в дальнейшем снижает эффективность процесса маслообразования и ведет к повышению общих затрат энергии.

Зачастую применяют малоэффективный вариант механической обработки путем многократного циркулирования смеси по замкнутой системе: центробежный насос – ванна [18]. Повышение интенсивности обработки обеспечивают путем принудительного уменьшения производительности насоса на 30...50 %, увеличивая давление в линии нагнетания [24]. Но поскольку центробежные насосы в принципе не предназначены для эмульгирования жира, то даже при многократной обработке не обеспечивают необходимую дисперсность эмульсий [90], что, в конечном счете, сказывается на снижении качества готовых продуктов и способствует повышению отхода жира в виде потерь.

1.5. Режимы эмульгирования

Механическая обработка эмульсий вызывает качественно противоположные процессы: диспергирования ЖШ и их агрегации. В ряде случаев одновременно происходят оба процесса: крупные частицы диспергируются, а мелкие сливаются.

Изучение факторов, обеспечивающих получение устойчивых эмульсий, привело к выводу, что решающее значение имеет степень диспергирования, которая возрастает с повышением интенсивности и длительности механического воздействия на составные части эмульсий, а также от агрегатного состояния жира. Интенсивное перемешивание охлажденных эмульсий увеличивает количество дестабилизированного жира, а также его отстаивание, так как способствует образованию больших скоплений ЖШ [32, 91].

Применение больших скоростей в эмульсионных аппаратах при неизменных количествах дисперсионной среды и массовой доли ПАВ приводит к повышению степени дисперсности и образованию более устойчивых эмульсий. Поэтому на аппаратах с большим эффектом дробления можно получать прочные эмульсии с применением меньших концентраций эмульгатора.

При изучении образования эмульсий в простых смесителях было установлено, что поверхность капель возрастает при увеличении скорости вращения и диаметра мешалки, а также длительности перемешивания смеси при уменьшении диаметра смесителя [21].

Что касается эффективности гомогенизирующих аппаратов, то она также зависит от величины градиента скорости, создаваемого в обрабатываемой среде поля, которая, в свою очередь, определяется давлением гомогенизации, т.е. с повышением давления гомогенизации возрастает дисперсность жира. Эти закономерности подтверждаются данными полученными Полищук Г.Е. и Гуляевым-Зайцевым С.С., при исследовании процесса эмульгирования подсолнечного масла в обезжиренном молоке [53].

Как установлено работами Козина Н.И. и Варибруса В.И., при повышенных давлениях в гомогенизаторе, также образуются более устойчивые эмульсии с большей вязкостью и степенью дисперсности. Такие же закономерности процесса эмульгирования выявлены при использовании различных давлений на ультразвуковой установке.

Влияние длительности механического воздействия на размеры капель в эмульсиях исследовано в нескольких научных работах [5]. Установлено, что при оптимальных условиях эмульгирования средние размеры капель уменьшаются очень быстро в течение нескольких секунд и постепенно достигают предельного значения за 1...5 мин. Продолжение обработки сверх оптимального времени мало улучшает качество эмульсий и затраты энергии на обработку оказываются нецелесообразными [21].

Рогов А.И. и др. [92] проводили исследование изменений дисперсности ЖШ в процессе диспергирования низкочастотными механическими колебаниями при температуре 60 °С и выяснили, что при обработке в течение 1 мин ЖШ имеют размеры в диапазоне 0,5...15 мкм, а при длительности процесса 7 мин диапазон сужается до 0,5...3 мкм.

При образовании эмульсий, в течение нескольких секунд обработки преобладает диспергирование, а коалесценция распространяется лишь на малое число капель. Чем больше в процессе механической обработки образуется отдельных капель, тем более частыми будут и соударения между ними. После нескольких минут эмульгирования коалесценция будет происходить столь же часто, как и диспергирование, т.е. оба процесса станут равновесными. Именно условиями равновесия определяются массовая доля ПАВ, размер капель дисперсной фазы и другие характеристики эмульсий.

Хотя, гораздо более вероятно другое объяснение. С уменьшением размера ЖШ их жесткость возрастает, и диспергируются они хуже. При определенной интенсивности механической обработки ЖШ дробятся только до какого-то предела.

Как уже отмечалось, для приготовления эмульсий используют множество различных способов и аппаратов, достигая при этом разных показателей дисперсности и устойчивости. Проводилось большое количество исследований по оптимизации режимов эмульгирования в устройствах разной конструкции [29, 93, 94].

Эксперименты, проведенные Лазаускасом В. и Бержинскасом Г. [95], показали, что для получения устойчивых эмульсий лабораторная мешалка типа М1 не дала желаемого эффекта независимо от режимов эмульгирования. Аналогичные результаты получены и при подготовке жировых эмульсий с применением центробежного насоса. Даже циркуляция смеси в течение 5...10 мин, а также уменьшение производительности на 10...50 % не обеспечили необходимой степени диспергирования.

Положительные результаты эмульгирования растительных жиров в молочной среде получены при использовании диспергатора роторного гидродинамического марки ГАРТ-ПрМ при снижении его производительности на 50...60 %.

Жидонис В. и Матиешка С. [96] при определении взаимосвязи параметров роторного диспергатора и стабильности вырабатываемых эмульсий установили, что при увеличении числа кавитаторов повышается потребляемая мощность и улучшается стабильность эмульсий. Но при наличии более шести кавитаторов эффективность диспергирования повышается незначительно, а энергопотребление существенно возрастает; уменьшение зазора между вершинами кавитаторов и отражателями улучшает стабильность эмульсии, однако при этом увеличивается потребляемая мощность; а увеличение этого зазора больше 2...3 мм приводит к снижению эффективности.

Большинство исследователей для получения устойчивых эмульсий применяли гомогенизацию с предварительным перемешиванием водной и жировой фаз. Отмечалось, что для увеличения эффективности диспергирования жира в эмульсиях с повышенным его содержанием необходима двухступенчатая гомогенизация [97...104].

Так Вайткус В. и Кайрюкштене И. [35] утверждают, что применение для диспергирования коктейлесбивателя или мешалки совместно с гомогенизатором позволяет получить достаточно стабильные эмульсии. Полученные ими результаты показывают, что усиление механического фактора (вращение мешалки или давление гомогенизации) почти прямопропорционально эффективности процесса. При выборе продолжительности процесса лучшие результаты были получены при эмульгировании в течение 3-х минут.

При этом Стаховским В.А. установлено, что получение эмульсий с использованием гомогенизатора обуславливает высокую степень дисперсности жировой фазы и поэтому их применение проблематично при выработке спредов. Учитывая технологические особенности выработки спредов методом сбивания жировой смеси, размер частиц жира от 1...2 до 20...25 мкм обеспечивает достаточную устойчивость эмульсий против разделения фаз в процессе подготовки к сбиванию и эффективность образования масляного зерна [66].

Можно условно принять, что при степени дестабилизации до 20 % молочно-жировая эмульсия является достаточно устойчивой дисперсной системой (что подтверждается практикой маслоделия), а в области выше 20 % она постепенно теряет стабильность [105].

1.6. ПАВ и их роль в эмульгировании

Эмульсии агрегативно неустойчивы из-за избытка свободной энергии на межфазной поверхности [6, 106]. Получение достаточно стойких концентрированных эмульсий возможно только в том случае, когда на поверхности всех капелек образуется стабилизирующая адсорбционная пленка, механически препятствующая их агрегированию и коалесценции. А это возможно только при добавлении к системе, по меньшей мере, еще одного компонента – ПАВ с дифильной структурой, способствующего понижению межфазного натяжения на границе раздела дисперсной фазы и дисперсионной среды [107].

Поверхностно-активными (ПАВ) называются вещества, которые адсорбируются положительно, т.е. в силу особенностей молекулярной структуры, концентрируются на поверхности раздела двух фаз и таким образом образуют на ней адсорбционный слой – пограничный слой с повышенной концентрацией [6].

Ряд исследователей [21, 108...114] подтвердили тот факт, что эмульгаторы представляют собой амфифильные молекулы, имеющие как водорастворимую, так и жирорастворимую части. Причем для получения высокодисперсных и стойких эмульсий необходимы ПАВ, в молекулах которых соотношение липофильных и гидрофильных групп сбалансировано, так как их эмульгирующее действие тем эффективнее, чем лучше сбалансированы в молекуле полярные и неполярные группы. Поэтому придается большое значение классификации эмульгаторов по соотношению гидрофильных и липофильных групп – величине гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ).

От величины ГЛБ зависят многие свойства ПАВ: поверхностное и межфазное натяжение, эмульгирующее, деэмульгирующее, смачивающее и моющее действия, способность к образованию мицелл (агрегатов), солубилизирующая способность. Основные физико-химические свойства, а следовательно и свойства технологические, зависят от химического строения ПАВ и соотношения гидрофильных и гидрофобных групп. А свойства эмульгаторов и правильный их подбор определяют устойчивость эмульсий.

Хорошо сбалансированной дифильной молекулой является фосфатидилхолин (лецитин), по примеру которого стремятся синтезировать промышленные эмульгаторы.

Многочисленными опытами [2, 5, 21, 115...122] установлены следующие закономерности эмульгирования с применением ПАВ.

Влияние ПАВ на дисперсный состав эмульсий значительно. Эмульгаторы влияют на процесс разрыва поверхности и образования капель, благодаря чему оказывают эффективное воздействие на процесс диспергирования жира в плазме. А в случае получения тонкодисперсных эмульсий повышается их стабильность. Таким образом, способствуя диспергированию жировой фазы, ПАВ делают эмульсии кинетически более устойчивыми. Кроме того, они повышают седиментационную устойчивость жировых дисперсий, и способствуют удержанию жидкого жира в монолите готового продукта [123, 124].

С термодинамической точки зрения эмульгатор, адсорбируясь на границе раздела фаз в виде тончайших адсорбционных оболочек, понижает межфазное поверхностное натяжение, препятствует коалесценции частичек дисперсной фазы и удерживает их в дисперсионной среде, чем обеспечивает агрегативную устойчивость эмульсий. Поскольку толщина адсорбционных слоев невелика, то и эмульгатора требуется немного [6, 112].

При эмульгировании ПАВ способствует диспергированию одной жидкости в другой и стабилизирует получившиеся эмульсии, т.е. процесс включает два простых действия, каждое из которых оценивается определенными показателями [9].

Для повышения агрегативной устойчивости концентрированных эмульсий можно применять комбинированные эмульгаторы, из которых один отличается высокой поверхностной активностью, а другой способен образовывать механически прочные и упругие оболочки [125...130].

Жировые дисперсии молока и сливок являются типичными представителями концентрированных эмульсий, характеризующихся повышенной агрегативной стойкостью. Это объясняется тем, что каждый ЖШ имеет собственную белково-липидную оболочку, которая представляет собой поверхностный адсорбционный слой, возникающий под действием сил поверхностного натяжения. Липопротеиновые оболочки, которые по последним научным представлениям являются модифицированными плазматическими мембранами [131, 132], представляют собой наиболее сильный и универсальный стабилизирующий фактор.

Своеобразные свойства поверхностно-адсорбционных оболочек систематически изучали многие исследователи [133...137], наиболее существенные из них выполнили: Ребиндер П.А., Дерягин Б.В., Кремнев Л.Я., Талмуд Д.Л., Бреслер С.Е., Трапезников А.А.

Образованная эмульгатором адсорбционная оболочка сольватированная с одной стороны дисперсной фазой, а с другой – дисперсионной средой, рассматривается как самостоятельная третья фаза, разделяющая в эмульсии водную и масляную среды. Именно наличие этой пленки, а не низкая величина межфазного натяжения исключает возможность слияния капелек. Понижение же поверхностного натяжения скорее эффективно способствует образованию адсорбционной пленки на границе раздела фаз [6, 138].

Структурно-механические свойства адсорбционной оболочки препятствуют ее утоньшению или разрыву при сближении капелек. Особое значение имеет их механическая прочность и эластичность. Адсорбционные слои могут иметь весьма большую прочность на разрыв (так называемую поверхностную прочность), которая и обуславливает, главным образом, их стабилизирующее и защитное действие [2, 6]. Если эта пленка имеет достаточную поверхностную прочность, она в большей или меньшей степени предохраняет частицы от слипания, и система становится устойчивее. Максимальное стабилизирующее действие адсорбционных слоев наблюдается вблизи от их полного насыщения на поверхности каждой частицы [139, 140]. При этом во многих случаях частицы перестают вовсе слипаться и, следовательно, оседают (или поднимаются вверх) под действием силы тяжести лишь с той небольшой установившейся скоростью, которая отвечает их весьма малым размерам (обычно около 1...2 мкм) [2]. Чрезмерная прочность адсорбционной оболочки может ухудшить ее стабилизирующие свойства из-за уменьшения ее эластичности и восстанавливаемости.

ПАВ различаются по своей природе, свойствам, химическому строению и характеру воздействия на те системы, в которые их вводят. Как правило, эмульгаторы используются в композиции, при этом для каждого ПАВ имеется оптимум концентрации, обеспечивающий наивысшую устойчивость получаемых эмульсий [111, 141, 142].

Массовая доля эмульгатора в дисперсной системе должна быть равна или больше величины критической концентрации мицеллообразования (ККМ), при которой поверхностное натяжение между фазами становится минимальным.

По мере увеличения содержания ПАВ процесс образования эмульсий происходит легче, резко возрастает их стабильность (при условии, что адсорбционный слой еще не насыщен), а размер капель уменьшается. При этом превышение

оптимального содержания ПАВ не улучшает стабильность эмульсий и не дает более мелких капель [20]. При малых концентрациях эмульгатора содержание его в растворе с введением масла уменьшается, в результате исключается возможность образования прочного адсорбционного слоя, способного стабилизировать эмульсию.

Ряд авторов [138, 143...146] рекомендуют вносить эмульгаторы в количестве от 1 до 10 кг на 1 т готового продукта (0,1...1,0 %) в зависимости от вида эмульсий и ПАВ, технологии, состава и функционального назначения продукта, используемого сырья, условий производства и др. Увеличение массовой доли эмульгатора в продукте выше 1,0 % может повлечь за собой частичную потерю вкусовых качеств, негативно влияет на консистенцию продукта и является нецелесообразным. В общем же, несомненно, что для оптимального эмульгирования заданного количества жировой фазы с получением эмульсий определенной, высокой дисперсности, требуется достаточное количество ПАВ. И для получения желаемых конечных характеристик всех видов эмульсий важен правильный выбор типа и содержания эмульгатора, жира и белка [147].

Выбор соответствующих эмульгаторов и методов их применения крайне важен при создании продуктов с заданными технологическими и потребительскими свойствами, а правильно подобранные композиции ПАВ позволяют успешно вырабатывать спреды и другие масложировые продукты с различным содержанием жира [148...150]. Для промышленности важно, чтобы эмульсии были достаточно стабильны против термических, механических и временных воздействий.

При определении целесообразности применения эмульгаторов и их дозировки необходимо учитывать все факторы: соотношение молочных и растительных жиров, общее содержание жира в продукте, особенности технологии и оборудования, на котором вырабатывается продукция [113, 151]. Зачастую при производстве продуктов с комбинированной жировой фазой используют ЗМЖ, которые, как правило, содержат эмульгатор. Однако, его количества бывает недостаточно, при этом вид, соотношение и массовая доля внесенных ПАВ в различных ЗМЖ существенно отличается.

Основные ПАВ, применяемые в масложировой промышленности – моно- и диглицериды жирных кислот и их производные (Е 471, Е 472), а также лецитины (Е 322).

В настоящее время эмульгаторы на основе лецитина широко используют в различных областях пищевой промышленности, в том числе и при производстве масложировых продуктов, таких как маргарины, спреды, топленые смеси [152...159]. Наиболее широко в масложировой промышленности используют стандартный лецитин.

Моноглицериды представляют собой эфиры глицерина и жирных кислот [160]. Молекулы МГД содержат в полярной части две гидроксильные группы, которые значительно повышают гидрофильные свойства данного ПАВ. Значение ГЛБ для молекул МГД составляет 5,5, что обуславливает взаимодействие данного ПАВ с водой с образованием стойких гелей. А это, значительно повышает упруго-вязкие и пластичные свойства адсорбционных, стабилизирующих эмульсию слоев. Вследствие высокой гидрофильности повышается также вероятность большего взаимодействия этого ПАВ с молекулами белков молока, что доказано при изучении стабильности жировых дисперсий в молочной плазме, полученных с применением МГД [161...164]. МГД участвуют в создании кристаллической решетки и тем самым способствуют удержанию жидкого жира в монолите спреда [165].

И лецитин, и МГД с функциональной и технологической, точек зрения, казалось бы, обеспечивают примерно одинаковый результат [166]. Однако использование смесей лецитинов с МГД позволяет получать не только технологический, но и экономический эффекты. Обычно практикуют следующие соотношения лецитин: МГД – 1:1; 1:2; 1:3; 2:3 [113].

Практика показала, что использование композитов лецитинов с МГД позволяет создавать высокоустойчивые жировые эмульсии. Достижимый результат является не суммой эффектов, производимых каждым эмульгатором, а обусловлен их взаимным влиянием [167]. По-видимому, это связано с тем, что и лецитин и МГД, обладая биполярными характеристиками, совместно способны эффективнее стабилизировать жидкие эмульсии, понижая поверхностное натяжение между водой и жиром за счет явления синергизма. Исследования показали, что такие эмульсии имеют повышенную вязкость и устойчивы в отношении расслаивания [113, 168]. Поэтому Нижегородский завод ПАВ выпускает МФ (Е 471+Е 322) – комплексный эмульгатор МГД с лецитином, который применяется в производстве маргариновой продукции и спредов [143, 169].

Но эмульгаторы могут способствовать как стабилизации, так и дестабилизации эмульсий, в зависимости от их химического состава и концентрации в зоне раздела [170].

Все вещества с более высокой поверхностной активностью являются деэмульгаторами, тем более сильными, чем они более поверхностно-активны и чем они менее эффективны как эмульгаторы [171...173]. Механизм деэмульгирования при этом всегда сводится к адсорбционному вытеснению эмульгатора из поверхностного слоя более поверхностно-активным реагентом-деэмульгатором. Последний обладает некоторой эмульгирующей способностью, но значительно меньшей, чем первоначальный "сильный" эмульгатор [2, 7]. Т.о. для дестабилизации уже полученных устойчивых эмульсий можно разрушить слой эмульгатора, а можно произвести вытеснение его, вводя в систему другие ПАВ с большей поверхностной активностью, но с меньшей поверхностной прочностью[2].

1.7. Влияние температурного фактора и вакуумирования на устойчивость эмульсий

Согласно результатам исследований ряда авторов, изменение температуры обычно оказывает на эмульсию лишь косвенное воздействие: изменяется поверхностное натяжение, вязкость, адсорбция ПАВ и др [174...176]. Многие исследователи [18, 53, 177] утверждают, что повышение температуры значительно облегчает диспергирование жиров. Поскольку при возрастании температуры и вязкость и поверхностное натяжение уменьшаются, то и эмульгирование обычно проходит легче. При этом возможные температуры эмульгирования указываются в диапазоне 30...80 °С [35, 99, 178...180].

Рогов А.И. и др. [91, 92], исследуя процессы агрегатирования и диспергирования, пришли к выводу, что наиболее эффективно влияет на дисперсность ЖШ динамическое воздействие при 60 °С. При низкой температуре (20 °С) преобладают процессы агрегатирования жировых частиц и коалесценции жира. При более высокой температуре (40 °С) одновременно могут протекать два процесса — коалесценция и диспергирование, но глубина изменения дисперсности ЖШ в этом случае больше.

Вайткус В.В. и сотр. [13] установили, что при гомогенизации сливок с повышением температуры увеличивается дисперсность молочного жира и при 60...70 °С ЖШ достигают минимальных размеров. Увеличение эффективности гомогенизации сливок при повышении температуры от 50 до 70 °С отмечают также Гулден и Фиппс [181].

Виттиг Г. [177] считает, что при 60...65 °С происходит микронизация – диспергирование ЖШ, а при 35-40 °С – висколизация, т.е. образование цепочек и кучек ЖШ, сопровождающееся увеличением вязкости.

Однако основной интерес представляет изменение с температурой поверхностного натяжения и адсорбции эмульгатора на поверхности раздела фаз. В практически несмешивающихся жидкостях повышение температуры сопровождается уменьшением межфазного натяжения, что оказывает положительное воздействие на эмульгирование. Изменение растворимости эмульгатора с температурой вносит значительные осложнения в процесс эмульгирования. Белковый компонент оболочек при нагревании количественно не изменяется, но претерпевают изменения его структурирующие свойства [17]. По некоторым данным, значительное повышение или понижение температуры ведет к коагуляции частиц и ухудшению качества эмульсий. Изменение температуры влияет на адсорбцию эмульгатора, что иногда является нежелательным. Нередко в процессе эмульгирования температура повышается вследствие перехода механической энергии в тепловую.

Нагревание также используют для разрушения эмульсий. Многие эмульсии можно разделить на составляющие их компоненты простым нагреванием до высокой температуры с последующим отстаиванием. Вероятно, нагревание ускоряет физико-химические процессы, которые могут протекать в эмульсиях, изменяет природу поверхностного слоя, уменьшает вязкость. Таким образом, возникают условия, благоприятные для протекания процесса распада эмульсий [21].

Охлаждение до температуры отвердевания жира в ЖШ сливок оказывает влияние на ряд их свойств: поверхностное натяжение, вязкость, плотность, изменение оболочек ЖШ, дестабилизация жировой дисперсии и др. Исследованию процесса разрушения эмульсий под влиянием температурного фактора посвящен ряд работ [13, 57].

Стабильность ВЖС зависит от температуры, интенсивности и продолжительности механической обработки [43]. Связь между дестабилизацией сливок и отвердеванием жира была отмечена в работах Гуляева-Зайцева С.С., Казанского М. М., Твердохлеб Г. В., Никуличева П. В. и Вышемирского Ф. А.

Область температур 40...30 °С оказалась переходной – здесь зависимость стабильности эмульсии от массовой доли жировой фазы была выражена наиболее резко, а при температуре ниже 30 °С наблюдалась быстрая дестабилизация жировых дисперсий.

Влияние температурного фактора на стабильность эмульсий при содержании жира 62...78 % заметно снижается. И это вполне закономерно: в этой области концентраций происходят наиболее существенные изменения оболочек ЖШ.

Опыты показывают, что область метастабильного состояния эмульсий лежит в области переохлажденного состояния жира (ниже температуры плавления).

Длительность существования эмульсий без значительного расслоения резко снижается при понижении температуры и увеличении удельной мощности механической обработки [68]. При предельной температуре в условиях механических воздействий в высококонцентрированных эмульсиях происходит резкое изменение структуры, динамических свойств оболочек ЖШ, уменьшается их толщина. В результате могут возникать локальные разрушения их поверхностей. Силы давления оказываются достаточными, чтобы деформировать ЖШ и преодолеть сопротивление ослабленных пленок с выделением жидкой фракции жира. Это и обеспечивает начало быстрой дестабилизации эмульсий.

При предельной температуре обнаруживается только начальная стадия разрушения эмульсий. В дальнейшем кинетика этого процесса вплоть до полной дестабилизации определяется массовой долей дисперсной фазы, с повышением которой скорость дестабилизации резко возрастает. Таким образом, время, необходимое для полного разрушения эмульсий, может изменяться от десятков минут до десятков секунд [68].

Сведения о влиянии вакуумирования на процессы эмульгирования очень ограничены [182...184] и противоречивы. Воздушная дисперсия (эмульгированные пузырьки воздуха) может служить дестабилизирующей фазой, так как увеличивает общую поверхность раздела. Дестабилизация усиливается, если наряду с образованием новой поверхности происходит денатурация стабилизатора или удаляется часть его при эмульгировании [70].

Между вспениваемостью сливок и дестабилизацией эмульсии жира в них существует прямо пропорциональная зависимость. При этом имеет значение

содержание в сливках твердых глицеридов – чем их больше, тем при меньшем механическом воздействии и меньшей вспениваемости сливок достигается определенная степень дестабилизации жировой фазы [61].

Проведенные исследования позволили установить, что при перемешивании сливок важнейшую роль в процессе дестабилизации жировой фазы играет пена, за счет которой происходит перераспределение ПАВ. Часть лецитино-белкового комплекса переходит с оболочки ЖШ в новую поверхность: плазма-воздух, вследствие чего нарушается устойчивость эмульсии жира, происходит агрегация ЖШ и затем их коалесценция во время нагревания, что подтверждается микроскопированием жировой фазы сливок [61].

1.8. Влияние массовой доли жировой фазы и вида жира на стабильность и дисперсность эмульсий

Согласно выводам ряда авторов [5, 35, 53, 116, 185] на эффективность эмульгирования существенно влияет массовая доля жира в продукте, с увеличением которой в эмульсиях снижаются показатели ее качества: растет количество дестабилизированного жира, снижается седиментационная устойчивость и дисперсность жировой фазы.

Соотношение жир/ПАВ непосредственно влияет на скорость образования оболочек ЖШ в процессе эмульгирования. С увеличением содержания жира в эмульсиях сокращается расстояние между ЖШ, частота столкновений увеличивается и коалесценция вновь формирующихся капелек дисперсной фазы с образованием на них новых оболочек происходит весьма быстро. При определенном сочетании этих факторов процесс коалесценции ЖШ может стать преобладающим над процессом диспергирования и существенно снизить эффект эмульгирования.

Анализ литературы показывает, что для каждой массовой доли эмульгатора существует определенный максимум вводимого жира [32]. Также имеется оптимум, при котором эмульсии получаются наиболее устойчивыми, т.е. существуют определенные оптимальные соотношения между водной и жировой фазами. Введение избыточного, против оптимального, количества жира вызывает расслоение эмульсий [186].

Концентрированные эмульсии вследствие их большой удельной поверхности являются термодинамически неустойчивыми системами. Для их стабилизации недостаточно действия двойных ионных слоев даже при сильном заряде капелек и наличии молекулярных адсорбционных слоев [7]. Повышенная устойчивость таких эмульсий наблюдается в случаях преимущественного содержания в их составе мелких ЖШ [36].

Вайткус В. и Казлаускайте Е. [187] установили, что с увеличением содержания жира в сливках агрегация ЖШ и образование их скоплений возрастают. Причиной следует считать: увеличение числа соударений между ЖШ; большую деформацию и повреждение оболочек; недостаточное количество ПАВ, приходящихся на единицу межфазной поверхности, для восстановления поврежденных оболочек ЖШ; незначительную продолжительность восстановления оболочек до столкновения ЖШ.

Вайткус В.В., Кривенцова Л.Д. и Коробкина Г.С. [99] отметили, что с повышением массовой доли жира в эмульсиях свыше 30 % необходимо вводить дополнительные ПАВ (казеин, моно- и диглицериды и т.д.).

При массовой доле жира 62...65 % ЖШ приходят в соприкосновение сольватными слоями. Еще Горяев М.И. в ранних работах, а затем Мелешин В.А., Лукьянов Н. Я., Желтаков А.И. показали, что дестабилизация предварительно охлажденных и выдержанных сливок происходит при массовой доле жира 60...65 % и выше. Концентрирование жировой фазы выше 60...65 % заключается в вытеснении свободной плазмы капельками эмульсии из капиллярных просветов и в деформации эмульгаторного слоя, а затем и самих капелек. Деформация начинается уже при содержании жира в эмульсии 70 %. Из теории дисперсных систем следует, что плотнейшая упаковка недеформированных сферических частиц наблюдается при их содержании 74 %. При этой массовой доле жира отмечены первые признаки разрушения эмульсии после ее охлаждения до 20...22 °С.

Имеются также данные, что эмульсии 60 %-ной жирности на обезжиренном молоке, пахте и сыворотке получают пастообразными, имеют большие скопления ЖШ [188]. А введение в состав эмульсий, приготовленных на молочной основе, более 70 % жира не приводит к получению однородного продукта [32].

Мицкявичюс Э. и Матусявичуте А. [189] не удалось получить однородных эмульсий 70, 75, 80 %-ной жирности, так как после однократного пропускания образцов через гомогенизирующий клапан в них сразу же происходило разделение жировой и молочной фаз. Не улучшило качества эмульсий 70...80 %-ной жирности и применение интенсивного перемешивания компонентов до поступления их в гомогенизирующий клапан.

По данным Белоусова А. П. предельное содержание жировой фазы в ВЖС соответствует 91...95 %, дальнейшее увеличение приводит к разрывам стабилизирующих пленок и коалесценции жировых капелек, т.е. к разрушению эмульсии. Следовательно, дисперсные системы с массовой долей жира больше 91...95 % относятся к нестабильным.

Сведения о влиянии "природы" жира на стабильность и дисперсность получаемых эмульсий неоднозначны и несколько противоречивы [179]. По утверждению некоторых авторов, данный фактор трудно назвать наиболее значимым при получении устойчивых эмульсий. Так Гудонисом А.И. [190] было установлено, что стабильность эмульсий, приготовленных с применением жиров разной природы, заметного различия не имеет. Клейтон В. [5] определял эмульгируемость при различных температурах. Для семи изученных пищевых масел и жиров не было установлено существенных различий. Бурова А.И. и др. [191], используя жиры как растительного, так и животного происхождения, получали высокодисперсные эмульсии без существенных различий стойкости.

В то же время встречаются публикации, в которых представлены результаты, свидетельствующие об обратном. Например, Менье и Мори [5], исследовавшие эмульгируемость масел в воде, получили следующие данные: копытный жир, оливковое и льняное масло эмульгируются вдвое легче касторового и минерального.

Кроме того, Вайткус В.В. и Зиберкайте Р.Б. [179] отметили, что при эмульгировании подсолнечного масла и костного жира образуются скопления ЖШ, вызывающие увеличение вязкости эмульсий и отстаивание жира.

1.9. Окисление жиров в ходе технологической переработки

Пищевые жиры из-за особенностей химической структуры нестойки в хранении и легко подвергаются окислению [192]. Наиболее подвержены процессам окисления

липиды, при этом снижаются их органолептические показатели, биологическая и пищевая ценность [193...195]. Непригодность окисленных жиров для пищевых целей определяется не только ухудшением органолептики, но и их высокой токсичностью, часто связанной с образованием перекисных соединений [196...200]. Поэтому проблема предотвращения процессов окислительной порчи жиров является актуальной.

Окисление – цепной процесс, протекающий с образованием свободных радикалов под воздействием активных форм кислорода [201].

Окисление липидов зависит от: концентрации кислорода, состава жирных кислот и их положения в триглицеридах, наличия и соотношения различных сопутствующих и добавляемых веществ – про- и антиоксидантов, температуры, влаги [202...204] и т.д. При этом различные пищевые жиры обладают разной устойчивостью к окислению.

Скорость и глубина порчи молочного жира зависят от множества факторов, среди которых наиболее значимыми являются: качество исходного сырья и технологические режимы его обработки, степень микробиологического обсеменения и содержание катализаторов порчи, присутствие и степень дисперсности воздуха и влаги в продукте.

Среди факторов, влияющих на окисление растительных масел наиболее активное воздействие оказывает кислород воздуха, солнечный свет и температура [205]. Необходимо также учитывать присутствие других веществ, катализирующих окисление, таких как металлы-прооксиданты и фермент липоксигеназа [196, 203].

Для выявления присутствия в жирах тех или иных продуктов окисления, а также для оценки глубины окислительного процесса используют химические, спектрофотометрические, хроматографические, полярографические и другие методы [206, 207]. Основными критериями оценки качества жиров являются массовая доля свободных жирных кислот и перекисное число [196].

В ДСТУ 4599:2006 «Жиры растительные и их композиции для производства спредов и смесей жировых. Номенклатура и требования к показателям качества и безопасности» сформулированы требования к качеству растительных масел, по показателям окисленности и стойкости к окислению. Для растительных масел, с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот особенно важен контроль показателей окислительной порчи — перекисные числа и кислотное число. Нормируются

предельные величины этих показателей: перекисное число - не более 3 ммоль/кг, $\frac{1}{2}$ O; кислотное число - не более 0,56 мг KOH, что соответствует 1 °K [208, 209].

Перекисное число 0,1 % йода считается пределом, выше которого, как правило, животные топленые жиры становятся органолептически явно испорченными.

О стойкости к окислению жиров в хранении можно судить по кинетике нарастания перекисных чисел в условиях термостатирования проб при температуре 101...103 °C (форсированный метод). Окисление до перекисного числа более 7,8 ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг – является характерным признаком прогорклости для растительных жиров. При этом органолептические показатели продукта могут не изменяться.

Изучение кинетики и химизма процессов самоокисления жиров и масел представляет собой проблему большой практической важности, так как полученные результаты необходимы для прогнозирования стойкости в хранении продуктов с комбинированной жировой фазой, главным образом, спредов и смесей жировых.

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 1

Анализ литературы показывает, что ряд исследователей развивали предположения о механизме диспергирования, выдвигая различные теории и гипотезы. Параллельно уделялось внимание проблемам разрушения эмульсий.

Рассмотрены всевозможные направления аппаратного оформления эмульгирования и разнообразные диспергирующие устройства, но далеко не все они обеспечивают необходимую технологическую устойчивость жировых смесей. Недостаточное же количество современного и эффективного оборудования для получения агрегативно-устойчивых эмульсий сдерживает развитие производства спредов.

Разными авторами уделялось некоторое внимание приготовлению эмульсий с использованием жиров растительного происхождения на основе молочного сырья (обезжиренное, цельное молоко, пахта, сыворотка). Но сведения о получении эмульсий для специфических и разнообразных жировых систем очень ограничены.

Известны несколько способов и методов приготовления тонкодисперсных жировых систем. Исследованы различные режимы эмульгирования в аппаратах

разных конструкций. Частично изучены факторы устойчивости дисперсий жира и их стабилизирующее или дестабилизирующее влияние.

Достаточно полно изучены окислительные процессы молочного и растительных жиров. Выявлены факторы, влияющие на их окисление и механизмы процесса.

Однако в научной и технической литературе некоторым вопросам уделяется недостаточно внимания. Сведения о роли ПАВ в эмульгировании, а также влиянии технологических факторов на показатели стабильности жировых дисперсий при обработке в устройствах роторного типа очень ограничены и противоречивы.

В связи с вышеупомянутым оказывается довольно актуальным вопрос исследования технологической операции эмульгирования молочного и растительных жиров и выяснение влияния на ее эффективность таких факторов, как: продолжительность диспергирования и интенсивность механического воздействия, массовая доля ПАВ и жировой фазы в эмульсии, состав и свойства жировой системы, температура и вакуумирование на получение технологически стойких дисперсий жира с помощью устройства роторного типа. Не исключено также, что при совместном воздействии нескольких факторов на стабильность эмульсий, их влияние усиливается.

Следует установить закономерности формирования эмульсий с различными видами жира, а также массовой долей ПАВ и жировой фазы. Кроме того, необходимо оценить энергетические затраты на получение устойчивых дисперсий жира с помощью устройства роторного типа. На основе полученных результатов разработать оптимальные режимы диспергирования.

Исследование проблемы эмульгирования, в конечном счете, позволит оптимизировать технологические и энергетические параметры получения жировых систем с установленными оптимальными свойствами стабильности и дисперсности (для разных методов производства спредов), а также пополнить имеющиеся в литературе данные по исследуемым направлениям. В результате проведенной работы следует научно обосновать режимы эмульгирования жиров как с точки зрения получения устойчивых эмульсий (с учетом специфики их дальнейшей обработки), так и с целью минимизации затрат энергии.

РАЗДЕЛ 2

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Организация работы

Экспериментальная часть работы выполнена в лаборатории отдела маслоделия и лаборатории биотехнологии Технологического института молока и мяса НААНУ.

Общая схема исследований приведена на рис. 2.1.

Первый этап работы был посвящен изучению и анализу научно-технической литературы по вопросам технологии и оборудования для получения жировых эмульсий, на основании которого было определено направление, а также сформулирована цель и задачи диссертационной работы, разработана программа и методики исследований, проведено планирование экспериментов.

На втором этапе исследовано эмульгирование молочного и растительных жиров в устройстве роторного типа, а также влияние основных технологических и энергетических параметров (продолжительность диспергирования и интенсивность механического воздействия, массовая доля ПАВ и жировой фазы в эмульсии, состав и свойства жировой системы, температура и вакуумирование) на дисперсность и стабильность эмульсий. Было выяснено влияние исследуемых факторов на энергозатраты при получении стойких жировых эмульсий. Кроме того, установлены изменения показателей окисления жиров при термомеханической обработке в ходе эмульгирования.

Для проведения запланированных экспериментальных работ разработана и смонтирована экспериментальная установка (подраздел 2.3), выбраны сырьевые компоненты и их соотношения, освоены и отработаны методы исследований.

Реализация многофакторного эксперимента позволила оценить влияние продолжительности диспергирования, массовой доли ПАВ и температуры проведения процесса на дисперсность и стабильность эмульсий и связать указанные факторы в математическую модель. В результате проведенных работ получены уравнения регрессии, которые описывают влияние вышеупомянутых факторов на отстаивание и дестабилизацию жира, а также диаметр среднего ЖШ в эмульсии. На основе полученных результатов

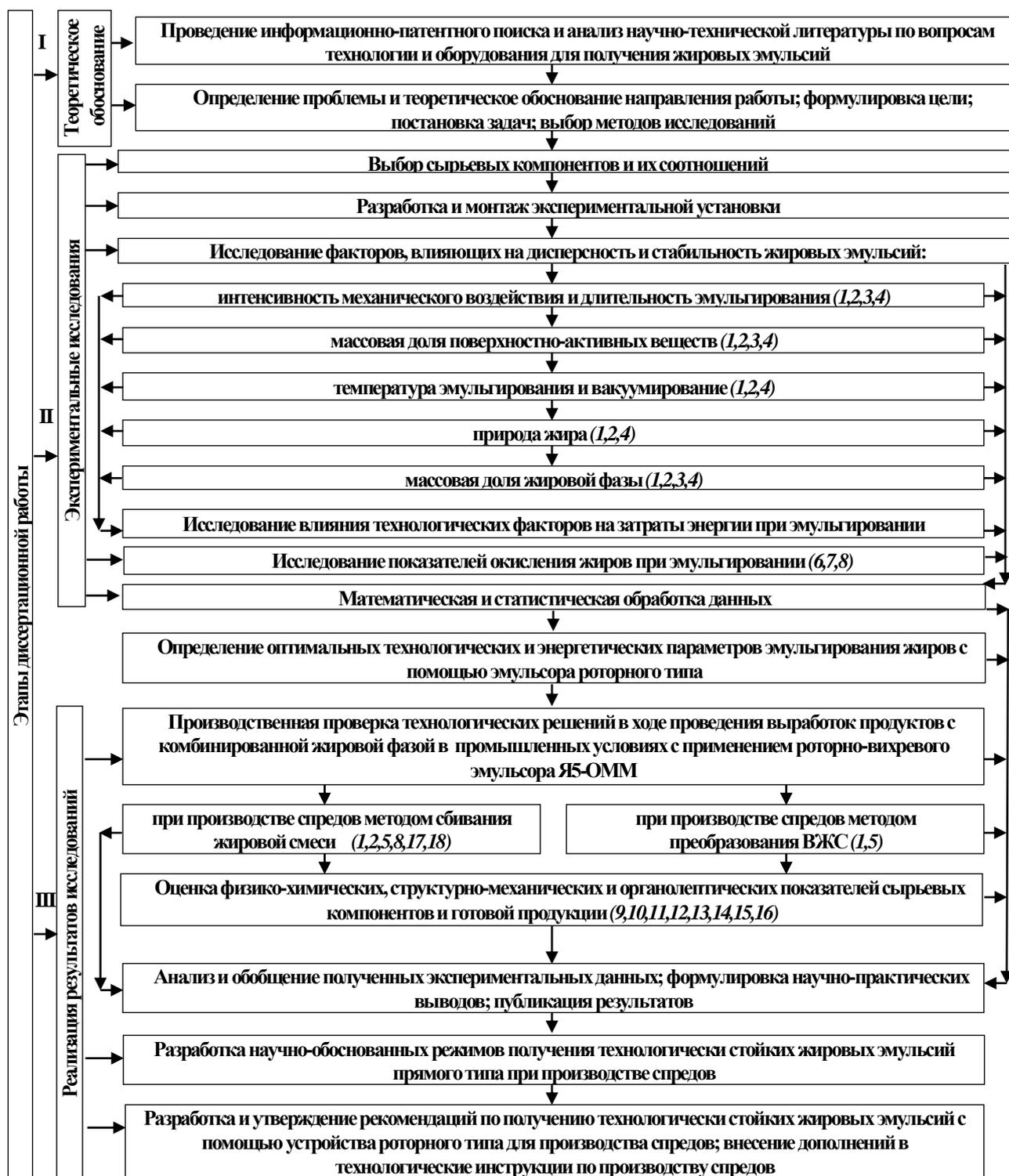


Рис. 2.1. Структурная схема проведения исследований.

Примечание – условные обозначения методов определения: 1-дестабилизации жира; 2-устойчивости эмульсии по отстаиванию жира; 3-степени дисперсности жировой фазы эмульсии; 4-стойкости эмульсии центрифугированием; 5-устойчивости эмульсии по скорости расслаивания; 6-перекисных чисел жира; 7-стойкости молочного жира к окислению; 8-кислотности жира; 9-числа Рейхерта-Мейссля; 10-йодного числа; 11-показателя преломления; 12-содержания кристаллической фазы молочного жира при различных температурах; 13-коэффициента термоустойчивости; 14-предельного напряжения сдвига; 15-температуры плавления жиров; 16-органолептической оценки; 17-кислотности титриметрическим методом; 18-плотности.

(после проведения математической и статистической обработки данных) установлены наиболее эффективные технологические и энергетические параметры эмульгирования жиров с помощью эмульсора роторного типа.

На основе данных, полученных в ходе исследований эмульгирования жиров, разработаны исходные требования на экспериментально-промышленный роторно-вихревой эмульсор Я5-ОММ.

На заключительном этапе работы для подтверждения полученных нами лабораторных экспериментальных данных, а также для определения эффективности конструкции Я5-ОММ были проведены выработки продуктов с комбинированной жировой фазой в промышленных условиях с применением эмульсора роторного типа в составе линии для производства спредов как методом непрерывного сбивания жировой смеси, так и методом преобразования ВЖС. В ходе проведения исследований был проведен отбор и оценка физико-химических, структурно-механических и органолептических показателей сырьевых компонентов, готовой и вторичной продукции.

После анализа и обобщения полученных результатов, были сформулированы научно-практические выводы, которые опубликованы в ведущих отраслевых изданиях Украины и России.

На основании полученных результатов разработаны и обоснованы режимы термомеханической обработки жировых систем и отработаны параметры получения тонкодисперсных жировых эмульсий прямого типа с учетом технологических требований при производстве спредов. Определены показатели технологической стойкости эмульсий. Установлены принципы регулирования стабильности и дисперсности жировой фазы эмульсий.

Основным практическим результатом работы является разработка и утверждение рекомендаций по получению технологически стойких жировых эмульсий с помощью устройства роторного типа для производства спредов как методом сбивания жировой смеси, так и преобразования ВЖС, а также внесение дополнений в технологические инструкции по производству спредов обоими методами. Дополненные технологические инструкции разосланы на молокоперерабатывающие предприятия.

2.2. Методика постановки и проведения исследований

Были исследованы эмульсии различных жиров с разной массовой долей ПАВ и жировой фазы, а также сырьевые компоненты для их получения (молочный и растительные жиры, ЗМЖ, сливочное масло, восстановленное СОМ, цельное и обезжиренное молоко, пахта, ПАВ: МГД и лецитин). На разных этапах работы исследовали также готовую (спреды и смеси жировые) и вторичную (пахта) продукцию, полученную из технологически стойких жировых эмульсий.

В маслоделии обычно используют сливки жирностью около 35 %, поэтому основные исследования в лабораторных условиях проведены на эмульсиях с таким содержанием жировой фазы. Для их получения использовали восстановленное СОМ, а в качестве жировой фазы ЗМЖ: "Олмикс 100 АК" (ТУ У 15.4-00333581. 003-2000) производства ОАО "Киевский маргаринный завод", "Феттимилк 02АК" (ТУ У 15.4-00373847-070-2005) производства ЗАО "Запорожский масложиркомбинат" и "Деликон ЗТЛ №1" (ТУ У 15.4-31400118.001-2002) производства ЗАО "Завод модифицированных жиров" (г. Кировоград). Поскольку в последние годы в большинстве предприятий для производства спредов используют готовые композиции растительных жиров, мы выбрали для исследований ЗМЖ крупнейших производителей Украины. Кроме того, проведена серия опытов с использованием цельного молочного жира. Жирнокислотный состав и физические показатели используемых в работе жиров представлены в таблице 2.1.

Основные ПАВ применяемые в масложировой промышленности – моно- и диглицериды жирных кислот и их производные (Е 471, Е 472), а также лецитины (Е 322). Наиболее широко в масложировой промышленности используют стандартный лецитин. Моноглицериды представляют собой эфиры глицерина и жирных кислот. Вследствие высокой гидрофильности повышается также вероятность большего взаимодействия этого ПАВ с молекулами белков молока, что доказано при изучении стабильности жировых дисперсий в молочной плазме полученных с применением МГД. Кроме того МГД участвуют в создании кристаллической решетки и тем самым способствуют удержанию жидкого жира в монолите спреда.

И лецитин, и МГД с функциональной и технологической, точек зрения, казалось бы, обеспечивают примерно одинаковый результат. Однако использование смесей лецитинов с

Таблица 2.1

Жирнокислотный состав и физические показатели молочного жира и ЗМЖ [210].

Наименование жира	Содержание ЖК, % по массе				Сумма ненасыщенных ЖК	Число Рейхерта – Мейссля	Транс-изомеров ЖК	Отношение полиненасыщенные С ₁₈₂ + С ₁₈₃ насыщенные	М.д. твердых ТГ при 20°С	Температура плавления
	Линолевая С ₁₈₂	Линоленовая С ₁₈₃	Сумма С ₁₈₂ + С ₁₈₃	Сумма насыщенных						
Норма по ДСТУ 4599			10				9	более 0,2	15...35	27...36
Молочный жир	2,8	0,8	3,6	63,2	36,8	24...34	2,2...5,7	0,06		33...36
Олмийкс 100 АК	10...26	-	25...30	48	52	0,9	6...10	0,64		34
Феттимилк 02АК	8,7	-	8,7	53,6	46,4	3...5	следы	0,16	24...28	31...34
Деликон ЗТЛ №1	6...9	0,15	8,9	47,5	52,5	5,2	0,35-1,5	0,19	25...28	32...34

МГД позволяет получать не только технологический, но и экономический эффекты. Как правило, эмульгаторы используются в композициях. Практика показала, что использование композитов лецитинов с МГД позволяет создавать высокоустойчивые жировые эмульсии. Достижимый результат является не суммой эффектов, производимых каждым эмульгатором, а обусловлен их взаимным влиянием. По-видимому, это связано с тем, что и лецитин и МГД, обладая биполярными характеристиками, совместно способны эффективнее стабилизировать жидкие эмульсии, понижая поверхностное натяжение между водой и жиром за счет явления синергизма. Исследования показали, что такие эмульсии имеют повышенную вязкость и устойчивы в отношении расслаивания. Поэтому Нижегородский завод ПАВ выпускает МФ (Е 471+Е 322) – комплексный эмульгатор МГД с лецитином который применяется в производстве маргариновой продукции и спредов.

Поэтому при проведении исследований использовали эмульгаторы: МГД и соевый лецитин (в соотношении 3:1), которые вводили в жировую фазу эмульсии при температуре 65 и 50 °С, соответственно.

Подготовку компонентов проводили следующим образом. В навеску СОМ небольшими порциями добавляли теплую (40±2 °С) воду, тщательно растирая комочки. Смесь оставляли на 10...15 мин в состоянии покоя. ЗМЖ растапливали в сушильном шкафу при температуре 70 °С. После установки заданной температуры воды в рубашке и вакуума в рабочей емкости эмульсора, а также запуска и корректировки программного

обеспечения системы автоматизации, в эмульсор через воронки подавали фильтрованное восстановленное СОМ и растопленный жир. После стабилизации температуры смеси в рабочей емкости эмульсора, выставляли необходимую интенсивность обработки и начинали диспергирование, контролируя и записывая показатели температуры и вакуума. Кроме того, с помощью системы автоматизации регулировали и фиксировали энергетические параметры процесса во времени. Отбор проб эмульсий проводили при помощи специального устройства. Частота отбора проб, в зависимости от снимаемого параметра и метода исследований варьировалась от 10 до 60 с в лабораторных условиях и после каждого цикла обработки, а также после всех технологических операций, в промышленных условиях. Данные по энергетическим параметрам эмульгирования фиксировались программой Global Drive Oscilloscope с частотой 0,5 с в ходе экспериментальной выработки.

При проведении исследований эмульгирования применяли разные варианты обработки: при различных температурах (40, 50, 55, 60, 65 и 70 °С), разной интенсивности обработки (1500, 2000, 2500 и 3000 об/мин, или 9,5, 12,6, 15,7 и 18,8 м/с соответственно), с вакуумированием и без, при различной массовой доле ПАВ (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 и 1,6 %), и жировой фазы (3,5; 10; 25 и 35 %), с различными видами жировой фазы (ЗМЖ "Олмикс 100 АК", "Феттимилк 02АК", "Деликон ЗТЛ №1" и молочный жир), на протяжении заданного времени. Немедленно после отбора проб эмульсий проводили их оценку по таким параметрам: степень дестабилизации, стойкость и степень дисперсности жировой фазы, в качестве эталона взяли показатели натуральных сливок соответствующей жирности. Точность полученных результатов обеспечивалась 3...5 кратной повторностью опытов.

Разработка режимов получения технологически стойких жировых дисперсий с использованием эмульсора Я5-ОММ при производстве спредов методом непрерывного сбивания проведена на базе ЗАО "Золотоношский маслодельный комбинат", г. Золотоноша, Черкасской области, а также ДП "Старокопстантиновский молочный завод", г. Старокопстантинов, Хмельницкой области.

Для производства спредов на базе ЗАО "Золотоношский маслодельный комбинат" использовали модифицированное пальмовое масло СТИ (УПШ), натуральные молочные

сливки и обезжиренное молоко. Реологические характеристики используемого пальмового масла подобны полученным нами ранее³ для пальмового масла с йодными числами 33...39.

Компоненты закладывали в соотношениях, соответствующих рецептурам спредов: "Золотоніський" традиційний 72,5 % и "Золотоніський" домашній 66,5 % жира.

Эмульсор Я5–ОММ был установлен вместо центробежного насоса Sigma NPВ 160-50 (рис. А.1 и Б.1.1 – приложение А и Б.1). Перед началом работы на эмульсоре был выставлен зазор 0,44 мм для грубого диспергирования жира в смеси, а также подключен амперметр и манометр.

Подготовка смеси (рис. Б.4.1 – приложение Б.4) для проведения опытной выработки спреда проходил в следующем порядке: в емкости для эмульгирования (рис. А.1 – приложение А) с теплообменной рубашкой, в которую подавался и барботировал пар, расплавляли и термостатировали при температуре 65...70 °С пальмовое масло. Туда же при постоянном перемешивании вносили обезжиренное молоко (температура 70...75 °С). Перемешивание осуществляли с помощью лопастной мешалки на протяжении всего диспергирования, вплоть до окончания перекачивания готовой эмульсии на смешивание с натуральными сливками. После окончания подачи обезжиренного молока в емкость для диспергирования проводили грубое эмульгирование компонентов смеси на протяжении 1 цикла⁴ обработки, с помощью эмульсора Я5-ОММ при зазоре 0,44 мм. Далее подготовленную смесь диспергировали, циркулируя через эмульсор, при минимальном рабочем зазоре 0,22 мм начав, таким образом, эмульгирование. После каждого цикла, на протяжении всего эмульгирования (8 циклов), были проведены отборы проб для определения показателей стойкости эмульсии.

Готовую жировую дисперсию перекачивали эмульсором при рабочем зазоре 1,76 мм на смешивание с натуральными сливками (при соотношении молочного и растительных жиров 60 : 40 соответственно), которое проводили в резервуаре с двумя мешалками при температуре 40...50 °С. После смешивания комбинированные сливки

³ Годовые отчеты ТИММ о научно исследовательских работах: №27.01(02.01.01)"Разработать технологию сливочно-растительного масла со сбалансированным составом", 2003г.; №06.00(02.01.02)"Разработать высокоэффективные технологии маргаринов с применением новых стабилизирующих систем и устройств роторного типа", 2003г.; №50.04(02.01.26)"Разработать современную нормативно-техническую базу для производства масла и жировых спредов на основе фундаментальных исследований состава и свойств молочного и растительных жиров", 2005г.

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

пастеризовали в пастеризационно-охладительной установке ХКСС 600/110 (производительность 6 т/ч) при температуре 100 °С и направляли на созревание в течение 15 ч при температуре 4 °С. По завершению созревания смесь нагревали до температуры 15 °С и направляли на сбивание в маслоизготовитель КМ-2000 (производительность 2 т/ч, частота оборотов сбивателя 900 об/мин). Расфасовку спреда проводили на автомате М6-АРМ в потребительскую тару (брикеты по 200 г).

Для производства спреда сладкосливочного "Фермерське" 72,5% жира на базе ДП "Староконстантиновский молочный завод", в качестве жировой фазы эмульсий использовали ЗМЖ "Олмикс 100 АК".

Для получения эмульсий растительных жиров при производстве спредов на заводе использовали центробежный насос, который нами был снят с линии из-за недостаточной эффективности и заменен на эмульсор Я5-ОММ без дополнительного монтажа труб. Схема технологического процесса производства спредов на ДП "Староконстантиновский молочный завод" представлена в приложении Б.2 – рис. Б.2.1

Перед началом работы эмульсор и герметичность соединений были проверены на воде, после чего был выставлен зазор 0,44 мм для грубого диспергирования жира в смеси.

Подготовка смеси для проведения опытной выработки спреда проходила в следующем порядке: в плавителях (один из которых использовали и в качестве емкости для эмульгирования) с трубными решетками по которым проходил и барботировал пар (температура 110...130°С), расплавливали и термостатировали до температуры 65...75°С ЗМЖ "Олмикс 100 АК". Температуру жира, а впоследствии смеси, с целью предотвращения их пригорания, регулировали давлением пара 0,1...0,3 МПа.

Далее в используемый в качестве емкости для эмульгирования плавитель с расплавленным ЗМЖ вносили обезжиренное молоко (температура $55 \pm 5^\circ\text{C}$, кислотность 18 °Т, массовая доля жировой фазы 0,05 %), перемешивая при этом компоненты смеси с помощью эмульсора Я5-ОММ на рабочем зазоре 0,44 мм. После окончания подачи обезжиренного молока смешивание продолжали $\tau=10\text{...}20$ мин, после чего подготовленную смесь диспергировали циркулируя через эмульсор при минимальном рабочем зазоре 0,22 мм начав, таким образом, эмульгирование.

После каждого цикла, на протяжении всего эмульгирования (5 циклов) были проведены отборы проб для определения показателей стойкости эмульсий.

Готовую жировую дисперсию подавали на смешивание с натуральными сливками (при соотношении молочного и растительных жиров 70 : 30 соответственно), поддерживая ее стабильность в плавителе с помощью эмульсора на рабочем зазоре 0,44 мм. Смешивание проводили в расширительном бачке без мешалок, перед пастеризационной установкой, регулируя подачу натуральных и "растительных" сливок на одном уровне.

После смешивания комбинированные сливки пастеризовали в трубчатом пастеризаторе ПТУ (производительность 10 т/ч) при температуре 103...110 °С, охлаждали в пластинчатом регенераторе-охладителе ОКЛ-15 до температуры 9...11 °С и направили на созревание в течение 8...9 ч при температуре 10...11 °С.

После созревания смесь нагревали до температуры 14 °С и направляли на сбивание в маслоизготовитель FBFC (производительность 2,5 т/ч, частота оборотов 1250...1500 об/мин). Расфасовку спреда проводили на автомате М6-АРМ в потребительскую тару (брикеты по 200г).

Разработка режимов получения технологически стойких жировых дисперсий с использованием эмульсора Я5-ОММ при производстве спредов методом преобразования ВЖС проведена на базе ОАО "Решетиловский маслозавод", п.г.т. Решетиловка, Полтавской области.

Для оптимизации эмульгирования высокожирных смесей (62,5...72,5 % жира), с помощью эмульсора роторного типа Я5-ОММ, применяли различные способы смешивания и подачи компонентов в емкость для диспергирования. Кроме того, корректировали такие технологические параметры как: температура эмульгирования, скорость подачи компонентов и их температура при смешивании, интенсивность механического воздействия и продолжительность эмульгирования. Изменение интенсивности механического воздействия осуществлялось с помощью регулирования рабочего зазора между ротором и статором эмульсора; путем ограничения расхода продукта на выходе (создание противодействия); а также используя дополнительные устройства (насос ОРА-10, рамочные мешалки) для грубого эмульгирования.

Процесс подготовки смеси для проведения опытной выработки спреда проходил в следующем порядке (рис. Б.3.1, Б.5.1 – приложение Б.3, Б.5): в плавителе с трубными решетками, по которым проходит пар (температура 110...130 °С), готовили жировую фазу: плавил молочный (масло) и растительные (ЗМЖ Пальмира-2 ТУ У 15.4-00376509-014-2004 производства ОАО "Одесский масложировой комбинат") жиры. Закладку компонентов проводили в соответствии с рецептурой смесей растительно-сливочных: "Традиційна хатинка" 72,5 % и "Полтавське несолоне" 70,5 % жира. Температуру продукта регулировали давлением пара (0,3...0,5 МПа).

По завершении плавления и достижении температуры жировой фазы 65...70 °С в плавитель подавали цельное либо обезжиренное молоко или пахту, температура которой составляла 10 ± 2 °С. Компоненты в плавителе распределялись следующим образом (снизу-вверх): молоко или пахта, молочный жир, растительные жиры, обуславливая колебание температур в разных слоях от 40 °С до 60 °С.

По окончании подачи молока компоненты смеси с помощью насоса перекачивали в ванну (емкость для диспергирования) с теплообменной рубашкой и рамочной мешалкой. Температуру воды в теплообменной рубашке поддерживали на уровне 40...45 °С. Скорость подачи компонентов из плавителя составляла 6...10 м³/ч, что осуществлялось с помощью регулирования сечения проходного крана при подаче насосом ОРА-10 с рабочей производительностью 10 м³/ч.

Одновременно с началом подачи компонентов в нормализационную ванну включали эмульсор роторного типа Я5-ОММ, насос ОРА-10 и рамочную мешалку, начиная, таким образом, процесс эмульгирования. Диспергировали при минимальном рабочем зазоре между ротором и статором 0,22 мм, без ограничения расхода продукта на выходе.

По завершении подачи компонентов эмульсии из плавителя ее нормализовали в ванне, а затем, убедившись в получении качественного продукта, выключали эмульсор.

После окончания диспергирования полученную эмульсию с помощью ротационного насоса ОРА-10 направляли на пастеризацию, поддерживая ее стабильность в нормализационной ванне с помощью мешалки (предварительно

уменьшив частоту ее вращения). Температуру воды в рубашке нормализационной ванны при этом поддерживали на уровне 40...45 °С.

По завершении высокотемпературной обработки, эмульсию направляли в емкость с мешалкой и теплообменной рубашкой (ОВН-600), откуда в закрытом потоке непосредственно в маслообразователь Я5-ОМС-1. Готовый продукт подавали на расфасовку.

Диспергирование эмульсии 35 %-ной жирности проводилось в емкости ОВН-600 с помощью эмульсора Я5-ОММ при минимальном рабочем зазоре между ротором и статором 0,22 мм. Для создания противодействия регулировали сечение крана на 100 % и 50 %. Компоненты смеси (расплавленный ЗМЖ Пальмира-2 и цельное молоко) при помощи терморегулирующей рубашки емкости ОВН-600 доводили до температуры эмульгирования 65 °С, перемешивали мешалками и диспергировали в течение 8 циклов обработки. После каждого цикла обработки проводили отбор проб. В ходе работы, при помощи амперметра и манометра, фиксировали исследуемые параметры (ток и давление).

Исследование стойкости эмульсии проводили по четырем методам определения качества эмульсии (п. 2.4).

2.3. Экспериментальная установка

Для изучения технологических и энергетических параметров получения жировых эмульсий, а также оценки их влияния на стойкость дисперсных систем была разработана и смонтирована экспериментальная установка (рис. В.1 – приложение В) на базе эмульсора Я5-ОЕА (рис. Д.1 – приложение Д), которая оснащена средствами управления и измерения параметров обработки. Данная установка позволяет изменять режимы и интенсивность обработки эмульсии с помощью регулирования температуры и вакуума, изменения числа оборотов двигателя и количества циклов обработки, а также изучать динамику изменения состояния эмульсии во времени. В данной установке эмульсор дооснащен системой автоматизации (на базе контрольно-управляющей системы Lenze), которая предусматривает программное управление с помощью компьютера, а также позволяет проводить запуск и остановку привода с заданной скоростью. Кроме этого, система

автоматизации дает возможность вывода на дисплей компьютера текущих данных о крутящем моменте на валу привода, а также мощности и тока, который потребляется приводом, что в целом дает возможность на качественно новом уровне исследовать влияние энергетических параметров на стойкость эмульсий.

Так как рабочие органы (ротор и статор) лабораторного (Я5-ОЕА) и промышленного (Я5-ОММ) эмульсоров имеют одинаковые конструктивные параметры (диаметр 120 мм), то все установленные оптимальные технологические режимы идентичны для этих диспергирующих устройств, что позволяет все полученные в процессе работы данные применить в промышленных условиях.

2.4. Методы исследований

Первым признаком начального разрушения жировых эмульсий является уменьшение степени дисперсности жира, поэтому были подробно изучены все известные методы определения степени дестабилизации и гранулометрического состава подобных систем. В итоге для оценки эффективности эмульгирования и степени дисперсности жира в приготовленных эмульсиях, использовали следующие методы исследований.

Для объективной оценки разрушения жировых дисперсий использовали *метод определения дестабилизации жира (по Фавстовой)* [211], суть которого заключается в расчете процентного отношения незаэмульгированного (свободного) жира к его общему количеству в эмульсии, после воздействия на нее дестабилизирующего температурного фактора. При этом также коалесцируют ЖШ с частично поврежденной липопротеиновой оболочкой. Степень дестабилизации ЖШ характеризует прочность защитных слоев липопротеиновых оболочек ЖШ, а также устойчивость эмульсий к расслоению (деэмульгированию), вследствие которой дисперсная фаза выделяется в виде объемной фазы и переходит из метастабильного состояния в термодинамически устойчивое.

Для оценки эффективности эмульгирования жиров нами был использован *модифицированный метод определения устойчивости жировой суспензо-эмульсии с модифицированной жировой фазой по отстаиванию жира* [212]. Сущность метода

состоит в расчете процентного отношения отстоявшегося, но агрегативно-устойчивого жира, к его общему количеству в эмульсии, после выдерживания ее определенное время при установленных условиях, без разбавления водой или обезжиренным молоком. Стабильность жировой эмульсии (отстаивание жира), (С, %) вычисляют по формуле:

$$C = \frac{Жэ - Жн}{Жэ - Vн/Vобщ * Жн} * 100\%, \quad (2.1)$$

где: Жэ - массовая доля жира в эмульсии, %;

Жн - массовая доля жира в нижнем слое эмульсии, %;

Vн - объем нижнего слоя эмульсии, см³;

Vобщ - общий объем верхнего слоя эмульсии, см³.

Полученная величина характеризует стойкость эмульсий к образованию конгломератов (флокуляции, коагуляции) и “сливочного” слоя (отстаиванию).

Для определения размеров дисперсных частиц использовали наиболее точный и распространенный метод определения гранулометрического состава жировых эмульсий, а именно *метод микроскопирования*, описанный Н.Н Липатовым [14]. С помощью светового микроскопа Motic (Fischer Bioblock) со встроенной видеокамерой TopView (программа Motic Images 2000) делали снимки десяти полей зрения с каждого образца эмульсий. Средний диаметр ЖШ рассчитывали по формуле объемного распределения:

$$V_{cp} = \frac{V_1 n_1 + V_2 n_2 + \dots + V_i n_i}{n_1 + n_2 + \dots + n_i} \Rightarrow d_{cp} = \sqrt[3]{\frac{6V_{cp}}{\pi}}, \quad (2.2)$$

где V_{cp} – средний объем ЖШ, мкм³;

V_1, V_2, \dots, V_i – объем шариков в размерной группе, мкм³;

n_1, n_2, \dots, n_i – число шариков в размерной группе, шт.;

d_{cp} – средний диаметр ЖШ, мкм.

Были подсчитаны также объемы ЖШ среднего диаметра каждого образца эмульсий.

Показателем стойкости эмульсий, определяемым *методом центрифугирования* [213], служит количество жира, выделившегося из нее в результате сильного механического и теплового воздействия. Стойкость эмульсий (X, %) вычисляют по формуле:

$$X = P_1 * 10, \quad (2.3)$$

где P – количество выделенного жира в см³.

Кроме того в промышленных условиях проводили *определение устойчивости жировых эмульсий по скорости расслаивания* в 250 см³ мерных цилиндрах.

Исследование физико-химических показателей исходных жиров, используемых при производстве спредов, а также определение качества готовых продуктов проводили по следующим методикам.

Массовая доля свободных жирных кислот и перекисное число — основные критерии оценки качества жировой основы. Чем ниже уровень этих показателей, тем выше окислительная стабильность продукта в процессе его хранения.

Перекисное число – отношение количества веществ, которые при стандартных условиях окисляют йодид калия, в перерасчете на активный кислород, в пробе, к ее массе. Методика[214] основана на взаимодействии жира, содержащего органические перекиси, с йодистоводородной кислотой с выделением йода, который оттитровывают тиосульфатом.

Для определения *стойкости к окислению* жиров в хранении использовали методику [215], основанную на кинетике нарастания перекисных чисел в условиях термостатирования проб при температуре 101...103 °С (форсированный метод). Окисление до перекисного числа более 1 % йода (7,8 ммоль ½ О/кг) — является характерным признаком прогорклости для растительных жиров. При этом органолептические показатели продукта могут не изменяться.

Метод определения *кислотности* жира согласно ГОСТ 3624-92 "Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности" [216] и ДСТУ 4463:2005 "Маргарини, жири кондитерські та для молочної промисловості. Правила приймання та методи випробування"[217]. Метод основан на нейтрализации кислот, содержащихся в продукте, раствором гидроксида натрия, в присутствии индикатора фенолфталеина. Кислотность коровьего масла и его жировой фазы принято выражать в градусах Кеттстоффера (°К) – количество см³ водного раствора гидроксида натрия (калия) с концентрацией 1 моль/дм³, затрачиваемое на нейтрализацию свободных жирных кислот, содержащихся в 100 г жира. Кислотность жиров немолочного происхождения обычно выражают кислотным числом (в мг) – массой гидроксида натрия (калия), затрачиваемой на нейтрализацию свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира. Методики определения кислотности молочного жира (в °К)

и немолочных жиров (в кислотных числах) практически идентичны, в связи с этим кислотность молочного и немолочного жиров допустимо выражать как в градусах Кеттстоффера, так и в мг гидроокиси калия на 1 г жира, используя количественное соотношение между ними: $1^{\circ}\text{K} = 0,56 \text{ мг KOH на } 1 \text{ г жира}$.

Величина кислотного числа жира в известной мере характеризует содержание в нем свободных жирных кислот и отображает его качество. Этот показатель определяет степень свежести жира – его окислительную порчу в соответствии с санитарными правилами и нормами СанПиН 2.3.2.560-96 п.6.7.

Число *Рейхерта-Мейссля*, определяли по общепринятой методике [215]. Числом Рейхерта-Мейссля называют количество 0,1 н. щелочи, пошедшее на нейтрализацию летучих, растворимых в воде жирных кислот, выделенных из 5 г жира после его омыления. Полученное мыло разлагают серной кислотой и летучие кислоты перегоняют с водяным паром. Число Рейхерта-Мейссля характеризует содержание в жире низкомолекулярных растворимых в воде и летучих с водяным паром жирных кислот.

Йодное число определяли по ускоренной методике [218], которая основана на действии спиртового раствора йода в присутствии воды. Йодное число жира пропорционально концентрации в нем ненасыщенных низкоплавких жирных кислот.

Показатель преломления жидкой пробы при заданной температуре определяли по ГОСТ Р-51445-99 [219] с помощью рефрактометра дисперсионного универсального (РДУ).

Определяемые *дилатометрическим методом* соотношения кристаллической и жидкой фаз в жирах при разных температурах, а также кинетика плавления кристаллической фазы жира позволяют судить о его структуре и других реологических свойствах. Для изучения закономерностей плавления кристаллической фазы жиров, был использован метод объемной дилатометрии, основанный на свойстве жиров увеличиваться в объеме при переходе из твердого состояния в жидкое. Этот метод позволяет моделировать различные режимы охлаждения, нагревания, термостатирования и по изменению объема рассчитать в жире соотношение кристаллической и жидкой фаз [220].

При определении содержания кристаллической фазы жира дилатометры с расплавленным жиром быстро охлаждали в бане с водно-ледяной смесью при 0°C и выдерживали в течение 3 часов, что обеспечивало устойчивое состояние

равновесия между кристаллической и жидкой фазами. Дилатационную кривую снимали последовательно от 0 °С до 40 °С с выдержкой при температурах 8, 12, 16, 20, 24, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 40 °С по 30...40 мин до установления равновесного состояния между кристаллическим и жидким жиром. Затем по формулам уточненной Ересько Г.А., Работяговой Л.И. [220] методики определения содержания кристаллической фазы жиров при различных температурах проводили перерасчет результатов исследования.

Определение *коэффициента термоустойчивости* спредов проводили по ДСТУ 6067:2008 "Масло вершкове та спреди. Методика визначення коефіцієнта термостійкості" [221]. Методика основана на определении способности продукта не деформироваться под действием собственного веса и сохранять форму при температуре $(29 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ на протяжении двух часов.

Структурно-механические свойства жировых основ спредов характеризовали *предельным напряжением сдвига* [1, 222], основанным на погружении конуса в вязкопластическую среду под действием постоянной силы, которое определяли с помощью универсального автоматического пенетromетра «Stanhope-Seta». Он позволяет определить глубину проникновения конуса с определенным углом заточки ($2\alpha=78^\circ$) в продукт за 5 с погружения. Предельное напряжение сдвига рассчитывали по данным пенетрации по формуле, $\text{г}\cdot\text{см}^2$ [36, 222]:

$$P_m=3800*h^{-1,26}, \quad (2.4)$$

где h – глубина проникновения конуса пенетromетра с углом $2\alpha=78^\circ$ при нагрузке 0,565Н, выраженная в делениях шкалы равных 10^{-4}м . Предельное напряжение сдвига определяли в диапазоне температур 6...24 °С.

Определение *температуры плавления* жиров по поднятию жира в открытом капилляре проводили в соответствии с ДСТУ 4463:2005 "Маргарини, жири кондитерські, та для молочної промисловості. Правила приймання та методи випробування" [223].

Органолептическую оценку спредов проводили в соответствии с требованиями ДСТУ 4445:2005 "Спреди та суміші жирів. Загальні технічні умови" [224], а также "Інструкції про порядок проведення оцінки якості м'ясо-молочних продуктів, затвердженої МОЗ України 25.04.2006, №213" [225].

Определение *кислотности* эмульсий и пахты проводили по ГОСТ 3624-92 "Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности" [216]. Метод основан на нейтрализации кислот, содержащихся в продукте, раствором гидроокиси натрия в присутствии индикатора фенолфталеина.

Плотность эмульсий и пахты определяли ареометрическим методом определения плотности по ГОСТ 3625-84 "Молоко и молочные продукты. Методы определения плотности" [226] с помощью ареометров АМ и АМТ с ценой деления шкалы 0,5 и 1,0 кг/м³ соответственно.

2.5. Математическая и статистическая обработка результатов

Полученные экспериментальные данные подвергали статистической обработке методами регрессионного и дисперсионного анализа при помощи программы СПЛАЙН 3.3.2 в соответствие с ДСТУ ISO 8466 (ч.1;ч.2) [227,228], а также с помощью руководств [229...233].

Результаты экспериментальных исследований аппроксимировали путем подбора линейной, квадратичной и полиномиальных (степенной, ортогональной, экспоненциальной, Чебышева) регрессий (пример см. рис. Е.1.1-Е.1.6 – приложение Е.1). Их построение и расчет коэффициентов регрессий осуществляли взвешенным методом наименьших квадратов [234]. Оценивали их доверительные интервалы, проводили построение доверительного коридора.

Была проведена проверка подчиненности результатов исследований нормальному закону распределения [235], проверка гипотезы об однородности дисперсий, а также значимость регрессий по критерию Фишера [227,228,236].

Определение и исключение грубых ошибок (дисперсий, значения которых значительно превышают остальные) осуществляли по критериям Граббса и Фишера (рис. Е.2.1 – приложение Е.2).

Для обозначения параметров регрессионного и дисперсионного анализа, в основном использовали терминологию (приложение Е.3), принятую в ДСТУ ISO 8466 (ч.1;ч.2). В основу построения алгоритмов обработки были положены стандарты [227, 228, 234, 237, 238].

Прежде всего, проводили проверку однородности дисперсий. Предельные данные x_{min} и x_{max} использовали для расчета дисперсий s_1^2 и s_2^2 по уравнению:

$$s_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{10} (y_{i,j} - \bar{y}_i)^2}{n_i - 1}, \quad (2.5)$$

где $f_i = n_i - 1$, со средним значением:

$$\bar{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^{10} y_{i,j}}{n_i} \quad (2.6)$$

Полученные дисперсии с помощью F -критерия проверяли на значимость расхождений на границах рабочего диапазона. Для этого вычисляли значение PG с помощью уравнений:

$$PG = \frac{s_2^2}{s_1^2}, \text{ если } s_2^2 > s_1^2, \quad (2.7)$$

$$PG = \frac{s_1^2}{s_2^2}, \text{ если } s_1^2 > s_2^2 \quad (2.8)$$

PG сравнивали с табличными значениями квантиля F -распределения:

- если $PG \leq F_{f_1; f_2; 0,99}$, разница между дисперсиями s_1^2 и s_2^2 незначительная;
- если $PG > F_{f_1; f_2; 0,99}$, разница между дисперсиями s_1^2 и s_2^2 значительная.

Далее проводили статистическую проверку на линейность, во время которой экспериментальные данные использовали для расчета линейной или нелинейной характеристик с остаточным средним квадратическим отклонением s_{y1} , или s_{y2} . Расхождение дисперсий DS^2 рассчитывали по уравнению:

$$DS^2 = \frac{DS^2}{s_{y2}^2} \quad (2.9)$$

Количество степеней свободы: $f=1$.

DS^2 и дисперсию нелинейной характеристики s_{y2} проверяли с помощью F -критерия, для установления значимости расхождений. Для этого рассчитывали:

$$PG = \frac{DS^2}{s_{y2}^2} \quad (2.10)$$

Если $PG \leq F$: нелинейная характеристика s_{y2} не обеспечивает лучшей аппроксимации, — значит, характеристика линейная.

Если $PG > F$: данные оценивали с применением нелинейной характеристики.

После этого, экспериментальные данные, с линейной характеристикой которые содержат значения x_i и y_i подвергали линейному регрессионному анализу. Полученные значения коэффициентов a и b характеристик описывают линейную зависимость между значениями x , и y уравнением:

$$y = a + bx \quad (2.11)$$

Коэффициенты чувствительности получали из уравнений:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, \quad (2.12)$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} \quad (2.13)$$

Эти коэффициенты оценивают действительную функцию, ограниченную неминуемым разбросом. Точность расчетов количественно выражали остаточным средним квадратическим отклонением, s_y , которое является мерой разброса значений величин, соответственно уравнению:

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N-2}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [y_i - (a + bx)]^2}{N-2}} \quad (2.14)$$

Среднее квадратическое отклонение методики s_{x0} , вычисляли с помощью уравнения:

$$s_{x0} = \frac{s_y}{b} \quad (2.15)$$

Для экспериментальных данных с нелинейной характеристикой коэффициенты регрессии рассчитывали, используя уравнение:

$$y = a + bx + cx^2 \quad (2.16)$$

Для расчета коэффициентов a , b и c необходимы такие промежуточные величины:

$$Q_x = \sum_{i=1}^N x_i, \quad (2.17)$$

$$Q_{xy} = \sum_{i=1}^N x_i y_i, \quad (2.18)$$

$$Q_{xy^2} = \sum_{i=1}^N x_i y_i^2, \quad (2.19)$$

$$Q_x^2 = \sum_{i=1}^N x_i^2, \quad (2.20)$$

$$Q_{xy^3} = \sum_{i=1}^N x_i y_i^3, \quad (2.21)$$

Центр рабочего диапазона:

$$x = \frac{\sum x_i}{N} \quad (2.22)$$

Среднее значение измеряемой величины:

$$y = \frac{\sum y_i}{N} \quad (2.23)$$

Оценка коэффициентов уравнения нелинейной характеристики:

$$a = \frac{Q_{xy} - b Q_x - c Q_x^2}{N}, \quad (2.24)$$

$$b = \frac{Q_{xy} - c Q_x^2}{Q_x}, \quad (2.25)$$

$$c = \frac{Q_{xy^2} - b Q_{xy} - a Q_x}{N} \quad (2.26)$$

Точность рассчитанных коэффициентов нелинейной характеристики определяет остаточное среднее квадратическое отклонение s_y , которое количественно описывает разброс значений величин, вокруг полиномов второго порядка:

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{N-3}}, \quad (2.27)$$

где
$$\hat{y}_i = a + bx_i + cx_i^2, \quad (2.28)$$

или
$$s_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{N-3}} \quad (2.29)$$

Количество степеней свободы:

$$F = N - 3$$

Коэффициенты чувствительности для нелинейной характеристики получали из уравнения:

$$e = b + 2cx \quad (2.30)$$

Чувствительность в центре \bar{x} рабочего диапазона выражали характеристикой:

$$E = b + 2c\bar{x} \quad (2.31)$$

где E - наклон (касательная) характеристики в центре \bar{x} рабочего диапазона.

При нелинейной характеристике среднее квадратическое отклонение методики s_{x0} есть частное от деления остаточного среднего квадратического отклонения s_y на чувствительность E .

$$s_{x0} = \frac{s_y}{E} \quad (2.32)$$

Для сравнения как линейных, так и нелинейных методик, с установленными характеристиками погрешности, рассчитывали коэффициент вариации (относительное среднее квадратическое отклонение измерения V_{x0}), в процентах за уравнением:

$$V_{x0} = \frac{s_{x0}}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (2.33)$$

Графическую и математическую обработку результатов проводили при помощи программ СПЛАЙН 3.3.2, Microsoft Excel 7.0, Harvard ChartXL for Windows XP.

Проведена математическая обработка результатов исследований от реализации D-оптимального плана трехфакторного эксперимента для получения регрессионных зависимостей изменения технологических и энергетических факторов в процессе получения технологически стойких эмульсий. Обнаружение и устранение значений факторов, которые выходят за границы доверительного интервала, определение коэффициентов уравнений регрессии, проверка значимости коэффициентов регрессии и дисперсии адекватности уравнений регрессии осуществляли с помощью программ Microsoft Office Excel 2003.Ink, Harvard Chart XL та Mathsoft Mathcad Enterprise EditionON V11.A.

РАЗДЕЛ 3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Важнейшей технологической операцией при производстве спредов является получение устойчивых эмульсий. При производстве спредов методом преобразования ВЖС эмульсии подвергаются лишь пастеризации и вторичному сепарированию в течение сравнительно короткого времени, поэтому и требования к их устойчивости сравнительно не высокие. И все же такие эмульсии должны сохранять стабильность вплоть до поступления в маслообразователь. При производстве спредов методом сбивания к агрегативной устойчивости эмульсий предъявляются достаточно высокие требования, т.к. они должны выдерживать без разрушения процессы пастеризации, охлаждения, созревания и подогревания. Некоторые из этих процессов осуществляются при механической обработке, которая является одним из основных факторов, влияющих на стойкость жировых дисперсий. Поэтому первый этап работы был посвящен исследованию показателей качества эмульсий в зависимости от характера механического воздействия, количества затрачиваемой на эмульгирование энергии и продолжительности диспергирования.

3.1. Исследование факторов влияющих на дисперсность и стабильность жировых эмульсий

3.1.1. Интенсивность механического воздействия и длительность эмульгирования. Прежде чем перейти к изложению полученных результатов, необходимо отметить следующее. Применяемые методы исследований стабильности и дисперсности эмульсий принципиально отличаются и имеют определенную специфику.

Одним из важнейших показателей устойчивости эмульсий является их дисперсность. Наиболее точным и распространенным методом определения гранулометрического состава жировых эмульсий является непосредственный микроскопический подсчет и измерение размеров ЖШ, общие принципы которого достаточно хорошо известны.

Наибольший практический интерес оценки дисперсности и стабильности эмульсий представляет метод седиментационного анализа, основанный на законе Стокса. Сущность метода состоит в определении процентного отношения отстоявшегося, но агрегативно-устойчивого жира к его общему количеству в эмульсии после выдерживания ее определенное время при установленных условиях, без разбавления водой или обезжиренным молоком (см. п. 3.1.5). Подготовка проб для анализа соответствует условиям физического созревания смеси при производстве спредов методом сбивания. Полученная величина характеризует стойкость эмульсий к образованию конгломератов (флокуляции, коагуляции) и “сливочного” слоя (отстаиванию).

Однако для полного представления об устойчивости эмульсий упомянутых методов исследований недостаточно. Одним из объективных показателей разрушения жировых дисперсий является степень дестабилизации ЖШ. Эта величина характеризует устойчивость эмульсии к разрушению, вследствие которой дисперсная фаза выделяется в виде объемной фазы и переходит из метастабильного состояния в термодинамически устойчивое. Суть применяемого нами метода Фавстовой, заключается в определении процентного отношения незаэмульгированного (свободного) жира к его общему количеству в эмульсии, после воздействия на нее дестабилизирующего температурного фактора. При этом также коалесцируют ЖШ с частично поврежденной липопротеиновой оболочкой. Данный метод исследований позволяет определять устойчивость эмульсий к расслоению (деэмульгированию) и прочность защитных слоев липопротеиновых оболочек ЖШ.

Таким образом, с помощью используемых нами методов исследований можно определить степень дисперсности (метод микроскопирования) и агрегативную устойчивость эмульсий к коалесценции (метод Фавстовой), а также их седиментационную и кинетическую стойкость к коагуляции (метод отстаивания).

Анализируя изменения стабильности жировой эмульсии при обработке в эмульгирующем устройстве по количеству дестабилизированного жира (рис. 3.1) можно сделать вывод, что повышение интенсивности механического воздействия (с 1500 до 3000 об/мин или с 63 до 175 Вт соответственно) ускоряет формирование эмульсий типа ж/в. Рациональная продолжительность эмульгирования при интенсивности обработки 3000 об/мин составляет 1,5 мин. Количество дестабилизированного жира при этом находится на уровне 30 %.

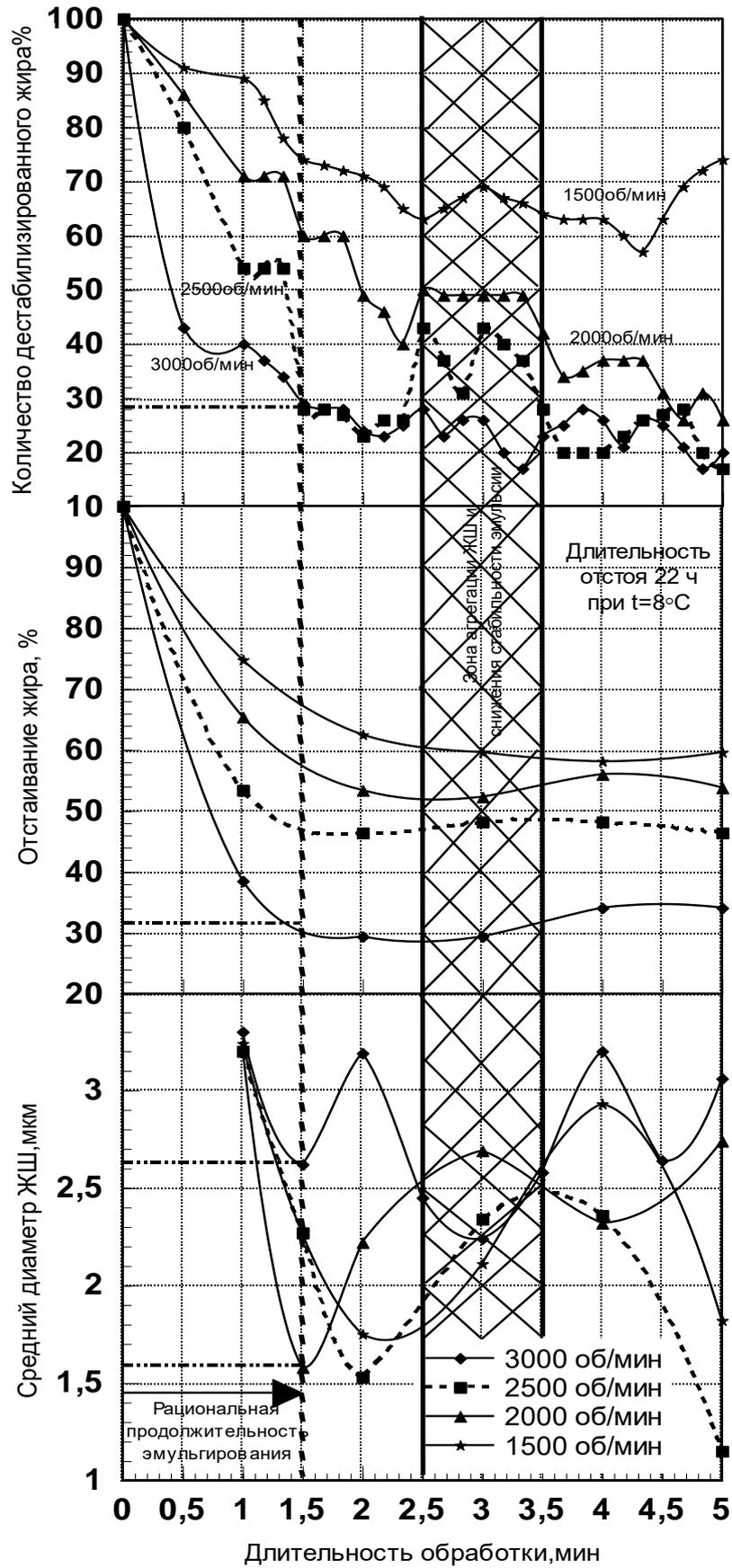


Рис. 3.1. Степень дисперсности и стабильности жировых эмульсий в ходе обработки в эмульгирующем устройстве.

Эффективность эмульгирования, оцениваемая по отстаиванию (рис. 3.1), так же достигает практически максимального уровня через 1,5 мин. Еще четче прослеживается зависимость стабильности жировой эмульсии от интенсивности механического воздействия. Так через 1,5 мин обработки при частоте вращения ротора эмульгирующего устройства 1500 об/мин (9,5 м/с) степень дестабилизации жировой эмульсии составляет 70 %, в то время как при 3000 об/мин (18,8 м/с) – 30 %.

Между скоростью вращения ротора эмульгирующего устройства и дисперсностью жировой фазы эмульсий не удалось установить какой либо четкой зависимости (рис. 3.1). Некоторое недоумение вызывает характеристика дисперсности эмульсий, полученных при обработке со скоростью 3000 об/мин. Средние размеры ЖШ в них превышают таковые для эмульсий, полученных при более низкой интенсивности механического воздействия. При этом полученные нами данные показали, что в ходе обработки в эмульгирующем устройстве (при скорости ротора 1500...3000 об/мин) можно уже через 1,5 мин получить тонкодисперсную жировую эмульсию с размерами ЖШ соизмеримыми с таковыми для натуральных молочных сливок.

Таким образом, анализируя динамику изменения состояния жировой эмульсии в ходе обработки в роторно-вихревом устройстве (рис. 3.1), можно утверждать, что эффективность эмульгирования, оцениваемая по степени дестабилизации и отстаиванию жира достигает практически максимального уровня через 1,0...1,5 мин эмульгирования при интенсивности воздействия 3000 об/мин, что хорошо коррелирует с данными по размерам ЖШ (дисперсностью жировой фазы).

Принципиально такая же эмульсия получается и при скорости вращения ротора эмульгирующего устройства 2500 об/мин (15,7 м/с). Хотя последняя по показателю отстоя уступает предыдущей.

В результате проведенных экспериментальных работ установлена чрезвычайно интересная и, по-видимому, важная закономерность, которая заключается в следующем. Эмульгирование жира проходит циклично – на фоне формирования эмульсии попеременно происходит снижение размеров ЖШ (диспергирование жировой фазы) и увеличения их (агрегация). При этом снижение дисперсности жира сопровождается и

соответствующим снижением стабильности эмульсии (повышением степени дестабилизации). Особенно хорошо этот эффект (рис. 3.1) проявляется при интенсивности обработки, соответствующей скорости ротора эмульгирующего устройства 2000 об/мин (12,6 м/с) и 2500 об/мин (15,7 м/с). Во временном промежутке обработки (при скорости ротора 2500 об/мин) от 2,0 до 3,6 мин степень дестабилизации возрастает с 24 до 44 %. Средние размеры ЖШ при этом могут изменяться с 1,6 до 2,6 мкм (при скорости ротора 2000 об/мин) и с 1,5 до 2,5 мкм (при скорости ротора 2500 об/мин). В большей или меньшей мере эти явления просматриваются и при интенсивности обработки, соответствующей скорости 1500 и 3000 об/мин. Изложенное подтверждается также микрофотографиями (рис. Ж.1.1-Ж.1.11 – приложение Ж) ЖШ эмульсий, полученных при разной интенсивности и длительности диспергирования.

Частота смены размеров ЖШ возрастает по мере повышения интенсивности обработки продукта (числа оборотов ротора).

Цикличность процесса диспергирования жира весьма наглядно демонстрируют кривые изменения гранулометрического состава эмульсии (рис. 3.2). Так через 2 мин эмульгирования, при интенсивности обработки 2500 об/мин, в эмульсии преобладают ЖШ с диаметром 9 мкм и ниже (объем жира в ЖШ с диаметром выше 12 мкм составляет 11 %). Тогда как через 3 мин, при той же интенсивности обработки, основная масса жира (68 %) присутствует в ЖШ размером 13...19 мкм. В дальнейшем, через 5 мин эмульгирования дисперсность вновь повышается – в ЖШ размером 13 мкм содержится всего лишь 9 % жира. Эти данные хорошо коррелируют с описанными выше.

Известно, что роторные эмульсоры дают возможность создания наибольшего, в сравнении с другими типами диспергирующих устройств, градиента скорости в потоке обрабатываемого продукта при минимальном расходе энергии. Поэтому трактовка эмульгирования в таких эмульсорах с точки зрения гипотез, в которых причиной деформации и дробления ЖШ считается большой градиент скорости (гипотезы Ребиндера и Виттинга, Суркова), представляются более убедительными. При этом результаты наших исследований не противоречат кавитационной [239] и новой субкавитационной гипотезе гомогенизации [80].

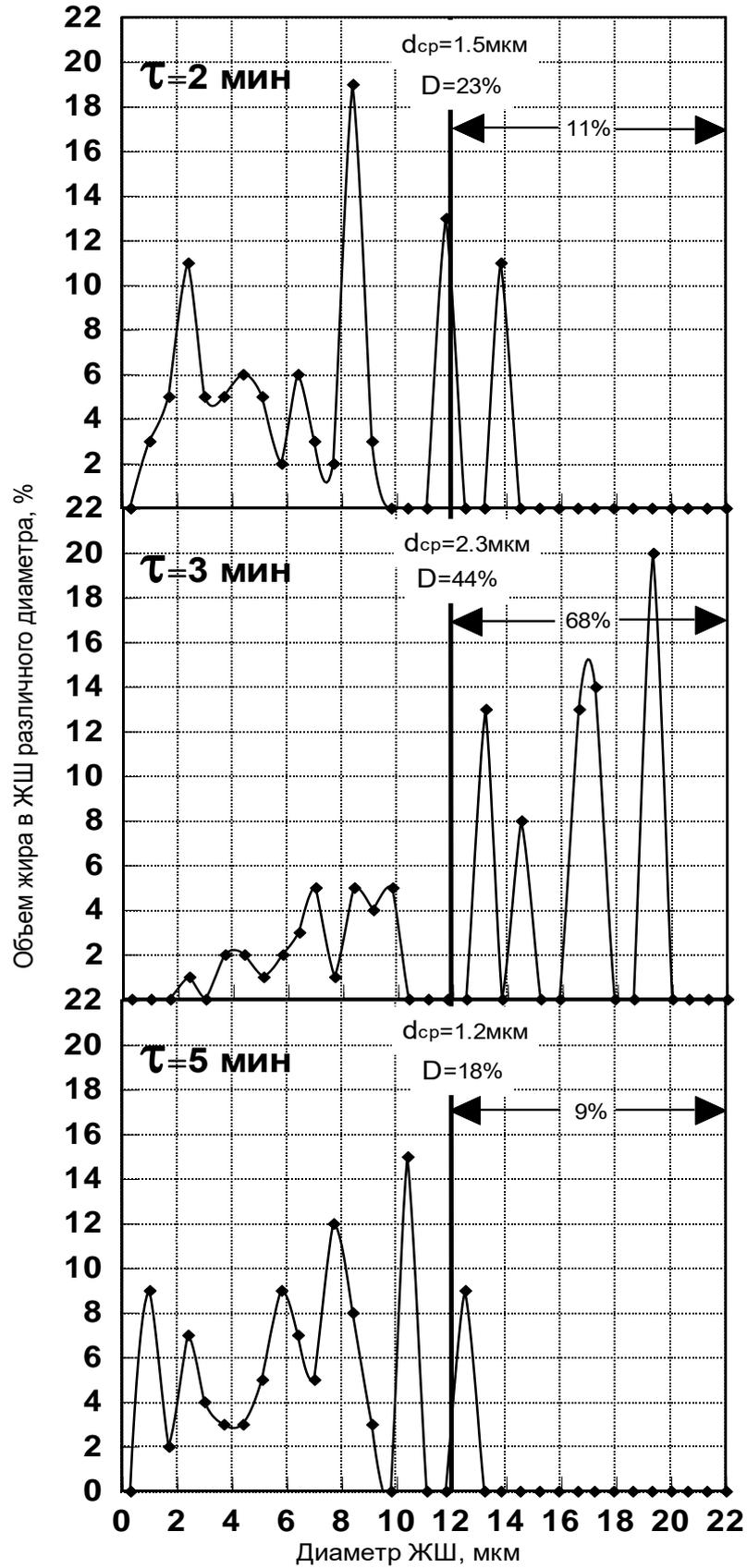


Рис. 3.2. Изменение гранулометрического состава жировой эмульсии в ходе обработки в эмульгирующем устройстве ($n=2500$ об/мин).

Установленные нами закономерности цикличности диспергирования жиров совпадают с отмеченными ранее на других системах выводами П.А. Ребиндера [2], согласно которым получение эмульсий есть результат двух конкурирующих процессов: диспергирования всего объема жидкости с образованием отдельных капель и коалесценции этих капель с образованием большего объема жидкостей, так как эмульгатор не успевает полностью адсорбироваться на поверхности капелек, и они еще не имеют устойчивости, соответствующей уровню готовой эмульсии. Данное представление о механизме эмульгирования также подтверждают работы Л. Я. Кремнева с сотрудниками.

Для выяснения возможных причин вышеупомянутой цикличности диспергирования было принято решение исследовать изменение устойчивости готовой жировой эмульсии в покое, без какого-либо механического воздействия. Было выдвинуто предположение о том, что, возможно, необходимо время для ориентации молекул ПАВ на поверхности, образующихся ЖШ дисперсии, что, в свою очередь, повышает стабильность эмульсии. В ходе же диспергирования, этого времени может быть недостаточно и частично сформировавшиеся оболочки ЖШ, под воздействием интенсивной механической обработки, вновь разрушаются, приводя к уменьшению устойчивости эмульсии, что и является причиной вышеупомянутых явлений.

При проведении экспериментальных исследований диспергировали в молочной плазме чистый молочный жир при добавлении ПАВ (МГД+лецитин в соотношении 3:1).

В результате установлено, что в процессе выдержки в состоянии покоя при температуре 65 °С (рис. 3.3) количество дестабилизированного жира повышается незначительно. Снижение устойчивости эмульсии (по методу Фавстовой) в течение первого часа выдержки составляло 6%, в дальнейшем она практически не изменяется и даже после восьми часов остается на том же уровне (20 % дестабилизированного жира), который не превышает показатели технологической стойкости при производстве спредов методом сбивания жировой смеси.

Таким образом, можно утверждать, что после диспергирования, в процессе выдержки, не происходит увеличение устойчивости эмульсии, вследствие ориентирования молекул ПАВ на поверхности ЖШ, или других стабилизирующих

процессов. Однако, после стабилизации эмульсии в течении часа на уровне, приближенном к показателям натуральных сливок соответствующей жирности, значительного изменения ее устойчивости не происходит.

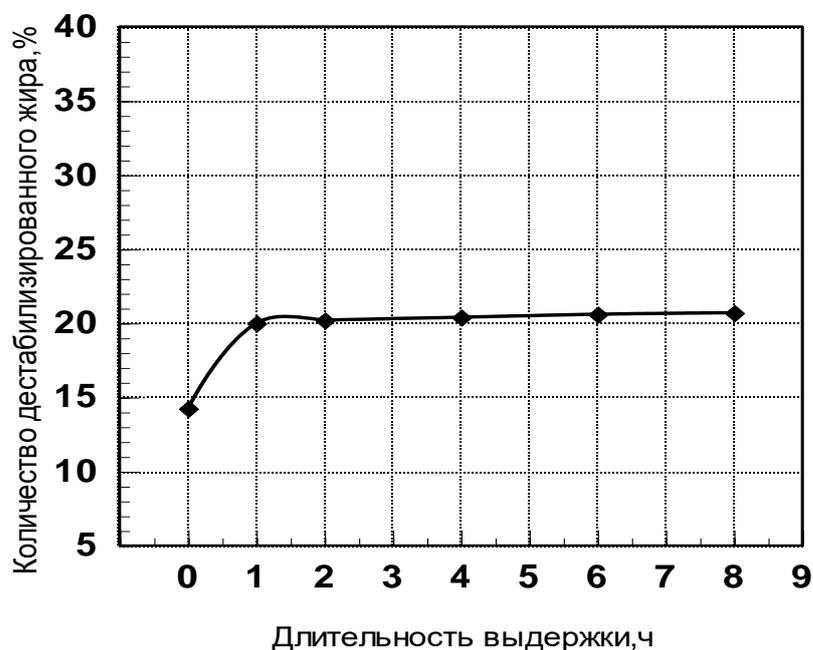


Рис. 3.3. Изменение устойчивости жировой эмульсии в ходе выдержки при $t^{\circ}=65^{\circ}\text{C}$, после обработки в эмульгирующем устройстве ($n=3000$ об/мин; $t^{\circ}=65^{\circ}\text{C}$).

Тем не менее, мы предполагаем, что причиной цикличности процесса диспергирования является неоднозначное поведение ПАВ при распределении на границе раздела фаз и формировании стабилизирующей оболочки ЖШ во время интенсивной механической обработки, что в совокупности с коалесценцией недостаточно устойчивых капель при соударениях требует определенного времени для уравнивания ее с диспергированием и проявления максимальных стабилизирующих свойств ПАВ.

Подводя итог этому разделу исследований, можно отметить, что эмульгирование растительного жира проходит во времени по характерной волнообразной кривой: зона минимальных диаметров и объемов ЖШ сменяются зонами повышенных диаметров и объемов, при этом эти показатели изменяются в 1,5...3 раза. Обработка эмульсии в роторном устройстве со скоростью 3000 об/мин (18,8 м/с) уже через 1,5 мин дает тонкодисперсную стойкую жировую эмульсию с размерами ЖШ, соизмеримыми с таковыми для натуральных молочных сливок.

3.1.2. М а с с о в а я д о л я п о в е р х н о с т н о - а к т и в н ы х в е щ е с т в . Как уже было отмечено, получение устойчивых эмульсий и в последующем высококачественных продуктов без применения ПАВ довольно сложная задача. Эмульгаторы являются важнейшим фактором, обеспечивающим получение продукта с заданными технологическими и потребительскими свойствами. Правильно подобранные композиции ПАВ с установленной оптимальной массовой долей в смеси, особенно при использовании ЗМЖ, оказывают существенное влияние на получение тонкодисперсной жировой системы без перерасхода эмульгатора. Исходя из этого, решение данных вопросов при эмульгировании в устройствах роторного типа является довольно актуальной задачей, чему и посвящен этот раздел работы.

В последующих экспериментальных исследованиях эмульгирование проводили при наиболее эффективной (как показали наши предыдущие исследования – п. 3.1.1.) интенсивности обработки, которая соответствует скорости вращения ротора диспергирующего устройства 3000 об/мин (18,8 м/с). В ходе исследования закономерностей эмульгирования жира в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве были установлены оптимальное содержание ПАВ и продолжительность диспергирования. Полученные данные подтверждают отмеченную рядом авторов важную роль ПАВ при эмульгировании жиров.

Анализируя полученные результаты (рис. 3.4) можно сделать вывод, что по мере повышения массовой доли эмульгатора возрастает стойкость эмульсий (определяемая как по отстаиванию, так и по количеству дестабилизированного жира) и соответственно сокращается рациональная продолжительность обработки. При содержании ПАВ (МГД+лецитин в соотношении 3:1) – 0,6 % и выше для получения устойчивой эмульсии достаточно 1...1,25 мин диспергирования (зона формирования эмульсии с оптимальными свойствами), дальнейшая обработка практически не повышает стабильность эмульсии и является нецелесообразной.

Повышение содержания эмульгатора также не всегда коррелирует с увеличением дисперсности эмульсии, определяемой по среднему диаметру ЖШ. При этом степень дисперсности жира у всех образцов (рис 3.4, табл. 3.1) находится на уровне, превышающем показатели натуральных молочных сливок соответствующей жирности. Рациональная

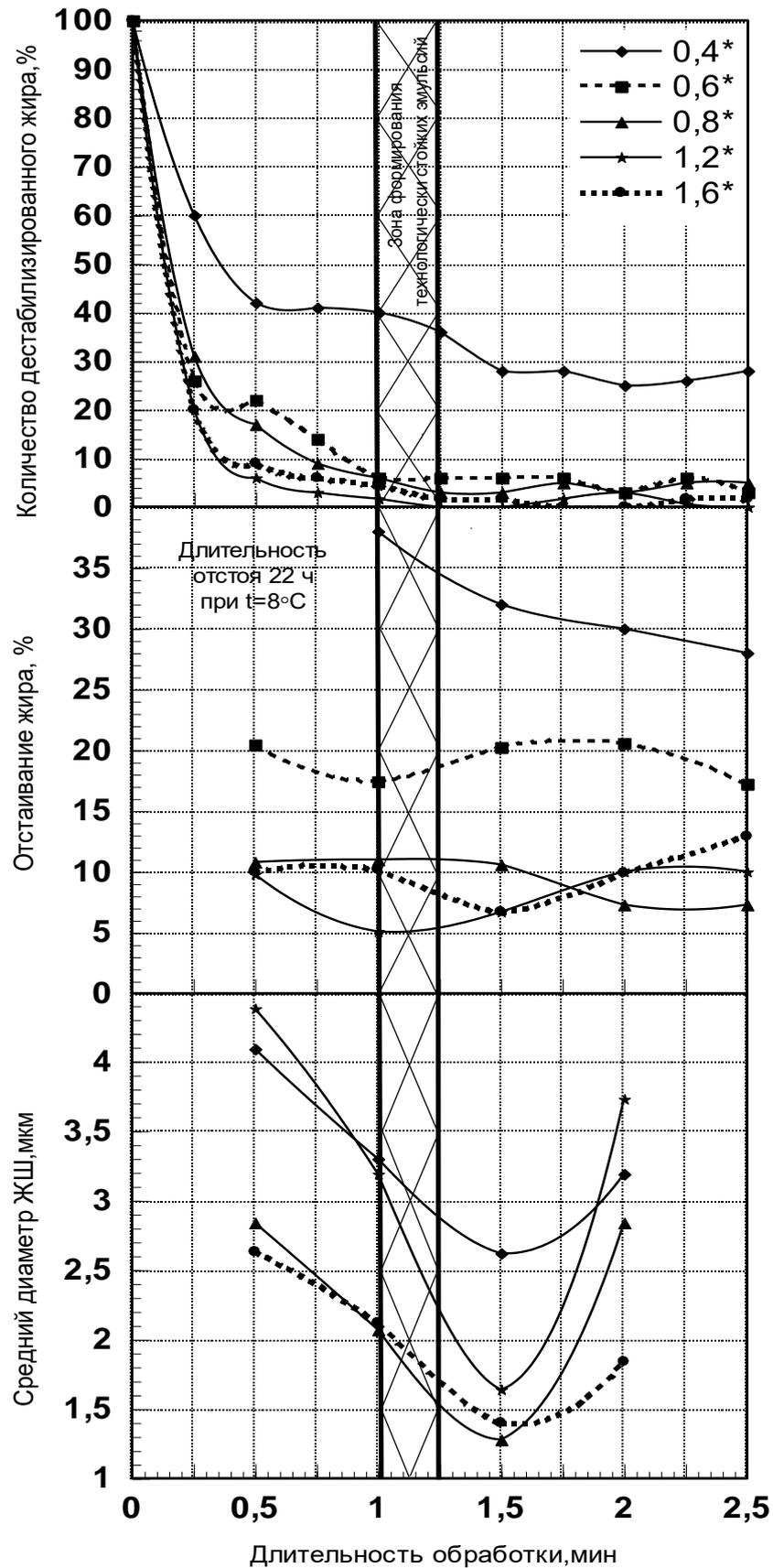


Рис. 3.4. Изменение степени дисперсности и стабильности жировой эмульсии в ходе обработки в эмульгирующем устройстве в зависимости от массовой доли ПАВ*.

продолжительность обработки, при оценке по степени дисперсности, составляет 1...1,5 мин. Подтверждается (по показателям дисперсности) отмеченная нами ранее (п. 3.1.1.) цикличность процесса эмульгирования.

Таблица 3.1

Изменение степени дисперсности эмульсии (на основе молочного жира) с различным содержанием ПАВ, при обработке в эмульгирующем устройстве роторного типа ($n = 3, P \geq 95,0$)

Содержание ПАВ ⁵ в эмульсии, %	Средний диаметр ЖШ, мкм (объем среднего ЖШ, мкм ³), через, мин обработки			
	0,5	1	1,5	2
0	3,2(53,2)	2,3(38,2)	1,7(15,8)	1,5(17,1)
0,2	2,6(39,9)	2,3(12,4)	1,6(8,4)	2,4(36,2)
0,4	2,5(34,6)	1,9(6,2)	1,8(11,6)	1,5(12,9)
0,6	2,4(28,8)	2,6(20,3)	2,2(22,4)	1,6(11,9)
0,8	2,4(33,9)	2,7(28,2)	2,7(27,8)	1,6(16,1)

Проведенные исследования показали (рис 3.5), что при содержании ПАВ – 0,6 %, через 1,5 мин диспергирования количество дестабилизированного жира составляет 6 %, степень отстаивания – 20 %, диаметр среднего ЖШ – 1,7 мкм. При этом все показатели коррелируют между собой.

Следует отметить, что стабильность эмульсии с массовой долей жировой фазы 35 ± 5 %, при оценке по отстою, на уровне 20 % - превышает уровень необходимой технологической устойчивости для производства спредов методом сбивания.

Сопоставив все три метода исследований (рис. 3.6) можно сделать вывод, что по мере снижения содержания ПАВ от 1,2 % до 0,6 %, в области средних диаметров ЖШ до 2 мкм возрастает отстой при незначительном повышении степени дестабилизации эмульсии. А при последующем уменьшении массовой доли ПАВ (до 0,4 %) в области

⁵ - содержание ПАВ, %: МГД+лецитин в соотношении 3:1

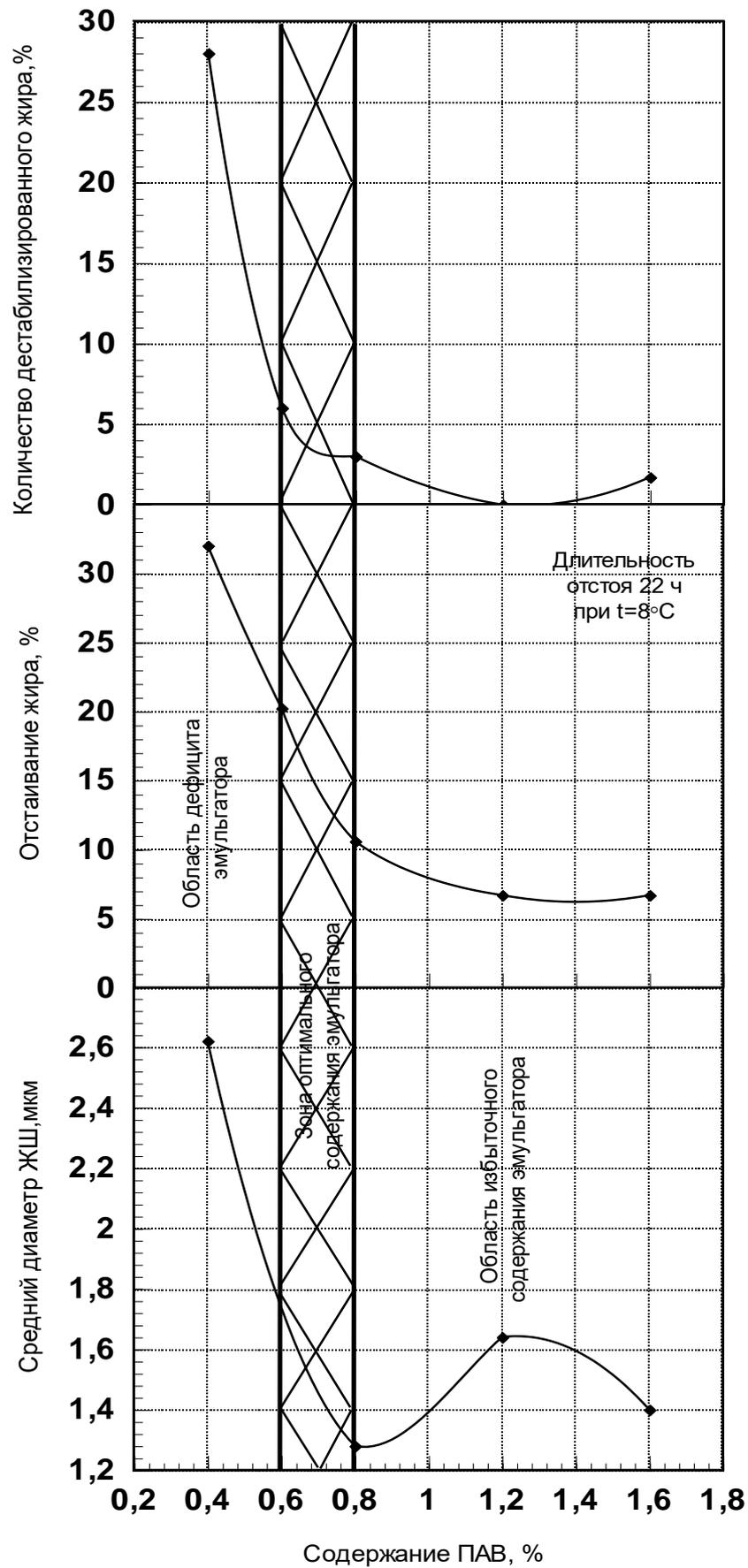


Рис. 3.5. Влияние массовой доли ПАВ на дисперсность и стабильность жировой эмульсии ($\tau=1,5$ мин).

средних диаметров ЖШ выше 2 мкм оба эти показателя стремительно возрастают, коррелируя между собой.

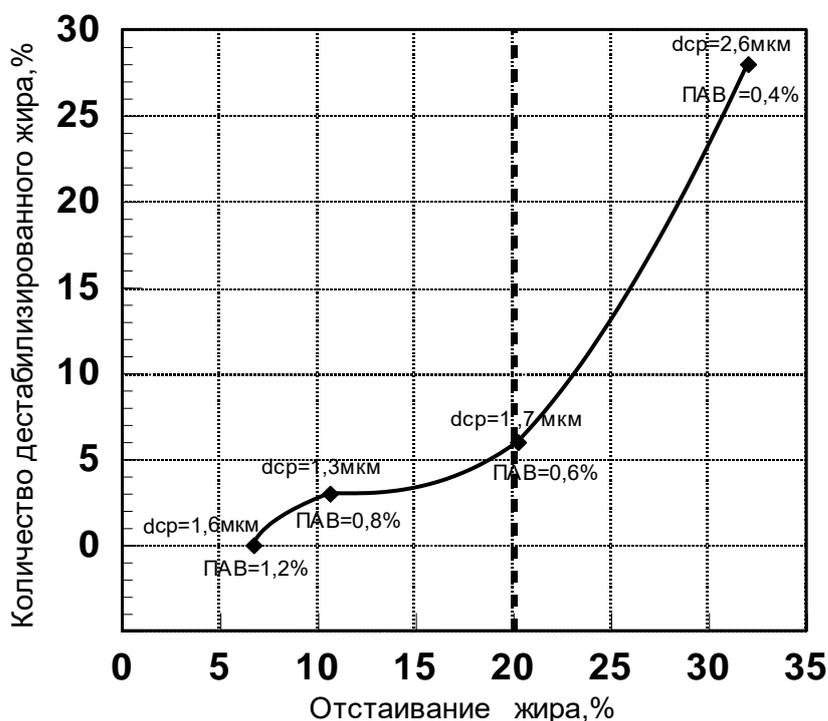


Рис. 3.6. Степень дисперсности и стабильности жировой эмульсии в зависимости от массовой доли ПАВ ($\tau=1,5$ мин).

Таким образом, можно утверждать, что массовая доля ПАВ, обеспечивающая получение технологически стойкой жировой эмульсии с помощью устройства роторного типа, составляет 0,6 %.

Далее были исследованы закономерности эмульгирования при содержании ПАВ 0,4 % и менее. Для этого был использован чистый молочный жир, который диспергировали при концентрации ПАВ от 0 % до 0,8 %.

Результаты исследований представлены на рис. 3.7. Четко прослеживается зависимость стабильности жировой эмульсии (определяемой по отстаиванию) от содержания ПАВ. По мере повышения массовой доли ПАВ стабильность эмульсии увеличивается, при этом, практически не изменяясь в процессе диспергирования после 0,5 мин обработки. И в данном случае содержание ПАВ на уровне 0,6 % обеспечивает достаточную стабильность эмульсии.

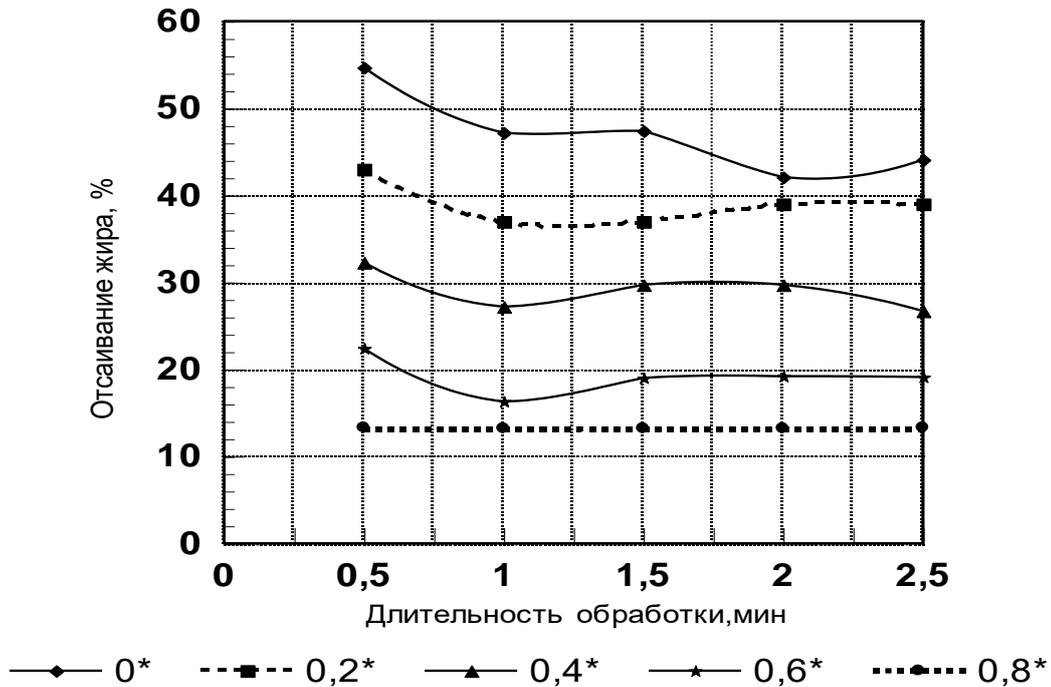


Рис. 3.7. Стабильность жировой эмульсии (на основе молочного жира) в ходе обработки в эмульгирующем устройстве (* - содержание ПАВ).

Следует отметить, что изменение массовой доли ПАВ практически одинаково влияет на стабильность эмульсий с молочным жиром и ЗМЖ Олмикс 100АК (рис.3.8), фактически идентичные показатели стабильности в зоне оптимального содержания ПАВ.

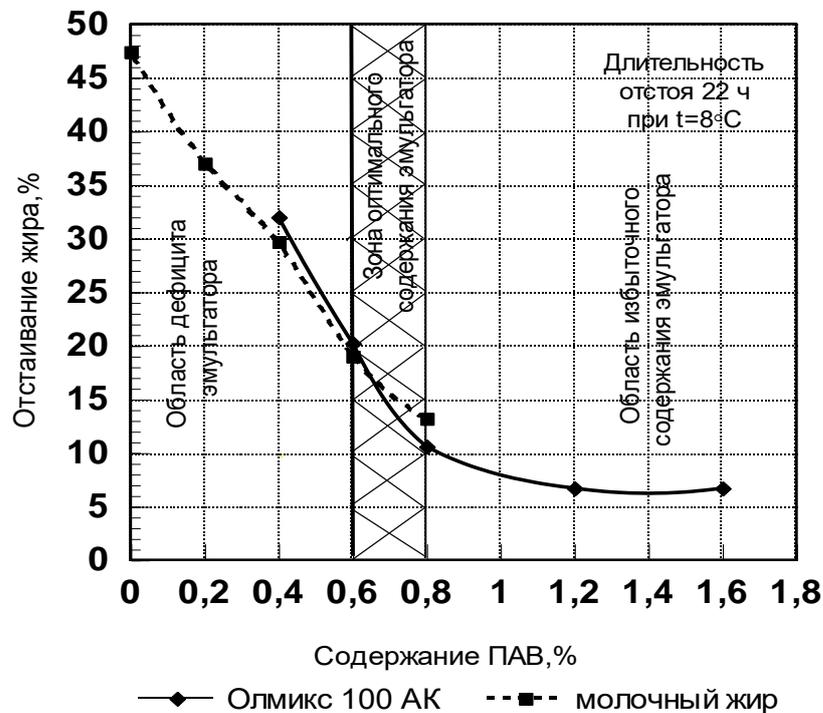


Рис. 3.8. Стабильность жировой эмульсии в зависимости от содержания ПАВ ($\tau=1,5$ мин).

Далее было целесообразно исследовать кинетику изменений стабильности и устойчивости эмульсий с молочным жиром и ЗМЖ Олмикс 100АК при оптимальной массовой доле ПАВ (0,6 %). Полученные результаты (рис. 3.9) по обоим методам практически не отличаются на протяжении всего времени диспергирования.

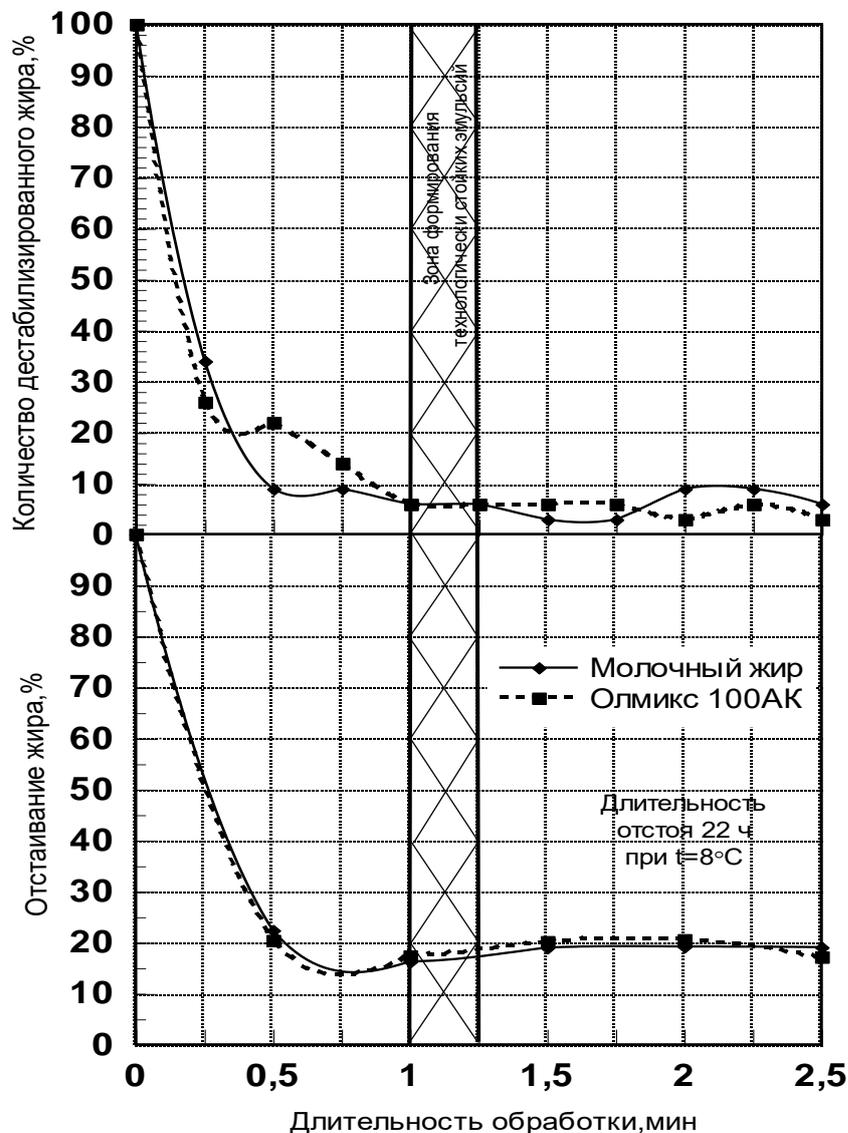


Рис. 3.9. Стабильность жировой эмульсии в ходе обработки в эмульгирующем устройстве.

Подводя итог этому разделу исследований, можно отметить, что массовая доля ПАВ относится к важнейшим факторам, влияющим на ход диспергирования, а также на стойкость и дисперсность получаемых эмульсий. Повышение содержания ПАВ (до определенных концентраций) в смеси способствует диспергированию жира и повышает устойчивость полученной эмульсии. Оптимальное содержание ПАВ (МГД+лецитин в соотношении 3:1), обеспечивающее получение технологически стойких жировых эмульсий с помощью устройства роторного типа, составляет 0,6 %.

3.1.3. Температура эмульгирования и вакуумирование. При производстве спредов полученная эмульсия до маслообразования проходит ряд технологических операций, которые осуществляются при различных температурных режимах. Как известно, температурная обработка является одним из основных факторов, влияющих на устойчивость жировых дисперсий. Температура проведения обработки предопределяет направленность на коалесценцию или диспергирование жировой фазы. Исходя из этого, возникла необходимость определить влияние температуры эмульгирования на эффективность получения стойких дисперсий жира.

Результаты проведенных экспериментальных работ (рис. 3.10) послужили подтверждением того, что достаточно высокую устойчивость эмульсии приобретают через 1...1,5 мин обработки в устройстве роторного типа, причем она весьма существенно зависит от температуры диспергирования. Так, при оценке стабильности эмульсий по отстаиванию, выяснилось что, наиболее высокая эффективность эмульгирования обеспечивается при 70 °С, и по мере снижения температуры она уменьшается. При понижении температуры диспергирования до 40 °С отстаивание жира повышается в два раза (с 16 % до 33 %).

Несколько иначе (рис 3.10) выглядят кривые стабильности эмульсий при оценке их по степени дестабилизации жира. Количество дестабилизированного жира при температурах в диапазоне 40...70 °С практически одинаковое и через 2 мин эмульгирования составляет 16...20 %. Исключением является эмульсия, полученная при температуре 50 °С, в данном случае количество дестабилизированного жира при оптимальной скорости вращения ротора диспергирующего устройства составляет всего 10 %.

Несовпадение результатов определения степени стабильности двумя методами, по-видимому, можно объяснить следующим образом. При пониженных температурах в результате эмульгирования формируются более крупные ЖШ, которые естественно и в большей мере вызывают расслоение. В то же время такая эмульсия имеет достаточную устойчивость и низкую степень дестабилизации.

При производстве некоторых жировых и белковых продуктов обработка и эмульгирование жира проводится при вакуумировании (разрежении). Встречающиеся в литературе сведения о влиянии вакуумирования на диспергирование жиров очень

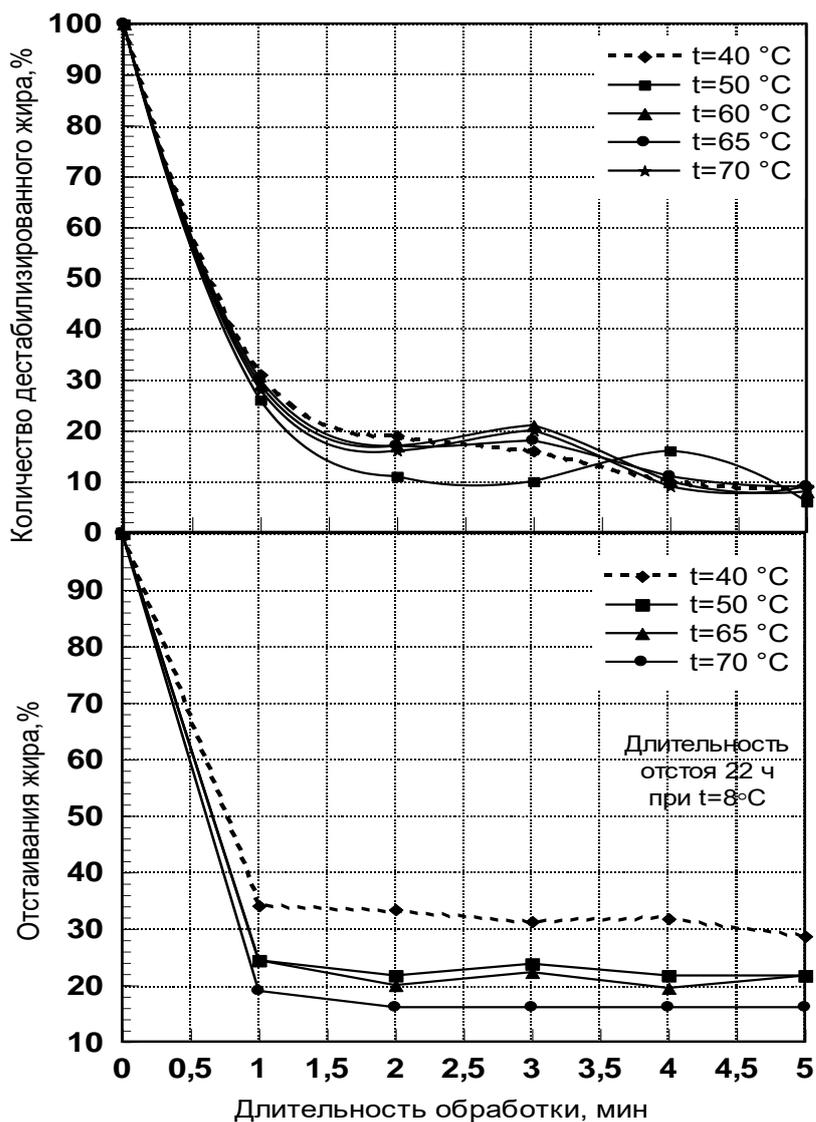


Рис. 3.10. Стабильность жировой эмульсии в ходе эмульгирования при различных температурах ($n=3000$ об/мин).

ограничены и противоречивы. Поэтому было важно выяснить роль и этого фактора в ходе получения устойчивых эмульсий.

В результате проведенных нами исследований выяснилось, что вакуумирование (разрежение на уровне $-0,06...0,08$ МПа) в ходе диспергирования с помощью устройства роторного типа повышает количество дестабилизированного жира в эмульсии и таким образом оказывает негативное влияние на устойчивость (рис 3.11). Эксперименты показали, что на протяжении 5 мин эмульгирования количество дестабилизированного жира в эмульсии было на $\approx 7\%$ выше при вакуумировании, чем без него. Так, через 1,5 мин эмульгирования без вакуумирования степень дестабилизации эмульсии была на уровне 22 %, а с вакуумированием количество дестабилизированного жира составляло $\approx 30\%$.

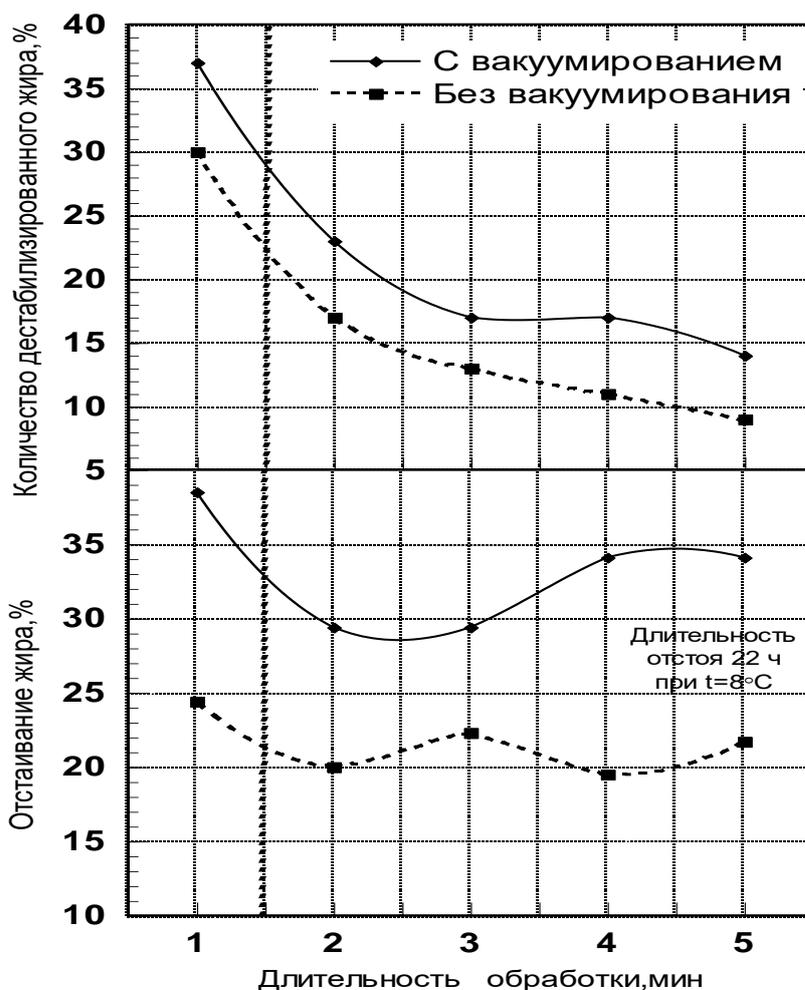


Рис. 3.11. Стабильность жировой эмульсии в ходе обработки в эмульгирующем устройстве ($n=3000$ об/мин, $t^{\circ}=65$ °C).

Что касается стабильности жировой эмульсии определяемой методом отстаивания, то по результатам исследований можно увидеть (рис 3.11), что вакуумирование оказывает негативное влияние и на этот показатель. Количество отстоявшегося жира в эмульсии, полученной на протяжении 5 мин, при диспергировании с вакуумированием, в $\approx 1,5$ раза превышает такое для эмульсии, полученной без него.

Подводя итог этому разделу исследований можно отметить, что температурный фактор весьма существенно влияет как на ход диспергирования, так и на седиментационную стойкость дисперсий жира. Наиболее эффективное эмульгирование проходит при температуре 50...70 °C.

Вакуумирование при диспергировании жира в устройстве роторного типа, снижает устойчивость получаемых эмульсий и таким образом является нецелесообразным.

3.1.4. В и д ж и р а . Несмотря на то, что в последние годы в маслодельной отрасли молочной промышленности широко используются разнообразные по составу и свойствам растительные жиры, их композиции и ЗМЖ, сведения о влиянии "природы" жира на стабильность и дисперсность получаемых эмульсий неоднозначны и несколько противоречивы. Исходя из этого проведение исследований влияния состава и свойств жировой фазы эмульсии на диспергирование с использованием устройства роторного типа, оказалось довольно своевременным и целесообразным. Поэтому данный этап работы посвящен разрешению этого вопроса. Полученные данные позволили установить закономерности формирования эмульсий с различными видами жировой основы.

При проведении данных и последующих экспериментальных исследований эмульгирование проводили без вакуумирования при температуре 65 °С и скорости вращения ротора 3000 об/мин (18,8 м/с), так как наши предыдущие исследования (п. 3.1.1. и 3.1.3.) показали, что наиболее эффективное эмульгирование проходит именно при таких параметрах обработки. Массовая доля (0,6 %) и вид применяемого эмульгатора были идентичны при проведении всех опытов на данном этапе работы.

На рис. 3.12 показана динамика изменения состояния жировых эмульсий с различными видами жировой основы в ходе обработки в роторно-вихревом диспергирующем устройстве.

В первую очередь следует отметить синхронное достижение устойчивости (близкой к натуральным сливкам соответствующей жирности) всех эмульсий, в течение одной минуты обработки по двум используемым методам определения эффективности эмульгирования. Как видим, основное диспергирование при заданных условиях проходит в течение первой минуты обработки, и рациональная продолжительность диспергирования составляет 1...1,5 мин. Дальнейшая обработка не повышает качественные показатели устойчивости эмульсий и является нецелесообразной.

Степень дестабилизации эмульсий на основе молочного жира, а также ЗМЖ Олмикс 100АК и Феттимилк 02АК во время диспергирования изменяется практически идентично, т.е. эмульгирование этих жиров отличаются незначительно. Наименьшую устойчивость имеет эмульсия с ЗМЖ Деликон ЗТЛ №1.

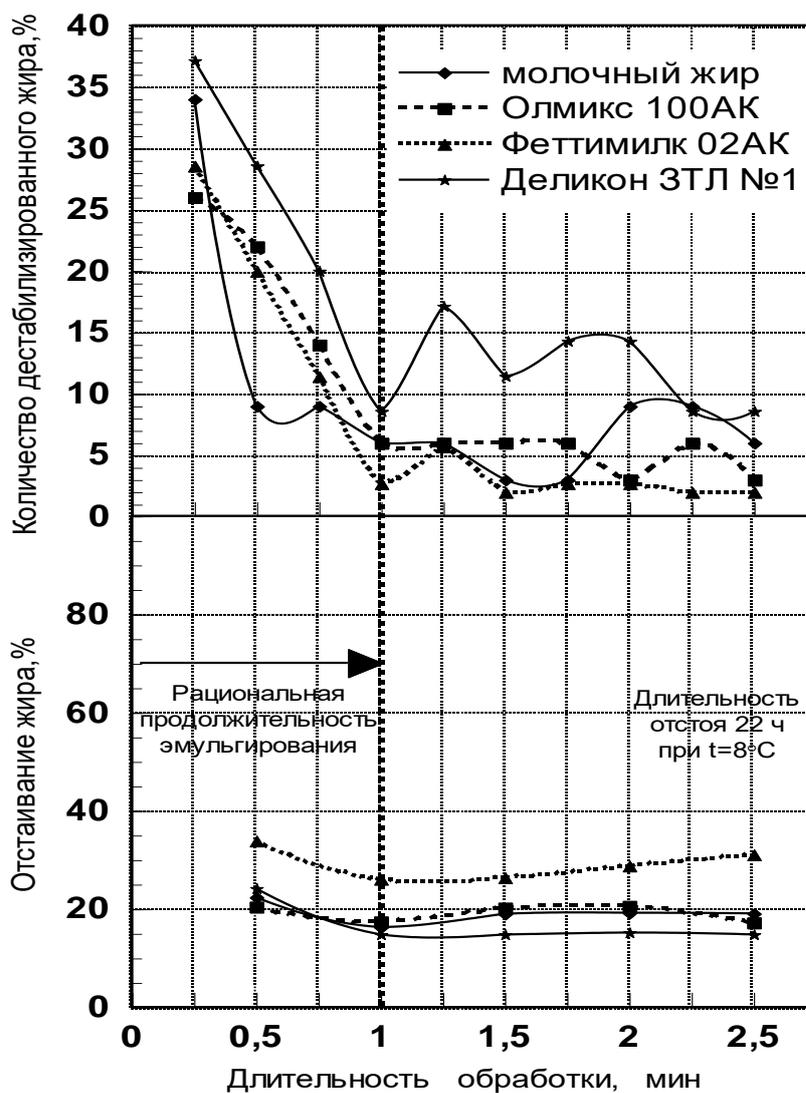


Рис. 3.12. Стабильность жировой эмульсии в ходе обработки в эмульгирующем устройстве.

Несколько иначе выглядят кривые стабильности (рис. 3.12) при оценке эмульсий по отстою. Седиментационная устойчивость эмульсий с молочным жиром и ЗМЖ Олмикс 100АК на протяжении 2,5 мин диспергирования практически одинакова. Принципиально такая же эмульсия по этому параметру формируется (в течение 1 мин) при использовании в качестве жировой основы ЗМЖ Деликон ЗТЛ №1. Однако при последующей обработке дисперсия ЗМЖ Деликон ЗТЛ №1 по показателю отстоя характеризуется более высокой стойкостью.

Формирование эмульсий с использованием упомянутых выше жиров при оценке по отстою особо не отличается. Исключение составляет лишь эмульсия с ЗМЖ Феттимилк 02АК. В данном случае количество отстоявшегося жира в среднем на 10...15 % выше.

Парадоксальным, на первый взгляд, является несовпадение результатов определения степени стабильности эмульсий на основе ЗМЖ Деликон ЗТЛ №1 и Феттимилк 02АК по двум используемым методам. При этом наблюдается обратная зависимость: в результате диспергирования ЗМЖ Феттимилк 02АК формируется наиболее устойчивая (по показателю степени дестабилизации) эмульсия которая, в тоже время, является наименее стойкой (по показателю отстоя) среди эмульсий с используемыми для исследований жировыми фазами.

Иная тенденция наблюдается при использовании ЗМЖ Деликон ЗТЛ №1. В данном случае полученная эмульсия наиболее стойкая к расслоению, однако содержит наибольшее количество дестабилизированного жира (по методу Фавстовой [204]). По видимому, при диспергировании ЗМЖ Феттимилк 02АК формируются наиболее крупные ЖШ, что естественно в большей степени способствует расслоению. В то же время такая эмульсия является достаточно устойчивой и имеет низкую степень дестабилизации благодаря механической прочности оболочек ЖШ обладающих высокими упруго-вязкими и пластичными свойствами.

Эмульсия на основе ЗМЖ Деликон ЗТЛ №1 предположительно имеет наивысшую дисперсность, что и объясняет наилучший результат по показателю отстоя. Однако распределение оболочечного вещества среди большого количества мелких ЖШ приводит к утоньшению их поверхностно-адсорбционных оболочек и, следовательно, к уменьшению устойчивости эмульсии и увеличению количества свободного жира при влиянии дестабилизирующих факторов.

Данные по обоим методам исследования, приведенные на рис 3.12, подтверждают показанную нами в предыдущих исследованиях закономерность циклического характера процесса эмульгирования с попеременным увеличением и уменьшением показателей стабильности жировых эмульсий.

Подводя итог этому разделу, можно отметить, что несмотря на некоторые различия, формирование эмульсий с использованием исследуемых жиров особо не отличается. Таким образом, можно утверждать, что использование в качестве жировой фазы разного рода жиров значительного влияния на эмульгирование не оказывает, как по эффективности диспергирования, так и по рациональной продолжительности обработки.

3.1.5. Содержание жировой фазы. В связи с расширением практики использования растительных жиров при производстве низкожирных продуктов (мороженого, десертов, сгущенных, сырных, сметанных продуктов) с различной массовой долей жировой фазы, представляло интерес исследовать влияние жирности смеси на эмульгирование в устройстве роторного типа. Результаты представлены на рис 3.13.

В результате проведенных экспериментальных работ установлено, что по мере повышения жирности эмульсий возрастает степень их дестабилизации и, соответственно, рациональная продолжительность эмульгирования (рис. 3.13). Так эмульсии с массовой долей жировой фазы 3,5...10 %, при интенсивности обработки 3000 об/мин (18,8 м/с), достигают устойчивости, соответствующей показателям натуральных сливок соответствующей жирности за 45 с, а через 75 с эмульгирования дестабилизированный жир в эмульсиях отсутствует.

При этих же условиях формируются достаточно устойчивые эмульсии с содержанием жира 25 %. Рациональная продолжительность диспергирования для эмульсий жирностью 35 % составляет 1,5 мин, при этом степень дестабилизации жира — менее 30 %.

Все упомянутое выше, хорошо коррелирует с данными о дисперсности жировой фазы (рис. 3.13). Средние диаметры и объемы ЖШ эмульсий жирностью 3,5...35 % достигают минимальных размеров (2,0...2,6 мкм и 11...19 мкм³) через 1...1,5 мин эмульгирования. При увеличении времени обработки происходит их укрупнение, что и подтверждает отмеченную нами в предыдущих исследованиях (п. 3.1.1) закономерность формирования эмульсий в устройстве роторного типа, с попеременным уменьшением и увеличением размеров ЖШ. Следует заметить также, что вышеупомянутое уменьшение дисперсности эмульсии не сопровождается повышением степени дестабилизации.

Полученные данные зависимости стойкости жировых эмульсий (определяемой по отстаиванию жира) от содержания в них жировой фазы (рис. 3.13) свидетельствуют о том, что с повышением жирности отстаивание ЖШ уменьшается. На первый взгляд это противоречит большинству ранее опубликованных суждений разных авторов [22, 65]. Однако суть несовпадения результатов, скорее всего, заключается в следующем. Для определения стойкости эмульсий используют стандартный метод определения отстаивания жира, для которого характерно разбавление эмульсий водой или

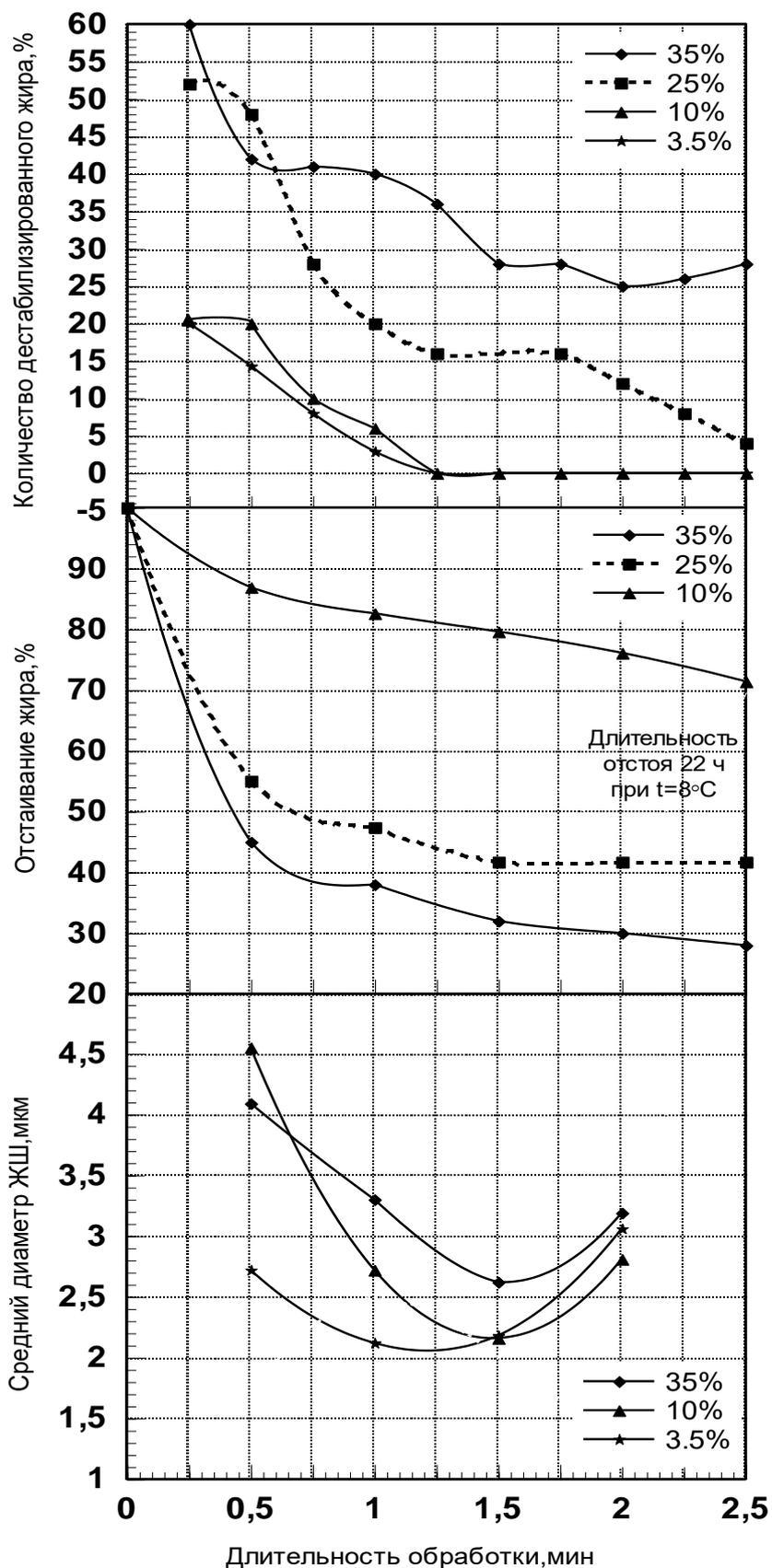


Рис. 3.13. Степень дисперсности и стабильности жировых эмульсий с различным содержанием жировой фазы в ходе обработки в эмульгирующем устройстве ($n=3000$ об/мин, $t^{\circ}=65^{\circ}\text{C}$).

обезжиренным молоком до получения системы с массовой долей жира 2...3 %. Следовательно, полученные эмульсии по своему составу и свойствам будут значительно отличаться от исходных жировых дисперсий с содержанием жира 35 %, особенно по реологическим характеристикам.

Для оценки эмульгирования жиров в обезжиренном молоке нами был использован модифицированный метод определения устойчивости жировых эмульсий по отстаиванию жира [211], при котором эмульсии не разбавлялись водой или обезжиренным молоком, а исследовались в натуральном виде. При такой модификации метода отстаивания имеет значение не только степень дисперсности, но и вязкость среды, которая снижается при разбавлении эмульсий (см. п.п. 2.4 и 3.1.1).

На основании полученных нами результатов можно утверждать, что именно сила вязкого сопротивления среды, определяемая по закону Стокса (3.1) при седиментационном анализе [5], предопределяет повышение стабильности жировых эмульсий при увеличении массовой доли жира в них, снижая влияние фактора дисперсности.

$$F = 6\pi\eta r \cdot V \quad (3.1)$$

где F – сила вязкого сопротивления, н; η – вязкость среды, нсек/м²; r – радиус шара, м; V – скорость движения капли, мсек⁻¹.

Таким образом, по закону Стокса (3.2), скорость подъема капелек жира V напрямую зависит от вязкости дисперсионной среды η , что и обусловило полученный нами результат.

$$V = \frac{2r^2(D_1 - D_2)g}{9\eta} \quad (3.2)$$

где V – постоянная скорость подъема капелек жира, мсек⁻¹; r – радиус капелек, м; D_1 – плотность дисперсной (жировой) фазы, кг/м³; D_2 – плотность дисперсионной среды (молочной плазмы), кг/м³; g – ускорение силы тяжести, м/сек²; η – вязкость дисперсной среды, нсек/м².

Подводя итог этому разделу можно отметить, что по мере повышения содержания жира в эмульсии снижается его дисперсность при возрастании степени дестабилизации. Это является причиной увеличения рациональной длительности обработки.

3.2. Изменение показателей окисления жиров в ходе эмульгирования

Одной из основных проблем масложирового производства является предотвращение окисления масел (липидов), т.к. задолго до появления отчетливых признаков порчи жиры начинают терять свою биологическую эффективность: в них разрушаются жирорастворимые витамины, уменьшается содержание непредельных жирных кислот, пигментов и т.п.

Развитие окислительных процессов приводит к появлению в жирах и жиросодержащих продуктах соединений перекисного характера: альдегидов, кетонов, низкомолекулярных кислот, окискилот и т.п., в результате чего жиры теряют свою пищевую ценность и даже становятся токсичными.

В основе порчи жиров лежат их химические изменения (преимущественно окисление), обусловленные или стимулируемые физическими, химическими и биологическими факторами.

В ходе диспергирования компоненты смеси поддаются ряду воздействий, которые могут способствовать ускоренному развитию окислительных процессов. Такими факторами являются: интенсивная механическая обработка, высокие температуры проведения процесса, воздухом насыщение смеси и контакт ее с металлическими частями эмульгирующего устройства. Однако процесс окисления жиров приостанавливает липопротеиновая оболочка, которая при эмульгировании формируется на поверхности образующихся ЖШ. Кроме того следует отметить, что основной определяющей стойкости масложировых продуктов в процессе хранения является, в большей мере, плазма, нежели жировая фаза, так как причиной порчи масла и спредов могут быть процессы, проходящие в плазме продукта в результате жизнедеятельности микрофлоры.

Что же касается роли рН среды в процессах разрушения оболочек ЖШ и дестабилизации эмульсии, то она проявляется в меньшей степени, нежели механическая обработка при низких температурах, кристаллизация или концентрирование жировой фазы. Эмульсия жирностью 35 % является практически устойчивой системой в широкой области рН 3...9.

В связи с вышеупомянутым, представило научный интерес исследование изменения показателей окисления жиров в ходе получения стойких эмульсий в устройстве роторного типа.

Массовая доля свободных жирных кислот и перекисное число — основные критерии оценки качества жировой основы. Чем ниже уровень этих показателей, тем выше окислительная стабильность продукта в процессе его хранения.

Кислотность коровьего масла и его жировой фазы принято выражать в градусах Кеттстоффера ($^{\circ}\text{K}$) - количеством см^3 водного раствора гидроокиси натрия (калия) с концентрацией 1 моль/ дм^3 , затрачиваемым на нейтрализацию свободных жирных кислот, содержащихся в 100 г жира. Методика по определению этого показателя изложена в ГОСТе 3624-92 [216].

Кислотность жиров немолочного происхождения обычно выражают кислотным числом – массой гидроокиси калия (в мг), затрачиваемой на нейтрализацию свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира.

Методики определения кислотности молочного жира (в $^{\circ}\text{K}$) и немолочных жиров (в кислотных числах) практически идентичны, в связи с этим кислотность молочного и немолочного жиров допустимо выражать как в градусах Кеттстоффера, так и в мг гидроокиси калия на 1 г жира, используя количественное соотношение между ними: $1^{\circ}\text{K} = 0,56 \text{ мг KOH на } 1 \text{ г жира}$.

Величина кислотного числа жира в известной мере характеризует содержание в нем свободных жирных кислот и отображает его качество. Этот показатель определяет степень свежести жира – его окислительную порчу в соответствии с санитарными правилами и нормами СанПиН 2.3.2.560-96 п.6.7.

Для молочного жира предельно допустимая кислотность (п.6.7 СанПиН) установлена на уровне 2,4 $^{\circ}\text{K}$ или 1,34 мг KOH/1г, а для растительных рафинированных масел – 0,6 мг KOH/1 г или 1,07 $^{\circ}\text{K}$. Следует отметить, что 1 градус Кеттстоффера равен 10 градусам Тернера, что позволяет составить баланс между кислотностями масла, его жировой фазой и плазмой.

Существует шкала для определения качества жира по перекисным числам (по Инихову Г.С. [215]), согласно которой жир относится к свежему и подлежащему хранению, если он имеет перекисное число не более 0,03 % йода. Качераускис Д.В. оценивает жир как стойкий при перекисных числах 0,03...0,06 % йода. Для пищевых животных топленых жиров перекисное число должно составлять не более 0,1% йода (7,87 ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг), пищевых растительных масел – не более 0,128% йода (10ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг), оливкового – не более 0,32 % йода (25 ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг). По некоторым данным [194] эти же жиры при перекисном числе 0,03...0,06% йода часто считают непригодными для длительного хранения, хотя по органолептической оценке они могут быть признаны свежими. Перекисное число 0,1% йода считается пределом, выше которого, как правило, животные жиры становятся органолептически испорченными.

О стойкости к окислению жиров в хранении можно судить по нарастанию перекисных чисел при выдерживании жира при 101...103⁰С (форсированный метод определения стойкости жира к окислению [215]). Окисление до перекисного числа более 0,1% йода (7,87ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг) - является характерным признаком прогорклости жиров. При этом органолептические показатели продукта могут не изменяться. Поэтому целесообразно также исследовать кинетику нарастания перекисных чисел жиров в условиях термостатирования проб при температуре (102 \pm 1) °С.

Перед началом диспергирования была установлена кислотность молочного жира и восстановленного молока, используемых для получения эмульсий, они составляли 1,64...1,7 °К и 16,2...16,5 °Т соответственно. В ходе диспергирования на протяжении более чем 25 циклов, были отобраны и исследованы образцы эмульсий. Как показали полученные данные, кислотность жировой дисперсии не изменяется в процессе диспергирования и находится на уровне 13,8...14,0 °Т. Из отобранных эмульсий был выделен жир, показатели кислотности которого также были практически идентичны (1,66...1,7 °К), независимо от продолжительности диспергирования образца.

Что касается определения количества перекисей в жире (рис. 3.14), то они также практически не изменялись в ходе эмульгирования и находились значительно ниже предельно допустимой степени окислительной порчи для



Рис.3.14. Перекисные числа молочного жира в ходе эмульгирования.

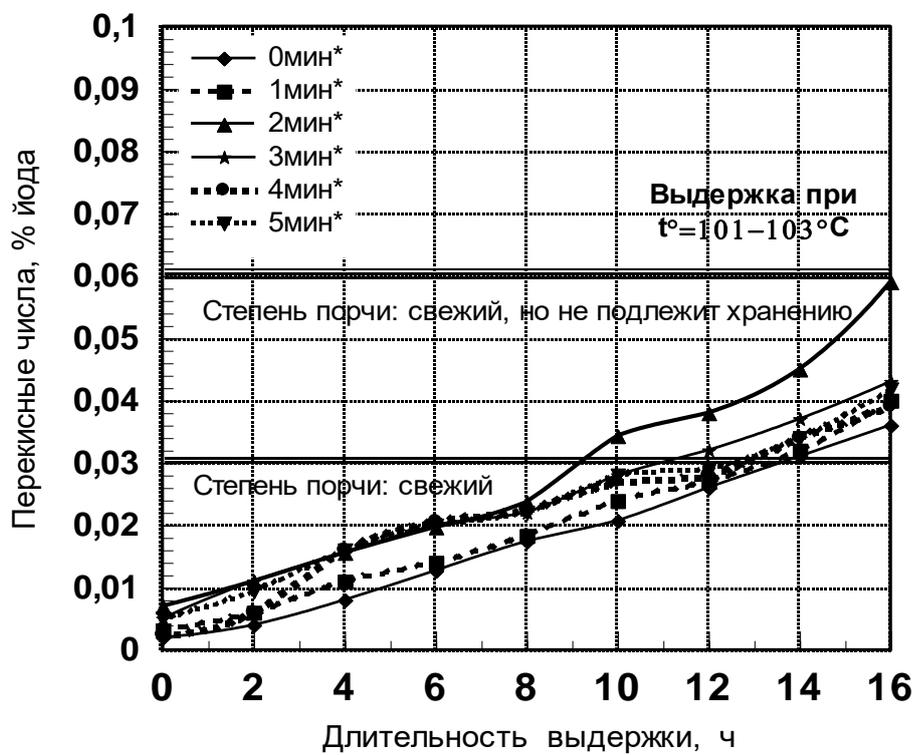


Рис. 3.15. Стойкость молочного жира к окислению (*-продолжительность эмульгирования).

свежего жира (предельные значения перекисных чисел составляли не более 0,005 % йода, т.е. укладывались в указанные выше пределы).

При определении хранимоспособности молочного жира (форсированным методом определения стойкости жира к окислению), выделенного из полученных эмульсий, выяснилось (рис. 3.15), что в течение 16 часов выдержки при температуре 101...103°C, перекисные числа всех образцов отобранных в ходе диспергирования возрастают практически синхронно. Исходя из этого можно сделать вывод, что количество перекисей в жире практически не увеличивается в ходе эмульгирования, продолжительность которого, следовательно, не влияет на хранимоспособность готовых продуктов. Следует также отметить, что при столь высоких температурах перекисные числа всех образцов соответствовали показателям свежего жира на протяжении более чем 9 ч выдержки, а свежего, но не подлежащего хранению – 16 ч. Такая продолжительность выдержки жира показывает хорошую способность образцов к хранению.

Кроме того, при проведении выработок продуктов с комбинированной жировой фазой, в промышленных условиях, с применением эмульсора роторного типа, также было установлено, что кислотность эмульсии в ходе эмульгирования возрастает незначительно. Так, в течение 48 мин обработки (8 циклов) при интенсивности механического воздействия 3000 об/мин (18,8 м/с) при температуре 70°C, кислотность возросла на 1°Т.

В заключение можно подытожить, что интенсивная механическая обработка (до 3000 об/мин) при высоких температурах ($t^{\circ}=40...70^{\circ}\text{C}$), с вакуумированием и без него, а также другие факторы, воздействующие на эмульсию в ходе диспергирования, практически не оказывают влияния на показатели окисления ее жировой системы.

3.3. Влияние технологических факторов на затраты энергии при эмульгировании

Как известно энергия, затрачиваемая на получение технологически стойких жировых эмульсий – важнейший показатель, характеризующий совершенство применяемого оборудования, который является интегральным показателем, зависящим от принципа действия и конструктивных особенностей диспергирующего устройства.

С целью установления рациональных затрат энергии на получение технологически стойких дисперсий жира в роторно-вихревом эмульсоре выяснено влияние ряда факторов на энергозатраты в ходе эмульгирования.

Для этого на протяжении всех этапов работы с помощью разработанной экспериментальной установки, в которой лабораторный эмульсор Я5-ОЭА дооснащен системой автоматизации (приложения В и Г), были исследованы изменения мощности в ходе эмульгирования жира в роторном устройстве. Результаты представлены на рис. 3.16.

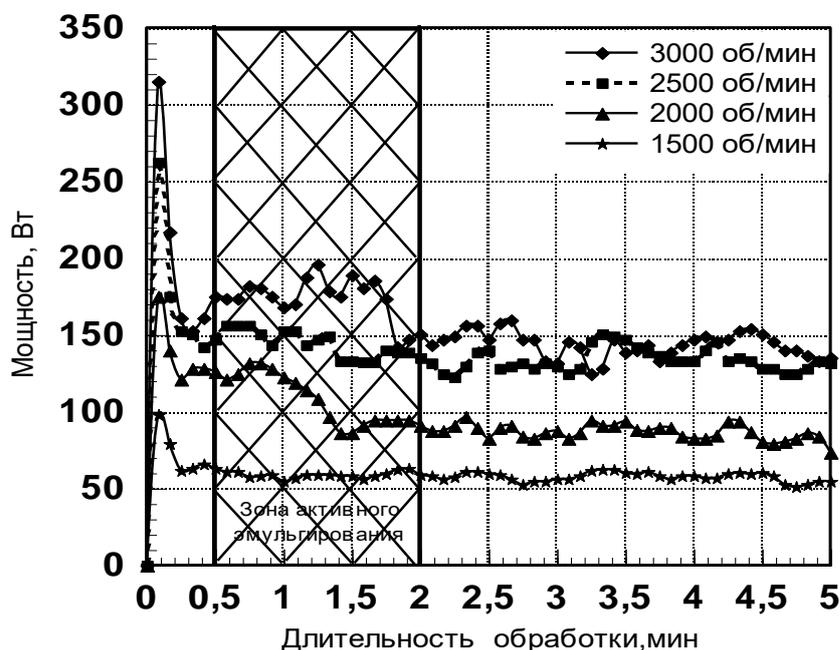


Рис. 3.16. Мощность обработки в ходе эмульгирования жира ($t^{\circ}=65^{\circ}\text{C}$).

Естественно, что по мере повышения интенсивности механического воздействия возрастает и мощность: с 50 Вт при скорости вращения ротора эмульгирующего устройства 1500 об/мин (9,5 м/с) до 140...200 Вт при скорости 3000 об/мин (18,8 м/с).

На рис. 3.16 можно увидеть зону повышенной мощности (от 0,5 до 2,0 мин обработки) которая в принципе совпадает с зоной активного эмульгирования. По окончанию формирования эмульсии (со сравнительно постоянными характеристиками степени дисперсности и устойчивости), развиваемая приводом роторного устройства мощность становится приблизительно постоянной. Таким образом, эмульгирование жира и доведение системы до постоянных характеристик является более энергозатратным, чем обработка практически стабильной эмульсии. Например, при 3000 об/мин (18,8 м/с), в зоне активного эмульгирования мощность (до 200 Вт) примерно на 30 % выше по сравнению с таковой для уже сформированной эмульсии (140...150 Вт).

На основании полученных результатов были рассчитаны затраты энергии на эмульгирование жиров. Для расчетов были использованы данные, полученные при наиболее рациональной (как показали наши исследования – п. 3.1.1.) интенсивности обработки. Полученные энергетические показатели представлены на рис. 3.17 и 3.18. Как видно, затраты энергии, обеспечивающие достаточную устойчивость

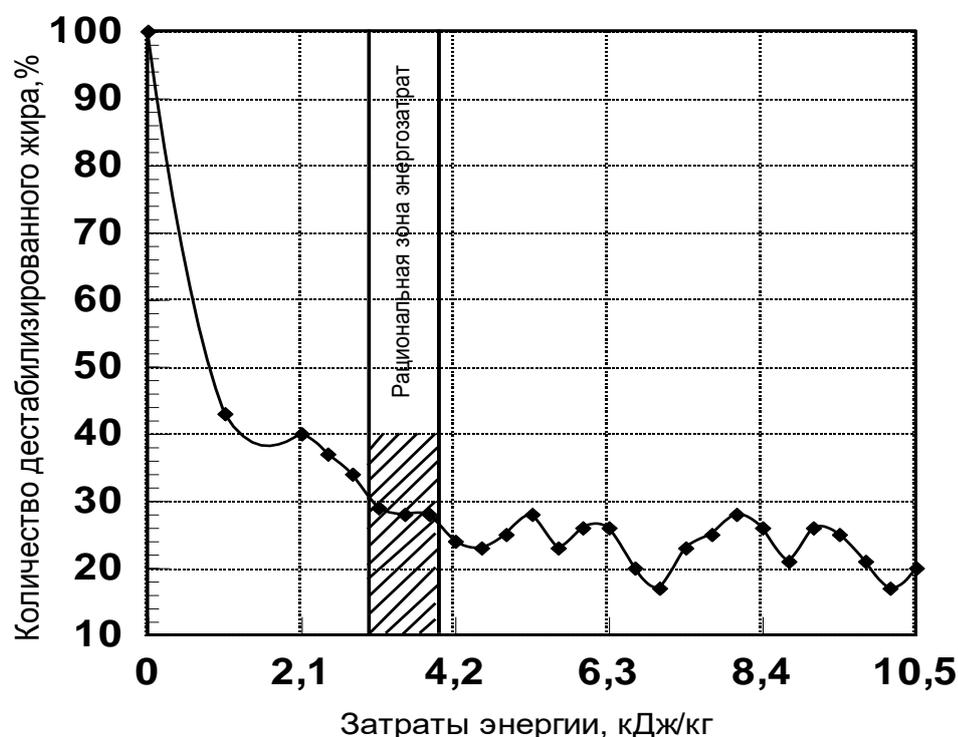


Рис. 3.17. Стабильность жировой эмульсии в ходе обработки в эмульгирующем устройстве в зависимости от затрат энергии ($n=3000$ об/мин; $t^{\circ}=65$ °C).

эмульсий (степень дестабилизации менее 30 %), находятся на уровне 3...4 кДж/кг. Превышение этого уровня затрачиваемой энергии нецелесообразно, т.к. практически не увеличивает стойкость эмульсий.

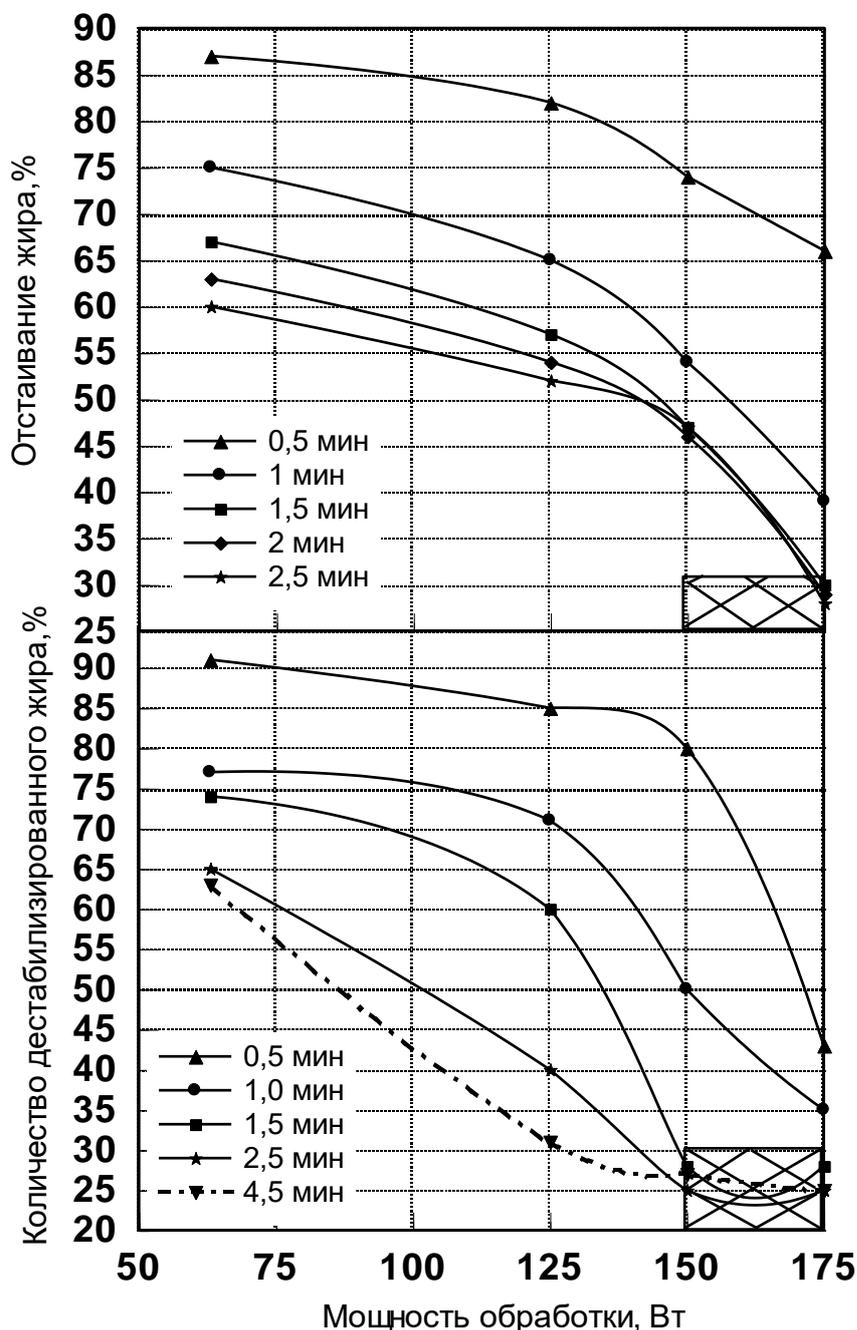


Рис. 3.18. Стабильность жировой эмульсии в ходе обработки в эмульгирующем устройстве ($n=3000$ об/мин; $t^{\circ}=65$ °C).

Мощность обработки, обеспечивающая получение стабильной эмульсии, (рис. 3.18) находится на уровне 150...175 Вт и достигается она при интенсивности обработки, соответствующей скорости ротора эмульгирующего устройства в 2500...3000 об/мин.

Обработка эмульсий в роторном устройстве с вышеуказанной мощностью позволяет уже через 1,5 мин получать стойкую жировую дисперсию. Показатели стабильности эмульсий, полученных при различной интенсивности механической обработки, а также некоторые характеристики эмульгирования приведены в табл. 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2

Степень дестабилизации жировых эмульсий при различной интенсивности обработки в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве ($n = 3, P \geq 95,0$)

Интенсивность механической обработки, Вт (об/мин) [м/с]	Степень дестабилизации эмульсий, % через, мин обработки				
	0,5	1,5	2,5	3,0	4,5
63 (1500) [9,5]	91	74	65	69	63
125(2000) [12,6]	85	60	40	49	31
150(2500) [15,7]	80	28	25	43	27
175(3000) [18,8]	43	28	25	27	25

Высокая мощность воздействия, в первые секунды диспергирования смеси, обусловлена с одной стороны инерционностью массы приводных элементов и

Таблица.3.3

Характеристики и показатели процесса эмульгирования смеси с концентрацией жировой фазы 35% ($n = 3, P \geq 95,0$)

Наименование показателей	Величина показателей при интенсивности механической обработки, об/мин			
	3000	2500	2000	1500
Мощность обработки, Вт	175	150	125	63
Удельная полезная мощность, Вт/кг	0,88	0,75	2,08	-
Длительность эмульгирования, с	90	90	300	-
Необходимое количество циклов для эмульгирования	8	8	27	-
Производительность эмульгирования, кг/ч	200	200	60	-
Затраты работы (энергии) на эмульгирование, кДж/кг	3,15	2,7	7,5	-

рабочих органов эмульсора, с другой – повышенным при запуске эмульсора гидравлическим сопротивлением обрабатываемой эмульсии.

Далее была исследована мощность воздействия в процессе эмульгирования жира в устройстве роторного типа с учетом исследуемых технологических параметров. Влияние массовой доли ПАВ на энергетические параметры при получении стойких эмульсий молочного жира и ЗМЖ Олмикс 100 АК представлено на рис. 3.19.

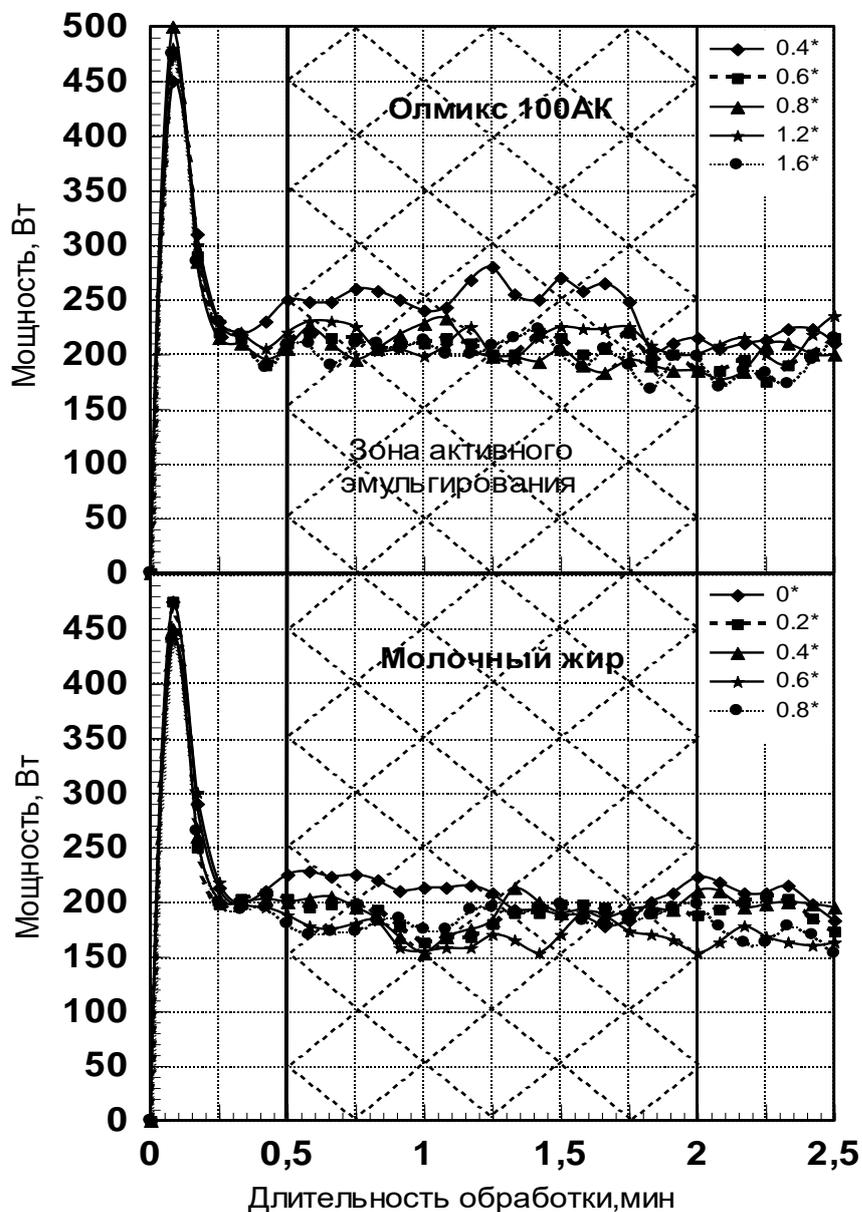


Рис. 3.19. Мощность обработки в ходе эмульгирования (*массовая доля ПАВ, %).

Изменение мощности при эмульгировании жиров в исследуемой области содержания ПАВ (от 0,4 % до 1,6 % для эмульсий с ЗМЖ Олмикс 100АК и от 0 % до 0,8 % для эмульсий с молочным жиром) практически не наблюдается. Исключение составляют лишь кривые мощности в ходе обработки смеси с минимальным содержанием ПАВ (0,4 % для эмульсий ЗМЖ Олмикс 100АК, и 0 %

для эмульсий с молочным жиром), которые демонстрируют некоторое повышение энергозатрат в зоне активного эмульгирования (0,5...2 мин обработки).

Следует также отметить, что эмульгирование молочного жира по сравнению с ЗМЖ проходит при меньших энергетических затратах.

После проведенных расчетов выяснилось, что затраты энергии для получения устойчивых эмульсий, при оптимальном содержании ПАВ-0,6 %, с помощью устройства роторного типа составляют 1,9...3,3 кДж/кг (длительность обработки 60...75 с; мощность 155...220 Вт, при скорости ротора эмульгирующего устройства 3000 об/мин [18,8 м/с]).

В последующих экспериментальных исследованиях нами установлено, что по мере понижения температуры эмульгирования мощность обработки возрастает (рис. 3.20), но в

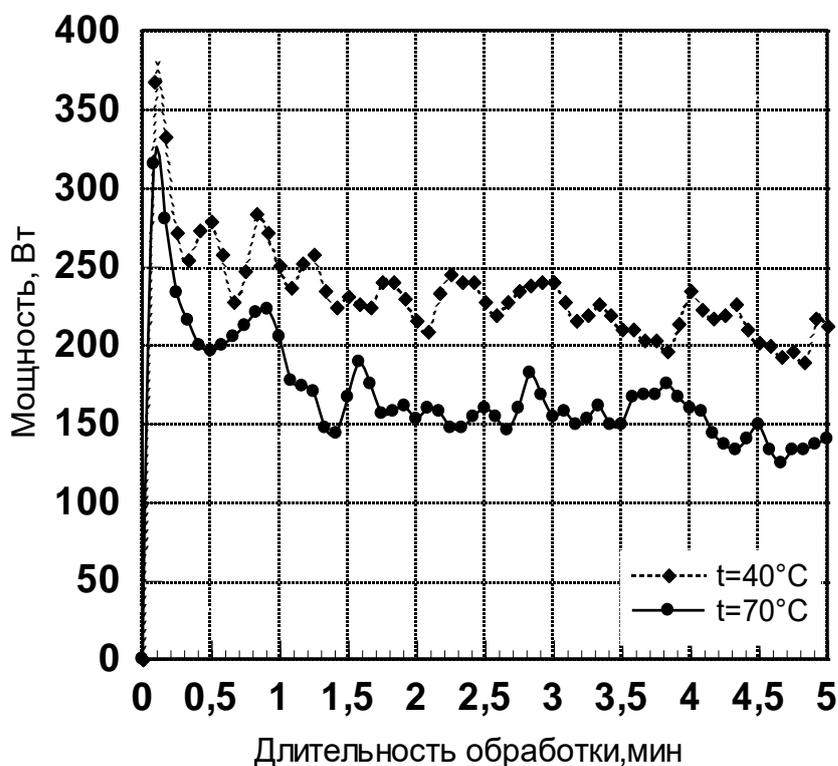


Рис. 3.20. Затраты мощности в ходе эмульгирования при различных температурах ($n=3000$ об/мин; $t^{\circ}=65$ °C).

пределах определенных температурных границ. К примеру, затраты энергии на эмульгирование в течение 1,5 мин при температуре 40 °C составляют 4,6 кДж/кг при средней потребляемой мощности ≈ 255 Вт, что на ≈ 45 % больше, нежели при 70 °C (3,1 кДж/кг, ≈ 174 Вт). В то же время затраты энергии на обработку в

течение 1,5 мин при температуре 40 °С и 50 °С существенно не отличаются и составляют соответственно 4,6 кДж/кг (≈ 255 Вт), и 4,5 кДж/кг (≈ 250 Вт), аналогично при температуре 65 °С и 70 °С – 3,2 кДж/кг (≈ 180 Вт) и 3,1 кДж/кг (≈ 174 Вт). Причиной отмеченного увеличения энергозатрат, очевидно, является повышение вязкости эмульсий при снижении температуры эмульгирования.

В ходе исследования закономерностей эмульгирования жиров в роторно-вихревом диспергирующем устройстве также было установлено, что эмульгирование с вакуумированием продукта (рис. 3.21) вызывает повышение

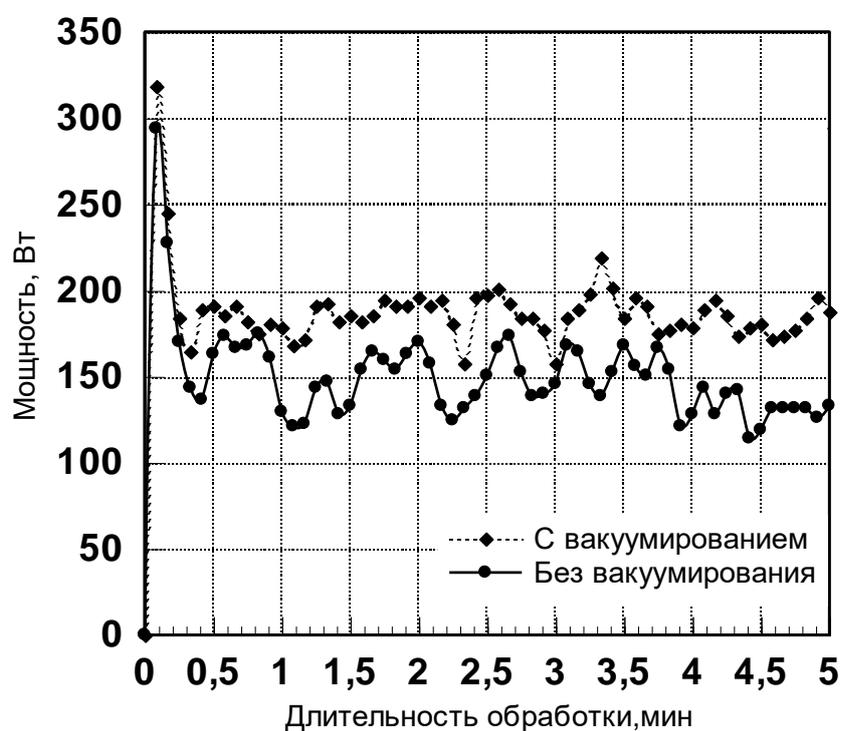


Рис. 3.21. Влияние вакуумирования на изменение мощности в ходе эмульгирования ($n=3000$ об/мин; $t^{\circ}=65$ °С).

на 30...35 % затрат энергии по сравнению с обработкой без вакуума и составляет 3,3 кДж/кг (≈ 185 Вт), и 2,5 кДж/кг (≈ 140 Вт), соответственно. Таким образом, вакуумирование не только снижает устойчивость получаемых эмульсий и замедляет диспергирование (как показали исследования – п. 3.1.3.), но и увеличивает затраты энергии на формирование эмульсии типа ж/в.

Далее представило интерес оценить влияние природы жира на мощность воздействия в ходе эмульгирования, и установить затраты энергии для получения устойчивых эмульсий с разными видами жировой фазы. Полученные результаты представлены на рис. 3.22. Как видим, затраты энергии при

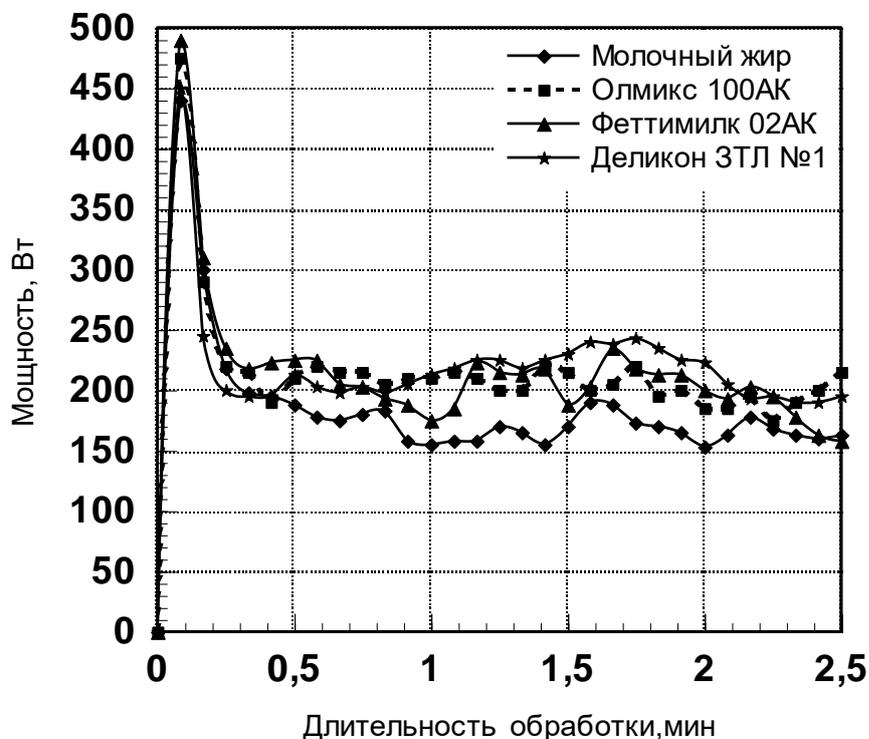


Рис. 3.22. Мощность обработки в ходе эмульгирования в устройстве роторного типа ($n=3000$ об/мин; $t^{\circ}=65$ °C).

эмульгировании различных жиров, находятся примерно на одном уровне. Можно только отметить незначительное уменьшение затрат энергии (после 0,5 мин обработки) на диспергирование молочного жира в сравнении с таковыми при эмульгировании ЗМЖ. Таким образом, затраты энергии для получения эмульсий (независимо от вида используемой жировой фазы) с высокой стабильностью и устойчивостью, в устройстве роторного типа (при соблюдении наиболее эффективных параметров эмульгирования) составляют 1,9...3,3 кДж/кг (длительность обработки 1–1,25 мин с мощностью $N=155$...220 Вт).

Как показали исследования, мощность обработки также зависит от массовой доли жировой фазы в эмульсии (рис. 3.23) и возрастает по мере ее повышения с 3,5 до 35 % в $\approx 1,6$ раза (2 кДж/кг, ≈ 115 Вт и 3,2 кДж/кг, ≈ 180 Вт соответственно).

Это, по-видимому, объясняется повышением вязкости эмульсии при увеличении ее жирности, что и влечет за собой возрастание затрат энергии.

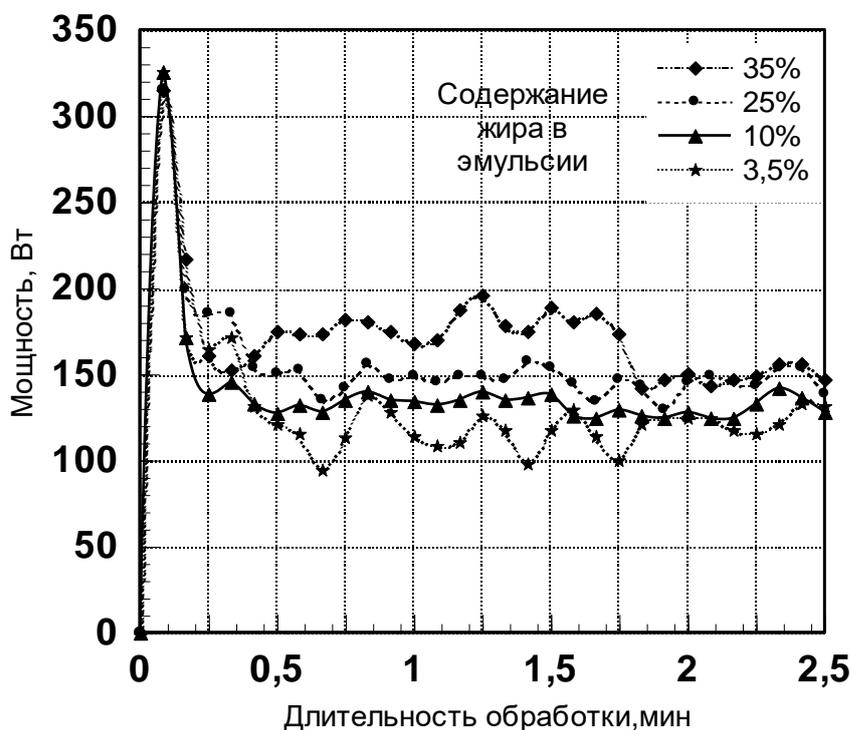


Рис. 3.23. Мощность обработки в ходе эмульгирования в устройстве роторного типа ($n=3000$ об/мин; $t^{\circ}=65$ °C).

Подводя итог этому разделу исследований можно отметить, что на первой стадии формирования эмульсии в зоне активного эмульгирования затраты энергии примерно на 30 % выше, чем при обработке практически стабильной жировой дисперсии.

Затраты энергии на эмульгирование возрастают по мере увеличения скорости вращения ротора диспергирующего устройства, снижения температуры проведения процесса, а также повышения массовой доли жировой фазы в смеси. Вакуумирование в ходе диспергирования является нецелесообразным, так как не только снижает стойкость получаемых эмульсий, но и приводит к повышению энергозатрат.

В то же время значительной разницы в энергозатратах на получение эмульсий разных видов жиров с различным содержанием ПАВ не установлено.

3.4. Обработка основных результатов исследования влияния технологических и энергетических параметров на дисперсность и стабильность эмульсий

Эффективность эмульгирования растительных жиров в молочной плазме зависит от ряда факторов, регулирование которых позволяет получить дисперсии с заданной стабильностью и дисперсностью. Именно поэтому в данной работе установлено взаимное влияние продолжительности диспергирования, массовой доли ПАВ и температуры обработки на дисперсность и стабильность эмульсий. Выбор данных факторов объясняется их наибольшим влиянием на ход диспергирования и, соответственно, на формирование технологически стойких эмульсий.

Механическая обработка эмульсий вызывает качественно противоположные процессы: диспергирования ЖШ и их агрегации. Результаты исследования факторов, обеспечивающих получение устойчивых эмульсий, позволяют сделать вывод о решающем значении степени диспергирования, которая возрастает с повышением интенсивности и длительности механического воздействия на составные части эмульсий, а также от агрегатного состояния жира.

Температура проведения обработки предопределяет направленность, то есть преобладание коалесценции или диспергирования жировой фазы. Повышение температуры значительно облегчает диспергирование жиров. Поскольку при возрастании температуры и вязкость, и поверхностное натяжение уменьшаются, то и эмульгирование обычно проходит легче. Интенсивное перемешивание охлажденных эмульсий увеличивает количество дестабилизированного жира. Длительность существования эмульсий без значительного расслоения резко снижается при понижении температуры и увеличении удельной мощности механической обработки.

Влияние ПАВ на дисперсный состав эмульсий значительно. При эмульгировании ПАВ выступает, во-первых, как вещество, способствующее диспергированию одной жидкости в другой, во-вторых, как стабилизатор получившейся эмульсии. Несомненно, что для оптимального эмульгирования заданного количества жировой фазы с получением эмульсий определенной, высокой дисперсности, требуется достаточное количество ПАВ. И для получения желаемых конечных характеристик всех видов эмульсий важен правильный выбор массовой доли эмульгатора.

Как исходные факторы, которые наиболее полно характеризуют стабильность эмульсий, были взяты: степень дестабилизации, отстаивание и дисперсность жировой фазы.

Уровни варьирования факторов были установлены на основе данных, полученных в результате анализа литературно-патентных источников и собственных экспериментальных данных (п.п. 3.1...3.3). Продолжительность диспергирования была в пределах от 15 с до 95 с с шагом варьирования 40 с, затраты энергии при средней мощности обработки 175 Вт составляли соответственно от 0,5 кДж/кг до 3,3 кДж/кг с шагом 1,4 кДж/кг; содержание ПАВ – от 0,2 % до 1,0 % с шагом 0,4 %; а температура проведения обработки – от 40 °С до 70 °С с шагом 15 °С. Таким образом, затраты энергии на получение эмульсий регулировали изменением продолжительности их диспергирования при идентичной мощности обработки.

При планировании эксперимента использовали точный план, близкий к D-оптимальному. План проведения эксперимента и его результаты представлены в табл. 3.4. Математическая обработка данных, полученных в результате эксперимента исполнена с помощью программ Microsoft Excel 2003 и MathCad 2000 Pro.

Таблица 3.4

План и результаты эксперимента

Зависимые факторы			Результирующие параметры		
Затраты энергии, кДж/кг (*)	Содержание ПАВ, %	Температура проведения процесса, °С	Степень дестабилизации жира, %	Отстаивание жира, %	Дисперсность жировой фазы, мкм
x_1	x_2	x_3	Y_1	Y_2	Y_3
1	2	3	4	5	6
0,5 (15)	0,2	40	59	80	4,7
0,5 (15)	0,2	70	55	75	3,7
0,5 (15)	0,6	55	50	70	3,2
0,5 (15)	1,0	70	45	65	2,4
0,5 (15)	1,0	40	49	77	3,4
1,9 (55)	1,0	55	8	22	3,2
1,9 (55)	0,2	55	15	40	3,7
1,9 (55)	0,6	70	6	17	2,2
1,9 (55)	0,6	40	10	37	3,2
1,9 (55)	0,6	55	8	27	2,7
3,3 (95)	0,2	70	10	38	2,7
3,3 (95)	0,2	40	12	40	3,7
3,3 (95)	0,6	55	8	27	2,2
3,3 (95)	1,0	70	6	12	1,4
3,3 (95)	1,0	40	10	32	2,4

* – продолжительность диспергирования, с.

В результате математической обработки результатов эксперимента получено уравнение регрессии, которое выражает зависимость степени дестабилизации жира в эмульсии (Y_1) от продолжительности диспергирования (x_1), содержания ПАВ (x_2) и температуры проведения обработки (x_3) и имеет следующий вид:

$$Y_1 = 8,62 - 21,2x_1 - 3,30x_2 - 1,80x_3 + 20,22x_1^2 + 2,72x_2^2 - 0,78x_3^2 + 1,75x_1x_2 + 0,25x_1x_3 - 0,25x_2x_3 - 0,25x_1x_2x_3$$

Коэффициент детерминации составляет 0,99, что позволяет утверждать о существенном влиянии выбранных факторов на результирующие параметры. Полученное уравнение адекватно описывает результаты эксперимента с вероятностью 0,95, потому что критерий Фишера расчетный больше табличного.

Анализ коэффициентов уравнения регрессии свидетельствует о том, что степень дестабилизации жира в эмульсии в наибольшей мере зависит от продолжительности диспергирования, в меньшей степени от массовой доли ПАВ и менее всего от температуры проведения обработки.

Зависимость седиментационной стойкости эмульсий (Y_2) от продолжительности диспергирования (x_1), содержания ПАВ (x_2) и температуры проведения обработки (x_3) выражается следующим уравнением регрессии:

$$Y_2 = 27,04 - 21,8x_1 - 6,5x_2 - 5,9x_3 + 21,44x_1^2 + 3,94x_2^2 - 2,63x_1x_2 - 3,13x_2x_3 - 1,38x_1x_2x_3$$

Коэффициент детерминации составляет 0,99, что свидетельствует о существенном влиянии выбранных факторов на результат. Полученное уравнение адекватно описывает результаты эксперимента с вероятностью 0,95, поскольку критерий Фишера больше табличного.

Как показывает анализ коэффициентов уравнения регрессии, наиболее влияющим на показатель отстаивания жира в эмульсии фактором является продолжительность диспергирования. На исследуемый параметр оказывают меньшее влияние температура проведения обработки и содержание ПАВ, с незначительным преимуществом последнего.

Изменение степени дисперсности жировой фазы в эмульсии (Y_3) в зависимости от продолжительности диспергирования (x_1), массовой доли ПАВ (x_2) и температуры проведения обработки (x_3) получено в виде следующего уравнения регрессии:

$$Y_3 = 2,84 - 0,5x_1 - 0,57x_2 - 0,5x_3 - 0,18x_1^2 + 0,57x_2^2 - 0,18x_3^2$$

Коэффициент детерминации составляет 0,97, что характеризует существенное влияние выбранных факторов на результирующие параметры.

Расчетный критерий Фишера больше табличного, что подтверждает адекватность полученного уравнения экспериментально полученным данным с вероятностью 0,95.

В результате анализа полученного уравнения регрессии установлено, что влияние на степень дисперсности жира в эмульсии продолжительности диспергирования, содержания ПАВ и температуры проведения обработки практически идентично, при незначительном превалировании последнего.

Результат проведенных исследований свидетельствует о влиянии всех трех зависимых факторов на получение технологически стойких эмульсий. Продолжительность диспергирования и соответственно энергозатраты являются наиболее мощными факторами, тогда как массовая доля ПАВ и температура проведения обработки оказывает меньшее влияние на величины результирующих параметров. Содержание ПАВ в наибольшей мере влияет на гранулометрический состав жировых эмульсий. Температура проведения обработки оказывает наименьшее среди исследуемых факторов влияние на показатели стабильности дисперсий жира. Кроме того установлено, что влияние данных факторов тесно взаимосвязано.

Механизм эмульгирования чрезвычайно сложен, поэтому требуется применять оптимальные технологические режимы, чтобы получить метастабильную тонкодисперсную эмульсию. Установлено, что при применении рациональной мощности обработки средние размеры капель уменьшаются очень быстро, в течение нескольких секунд и постепенно достигают предельного значения за 1...2 мин. Продолжение обработки сверх оптимального времени мало улучшает качество эмульсий и затраты энергии на обработку оказываются нецелесообразными.

По мере увеличения массовой доли ПАВ образование эмульсий происходит легче, резко возрастает их стабильность (при условии, что адсорбционный слой еще не насыщен), а размер ЖШ уменьшается. При этом превышение оптимального содержания ПАВ не улучшает стабильность эмульсий и не дает более мелких ЖШ.

Значительное повышение температуры обработки ведет к коагуляции частиц и изменению структурирующих свойств белковых компонентов оболочек ЖШ, интенсификации окислительной порчи и ухудшению качества эмульсий, ускорению физико-химических процессов, которые могут изменять природу поверхностного слоя

и таким образом, возникновению условий, благоприятных для протекания распада эмульсий. Кроме того применение высокотемпературных режимов обработки влечет за собой повышение затрат энергоресурсов. В то же время при низкой температуре эмульгирования преобладает агрегатирование ЖШ и коалесценция жира.

Таким образом, при обосновании технологических режимов получения эмульсий с оптимальными свойствами стабильности и дисперсности жировой фазы необходимо учитывать влияние каждого фактора и их диапазоны.

Обобщая полученные результаты исследований, можно сделать вывод, что рациональные режимы получения эмульсий жирностью 30...40 %, с дисперсностью и стабильностью, близкими к натуральным сливкам, в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве следующие: температура эмульгирования 50...70 °С, массовая доля ПАВ – 0,6 %, длительность обработки 60...75 с, затраты энергии при мощности обработки 155...220 Вт составят 1,9...3,3 кДж/кг. Этот вывод подтвержден математическими расчетами при решении оптимизационной задачи.

В результате статистической обработки полученных результатов исследований методами регрессионного и дисперсионного анализа, были определены зависимости между экспериментальными данными, которые носили линейный и нелинейный характер (пример см. приложение Е1...6). Проверка результатов исследований показала, что экспериментальные данные подчиняются нормальному закону распределения. Суммарная относительная ошибка случайной составляющей погрешности незначительна. Проверка гипотезы об однородности дисперсий по критерию Фишера показала, что однородность полученных дисперсий удовлетворительная (при $P=0,95$). Экспериментальные данные по дисперсности эмульсий подтверждаются микрофотографиями (приложение Ж).

Согласно рассчитанным характеристикам (дисперсия, среднее квадратическое отклонение, критерий Фишера) можно сделать вывод, что полученные регрессии достоверны и отображают связь между исследованными параметрами (приложение Е1...6). Аппроксимационные кривые могут быть использованы для прогнозирования, обобщения и анализа результатов, а также формулировки выводов. По материалам экспериментальных исследований опубликовано 13 научных трудов [240...254].

РАЗДЕЛ 4

РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основе данных, полученных в ходе экспериментальных исследований эмульгирования молочного и растительных жиров, а также в результате анализа известных технических решений и эксплуатационных данных по существующему оборудованию были определены технические параметры и характеристики, которые легли в основу исходных требований на разработку эмульсора роторного типа (приложение К). По исходным требованиям, с учетом предварительных расчетов, коллективом конструкторского подразделения ТИММ (Ересько Г.А., Кимачинский С.И., Майборода Ю.В.) изготовлен эмульсор Я5-ОММ (рис. Л.1.1 – приложение Л.1) для подготовки технологически стойких жировых дисперсий при производстве спредов [255...258].

В основу технического решения положен принцип, базирующийся на эффекте гидродинамической обработки и кавитации вязкой жидкости, проходящей в зазоре между вращающимся ротором и неподвижным статором. Рабочие органы эмульсора (рис. Л.2.1, Л.2.2 – приложение Л.2) 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 патрубок эмульсора 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 эмульсора для циркуляции или выгрузки.

Степень диспергирования определяется интенсивностью механической обработки в рабочем зазоре и кратностью циркуляции продукта.

На рис. 4.1 показан общий вид экспериментально-промышленного роторно-вихревого эмульсора Я5-ОММ.

Эмульсор состоит из: рамы 1 с приводом 2, на фланце которого с помощью стакана 3 установлен корпус 4 эмульгирующего устройства. 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.

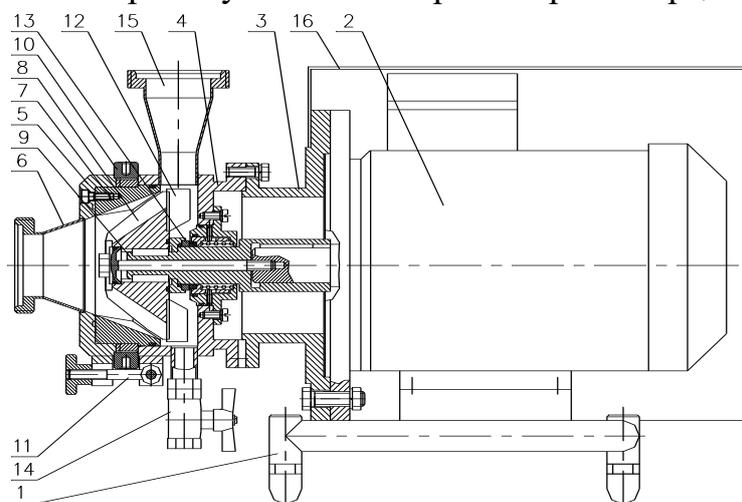


Рис. 4.1. Общий вид эмульсора.

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. Техническая характеристика эмульсора представлена в табл. 4.1.

Для сравнительной оценки эффективности работы роторно-вихревого диспергирующего устройства были проведены выработки молочно-жировых смесей с

Исходя из принципов минимизации энергозатрат на получение тонкодисперсных жировых эмульсий созданная конструкция эмульсора Я5-ОММ обладает высокой производительностью при низких затратах энергии и поэтому на данный момент является оптимальной для использования в промышленных целях. Разработан и утвержден паспорт на эмульсор марки Я5-ОММ-02.00.000 (приложение М), удостоверяющий гарантированные изготовителем основные параметры и технические характеристики данного оборудования для предприятий пищевой промышленности. Паспорт содержит сведения, необходимые для правильной эксплуатации и поддержания эмульсора в постоянной готовности к применению.

Для подтверждения полученных лабораторных экспериментальных данных, а также для определения эффективности конструкции Я5-ОММ, были проведены выработки продуктов с комбинированной жировой фазой в промышленных условиях, с применением эмульсора роторного типа в составе линии для производства спредов как методом непрерывного сбивания (рис. Б.1.1, Б.2.1 и Б.4.1 – приложение Б.1, Б.2 и Б.4), так и методом преобразования ВЖС (рис. Б.3.1 и Б.5.1 – приложение Б.3 и Б.5).

Разработка режимов получения технологически стойких жировых дисперсий с использованием эмульсора Я5-ОММ при производстве спредов методом непрерывного сбивания была проведена на базе ЗАО "Золотоношский маслодельный комбинат", г. Золотоноша, Черкасской области в период с 9 по 11 октября 2007г., а также на базе ДП "Староконстантиновский молочный завод", г. Староконстантинов, Хмельницкой области в период с 2 по 4 июля 2009г.

4.1. Производство спредов методом непрерывного сбивания

При проведении выработок в лаборатории завода были исследованы образцы эмульсий, отобранные в ходе диспергирования (после каждого из 8 циклов⁹ обработки), а также после всех последующих технологических операций (смешивание, пастеризация-охлаждение, созревание). Исследование проводили по вышеупомянутым (п. 2.4) методам определения качества эмульсий.

⁹ Расчет продолжительности цикла производился по формуле $Z=V/X*60$, где: Z-продолжительность цикла, мин; V-объем эмульсии, м³; X-производительность эмульсора, м³/ч (производительность эмульсора Я5-ОММ на зазоре 0,44мм, при жирности смеси 35±5 % составляет 15м³/ч).

Полученные результаты (рис. 4.2) показывают, что во время диспергирования стабильность эмульсий возрастает (вследствие повышения дисперсности) и достигает практически максимального уровня после пяти циклов обработки. При этом показатели качества эмульсий, определяемые разными методами, изменяются синхронно, коррелируя между собой и, таким образом, подтверждают друг друга.

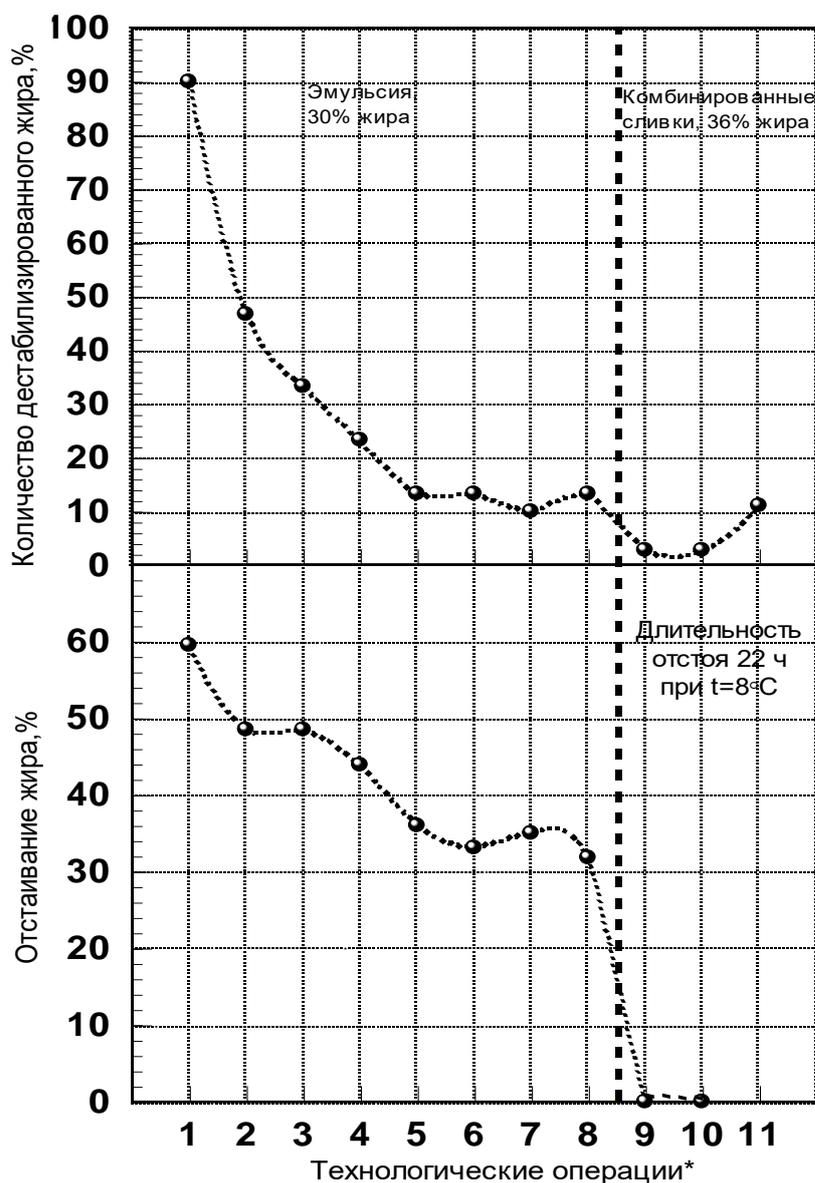


Рис. 4.2. Стабильность жировой эмульсии при производстве спредов методом непрерывного сбивания (* после: 1-8 — циклов эмульгирования; 9 - смешивания; 10 - пастеризации-охлаждения; 11- созревания).

После смешивания с натуральными сливками, несмотря на увеличение жирности смеси (с 30 % до 36 %), показатели стабильности достигают очень

высокого уровня: количество дестабилизированного жира составляет менее 3 % при фактически полном отсутствии отстаивания. Это можно объяснить адсорбцией на поверхность ЖШ эмульсии белков молока, которые находятся в плазме натуральных сливок, а также перераспределением фосфолипидов и липопротеинов оболочек ЖШ натуральных сливок по всей поверхности раздела жир/плазма. Повышенное количество оболочечного вещества позволяет получать более тонкодисперсную эмульсию, которая, естественно, имеет высокую седиментационную устойчивость.

Показатели устойчивости эмульсий не понижаются после пастеризации-охлаждения, поэтому можно утверждать, что эта технологическая операция не оказывает особого дестабилизирующего воздействия.

В процессе созревания (15 ч при температуре 4 °С) количество дестабилизированного жира несколько увеличивается, эмульсии при этом сохраняют высокий уровень стойкости соответствующий показателям натуральных сливок. Как известно [65], основной причиной повышения степени дестабилизации в процессе созревания является частичное отвердевание глицеридного ядра ЖШ, вызывающее нарушение состава, свойств и структурной целостности его оболочки. При этом часть компонентов оболочки десорбирует в плазму, меняются условия на границе раздела фаз, проходит десольватация оболочки ЖШ со стороны обеих фаз.

Кроме того, дестабилизирующее воздействие на эмульсию также оказывают: высокое содержание жира, длительность созревания, а также перемешивание ее в охлажденном состоянии.

Следует также отметить, что ни одна из отобранных проб не расслаивалась в мерных цилиндрах объемом 250 см³ на протяжении более чем 3 ч, что также свидетельствует о достаточно высокой седиментационной устойчивости образцов эмульсий.

Кислотность эмульсии в процессе эмульгирования возрастает незначительно. Так, в течение 48 мин обработки (8 циклов) при интенсивности механического воздействия 3000 об/мин при температуре 70°С, кислотность возросла на 1 °Т.

Показатели рабочего давления, тока и потребляемой мощности, поэтапно на протяжении всего эмульгирования представлены в табл. 4.3

Полученные данные показывают, что давление, создаваемое эмульсором в процессе работы, зависит от зазора между ротором и статором, а также реологических свойств обрабатываемого продукта. Так, например, на стадии смешивания компонентов (рабочий

Таблица 4.3

Режимы работы эмульсора Я5-ОММ (жирность смеси 30%, $t^{\circ}70^{\circ}\text{C}$) ($n = 3, P \geq 95,0$)

Показатели	Режим											
	Смешивание, рабочий зазор 0,44мм	Эмульгирование, рабочий зазор 0,22мм								Смешивание, рабочий зазор, мм		Перекачивание, рабочий зазор 1,76мм
		№ цикла										
		1	2	3	4	5	6	7	8	0,88	1,76	
Рабочее давление, МПа	0,30-0,42	0,48	0,48	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,42	0,39	0,57
Ток, А	4,2	4,25	4,25	4,3	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,3	4,0
Мощность, кВт	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,15	2,0

зазор 0,44 мм) эмульсор создает избыточное давление 0,3 МПа и в течение 7 мин обработки, за счет повышения вязкости смеси при грубом диспергировании, избыточное давление возрастает до 0,42 МПа. Далее, в ходе эмульгирования при переходе на минимальный зазор 0,22 мм, рабочее давление повышается, особенно на протяжении первых двух циклов обработки (до 0,48 МПа), в зоне наиболее активного диспергирования.

При увеличении рабочего зазора в процессе перемешивания готовой эмульсии (с более высокой вязкостью, нежели на стадии смешивания компонентов) давление, создаваемое эмульсором, снижается: при зазоре 0,88 мм до 42 кПа, а при 1,76 мм — 0,39 МПа.

Повышение рабочего давления при перекачивании готовой эмульсии обусловлено гидравлическим сопротивлением, создаваемым трубопроводом между емкостью для эмульгирования и резервуаром для смешивания эмульсии с натуральными сливками.

Что касается мощности и величины тока в процессе работы эмульсора, то они практически не изменяются. Незначительное уменьшение энергозатрат наблюдается при перекачивании готовой эмульсии.

Все эти данные подтверждают результаты, полученные при проведении выработок жировых дисперсий с применением устройства роторного типа в лабораторных условиях.

В процессе сбивания смеси отход жира в пахту был на уровне 0,55 %, кислотность пахты 13 °Т, плотность 1033 кг/м³, что соответствует допустимым нормам [259].

Полученные эмульсии жирностью 30 % обладали необходимой технологической стойкостью и не дестабилизировались на протяжении всех последующих технологических операций при производстве спредов методом непрерывного сбивания (смешивание, пастеризация, охлаждение, созревание). Из полученных эмульсий был произведен спред сладкосливочный "Золотоніський традиційний" 72,5 % жира, который соответствовал требованиям ТУ У 15.5-00447824.004:2006 по всем показателям качества (акт испытаний – приложение Н.1).

В лаборатории ДП "Староконстантиновский молочный завод" были исследованы образцы эмульсий, отобранные в ходе грубого и тонкого диспергирования (после каждого из 5 циклов), а также после последующих технологических операций (смешивание, пастеризация и охлаждение). Исследование проводилось по двум вышеупомянутым методам определения качества эмульсии.

Полученные (методом Фавстовой) результаты показали, что в связи с длительным смешиванием компонентов дисперсий их устойчивость перед эмульгированием можно оценить как сравнительно высокую (51,4 % и 43,6 %). Далее в ходе диспергирования, изменение количества дестабилизированного жира в эмульсиях с общим его содержанием 57 % проходило по характерной для эмульгирования кривой и, достигнув после 3-го цикла определенного предела (в данном случае 25,9%) проходило по волнообразной кривой, что подтверждается многими лабораторными и промышленными исследованиями. Визуально в мерных цилиндрах объемом 250 см³ устойчивость эмульсий можно было оценить как достаточную.

После смешивания с натуральными сливками устойчивость комбинированных эмульсий значительно возрастала по сравнению с дисперсиями растительных жиров. Незначительное повышение количества дестабилизированного жира в смеси после пастеризации-охлаждения, по-видимому, можно объяснить наличием между пастеризатором и регенератором-охладителем дополнительного центробежного насоса, который оказывает на нее дестабилизирующее воздействие.

Процесс сбивания проходил успешно с быстрым выходом на стабильную жирность получаемого продукта. В процессе сбивания смеси отход жира в пахту, ее кислотность и плотность соответствовали допустимым нормам [259].

Жировые дисперсии, полученные в ДП "Староконстантиновский молочный завод" с помощью эмульсора Я5-ОММ, обладали необходимой технологической стойкостью и не дестабилизировались на протяжении всех последующих технологических операций при производстве спреда методом непрерывного сбивания (смешивание, пастеризация, охлаждение, созревание). Полученный спред сладкосливочный Фермерське" 72,5% жира (в частности молочного жира 70% от общего содержания жира) соответствовал ТУ У 15.5-31952591-003:2006 по всем показателям качества (акт испытаний – приложение Н.2).

В лабораторию маслоделия ТИММ были доставлены и исследованы образцы исходных жиров (пальмовое масло и натуральные сливки), а также выработанной продукции (спред сладкосливочный "Золотоніський" традиційний 72,5 % жира). Проведена органолептическая оценка (протокол дегустации от 16 октября 2007 г – приложение П.1). Результаты исследований образцов сырья и спреда, проведенных в лаборатории маслоделия, представлены в табл. 4.4 и 4.5, а также на рис. 4.3 и 4.4.

При определении коэффициентов термоустойчивости (при температуре 29 °С) образцов спреда "Золотоніський" традиційний 72,5 % жира и пальмового масла, были получены следующие результаты $K_T=0,97$ и $K_T=1$ соответственно. Для подтверждения высокого показателя термоустойчивости была определена температура плавления жировой основы спреда, а также пальмового масла и молочного жира, которые входят в ее состав. Кроме того, для вышеупомянутых жиров были определены: показатель преломления, число Рейхерта-Мейссля и йодное число. Полученные данные (табл. 4.4) коррелируют между собой.

**Результаты исследований образцов сырья и спреда отобранных 11.10.2007г
в ЗАО "Золотоношский маслодельный комбинат" ($n = 3, P \geq 95,0$)**

Образцы	Показатели			
	Температура плавления, °C ¹⁰	Показатель преломления	Число Рейхерта-Мейссля	Йодное число
Пальмовое масло	44,3	1,4578	2,56	-
Молочный жир	28,0	1,4546	29,92	35,1
Спред "Золотоношский" традиционный 72,5% жира	30,4	1,4559	17,88	-

Исходя из полученных результатов исследований (число Рейхерта-Мейссля) содержание немолочного жира в образце спреда сладкосливочного "Золотоношский" традиционный составляло 44% от общего количества жиров.

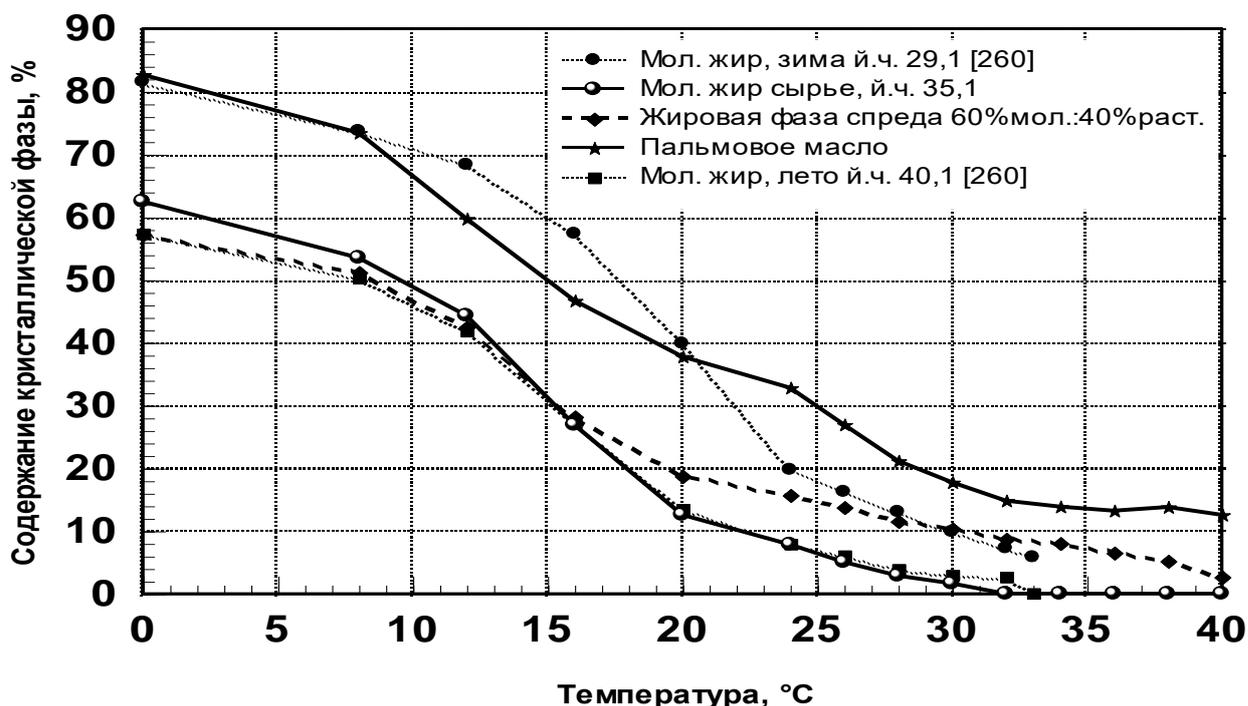


Рис. 4.3. Зависимость содержания кристаллической фазы в жирах от температуры.

Определяемые dilatометрическим методом соотношения кристаллической и жидкой фаз в жирах при разных температурах, а также кинетика плавления

¹⁰ температуру плавления определяли по поднятию жира в открытом капилляре.

кристаллической фазы жира позволяют судить о его структуре и других реологических свойствах. Как видим (рис. 4.3), в области температур ниже 20 °С содержание кристаллической фазы в модифицированном пальмовом масле приближается, а при более высоких температурах превышает таковое для молочного жира зимнего периода года. Жир в применяемом на предприятии молочном сырье соответствует этому показателю для молочного жира летнего периода года. Жировая основа полученного спреда обладает физическими свойствами, которые укладываются в область, ограниченную предельными кривыми для молочных жиров летнего (й.ч.=40,1%) и зимнего (й.ч.=29,1%) периодов года. Таким образом, есть основания полагать, что ее поведение в процессе эмульгирования не должно значительно отличаться от молочного жира, что совпадает с полученными в лабораторных условиях данными (п. 3.1.4). Поэтому применение качественных ЗМЖ, приближенных по физическим свойствам к молочному жиру является, более предпочтительным при производстве спредов.



Рис. 4.4. Зависимость предельного напряжения сдвига образцов от температуры.

Так как физические свойства жировой композиции спреда не выходят за пределы таковых для молочного жира, можно утверждать, что полученный нами продукт по реологическим характеристикам приближается к показателям сливочного масла.

Кроме того, было установлено предельное напряжение сдвига образцов при температуре 6...24 °С. Предельное напряжение сдвига является важным реологическим показателем пластичных дисперсных систем, определение которого необходимо для характеристики структурно-механических свойств этих систем. Известно [260], что значения оптимальных показателей предельного напряжения сдвига при температуре 20 °С, соответствующих высокой органолептической оценке высококачественного масла, составляют 1...2 кПа в весенне-летний период и 3...4 кПа в осенне-зимний период года. Анализируя полученные результаты (рис. 4.4 и табл. 4.5) можно сделать вывод, что предельное напряжение сдвига образца спреда "Золотоніський" традиційний, находится на уровне соответствующем показателям натурального высококачественного сливочного масла с хорошей консистенцией.

Таблица 4.5

Предельное напряжение сдвига образцов модифицированного пальмового масла СТІ (УП) и готового спреда при различных температурах ($n = 3, P \geq 95,0$)

Температура, °С	Предельное напряжение сдвига, кПа	
	спред "Золотоніський традиційний" 72,5 %	пальмовое масло 99,9 %
6	8,55	64,93
11	7,37	42,49
15	4,09	29,41
20	2,63	12,81
24	2,34	1,97

Все вышеупомянутые результаты свидетельствуют о высоком уровне качества спреда "Золотоніський" традиційний, выработанного из технологически стойких эмульсий, полученных с помощью эмульсора роторного типа Я5-ОММ при соблюдении рекомендуемых технологических параметров и режимов.

Что касается модифицированного пальмового масла СТІ (УП), как компонента жировой фазы спреда, то оно обладает высоким предельным напряжением сдвига и в диапазоне температур производства и потребления этот показатель значительно выше таковых для сливочного масла и спредов. Объясняется это особенностями

жирнокислотного состава пальмового масла и его кристаллической структуры (рис. 4.3) при вышеупомянутых температурах. Поэтому для обеспечения требуемых структурно-механических свойств готового продукта, необходима разработка сбалансированного композиционного состава жировой основы, а также соответствующая температурная и механическая обработка при производстве спредов.

Для подтверждения целесообразности применения эмульсора Я5-ОММ при производстве спредов методом сбивания, на ЗАО "Золотоношский маслодельный комбинат" были проведены его сравнительные испытания с клапаным гомогенизатором А1-ОГМ5 по эффективности эмульгирования жира, в соответствии с технологией, применяемой на предприятии и технологией, разработанной ТИММ. В ходе испытаний отработаны способы и параметры получения тонкодисперсных жировых дисперсий с применением эмульсора Я5-ОММ. Учитывая целесообразную кратность обработки смеси (5 циклов) для получения технологически стойкой эмульсии с массовой долей жировой фазы $35\pm 5\%$, рабочая производительность эмульсора Я5-ОММ по продукту составила 3,5...4 т/ч, при мощности $2,1\pm 0,1$ кВт. Производительность клапанного гомогенизатора А1-ОГМ5 применительно к эмульсии с содержанием жировой фазы $35\pm 5\%$ составила 3...4 т/ч, при мощности — 37,37 кВт. С учетом идентичной максимальной производительности сравниваемых диспергирующих устройств – 4 т/ч эмульсии $35\pm 5\%$ жирности, экономия электроэнергии (при объемах производства спредов 5 т в сутки) составит 44,1 кВт/ч в сутки, или (при годовом объеме производства спредов 1525 т) 13450,5 кВт/ч в год.

Учитывая тарифы на электроэнергию для промышленности по состоянию на октябрь 2007г – 0,4482¹¹ грн за 1 кВт/ч (с учетом ПДВ), годовой экономический эффект за счет экономии электроэнергии потребляемой эмульгирующим устройством составит – 6028,51 грн.

Таким образом, результаты испытаний подтвердили работоспособность и целесообразность принятых конструкторских решений, а также высокую эффективность эмульсора Я5-ОММ, который может быть принят для эксплуатации и серийного производства.

11 Согласно постановлению Кабинета Министров Украины от 15.08. 2005 г №745 "Про перехід до єдиних тарифів на електричну енергію, що відпускається споживачам", а также Постановлению Национальной комиссии регулирования электроэнергетики от 24.09.2007г №1298 "Щодо затвердження на жовтень 2007 року роздрібних тарифів на електроенергію з урахуванням граничних рівнів тарифів при поступовому переході до формування єдиних роздрібних тарифів для споживачів на території України".

4.2. Производство спредов методом преобразования ВЖС. Разработка режимов получения технологически стойких жировых дисперсий с использованием эмульсора Я5-ОММ при производстве спредов методом преобразования ВЖС были проведены на базе ОАО "Решетилковский маслозавод", п.г.т. Решетилка, Полтавской области в период с 14 по 22 июня 2007 г.

Полученные в результате испытаний данные подтверждают отмеченную ранее цикличность эмульгирования. Попеременно проходят процессы диспергирования и агрегации ЖШ с соответствующим изменением стабильности эмульсий. Установлено, что достигнуть наиболее эффективного эмульгирования можно регулируя скорость подачи компонентов смеси из плавителя в нормализационную ванну и попеременным включением/выключением эмульсора,¹² так как именно эти параметры играют важнейшую роль в диспергировании и являются основными регулирующими факторами при получении технологически стойких высокожирных эмульсий. Изменение скорости подачи жировых компонентов следует проводить, избегая концентрации незаэмульгированного жира на поверхности эмульсии в нормализационной ванне, что свидетельствует о несбалансированности скорости подачи компонентов смеси и производительности эмульгирующих устройств. В таком случае подачу жира следует уменьшить, учитывая при этом, что чрезмерное снижение скорости подачи жира неизбежно приведет к возрастанию продолжительности эмульгирования.

Скорость подачи компонентов из плавителя составляла 6...10 м³/ч, что осуществляется с помощью регулирования сечения проходного крана.

Периодическое выключение эмульсора на завершающей стадии процесса необходимо для того, чтобы избежать дестабилизации эмульсии, при этом

12 Во избежание дестабилизации смеси в процессе диспергирования, эмульсор периодически выключается. Периодичность (интервалы работы эмульсора) определяется опытным путем применительно к местным условиям производства и рецептурам вырабатываемого продукта. К примеру, во время пробной выработки смеси растительно-сливочной "Полтавське несолоне" 70,5% жира, на ОАО Решетилковский маслозавод при получении эмульсии жирностью 70,5% интервалы работы эмульсора были следующие: вкл,мин/выкл,мин. – 7/2,2/2,2/5,5/выкл - общее время эмульгирования 25 мин.

крайне необходимо визуально контролировать качество (консистенцию, вязкость, однородность) продукта.

Рациональная продолжительность эмульгирования 3 т смеси 62,5...72,5 % жирности – 25...30 мин. При этом эмульсии должны обладать необходимой технологической стойкостью для производства спредов методом преобразования ВЖС.

Наиболее эффективное эмульгирование смеси в эмульсоре Я5-ОММ достигается при максимальной производительности перекачивания (соответствующей минимальным потерям давления на выходной линии) и минимальном рабочем зазоре между ротором и статором 0,22 мм (I-я позиция на регулировочной гайке). Рабочий зазор между ротором и статором 0,44 мм (II-я позиция на регулировочной гайке) менее эффективен, его применение целесообразно для дополнительной обработки эмульсии и поддержания ее в стабильном состоянии, после эмульгирования при минимальном рабочем зазоре 0,22 мм. Дальнейшее увеличение зазора соответственно уменьшает интенсивность обработки (эмульгирования и перекачивания).

Таким образом, стремление к повышению эффективности эмульгирования путем ограничения расхода продукта на выходе (создания противодавления), которое осуществлялось с помощью регулирования сечения крана на 75 %, 50 % и 25 %; и увеличения рабочего зазора между ротором и статором эмульсора Я5-ОММ, нецелесообразно.

Все эти данные подтверждают результаты, полученные при проведении выработок жировых дисперсий с применением устройства роторного типа в лабораторных условиях.

При постепенной подаче компонентов смеси (с различной температурой) из плавителя в нормализационной ванне изменяется температура эмульгирования с 40 °С в начале процесса, до 50 °С в конце. На колебания температурного режима влияет также эмульгирующее устройство, повышающие температуру продукта при обработке в результате превращения механической энергии в тепловую. Корректировать температурные показатели

можно с помощью регулирования температуры воды в теплообменной рубашке нормализационной ванны путем изменения давления барботируемого пара.

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. Так, к примеру, в начале эмульгирования, когда в нормализационную ванну из плавителя подается молоко или пахта с температурой около 40 °С, давление достигает 0,3 МПа. В ходе эмульгирования смесь становится более вязкой и массовая доля жировой фазы в ней увеличивается (в связи с подачей жировых компонентов из плавителя в нормализационную ванну) до 62,5...72,5 %. При этом увеличивается и температура эмульгирования, которая достигает в среднем 50 °С. Это приводит к увеличению рабочего давления до 0,5 МПа. Эта характерная зависимость может быть использована как показатель качества (готовности) эмульсий. Определяющий показатель рабочего давления уточняется экспериментальным путем для конкретных условий монтажа и производимого продукта.

Производительность эмульсора Я5-ОММ по перекачке при минимальном рабочем зазоре между ротором и статором 0,22 мм (I-я позиция на регулировочной гайке), без ограничения расхода продукта на выходе (без создания противодействия) составляет: на воде, молоке и смеси с массовой долей жира 3,5...40 % (при температуре 65 °С) – 18 м³/ч, на смеси 62,5...72,5 % жирности (при температуре 50 °С) – 10 м³/ч, что позволяет получить 3 м³ технологически стойкой эмульсии 62,5...72,5 % жирности за 25...30 мин. С учетом периодического режима эмульгирования и целесообразной кратности обработки, рабочая производительность по продукту составляет: на эмульсии с массовой долей жира 62,5...72,5 % 6...7 м³/ч, а с массовой долей жира 35±5 % – 3,5...4 м³/ч. Что касается мощности и величины тока в процессе работы эмульсора, они практически не изменяются и составляют 2,3±0,2 кВт и 4,6±0,4 А соответственно.

При проведении выработок в лаборатории завода были исследованы образцы высокожирных эмульсий, отобранные в ходе диспергирования, а также после всех последующих технологических операций (перекачивание, пастеризация). Исследование проводилось по вышеупомянутым (п. 2.4.) методам определения устойчивости эмульсий.

Полученные результаты показывают, что во время диспергирования стабильность эмульсии возрастает (вследствие повышения дисперсности). Однако уровень технологической стойкости для эмульсий жирностью 35 % (при производстве спредов методом непрерывного сбивания) и высокожирных эмульсий жирностью 62,5...72,5 % (при производстве спредов методом преобразования ВЖС) существенно отличаются, из-за особенностей подготовки смеси к последующей переработке. Кроме того, сравнивать стабильность высокожирных эмульсий с дисперсиями 35%-ной жирности затруднительно, так как по мере повышения массовой доли дисперсной фазы изменяются их физико-химические свойства, особенно на поверхности раздела жир-плазма [41].

Экспериментально установлено (п. 4.1), что после смешивания с натуральными сливками устойчивость комбинированных эмульсий значительно возрастает по сравнению с дисперсией растительных жиров. Учитывая это и на основании результатов исследований можно предположить, что параметры технологической стойкости 35%-ной жировой эмульсии при производстве спредов следующие: количество дестабилизированного жира (определяемого методом Фавстовой) не должно превышать 30 %; показатель стойкости жировой дисперсии (определяемый модифицированным методом отстаивания) – также не более 30 %; диаметр среднего ЖШ 3 ± 1 мкм.

При определении стойкости высокожирных эмульсий модифицированным методом отстаивания, пробы готовой смеси практически не расслаивались в мерных цилиндрах объемом 250 см^3 в течении 22 часов при температуре $8 \text{ }^\circ\text{C}$, а также на протяжении более чем 30 мин при температуре

24 °С. Все это свидетельствует о достаточно высокой седиментационной устойчивости образцов с учетом требований к технологической стойкости эмульсий для данного метода производства спредов.

Что касается определения стабильности высокожирных эмульсий методом Фавстовой, показатели дестабилизации жировой фазы были несравненно выше (до 75 %) чем в дисперсиях 35%-ной жирности. Во-первых, это обусловлено чрезмерной «жесткостью» данного метода исследований применительно к этой концентрированной эмульсии (п. 2.4) и, во-вторых, формированием недостаточно прочных оболочек ЖШ в высокожирной смеси, а также дестабилизирующим влиянием на нее концентрационного фактора.

Однако при данном методе производства наиболее важной является характеристика расслаивания эмульсий в процессе их переработки. И показатель стабильности эмульсий по отстою подтверждает вполне достаточную ее устойчивость.

Было проведено исследование устойчивости эмульсий (по методу Фавстовой), в процессе преобразования в маслообразователе Я5-ОМС-1. Пробы отбирали в трех точках (табл. 4.6). Для сравнения представлены соответствующие показатели натуральных сливок, полученные при проведении испытаний установки Я5-ОМС-3 на предприятии ОАО «Бровары-молоко» 08.08.2007 г.

При проведении испытаний эмульсора Я5-ОММ, были получены эмульсии с содержанием жировой фазы 72,5 % и 70,5 % которые (при соблюдении рекомендуемых нами технологических параметров и режимов) обладали необходимой технологической стойкостью и не дестабилизировались на протяжении всех последующих технологических операций (перекачивание, пастеризация) вплоть до маслообразователя Я5-ОМС-1.

Из полученных эмульсий, были выработаны смеси растительно-сливочные "Полтавське несолоне" 70,5 % жира и "Традиційна хатинка" 72,5 % жира, которые соответствуют требованиям ТУ У 15.4 – 00446836 по всем

Степень дестабилизации эмульсии растительных жиров и натуральных молочных сливок на стадиях преобразования в маслообразователях марки Я5-ОМС ($n = 3, P \geq 95,0$)

Образцы	Степень дестабилизации, %		
	перед охладителем	после охладителя, перед дестабилизатором	после дестабилизатора, перед структурообразователем
Высокожирная эмульсия, 70,5 % жира	77,0	97,7	99,7
Натуральные ВЖС, 69 % жира	15,9	58,0	97,1

показателям качества (акт о проведении испытаний – Приложение Н.3). Образцы вышеупомянутых смесей были доставлены и продегустированы в лаборатории маслодела ТИММ (протокол дегустации от 2 июля 2007 г. – Приложение П.2) и получили суммарную оценку 8,5 и 7,5 баллов (по 10,0-бальной шкале в соответствии с "Інструкцією про порядок проведення оцінки якості м'ясо-молочних продуктів" [225]), соответственно.

Определяемые дилатометрическим методом соотношения кристаллической и жидкой фаз в жирах при разных температурах, а также кинетика плавления кристаллической фазы жира позволяют судить о его структуре и других реологических свойствах. Как видим (рис. 4.5), в области температур ниже 25 °С ЗМЖ Пальмира-2 имеет близкие к молочному жиру физические свойства, а при более высоких температурах содержание кристаллической фазы незначительно превышает таковое для молочного жира зимнего периода. Жир в применяемом на предприятии молочном сырье соответствует этому показателю для молочного жира летнего периода года. Жировая основа смесей жировых обладает физическими свойствами, которые укладываются в область, ограниченную предельными кривыми для молочных жиров летнего (й.ч.=40,1%) и зимнего (й.ч.=29,1%) периода года, только в области температур ниже 15 °С содержание кристаллической фазы в ней несколько ниже, на основании чего у нас есть основания полагать, что ее

поведение в ходе эмульгирования не должно значительно отличаться от молочного жира. Эти данные являются подтверждением соответствия реологических характеристик полученных продуктов показателям натурального сливочного масла, а меньшее содержание кристаллической фазы в области температур ниже 15 °С обеспечивает более мягкую, пластичную и хорошо намазываемую консистенцию по сравнению с традиционным сливочным маслом.

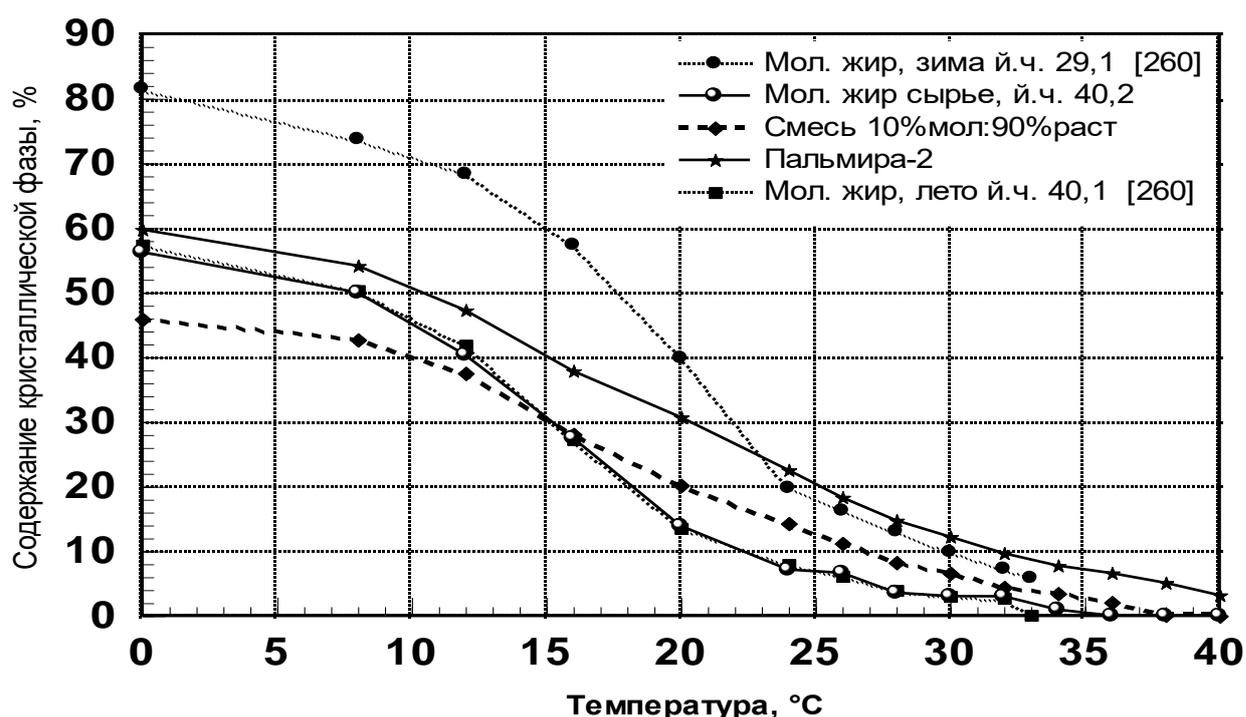


Рис. 4.5. Зависимость содержания кристаллической фазы в жирах от температуры.

При определении коэффициента термоустойчивости (при температуре 29 °С) образцов смесей растительно-сливочных ("Полтавське несолоне" 70,5 % жира и "Традиційна хатинка" 72,5 % жира), были получены следующие результаты $K_T=0,88$ и $K_T=0,94$ соответственно. Для подтверждения высокого показателя термоустойчивости, была определена температура плавления жировой основы смеси (34,6 °С) и ЗМЖ Пальмира-2 (34,9 °С), который входит в ее состав. Полученные результаты коррелируют между собой. Кроме того, было установлено предельное напряжение сдвига образцов при температуре 6...24 °С (табл. 4.7 и рис. 4.6). Предельное напряжение сдвига является важным реологическим показателем пластичных дисперсных систем, определение которого необходимо для характеристики

структурно-механических свойств этих систем. Значения оптимальных показателей предельного напряжения сдвига при 20 °С, соответствующих высокой органолептической оценке высококачественного масла составляют 1...2 кПа в весенне-летний период и 3...4 кПа в осенне-зимний период года [260]. Анализируя полученные результаты (табл. 4.7 и рис. 4.6), можно сделать вывод, что предельное напряжение сдвига образцов смесей растительно-сливочных, находится на уровне соответствующем показателям высококачественного сливочного масла с хорошей консистенцией.

Таблица 4.7

Предельное напряжение сдвига образцов смесей растительно-сливочных при различных температурах ($n = 3, P \geq 95,0$)

Температура, °С	Предельное напряжение сдвига, кПа	
	смесь растительно-сливочная "Традиційна хатинка" 72,5 %	смесь растительно-сливочная "Полтавське несолоне" 70,5 %
6	10,98	9,22
11	6,39	6,29
15	5,35	4,54
20	3,08	1,69
24	2,35	0,83

Все вышеупомянутые результаты свидетельствуют о высоком уровне качества смесей растительно-сливочных "Полтавське несолоне" 70,5 % жира и "Традиційна хатинка" 72,5 % жира, выработанных из технологически стойких эмульсий, полученных с помощью эмульсора роторного типа Я5-ОММ при соблюдении рекомендуемых нами технологических параметров и режимов.

Для подтверждения полученных данных, о нецелесообразности создания противодействия с целью повышения эффективности эмульгирования, на заводе были проведены выработки эмульсий растительных жиров с содержанием жировой фазы 35 %. Ограничение расхода продукта на выходе (создание противодействия), осуществлялось с помощью регулирования сечения крана на 100 и 50 %. При этом

в лаборатории завода были исследованы образцы эмульсии, отобранные в ходе диспергирования после каждого из 8 циклов¹³ обработки. Исследование проводилось по вышеупомянутым (п. 2.4) методам определения качества эмульсий.

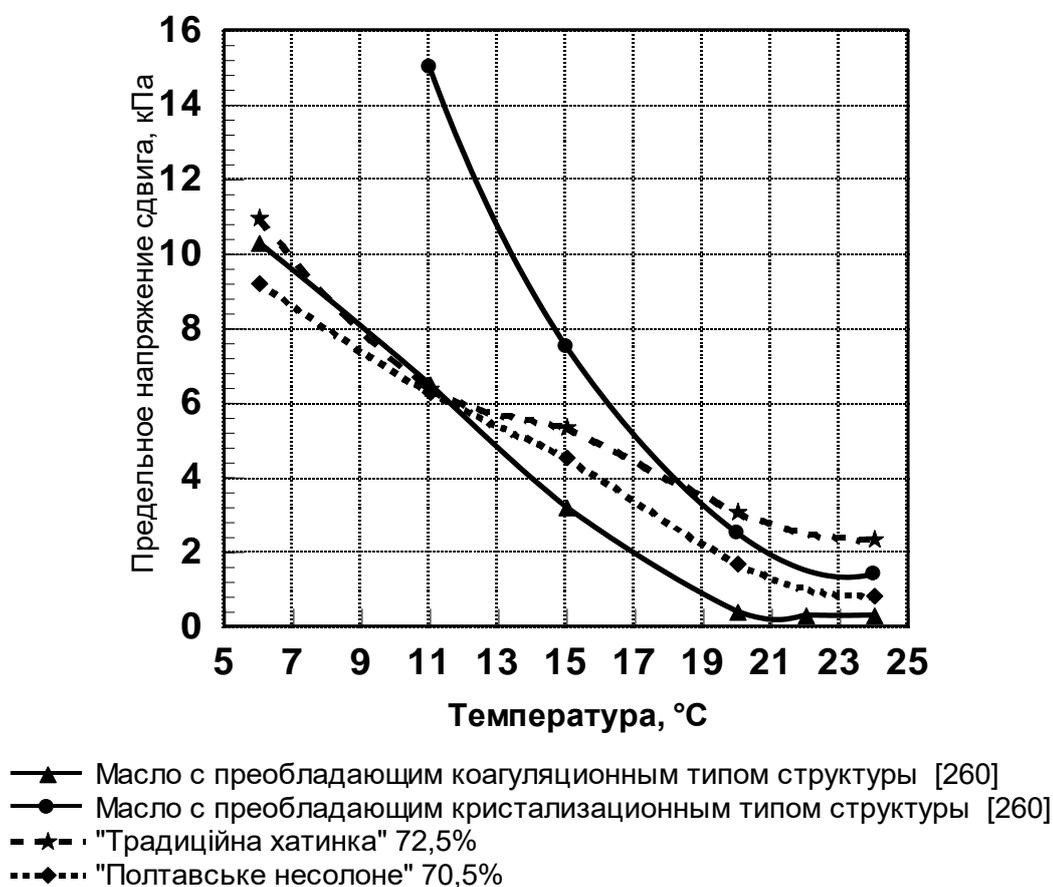


Рис. 4.6. Зависимость предельного напряжения сдвига от температуры.

Полученные результаты (рис. 4.7) показывают, что во время диспергирования без ограничения потока (при степени открытия пропускного крана 100 %) стабильность эмульсий возрастает, при этом показатели качества эмульсий, определяемые разными методами, изменяются синхронно, коррелируя между собой и, таким образом, взаимоподтверждают друг друга.

¹³ Расчет продолжительности цикла производился по формуле $Z=V/X*60$, где: Z-продолжительность цикла, мин; V-объем эмульсии, м³; X-производительность эмульсора, м³/ч.

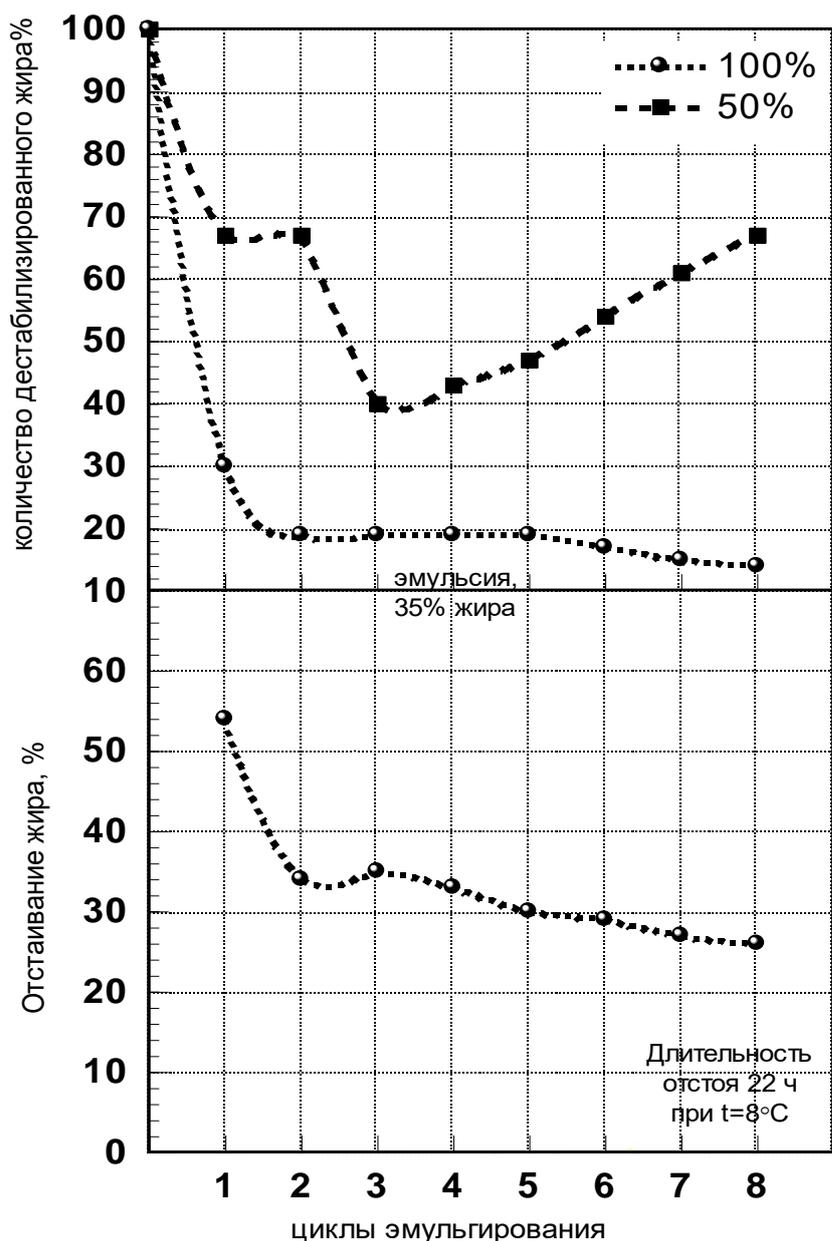


Рис. 4.7. Стабильность жировой эмульсии в ходе обработки в эмульгирующем устройстве ($n=3000$ об/мин, $t^{\circ}=65$ °C).

Несколько иначе изменяются показатели стабильности эмульсий получаемых при степени ограничения потока 50 %. После достижения максимального уровня устойчивости 40 % (который ниже показателей натуральных сливок соответствующей жирности) в течение трех циклов обработки, количество дестабилизированного жира при последующей обработке возрастает. Что касается седиментационной устойчивости данных эмульсий, то они расслаивались в мерных цилиндрах объемом 250 см^3 в течение 10...25 мин при температуре 24 °C. В связи с этим, проводить исследование

таких эмульсий модифицированным методом определения устойчивости жировых суспензо-эмульсий по отстаиванию жира не было необходимости.

Таким образом, повышение эффективности эмульгирования путем ограничения расхода продукта на выходе независимо от жирности эмульсий является нецелесообразным.

В ходе испытаний отработаны способы и параметры получения тонкодисперсных жировых эмульсий с применением эмульсора Я5-ОММ. При этом время эмульгирования смеси, в количестве 3 т сократилось с 90 мин (при эмульгировании жира насосом Г2-ОБД) до 25 мин (при эмульгировании жира эмульсором Я5-ОММ). Учитывая периодический режим получения технологически стойких эмульсий, рабочая производительность по продукту составила соответственно для эмульсора Я5-ОММ 6 т/ч, при мощности $2,5 \pm 0,1$ кВт, а центробежного насоса Г2-ОБД — 2 т/ч, при мощности — $4,2 \pm 0,1$ кВт. Экономия электроэнергии (при объемах производства спредов 10 т в сутки) составит 17,5 кВт/ч в сутки, или (при годовом объеме производства спредов 3050 т) 5337,5 кВт/ч в год.

Учитывая тарифы на электроэнергию для промышленности по состоянию на июнь 2007 г — $0,4235^{14}$ грн за 1 кВт/ч (с учетом НДС), годовой экономический эффект за счет экономии электроэнергии, потребляемой эмульгирующим устройством составит — 2260,43 грн.

Таким образом, результаты испытаний подтвердили работоспособность и целесообразность принятых конструкторских решений, а также высокую эффективность эмульсора роторного типа Я5 – ОММ, который может быть принят для эксплуатации и серийного производства.

По материалам исследований, проведенных в промышленных условиях, опубликовано 4 статьи [249...252].

14 Согласно постановлению Кабинета Министров Украины от 15.08. 2005 г №745 "Про перехід до єдиних тарифів на електричну енергію, що відпускається споживачам", а также Постановлению Национальной комиссии регулирования электроэнергетики от 18.05.2007г №673 "Щодо затвердження на червень 2007 року роздрібних тарифів на електроенергію з урахуванням граничних рівнів тарифів при поступовому переході до формування єдиних роздрібних тарифів для споживачів на території України".

4.3. Практическое использование результатов работы

Получены данные изменения показателей стойкости и степени дисперсности эмульсий в ходе диспергирования при разных технологических и энергетических параметрах, в результате чего установлены закономерности формирования эмульсий с различными видами жира, содержанием ПАВ и жировой фазы.

На основе экспериментальных исследований эмульгирования молочного и растительных жиров разработаны исходные требования на роторно-вихревой эмульсор Я5-ОММ (приложение Л) для подготовки технологически стойких жировых эмульсий при производстве спредов. Проведены выработки жировых дисперсий с применением устройства роторного типа в лабораторных и промышленных условиях, в ходе которых была подтверждена его высокая эффективность. В результате промышленного внедрения эмульсора Я5-ОММ рационализировано получение стойких дисперсий жира посредством снижения мощности и сокращения длительности обработки смеси, что дало экономический эффект (п.п. 4.1 и 4.2) за счет экономии энергозатрат и рабочей силы, уменьшения износа оборудования.

Использованный в экспериментальных исследованиях эмульсор полностью моделирует технологические режимы для промышленного (Я5-ОММ) аппарата, что позволяет все полученные в процессе работы данные применить в промышленных условиях.

На основании полученных результатов научно обоснованы параметры эмульгирования жиров как с точки зрения получения технологически стойких жировых эмульсий (с учетом специфики процессов их последующей обработки), так и с целью минимизации затрат энергии. Установлены принципы регулирования стабильности и дисперсности жировой фазы эмульсии при производстве спредов. Результаты исследований использованы для уточнения технологии спредов.

Исследованы и установлены технологические параметры и режимы эмульгирования, а также энергозатраты для получения эмульсий с массовой долей жира от 3,5 до 72,5 % с помощью эмульсора роторного типа. Разработаны режимы термомеханической обработки жировых систем и отработаны параметры получения тонкодисперсных жировых эмульсий с учетом технологических требований. Определены параметры технологической стойкости эмульсий для обоих методов производства спредов. Разработаны и утверждены рекомендации по получению технологически стойких жировых эмульсий с помощью устройства роторного типа для производства спредов как методом сбивания жировой смеси (приложение Р.1), так и методом преобразования ВЖС (приложение Р.2).

Институтом разработан ДСТУ 4445:2005 “Спреди та суміші жирів. Загальні технічні умови”. В развитие этого стандарта разработаны технологические инструкции по производству спредов как методом сбивания жировой смеси, так и преобразования ВЖС. Всем предприятиям, вырабатывающим спреды, а их в Украине более ста, рекомендовано вести технологический процесс в соответствии с этими инструкциями. Объемы производства спредов в Украине за 2010 год составили¹⁵ свыше 60 тыс. т. На основании полученных в данной работе результатов разработаны и внесены дополнения в эти инструкции по обоим методам производства спредов (приложения С, Т). Дополненные технологические инструкции разосланы на молокоперерабатывающие предприятия (список рассылки – приложение У).

Кроме того эмульгирование растительных жиров используется при производстве ряда других (кроме спредов) продуктов как, например: сгущенных (приложение Н.4), сырных и сметанных продуктов, мороженого и десертов. Поэтому полученные результаты найдут широкую сферу применения.

15 60,7 тыс. т – по данным Государственного комитета статистики Украины.

ВЫВОДЫ

На основании полученных в диссертационной работе данных о закономерностях формирования жировых дисперсий в устройстве роторного типа, разработаны режимы получения технологически стойких эмульсий при производстве спредов.

1. Показано, что эмульгирование жиров в молочной плазме с помощью эмульсора роторного типа носит циклический характер: после получения дисперсий со средним размером жировых шариков меньше 4 мкм попеременно происходит их диспергирование и агрегация, сопровождающиеся соответственно повышением и снижением стабильности эмульсий.

2. Установлено, что по мере повышения массовой доли поверхностно-активных веществ сокращается продолжительность обработки, однако их переизбыток не повышает устойчивость эмульсий. Определено оптимальное содержание поверхностно-активных веществ – 0,6 %, обеспечивающее получение технологически стойких жировых эмульсий, с помощью устройства роторного типа, в течение 60...75 с диспергирования.

3. Выяснено, что повышение массовой доли жировой фазы в смеси (от 3,5 до 35%) замедляет формирование эмульсии типа ж/в, так как при этом возрастает степень ее дестабилизации (от 0 до 30%) и соответственно длительность эффективного эмульгирования (от 30 до 90 с). Установлено, что использование в качестве жировой фазы разного рода жиров значительного влияния на эмульгирование не оказывает, как по эффективности диспергирования, так и по продолжительности обработки.

4. Показано, что эмульгирование жиров и доведение системы до постоянных характеристик является более энергозатратным, чем последующая обработка уже сформировавшихся, практически стабильных эмульсий. Превышение затрат энергии на эмульгирование в устройстве роторного типа выше 3,0...4,0 кДж/кг, нецелесообразно, так как практически не повышает стойкость эмульсий. Доказано, что затраты энергии на эмульгирование возрастают по мере увеличения скорости вращения ротора диспергирующего

устройства, снижения температуры обработки, а также повышения массовой доли жировой фазы. Вакуумирование в ходе диспергирования является нецелесообразным, так как не только приводит к повышению энергозатрат, но и снижает стойкость получаемых эмульсий. В то же время значительной разницы в энергозатратах на получение эмульсий разных видов жиров с различной массовой долей поверхностно-активных веществ не установлено.

5. Получены зависимости степени дисперсности и стабильности жировой фазы эмульсий от продолжительности диспергирования, массовой доли поверхностно-активных веществ и температуры обработки. Впервые научно обоснованы оптимальные параметры получения эмульсий жирностью 30...40 %, с дисперсностью и стабильностью, близкими к натуральным молочным сливкам, в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве: температура эмульгирования 50...70 °С, содержание поверхностно-активных веществ – 0,6 %, без вакуумирования, мощность обработки 155...220 Вт, скорость ротора эмульгирующего устройства 3000 об/мин (18,8 м/с); длительность обработки 60...75 с; затраты энергии при этом составят 1,9...3,3 кДж/кг.

6. Доказано, что интенсивная механическая обработка 3000 об/мин (18,8 м/с), при высоких температурах (70 °С), с вакуумированием (-0,06...0,08 МПа) и без него, а также другие факторы, воздействующие на эмульсию в ходе диспергирования практически не оказывают влияния на показатели окисления ее жировой системы.

7. Установлено, что после смешивания с натуральными молочными сливками устойчивость комбинированных эмульсий значительно возрастает по сравнению с дисперсией растительных жиров, исходя из чего, нецелесообразно доводить степень дисперсности и стабильности эмульсий растительных жиров до уровня, превышающего показатели натуральных сливок соответствующей жирности. Определено, что для получения технологически стойких жировых эмульсий при производстве спредов методом сбивания жировой смеси достаточно пяти, а методом преобразования высокожирной смеси – 1...2 циклов обработки.

8. Определены параметры технологической стойкости 35 %-ной жировой эмульсии для производства спредов: количество дестабилизированного жира (определяемого методом Фавстовой) не должно превышать 30 %; показатель стойкости жировой дисперсии (определяемый модифицированным методом отстаивания) – также не более 30 %; диаметр среднего жировых шариков $\approx 3\pm 1$ мкм.

9. Результаты исследований использованы для уточнения технологии спредов. Разработаны и утверждены рекомендации по получению технологически стойких жировых эмульсий с помощью устройства роторного типа для производства спредов как методом сбивания жировой смеси, так и методом преобразования высокожирной смеси, а также разработаны и внесены дополнения в технологические инструкции по производству спредов обоими методами. Дополненные технологические инструкции разосланы и используются на 15 молокоперерабатывающих предприятиях.

10. Экспериментально доказана и подтверждена в условиях производства целесообразность использования устройств роторного типа для получения технологически стойких жировых эмульсий. Рационализировано получение стойких дисперсий жира, путем снижения мощности и сокращению длительности обработки смеси, что дало экономический эффект за счет экономии энергозатрат и рабочей силы, уменьшения износа оборудования. С помощью эмульсора Я5-ОММ в промышленных условиях получены, дисперсии растительных жиров с массовой долей жировой фазы 30...72,5 %, из которых выработаны смеси растительно-сливочные "Полтавське несолоне" 70,5 % жира и "Традиційна хатинка" 72,5 % жира, а также спреды сладкосливочные "Золотоніський традиційний" 72,5% жира и "Фермерське" 72,5% жира, соответствующие требованиям ТУ У 15.4 – 00446836, ТУ У 15.5 – 00447824.004:2006 и ТУ У 15.5-31952591-003:2006 по всем показателям качества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рогов, И.А. Дисперсные системы мясных и молочных продуктов [Текст] / Рогов И.А., Горбатов А.В., Свинцов В.Я. – М.: Агропромиздат, 1990. – 320 с.
2. Ребиндер, П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. Избранные труды [Текст] / Ребиндер П.А. – М.: Наука, 1978. – 368 с.
3. Твердохлеб, Г.В. Химия и физика молока и молочных продуктов [Текст] / Г.В. Твердохлеб, Р.И. Раманаускас. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 360 с.
4. Белоусов, А.П. Физико-химические процессы в производстве масла сбиванием сливок [Текст] / Белоусов А.П. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 264 с.
5. Клейтон, В. Эмульсии их теория и технические применения [Текст] / Клейтон В.: пер. с англ. под ред. П.А. Ребиндера. – М.: Издательство иностранной литературы, 1950. – 680 с.
6. Жировые эмульсии. Требования к эмульгаторам в свете современных тенденций развития маргаринового производства [Текст] / З. Федякина, Л.Горшкова, Л. Рубина [и др.] // Олійножировий комплекс. - 2007.- № 3(18). - С. 58-62.
7. Панченков, Г.М. Поведение эмульсий во внешнем электрическом поле [Текст] / Г.М.Панченков, Л.К.Цабек - М.: Изд-во “Химия”, 1969. - 191 с.
8. Ferragut, V. Mikrostruktur von Öl-in-Wasser-Emulsionen mit niedrigem Fettgehalt und Magermilchpulver sowie Locust bean-Gum [Text] / V. Ferragut, A. Chiralt // Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie. – 1996 – № 29. – S. 648-653.
9. Производство пищевых эмульсионных продуктов типа майонеза в СССР и за рубежом [Текст] / А.В. Стеценко, Л.И. Тарасова, Г.П. Михайлова [и др.]. – М.: АгроНИИТЭИММП, 1990. – 32 с. – (Пищевая промышленность. Серия 20. Масложировая промышленность: обзорная информация Вып. 3)
10. Friberg, S. Food Emulsions [Text] / S. Friberg, K. Larsson – New York: Marcel Dekker, 1990. – 194 p.
11. Jaynes, E. Applications in the food industry [Text] / Jaynes E. // Encyclopedia of Emulsion Technology / under the editorship of E. Jaynes, P. Becher. - New York: Marcel Dekker, 1985. – V. 2. – P. 367-385.
12. Krog, N. Applications in the food industry [Text] / N. Krog, T.H. Rilson, K. Larsson // Encyclopedia of Emulsion Technology / under the editorship of P. Becher. – New York: Marcel Dekker, 1985. – V. 2. – P. 321-366.
13. Вайткус, В.В. Гомогенизация молока [Текст] / Вайткус В.В. – М.: Пищевая промышленность, 1967. – 216 с.
14. Липатов, Н.Н. Сепарирование в молочной промышленности [Текст] / Липатов Н.Н. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 400 с.
15. Mulder, H. The milk fat globule. Emulsion science as applied to milk products and comparable foods [Text] / H. Mulder, P. Walstra – Commonwealth Agric. Bureaus Farm ham Royal Backs. – England, 1974. – 296 p.
16. Тиняков, Г.Г. Микроструктура молока и молочных продуктов [Текст] / Г.Г. Тиняков, В.Г. Тиняков. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 256 с.
17. Белоусов, А.П. Исследование физико-химических процессов в производстве сливочного масла: дис... доктора техн. наук в форме научного доклада: 05.18.04 [Текст] / Белоусов Александр Павлович МТИММП. – М., 1972. – 84 с.

18. Арсеньева, Т.П. Физико-химические основы производства масла с комбинированным жиром [Текст] / Т.П. Арсеньева // Сыроделие и маслоделие. – 2005. – № 1. – с. 39-44.
19. Абрамзон, А.А. Получение эмульсий жиров и сложных эфиров в воде методом самоэмульгирования [Текст] / А.А. Абрамзон, Л.П. Зайченко // Диспергирование жиров в производстве пищевых продуктов: тезисы докл. симпозиума – Каунас, 1978. – С. 5.
20. Walstra, P. Formation of emulsions [Text] / P. Walstra // Encyclopedia of Emulsion Technology / under the editorship of Becher P. – New York: Marcel Dekker, 1983. – V. 1. – P. 57-127.
21. Шерман, Ф. Эмульсии [Текст] / Шерман Ф.: [пер. с англ. под ред. А.А. Абрамзона]. – Л.: Химия. Ленинградское отделение, 1972. – 448 с.
22. Драгун, Н.А. Технология жидкого заменителя цельного молока с использованием струйного способа эмульгирования: автореф. дис. на соискание научной степени канд. техн. наук: спец. 05.18.04 “Технология мясных, молочных и рыбных продуктов” [Текст] / Н.А. Драгун ВНИКМИ. – М., 1990. – 19 с.
23. Шурчкова, Ю.А. Адиабатное вскипание практическое использование [Текст] / Шурчкова Ю.А. – Киев: Наукова думка, 1999. – 232 с.
24. Долинский, А.А. Дробление жидкости при вскипании метастабильных адиабатных потоков [Текст] / А.А. Долинский, Ю.А. Шурчкова, В.К. Буримский // Тезисы докл. VII Всес. конф. “Двухфазный поток в энергетических машинах и аппаратах” – Ленинград, МПО ЦКТИ, – Т.3. – 1985. – С. 119-121.
25. Долинский, А.А. Исследование процесса эмульгирования при адиабатическом вскипании многокомпонентных систем [Текст] / А.А. Долинский, Ю.А. Шурчкова, В.К. Буримский // Молочная промышленность. – 1986. – № 10. – С. 15-18.
26. Степанова, Л.И. Производство масла – бизнес без проблем [Текст] / Л.И. Степанова // Переработка молока: Специализированный информационный бюллетень. – 2002. – № 11. – С. 1-2.
27. Твердохлеб, А.В. Разработка технологии сливочного масла “Славянское” на основе изучения сокристаллизации молочного и композиции растительных жиров: дис... канд. техн. наук: 05.18.04 [Текст] / Твердохлеб Александр Васильевич. – Углич, 1984. – 183 с.
28. Даниленко, Е.В. Масло пониженной калорийности и продукты подобные маслу: аннотированный библиографический указатель литературы [Текст] / Даниленко Е.В. – Киев: УкрНИИмясомолпром, 1982. – 21 с.
29. Ernest, J. Mann. Dairy spreads [Text] / Ernest J. Mann. // Dairy Industries International. – 1981. – V. 46, №12. – P. 17-18.
30. Гаврилова, Е.Б. Тенденции развития технологий и рецептур спредов [Текст] / Е.Б. Гаврилова, А.А. Ливинский // Спреды и смеси топленые: сб. докл. научн.-практ. конф.-выставки – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2005. – С. 74-80.
31. Зортанг, Г. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем [Текст] / Г. Зортанг, К. Штрерге. – М.: Изд-во “Химия”, 1973. – 152 с.
32. Применение эмульсий в пищевой промышленности [Текст] / [Под. ред. Козина Н.И.]. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 252 с.

33. Голубева, Л.В. Изменение жирового компонента в сливочно-растительном продукте при хранении [Текст] / Л.В. Голубева, О.И. Долматова, Т.С. Гриценко // Масложировая промышленность. – 2007. – № 6. – С. 47-48.
34. Твердохлеб, А.В. О производстве спредов с точки зрения маслодела [Текст] / А.В. Твердохлеб // Продукты & ингредиенты. – 2008. – май. – С. 64-67.
35. Вайткус, В.В. Эмульгирование растительных жиров в обезжиренном молоке [Текст] / В.В. Вайткус, И.В. Кайрюкштене // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1967, Т. II. – С. 31-38.
36. Вышемирский, Ф.А. Масло из коровьего молока и комбинированное [Текст] / Вышемирский Ф.А. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 720 с.
37. Гуляев-Зайцев, С.С. Исследование процессов маслообразования при периодическом сбивании сливок и разработка нового маслодельного оборудования малой мощности [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, Г.А. Ересько // Мясо и молоко. – 1995. – № 2. – С. 131-134.
38. Dickinson, E.D. Colloids in Food [Text] / E.D. Dickinson, G. Stainsby // London: Elsevier Applied Science, 1982. – 162 p.
39. Tadros, Th.F. Optical micrograph of an O/W/O multiple emulsion [Text] / Th.F. Tadros, B. Vincent // Encyclopedia of Emulsion Technology / under the editorship of Becher P. – New York: Marcel Dekker, 1983. – V. 1. – P. 129-188.
40. Бахмач, В.О. Фізико-хімічні властивості деяких харчових модельних емульсій [Текст] / В.О. Бахмач, О.В. Подаревська, В.В.Тимохін // Харчова промисловість. – 2003. – №2. – С. 38-39.
41. Гуляев-Зайцев, С.С. Стабильность концентрированных эмульсий молочного жира [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев // Молочная промышленность. – 1986. – №7. – С. 23-26.
42. Кркошкова, Б. Использование концентратов молочных белков при приготовлении эмульсий молочного жира [Текст] / Б. Кркошкова, Т. Вацова; пер. со словацкого Л.Б. Митрофановой. – ВПЦ научно-технической литературы и документации, 1982. – 88с.
43. Гуляев-Зайцев, С.С. Устойчивость высококонцентрированной эмульсии молочного жира при механической обработке [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев // Пути ускорения научно-технического прогресса в мясной и молочной промышленности Украины: тезисы докл. совещания. – К., 1972. – Ч. II. – С 27-29.
44. Buchheim, W. Distribution of butterfat and casein in completely and partly homogenized milk [Text] / W. Buchheim, E. Knoop // Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte. – 1970. – V. 22, № 3. – P. 323-327.
45. Тепел, А. Химия и физика молока [Текст] / Тепел А. – М.: Пищевая промышленность. 1979. – 323 с.
46. Кройт, Г.Р. Наука о коллоидах [Текст] / [Кройт Г.Р.: пер. с англ. под ред. В.П. Мишина]. – М.: Издательство иностранной литературы, 1955. – 539 с.
47. Вайткус, В. К вопросу об отстаивании жира в молоке [Текст] / В. Вайткус, Э. Мицкевичус // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1970, Т. V. – С. 177-183.
48. Krog, N. Emulsions in Food Systems [Text] / N. Krog // Oils-Fats-Lipids: Proceedings of the 21st World Congress of the International Society for Fat Research (ISF). – The Hague, October 1995. – P. 531-535.

49. Казлаускайте, Э. Изучение дисперсности жировой фазы молока [Текст] / Э. Казлаускайте, В. Вайткус // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1974, Т. IX. – С.117-122.
50. Казлаускайте, Э. К вопросу об устойчивости жировых эмульсий [Текст] / Э. Казлаускайте, В. Вайткус // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1977, Т. XI. – С. 69-74.
51. Особенности низкотемпературной подготовки к сбиванию сливок с частичной заменой молочного жира немолочным [Текст] / [Ф.А. Вышемирский, В.А. Стаховский, М.М. Жага и др.] // Повышение комплексности использования сырья и качества сливочного масла // Сб. научн. трудов. – Изд. НПО “Углич”, 1987. – С. 9-17.
52. Клебанов, Г.И. Исследование агрегационных и конформационных свойств оболочек жировых шариков молока. Автореф. дис. на соискание научн. степени канд. хим. наук: спец. 03093 "Биологическая химия" [Текст] / Г.И. Клебанов. – М., 1971. – 22 с.
53. Полищук, Г.Е. Внесение пищевых поверхностно-активных веществ в молочные смеси [Текст] / Г.Е. Полищук, С.С. Гуляев-Зайцев // Молочная промышленность. – 1992. – № 6. – С. 26-29.
54. Кинг, Н. Оболочки жировых шариков молока [Текст] / [Кинг Н.: пер. с англ. И.Н. Влодавца]. – М.: Пищепромиздат, 1956. – 93с.
55. Baumrucker, C-R. Membranes of mammary gland. VII. Stability of milk fat globule membrane in secreted milk [Text] / C-R. Baumrucker, T.W. Keenan // J. Dairy Sci. – 1973. – V. 56, № 8. – P. 1092-1094.
56. Бронюкайтене, Н. Исследование стабильности жировой фазы сливок при их подготовке к сбиванию [Текст] / Н. Бронюкайтене, Д. Качераускис // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1973. – Т. VIII. – С. 75-84.
57. Вайткус, В.В. Влияние механической обработки молока на количество свободного жира [Текст] / В.В. Вайткус // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1967, Т. II. – С. 87-92.
58. Jeylor, M. The effect of manufacturing condition, of butte [Text] / M. Jeylor // – Journal of Lairy Research. – 1973. – № 40. – P. 393-402.
59. Вайткус, В. Влияние фосфолипидных и белковых добавок на агрегацию жировых шариков в раздельно гомогенизированном молоке [Текст] / В. Вайткус, Г. Гармене, Б. Малакаускене // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1984. – Т. XVIII. – С. 20-24.
60. Foley, J. The influence of processing on the emulsion stability of cream [Text] / J. Foley, J. Brady, P.J. Reynolds // J. Society of Dairy Technol. – 1971. – V. 24 – №1. – P. 54-57.
61. Агиенко, К.С. Влияние степени дестабилизации эмульсии жира в сливках на процесс сепарирования: Автореф. дис. на соискание научной степени канд. техн. наук: спец. 05.18.04 "Технология мясных, молочных и рыбных продуктов" [Текст] / Ленинградский техн. инт. холодильной пром-ти / Агиенко К.С. – Л., 1966. – 29 с.
62. Вайткус, В. Изменение стабильности белково-жировой эмульсии в зависимости от стадий технологического процесса [Текст] / В. Вайткус, А. Жемайтене, Б. Малакаускене // Проблемы и пути рационального использования сырья в маслоделии и сыроделии: тезисы. докл. VII научн.-техн. конф., 29-30 мая 1986 г. – Каунас, 1986. – Ч. I. – С. 205.

63. Гуляев-Зайцев, С.С. Исследование процесса разрушения эмульсии высокожирных сливок в аппаратах установки для выработки масла производительностью 1000 кг/ч [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, В.Г. Добронос, Г.А. Ересько // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1973. – Т. VIII. – С. 23-28.
64. Гуляев-Зайцев, С.С. Исследование процессов преобразования высокожирных сливок в масло и формирования его структурно-механических свойств [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев // Труды УкрНИИММПа. – К., 1972. – Вып.1. – С.202-210.
65. Вайткус, В. К вопросу об отстаивании жира в молоке [Текст] / В. Вайткус, Э.Мицкевичюс // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1970. – Т. V. – С.177-183.
66. Стаховский, В.А. Разработка технологии сливочного масла кулинарного с использованием композиций немолочных жиров: Автореф. дис. на соискание научной степени канд. техн. наук: спец. 05.18.04 "Технология мясных, молочных и рыбных продуктов" ВНИИМС [Текст] / В.А. Стаховский. – Вологда-Молочное, 1991. – 17 с.
67. Грищенко, А.Д. Сливочное масло [Текст] / Грищенко А.Д. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 293 с.
68. Гуляев-Зайцев, С.С. Физико-химические основы производства масла из высокожирных сливок [Текст] / Гуляев-Зайцев С.С. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 136 с.
69. Вышемирский, Ф.А. Технология кулинарного масла методом сбивания сливок [Текст] / Ф.А. Вышемирский, В.А. Стаховский // Сб. научн. трудов ВНИИМС Повышение эффективности маслодельного производства. – Изд. НПО "Углич", 1988. – С. 4-9.
70. Глаголев, Ю.Ф. Биохимия молока и молочных продуктов (теория маслообразования): Учебное пособие [Текст] / Глаголев Ю.Ф. – Ленинград-Вологда: ЛСХИ, 1974. – 52 с.
71. Kurzhals, H.A. Beurteilung des Homogenisierereffektes bei Milch [Text] / Kurzhals H.A. // Milchwissenschaft. – 1973. – В.28, №.10. – S. 637-645.
72. Вайткус, В.В. Определение динамики отстаивания жира в молоке [Текст] / В.В. Вайткус // Сб. Современные достижения в технологии производства молока и молочных продуктов. Каунас, 1971. – С.144.
73. Смыков, И.Т. Электронно-микроскопическое исследование сливочного масла пониженной жирности [Текст] / И.Т. Смыков, Е.В. Топникова, М.В. Оборина // Сыроделие и маслоделие. – 2005. – № 2. – С. 37-40.
74. Гуляев-Зайцев, С.С. Изменение затрат мощности и работы в процессе сбивания сливок [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, А.П. Белоусов, Л.И. Работягова // Сб. научн. трудов УкрНИИмясомолпром. Направления рационального использования вторичного сырья в молочной промышленности. – К., 1981. – С. 76-87.
75. Соколов, А.А. Снижение степени дестабилизации жира в сливках при производстве масла методом сепарирования [Текст] / А.А. Соколов. Э.Р. Ставрова // Труды Белорусского филиала ВНИИМИ. – 1971, вып. I. – С. 94-102.
76. Buchheim, W. Uber destabilisierungserscheinungen in gekuhltem Rahn Auswirkungen der Fettkristallisation [Text] / W. Buchheim, H. Lagoni, K.-H. Peters // Kiel. milchwirt. Forschungsber. – 1974. – В. 26, № 4. – S. 309-317.

77. Dumay, E. Zum Einfluß von Hochdruck auf die physiko-chemischen Merkmale von Rahm und Modell-Öl-in-Wasser-Emulsionen [Text] / E. Dumay, C. Lambert, S. Funtenberger, [anderen] // Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie. – 1996. – № 29. – S. 606-625.
78. Орешина, М.Н. Управление дисперсностью пищевых эмульсий и суспензий [Текст] / М.Н. Орешина, Ю.В. Космодемьянский // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 6. – С.76-78.
79. Грановский, В.Я. Сравнительная оценка диспергирующих устройств [Текст] / В.Я. Грановский // Молочная промышленность. – 1999. – № 11. – С. 37-38.
80. Фиалкова, Е.А. Гомогенизация. Новый взгляд: монография-справочник [Текст] / Фиалкова Е.А. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 392 с.
81. Ткаченко, А. Н. Кавитационная техника и технологии [Текст] / Ткаченко А.Н. – К.: Техника, 2001. – 462 с.
82. Витрати енергії при механічній обробці продуктів в емульсорах роторно-вихревого типу [Текст] / М.М. Шинкарик, В.Я. Ворошук, Г.А. Єресько, [та ін.] // Харчова промисловість. – 2009. – № 8. – С. 52-56.
83. Schrieber, R. Die Stabilisierung von Emulsionen [Text] / R. Schrieber // Gordian. – 1973. – V. 73. – S. 282-287.
84. Щеглов, А. Ю. Диспергирование в мире продуктов [Текст] / А. Ю. Щеглов // Молочная промышленность. – 2004. – № 9. – С. 23.
85. Орешина, М.Н. Дисперсность молока при разных воздействиях [Текст] / М.Н. Орешина // Молочная промышленность. – 2009. – № 3. – С.32-33.
86. Луканіна, К. Протитечійно-струменева гомогенізація молока [Текст] / К. Луканіна // Харчова і переробна промисловість. – 1998. – № 8. – С.34.
87. Кочубей, О.В. Вплив вакуумної гомогенізації на стабільність жирової фази молока [Текст] / О.В. Кочубей, В.О. Ромоданова, Ю.О. Шурчкова // Харчова промисловість. – 2003. – №2. – С. 64-66.
88. Долинский, А.А. Гомогенизация эмульсий трудносмешивающихся жидкостей [Текст] / А.А. Долинский, Ю.А. Шурчкова, В.К. Буримский // Тезисы докл. VII Всес. конф. "Двухфазный поток в энергетических машинах и аппаратах" – Ленинград, МПО ЦКТИ, – Т.1. – 1985. – С. 322-324.
89. Долинский, А.А. Оборудование для получения молочно-жировых эмульсий [Текст] / А.А. Долинский, Ю.А. Шурчкова, В.К. Буримский [и др.] // Молочная промышленность. – 1986. – № 8. – С. 8-11.
90. Смотрин, А.А. Изучение стабилизирующих свойств некоторых пищевых эмульгаторов и установление закономерностей процесса эмульгирования с применением гидродинамического вибратора: Автореф. дис. на соискание научной степени канд. техн. наук: спец. 05.18.04 "Технология мясных, молочных и рыбных продуктов" [Текст] / Московский ин-т. нар. хозяйства им. Г.В. Плеханова / Смотрин А.А. – М., 1963. – 16 с.
91. Изменение дисперсных характеристик молочного жира при динамическом воздействии [Текст] / И.А. Рогов, Э.Г. Турянский, Э.Э. Афанасов [и др.] // Известия высших учебных заведений / Пищевая технология. – 1974. – №5. – С. 59-61.

92. Изменение дисперсности жировых шариков молока под влиянием низкочастотных механических колебаний [Текст] / И.А. Рогов, Э.Э. Афанасов, В.И. Беляков [и др.] // Известия высших учебных заведений / Пищевая технология. – 1973. – №4. – С. 46-47.
93. Успехи коллоидной химии: [под ред. Ребиндера П.А., Фукса Г.И.] [Текст] – М.: Изд-во “Наука”, 1973. – 368 с.
94. Дунаев, А.В. Актуальность и особенности производства комбинированного масла [Текст] / А.В. Дунаев // Молочное дело. – 2004. – № 1. – С. 54-55.
95. Лазаускас, В. Изыскание способа эмульгирования растительных жиров при производстве славянского масла способом сбивания сливок [Текст] / В. Лазаускас, Г.Бержинкас // Проблемы и пути рационального использования сырья в маслоделии и сыроделии: тезисы докл. VII научн.-техн. конф. 29-30 мая 1986 г. – Каунас, 1986. – Ч. I. – С. 38.
96. Жидонис, В. Определение взаимосвязи геометрических параметров роторного диспергатора, потребляемой мощности и стабильности вырабатываемой эмульсии [Текст] / В. Жидонис, С. Матиешка // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1990. – Т. XXIII. – С. 44-48.
97. Вайткус, В. В. Адсорбции казеина и сывороточных белков на поверхности жира при эмульгировании в обрате и сыворотке [Текст] / В. Вайткус, Р. Зиберкайте // Диспергирование жиров в производстве пищевых продуктов: тезисы докл. симпозиума. – Каунас, 1978. – С. 89-91.
98. Вайткус, В. В. Факторы влияющие на стабильность жира при гомогенизации сливок [Текст] / В. Вайткус // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1973. – Т. VIII. – С.7-13.
99. Вайткус, В.В. Диспергирование жировой эмульсии ацидофильной смеси для детского питания [Текст] / В. Вайткус, Л. Кривенцева, Г. Коробкина // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1980. – Т. XIV. – С. 11-19.
100. Вайткус, В.В. Изменение стабильности жировой фазы при гомогенизации сливок [Текст] / В.В. Вайткус, Е.П. Казлаускайте // Современные достижения в производстве масла и белковых молочных продуктов: тезисы докл. II научн.-техн. конф., 15-17 мая 1973 г. – Каунас, 1973. – С. 5-6.
101. Вайткус, В.В. Влияние режима первой стадии эмульгирования на стабильность эмульсий для детского питания [Текст] / В.В. Вайткус, Л.Д. Кривенцева // Диспергирование жиров в производстве пищевых продуктов: тезисы докл. симпозиума – Каунас, 1978. – С. 97-98.
102. Мицкевичюс, Э. Об образовании скоплений жировых шариков в сливках при гомогенизации [Текст] / Э. Мицкевичюс, В. Вайткус // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1973. – Т. VIII. – С. 131-137.
103. Todt, K. Studies on the determination of the interface concentration of milk proteins in 50% O/W emulsions [Text] / K. Todt // Milchwissenschaft. – 1976. – V.31, № 2. – P. 83-85.
104. Вайткус, В.В. Режим диспергирования жирового компонента ацидофильной смеси для детского питания [Текст] / В.В. Вайткус, Л.Д. Кривенцева // Диспергирование жиров в производстве пищевых продуктов: тезисы докл. симпозиума – Каунас, 1978. – С. 66-68.

105. Полищук, Г.Е. Дослідження процесів і розробка технології виробництва збитих молочних десертів на основі харчових олеофільних поверхнево-активних речовин: дис. канд. техн. наук: 05.18.04 [Текст] / Г. Є. Поліщук – К., 1994. – 170 с.
106. Дорожкина, Т. Правильный выбор эмульгатора – залог успеха маргарина на рынке [Текст] / Т. Дорожкина, М. Бухмет // Масложировая промышленность. – 2002. – № 1. – С. 32-34.
107. Фосфолипиды в пищевых эмульсиях, обогащенных функциональными ингредиентами [Текст] / Л.Г. Ипатова., Д.Г. Задорожня., О.А. Малченко [и др.] // Масложировая промышленность. – 1999. – № 2. – С. 17-19.
108. Клавер, Ф. Эмульгаторы в пищевой промышленности [Текст] / Франк Клавер. – Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2000. – № 2. – С. 64-65.
109. Булдаков, А.С. Пищевые добавки: справочник [Текст] / Булдаков А.С. – [2-е изд., перераб. и доп.] – М.: ДеЛи принт, 2001. – 436 с.
110. Фролов, Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы [Текст] / Фролов Ю.Г. – М.: Химия, 1989. – 463 с.
111. Антропова, С.К. Эмульгаторы для производства маргарина [Текст] / [Антропова С.К., Петрова М.К., Шмидт А.А. и др.] // Обзор. – М.: ЦНИИИТЭИПП, 1975. – 39 с.
112. Диденко, В.М. Роль эмульгаторов в обеспечении качества спредов [Текст] / В.М. Диденко // Спреды и смеси топленые: сб. докл. научн.-практ. конф.-выставки – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2005. – С. 16-23.
113. Федорова, Е.Б. Эмульгаторы на основе лецитинов для производства спредов и топленых смесей [Текст] / Е.Б.Федорова // Спреды и смеси топленые: сб. докл. научн.-практ. конф.-выставки – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2005. - С. 48-54.
114. Абрамзон, А.А. Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение [Текст] / Абрамзон А.А., Зайченко Л.П., Файнгольд С.И. – Л.: Химия, 1988. – 290 с.
115. Walstra, P. Encyclopedia of Emulsion Technology [Text] / Walstra P. – Marcel Dekker Inc. – New York. – 1983. – V.1. – p.83.
116. Любинскас, В. Влияние технологического процесса получения эмульсий растительного жира в обезжиренном молоке на их стабильность [Текст] / В. Любинскас, М. Куликаускаене, К. Кудрявичюте // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1977. – Т. XI. – С. 29-34.
117. Smith, L.M. Stability of milk fat emulsions. II. Influence of emulsifier structure, sodium caseinate and nonfat milk solids [Text] / L.M. Smith, T. Dairiki // J. Dairy Sci. – 1975. – V. 58, № 9. – P.1254-1262.
118. Mussellwhite, P.R. The effect of the colloidal state of the emulsion on ice cream structure [Text] / P.R. Mussellwhite, D.A. Walker // J. Texture Studies. – 1971. – V. 2, № 1. – P. 110 – 116.
119. Davis, M.A. F. Protein hydrophobicity and lipid – protein interaction [Text] / Davis M.A.F. // Biochim. Biophys. Acta. – 1973. – V. 317. – P. 214 – 218.
120. Phillips, M.C. A comparison of the interfacial interactions of the apoprotein from high density lipoprotein and β -casein with phospholipids [Text] / M.C. Phillips // Biochim. Biophys. Acta. – 1975. – V. 406. – P. 402-414.

121. Gulik-Krzywicki, T. Structural studies of the associations between biological membrane components [Text] / T. Gulik-Krzywicki // *Biochim. Biophys. Acta.* – 1975. – V. 415. – P. 1-28.
122. Поліщук, Г.Є. Розроблення способу внесення олії в кисломолочні продукти [Текст] / Г.Є. Поліщук, О.В. Грек, М.А. Тасенко // Розроблення та освоєння харчових продуктів нових видів: тези доп. VI міжнар. наук.-техн. конф. – К.: НУХТ, 1999. – С. 19.
123. Топникова, Е.В. Комбинированное масло пониженной жирности [Текст] / Е.В. Топникова, А.В. Дунаев, Т.А. Павлова // *Сыроделие и маслоделие.* – 2002. – № 3. – С. 36-37.
124. Тугуши, Л.А. Особенности производства спредов [Текст] / Л.А. Тугуши // *Молочное дело.* – 2008. – № 10. – С.18-19.
125. Bergenstahl, B. Adsorption structures in emulsions [Text] / B. Bergenstahl B. // *Emulsions – A Fundamental and Practical Approach* / under the editorship of Sjoblom J. – NATO ASI Series C, 1992. – № 363. – P. 51- 60.
126. Dickinson, E. Structure and composition of adsorbed protein layers and the relationship to emulsion stability [Text] / E. Dickinson // *Journal of the Chemical Society Faraday Transactions.* – 1992. – № 889. – P. 2973-2983.
127. Dickinson, E. Protein-polysaccharide interactions in food colloids [Text] / Dickinson E. // *Food Colloids and Polymers: Stability and Mechanical Properties* / under the editorship of Dickinson E., Walstra P. – London: Royal Society of Chemistry, 1993. – P. 77-93.
128. Dickinson, E. Stability of food emulsions containing both protein and polysaccharide [Text] / E. Dickinson, S.R. Euston // *Food Polymers, Gels and Colloids* / under the editorship of E. Dickinson. – London: Royal Society of Chemistry, 1990. – P. 132-146.
129. Euston, S.E. Competitive adsorption between sodium caseinate and oil-soluble and water-soluble surfactants in food emulsions [Text] / S.E. Euston // *Journal of Food Science.* – 1995. – № 60 – P. 1151-1156.
130. Euston, S.E. The influence of glycerol monostearate in oil-in-water emulsions stabilized by milk protein [Text] / S.E. Euston // *Journal of Food Science.* – 1995. – № 61 – P. 916-920.
131. Вышемирский, Ф.А. Маслоделие в России (история, состояние, перспективы) [Текст] / Вышемирский Ф.А. – Углич: ОАО "Рыбинский дом печати", 1998. – 589 с.
132. Владыкина, Т.Ф. Гомогенизация молока и сливок [Текст] / Владыкина Т.Ф. // *Обзорная информация: сер. "Молочная промышленность"*. – М.: АгроНИИТЭИММП, 1993. – 61 с.
133. Клебанов, Г.И. Структурная организация оболочек жировых шариков молока [Текст] / Г.И. Клебанов, П.Ф. Дьяченко – "Прикладная биохимия и микробиология", 1972. – Т. 8, вып. 5. – С. 625-629.
134. Buchheim, W. Zur Struktur der Hulle Yen Milhfettkugelchem [Text] / W. Buchheim // *Naturwissenschaften.* – 1970. – V. 57, № 12. – S. 672-673.
135. Kinsella, J.E. The milk fat globule membrane a natural readymade package [Text] / J. E. Kinsella // *Amer. Dairy Rev.* – 1970. – V. 32, № 6. – P. 46, 73-74.
136. Swope, F.C. Characteristics if the fat globule membrane of Cow's milk [Text] / F.C. Swope, J.R. Brunner // *J. Dairy Sci.* – 1970. – V. 53, №. 6. – S. 691-699.

137. Дерягин, Б.В. Итоги исследования свойств граничных слоев жидкостей и их роли в устойчивости дисперсных систем [Текст] / Б.В. Дерягин // Сб. Успехи коллоидной химии. – М., Наука, 1973. – С. 30-38.
138. Клавер, Ф. Эмульгаторы "Квест Интернэшнл" для масложировой продукции [Текст] / Ф. Клавер, Е. Мистрюкова // Масложировая промышленность. – 2002. – № 3. – С. 36-37.
139. Dickinson, E. Adsorbed protein layers at fluid interfaces: interactions, structure and surface rheology [Text] / E. Dickinson // Colloids and Surfaces B-Biointerfaces. – 1999. – V. 15, № 2. – P. 161-176.
140. Murray, B.S. Interfacial rheology of food emulsifiers and proteins [Text] / B. S. Murray // Current Opinion in Colloid & Interface Science. – 2002. – V. 7, № 5-6. – P. 426-431.
141. Абрамзон, А.А. Поверхностно-активные вещества, свойства и применение [Текст] / Абрамзон А.А. – Л.: Химия, 1981. – 304 с.
142. Шалевская, В.Н. Влияние массовой доли белка в смеси на стойкость молочно-жировой эмульсии [Текст] / В.Н. Шалевская, С.Ю Афанасенко // Збірник наук. праць ЛНАУ. Серія "Технічні науки". – Луганськ.: Видавництво ЛНАУ. – 2008. – № 87. – С. 387-392.
143. Эмульгаторы для сливочного и комбинированного масел [Текст] / Е.В. Топникова, А.В. Дунаев, В.А. Стаховский [и др.] // Сыроделие и маслоделие. – 2003. – № 2. – С. 12-14.
144. Гуреева, В.С. Отечественные эмульгаторы как фактор улучшения качества молочных продуктов [Текст] / В.С. Гуреева // Молочное дело. – 2006. – № 1. – С. 28-29.
145. Применение отечественных эмульгаторов на основе моноглицеридов и лецитина [Текст] / Т.Г. Тагиева, А.В. Стеценко, Н.М. Кузнецова [и др.] // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2001. – № 2. – С. 10.
146. Горяев, М.И. Синтез и применение моноглицеридов [Текст] / Горяев М.И. – Алма-Ата: Наука, 1975. – 135 с.
147. Swaisgood, H.E. Chemistry of the caseins [Text] / Swaisgood H.E. // London: Elsevier Applied Science, 1992. – P 63-110.
148. Комаров, Н.В. Низкокалорийные эмульсионные системы для продуктов геродиетического питания [Текст] / Н.В. Комаров, К.Г. Савилова, А.С. Левина // Масложировая промышленность. – 2007. – № 6. – С. 8-9.
149. Алексеенко, А.В. Специализированные жиры для растительных сливок [Текст] / А.В. Алексеенко, С.В. Колесникова // Молочная промышленность. – 2009. – № 3. – С.66.
150. Вышемирский, Ф.А. Этюды о масле, маслоделии и маслоделах [Текст] / Вышемирский Ф.А. // Научно-производственное издание. – М.: АНО "Молочная промышленность". – 2008. – 368 с.
151. Moran, D.P.J. Reduced calorie spreads [Text] / D.P.J. Moran // Porim Technology. – 1993. – № 15. – P. 761-766.
152. Кочеткова, А.А. Фосфолипиды в технологии продуктов питания [Текст] / А.А. Кочеткова, А.П. Нечаев, В.Н. Красильников // Масложировая промышленность. – 1999. – № 2. – С. 10-13.

153. Courthaudon, J.-L. Competitive adsorption of lecithin and β -casein in oil-in-water emulsion [Text] / J.-L. Courthaudon // *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. – 1991. – № 39. – P. 1365-1368.
154. Dickinson, E. Adsorbed films of β -lactoglobulin + lecithin at the hydrocarbon-water and triglyceride-water interfaces [Text] / E. Dickinson, G. Iveson // *Food Hydrocolloids*, 1993 – № 6. – P.533-541.
155. Dickinson, E. Competitive adsorption in protein stabilized emulsions containing oil-soluble and water-soluble surfactants [Text] / Dickinson E. // *Food Colloids and Polymers: Stability and Mechanical Properties* / under the editorship of E. Dickinson, P. Walstra – London: Royal Society of Chemistry, 1993. – P. 312-322.
156. Vodickova, M. Use of buttermilk in quality improvement of ice-cream [Text] / M. Vodickova, L. Forman // *Veda a Vyzkum v Potravinarskem Prumyslu*. – 1984. – № 30. – P. 213-229.
157. McCrae, C.H. Heat stability of recombined milk: influence of lecithins on the heat coagulation time-pH profile [Text] / C.H. McCrae, D.D. Muir // *Journal of Dairy Research*. – 1992. – № 59. – P. 177-185.
158. Singh, H. Heat stability of milk [Text] / H. Singh, L.K. Creamer // *Advanced Dairy Chemistry Volume 1. Proteins* / under the editorship of Fox P.F. – London: Elsevier Applied Science. – 1992. – P. 621-656.
159. Singh, H. Effects of preheat treatments and buttermilk addition on the seasonal variations in the heat stability of recombined evaporated milk and reconstituted concentrated milk [Text] / H. Singh, R.P. Tokley // *The Australian Journal of Dairy Technology*. – 1990. – № 45. – P. 10-16.
160. Бухмет, М. Свойства дистиллированных триглицеридов [Текст] / М. Бухмет // *Масложировая промышленность*. – 2007. – № 6. – С. 22-25.
161. Дубцова, Т.Н. Взаимодействие белков молочных продуктов с липидами [Текст] / Т.Н. Дубцова, А.Н. Нечаев // *Пути развития науки и техники в мясной и молочной промышленности. Ч.2. Секция техники и технологии производства молочных продуктов. Углич, 17-19 сентября, 1988: тезисы докл. Всесоюзн. научн.-техн. конф – М., 1988. – С.100.*
162. Bitten, M. Interfacial properties of sodium caseinate monoglyceride mixture; combined effect of pH and surface aered ratios. *La liberte* [Text] / M. Bitten // *Can.Inst.Food Sci. and Technol. J.* – 1988. – V. 21, № 3. – P. 251-254.
163. Krog, W. Protein-fat-surfactant interactions in whippable emulsions [Text] / W. Krog, W.M. Barford, W. Buchheim // *Food Emuls. and Foams. Proc.Int. Symp. Leeds, 24th-26th march.* – 1986. – P.144-157.
164. Paquin, P. Emulsion and foam: interactions of protein/lipids at interface [Text] / P. Paquin., E. Dickinson // *Food Emulsifiers. Chem. Technol. Funct. Prop. and Appl. Amsterdam.* – 1989. – P.1492-1507.
165. Диденко, В.М. Роль эмульгаторов в обеспечении качества масла [Текст] / В.М. Диденко, С.П. Каленов // *Сыроделие и маслоделие*. – 2005. - № 2. – С. 33.
166. Федорова, Е.Б. Функциональные лецитины для маргаринов [Текст] / Е.Б. Федорова - *Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки*. – 2001. – № 2. – С. 11-12.

167. Flack, E. The role of emulsifiers in reduced fat and fat free foods [Text] / Flack E. // Food Technology International Europe / under the editorship of Turner A. – London: Sterling Publications, 1992. – P. 179-181.
168. Gunter, R.C. Chemistry and characteristics of enzyme modified whipping proteins [Text] / R.C. Gunter // J. Amer. Oil Chem. Soc. – 1979. – V. 56, № 3. – P. 345-349.
169. Диденко, В.М. Производство эмульгаторов и их применение в масложировой промышленности [Текст] / В.М. Диденко // Масложировая промышленность Украины: перспективы, инвестиции, технологии: сб. тезисов и докл. первой междунар. конф. – К.: ИА "АПК-информ", 2002. – С. 21-22.
170. Топникова, Е.В. Роль пищевых добавок в формировании качества сливочного масла и спредов [Текст] / Е.В. Топникова // Сыроделие и маслоделие. – 2007. – № 5. – С. 36-40.
171. Chen, J. Interfacial interactions, competitive adsorption and emulsion stability [Text] / J. Chen // Food Structure. – 1993. – № 12. – P.135-146.
172. Dickinson, E. Orthokinetic coalescence of protein-stabilized emulsions [Text] / E. Dickinson, A. Williams // Colloids and Surf aces – 1994. – № 88. – 317-326.
173. Dickinson, E. Competitive adsorption of food macromolecules and surfactants at the oil /water interface [Text] / E. Dickinson // Progress in Colloid and Polymer Science. – 1990. – № 82. –P. 65.
174. Barfod, N.M. Effects of emulsifiers on protein-fat interaction in ice cream mix during aging [Text] / N.M. Barfod // Fat Science and Technology. – 1991. – № 93. – P.24-29.
175. Dickinson, E. Temperature dependence of the competitive displacement of protein from the emulsion droplet surface by surfactants [Text] / E. Dickinson, S. Tanai // Food Hydrocolloids. – 1992 – № 6. – P.163-171.
176. Krog, N. Interfacial properties of emulsifier/protein films related to food emulsions [Text] / N. Krog, N. M. Barfod // AIChE Symposium Series. – 1990. –№ 86. –P. 1-6.
177. Wittig, A.B. The quality of homogenized drinking milk in relation to the sequence of modern treating processes [Text] / A.B. Wittig // XVI Int. Dairy Congr. – V. A. – 1962. – P. 906-916.
178. Шамгин, В.К. Способ приготовления жировой эмульсии при производстве ЗЦМ [Текст] / В.К. Шамгин, А.М. Мизякина // Диспергирование жиров в производстве пищевых продуктов: тезисы докл. симпозиума. – Каунас, 1978. – С.144-145.
179. Вайткус, В.В. Влияние природы жира на стабильность эмульсии на обрате [Текст] / В.В. Вайткус, Р.Б. Зиберкайте // Диспергирование жиров в производстве пищевых продуктов: тезисы докл. симпозиума. – Каунас, 1978. – С. 92-94.
180. Вышемирский, Ф.А. Производство сливочного масла: [Справочник] [Текст] / Вышемирский Ф.А. – М.: Агропромиздат, 1988. – 303 с.
181. Goulden, J.D.S. Factors affecting the globule size during the homogenization of milk and cream [Text] / J.D.S. Goulden, L.W. Phipps // J. Dairy Res. – 1964. – № 31. – P.195-200.
182. Шурчкова, Ю.О. Вплив адіабатного закипання та кавітації на фізико-хімічні показники молока при його обробці за термовакuumною технологією [Текст] / Ю.О. Шурчкова, Б.Я. Целень, А.Є. Недбайло, Г.К. Иваницкий // Труды международной научной конференции "Харчові технології 2011", м. Одеса, 2011р., выпуск 37, с. 166-170.

183. Шурчкова, Ю.А. Повышение качества молока при термовакuumной обработке [Текст] / Ю.О. Шурчкова, В.О. Ромоданова, А.Є. Недбайло // Труды XII международной научной конференции "Совершенствование процессов и оборудования пищевых и химических производств", м. Одеса, 2008р., Выпуск 33, с. 316-318.
184. Шурчкова, Ю.О. Вплив нового способу термомеханічної обробки на технологічні властивості молока [Текст] / Ю.О. Шурчкова, В.О. Ромоданова, А.Є. Недбайло // Одеська Національна академія харчових технологій. Наукові праці, випуск 31, том 2, м. Одеса, 2007, с. 180-183.
185. Использование жиров немолочного происхождения в молочной промышленности. Маслодельная и сыродельная промышленность: обзорная информация [Текст] – М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1983. – 34 с.
186. Hinrichs, J. Fat content of milk and cream and effects stability [Text] / J.Hinrichs, H.G. Kessler // J. Food Sci. – 1997. – V.62 – № 5. – P. 992-995.
187. Вайткус, В.В. Агрегация жировых шариков и редиспергирование агрегатов [Текст] / В.В. Вайткус, Е.П. Казлаускайте // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1979. – Т. XIII. – С. 76-84.
188. Довидайтене, Р. Изготовление жидких стабильных молочных эмульсий 50-60% жирности [Текст] / Р. Довидайтене, В. Вайткус // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1982. – Т. XVI. – С. 53-58.
189. Мицкявичюс, Э. Получение и механическое разрушение эмульсий молочного жира [Текст] / Э. Мицкявичюс, А. Матусявичуте // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1979. – Т. XIII. – С 51-57.
190. Гудонис, А.И. Разработка режимов диспергирования жира в эмульсиях с повышенной концентрацией сухих веществ молока: автореф. дис. на соискание научной степени. канд. техн. наук: спец. 05.18.04 "Технология мясных, молочных и рыбных продуктов" [Текст] / Гудонис А.И. ЛТИХП. – Л., 1989. – 18 с.
191. Бурова, А.И. Кисломолочные продукты на основе пищевых эмульсий [Текст] / Бурова А.И. // Повышение эффективности производства и качества молочных продуктов: Тезисы докл. республ. науч.-техн. конф. – Вильнюс, Мокслас, 1979. – С. 65-66.
192. Музыка, Л.А. Производство мягких маргаринов с улучшенными физиологическими свойствами [Текст] / Л.А. Музыка // Олійно-жировий комплекс. – 2006. – №1. – С. 34-36.
193. Ловачев, Л. Некоторые факторы, определяющие стойкость сливочного масла в процессе хранения при низких температурах [Текст] / Л. Ловачев, И. Родионова, П. Андреев // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1971. – Т. VI. – С. 55-67.
194. Химия жиров [Текст] / [Тютюнников Б.Н., Бухштаб З.И., Гладкий Ф.Ф. и др.]. – М.: Колос, 1992. – 448 с.
195. Кулакова, С.Н. Спреды – современные жировые продукты, особенности их химического состава и перспективы использования [Текст] / С.Н. Кулакова, Е.В. Викторова // Масложировая промышленность. – 2007. – №1. – С. 4-6.
196. Пищевые эмульгаторы и их применение [Текст] / [Под ред. Дж Хазенхюттля, Р. Гартела; пер с англ. В.Д. Широкова под науч. ред. канд. техн. наук Дорожкиной Т.П.]. – СПб.: Профессия, 2008. – 288 с.

197. Ливинская, С.А. Контроль первичных и вторичных продуктов окисления различными методами в жировых продуктах [Текст] / С.А. Ливинская, Е.С. Лунева, П.В. Владимирский [и др.] // Спреды и смеси топленые: Сборник докл. Международной научно-практической конф.-выставки – М., Издательский комплекс МГУПП, 2005. – 140 с.
198. Porter, N.A. Mechanisms of Free Radical Oxidation of Unsaturated Lipids [Text] / N.A. Porter, S.E. Caldwell, K.A. Mills – 1995 – V.30, №4. – P. 277-290.
199. Pryor, W.A. In Free Radicals in Molecular Biology, Aging Disease [Text] / Pryor W.A., Armstrong D. Sohol R.S.) // Raven Press, New York. – 1984. – P. 13-43.
200. Tappel, A.Z. In Free Radicals in Biology [Text] / A.Z. Tappel, W.A. Pryor // Academic Press, New York. – 1980 – V.4. – №4. – P. 1-47.
201. Григорьева, В.Н. Теоретические и практические аспекты окисления растительных масел [Текст] / В.Н. Григорьева, А.Н. Лисицын, Т.Б. Алымова // Масложировая промышленность. – 2003. – №4. – С. 16-20.
202. Некоторые факторы, определяющие стабильность растительных масел к окислению [Текст] / А.Н. Лисицын, Т.Б. Алымова, Л.Т. Прохорова [и др.] // Масложировая промышленность. – 2005. – № 5. – С. 14-15.
203. Тютюнников, Б.Н. Химия жиров [Текст] / Тютюнников Б.Н. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 448 с.
204. Мерзляк, М.Н. Активированный кислород и окислительные процессы в мембранах растительной клетки [Текст] / Мерзляк М.Н. – М.: ВИНТИ, 1989. – 168 с. – (Серия "Физиология растений") (Итоги науки и техники / [под. ред. И.И. Иванов]; т. 6).
205. Парфенова, Т.Ф. Обоснование методики расчета прогнозируемых сроков хранения растительных масел [Текст] / Т.Ф. Парфенова, Ю.Б. Кривоносова, Л.В. Лянцова // Масложировая промышленность. – 2003. – № 2. – С. 32-33.
206. Yang, G.C. Detection of lipid hydroperoxides by HPLC coupled with post-column reaction [Text] / G.C. Yang // Trends Food Sci. & Technol. – 1992 – №3. – P. 15-18.
207. Determination of hydroperoxides in edible oils by electron spin resonance, thiobarbituric acid assay, and liquid chromatography chemiluminescence techniques [Text] / G.C. Yang, W. Qiang, K.M. Morehouse [et al.] // J. Agric Food Chem. – 1991 – № 39. – P. 896-898.
208. Жири та олії тваринні і рослинні. Визначання пероксидного числа (ISO 3960:1998, IDT): ДСТУ ISO 3960:2001 [Текст] – [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2002. – 6 с. – (Національний стандарт України)
209. Кулакова, С.Н. О растительных маслах нового поколения в нашем питании [Текст] / С.Н. Кулакова, М.М Гаппаров // Масложировая промышленность. – 2005. – №1. – С. 4-8.
210. Гуляев-Зайцев, С.С. Актуальні проблеми використання рослинних жирів для виробництва спредів [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, Ю.В.Майборода, Л.В. Амелічева // Молокопереробка. – 2011. – № 6. – С. 20-23.
211. Брио, Н.П. Технохимический контроль в молочной промышленности [Текст] / Брио Н.П., Конокотина Н.П., Титов А.И. - М.: Пищепромиздат, 1962 – С.197-198.
212. Бронюкайтене, Н. Метод определения устойчивости жировой суспензо-эмульсии с модифицированной жировой фазой [Текст] / Н. Бронюкайтене, В. Лазаускас, Р. Швядене // Проблемы и пути рационального использования сырья в маслоделии и сыроделии: тезисы докл. VII научно-техн. конф. – Каунас, 1986 – с. 40-41.

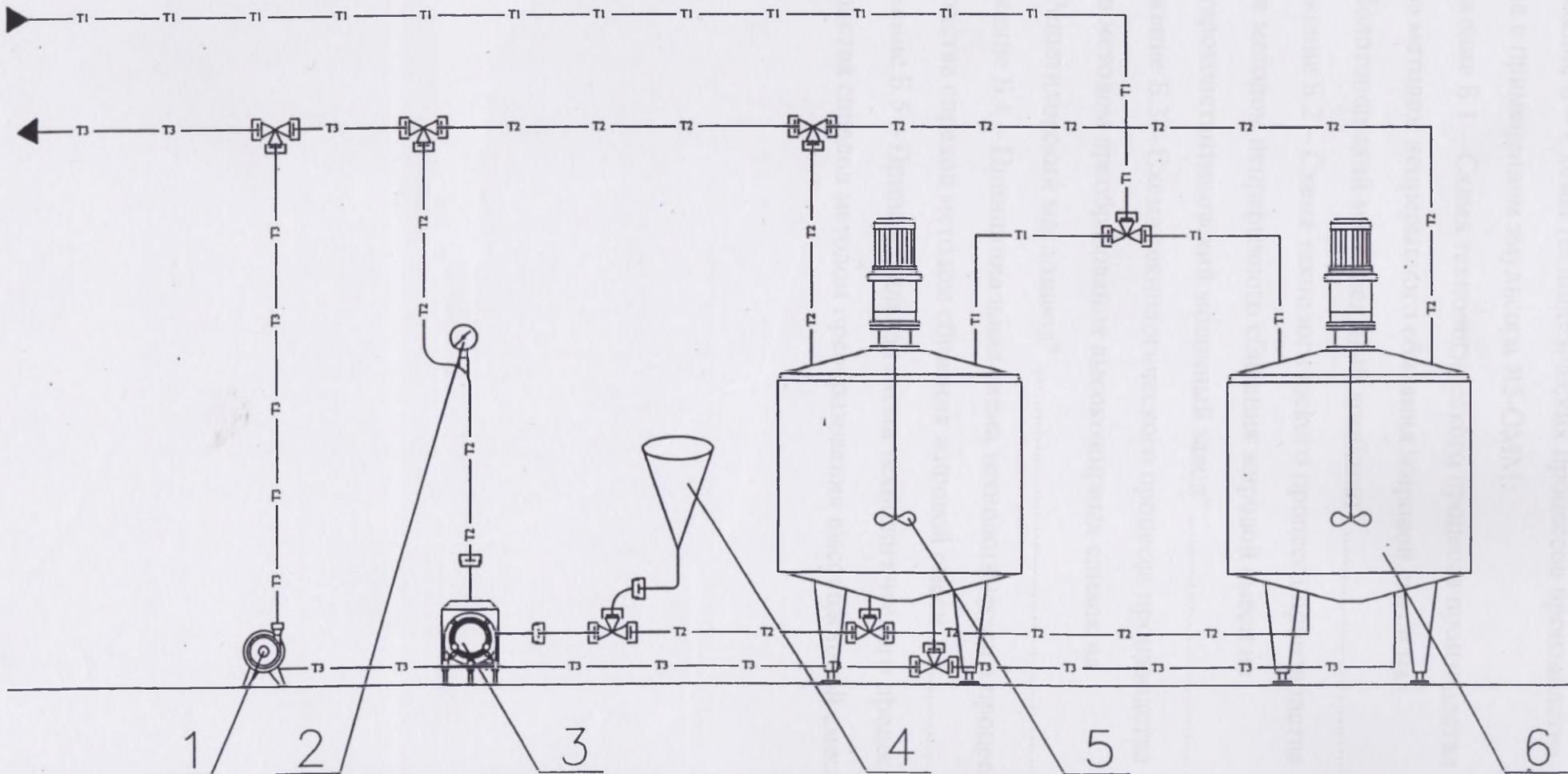
213. Руководство по методам исследования, теххимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности: [под об. ред. Ржехина В.П. и Сергеевой А.Г.] [Текст] – Л.: ВНИИЖ, 1964. – Т. III. – С.238-382.
214. Жиры животные топленые. Правила приемки и методы испытаний: ГОСТ 8285-91. – [Введ. 1992-07-01] [Текст] – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 31с. – (Межгосударственный стандарт)
215. Инихов, Г.С. Методы анализа молока и молочных продуктов [Текст] / Г.С. Инихов, Н.П. Брио. – М., Пищевая промышленность – 1971. – 424 с.
216. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности: ГОСТ 3624-92. – [Введ. 1994-01-01] [Текст] – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 11с. – (Межгосударственный стандарт)
217. Маргарини, жири кондитерські та для молочної промисловості. Правила приймання та методи випробування: ДСТУ 4463:2005. – [Чинний від 2007-01-01] [Текст] – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 36 с. – (Національний стандарт України)
218. Инихов, Г.С. Химический анализ молочных продуктов [Текст] / Г.С. Инихов, Н.П. Брио. – М., Промиздат – 1951. – 218 с.
219. Жиры и масла животные. Метод определения показателя преломления: ГОСТ Р 51445-99 (ИСО 6320-95) – [Введ. 2001-01-01] [Текст] – М.: Изд-во Госстандарт, 2000. – 7с. – (Государственный стандарт РФ)
220. Ересько, Г.А. Дилатометрический метод исследования отвердевания молочного жира [Текст] / Г.А. Ересько, Л.И. Работягова // Пищевая промышленность. – 1977. – №23 – с.61-64.
221. Масло вершкове та спреди. Методика визначення коефіцієнта термостійкості: ДСТУ 6067:2008 – [Чинний від 2009-07-01] [Текст] – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 9 с. – (Національний стандарт України)
222. Горбатов, А.В. Реология мясных и молочных продуктов [Текст] / Горбатов А.В. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 384 с.;
223. Маргарини, жири кондитерські, та для молочної промисловості. Правила приймання та методи випробування: ДСТУ 4463:2005 – [Чинний від 2007-01-01] [Текст] – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 36 с. – (Національний стандарт України)
224. Спреди та суміші жирові. Загальні технічні умови: ДСТУ 4445:2005– [Чинний від 2005-08-09] [Текст] – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 20 с. – (Національний стандарт України)
225. Інструкція про порядок проведення оцінки якості м'ясо-молочних продуктів [Текст] // Затверджено 25.04.2006, наказ МинАПК № 213. – К.: МинАПК, 2006. – 11 с.
226. Молоко и молочные продукты. Методы определения плотности: ГОСТ 3625-84. – [Введ. 1984-03-27] [Текст] – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 16с.
227. Якість води. Визначення градууювальної характеристики методик кількісного хімічного аналізу. Частина 1. Статистичне оцінювання лінійної градууювальної характеристики (ISO 8466-1:1990, IDT): ДСТУ ISO 8466-1-2001. – [Чинний від 2003-01-01] [Текст] – К.: Держстандарт України, 2002. – 13 с. – (Національний стандарт України).
228. Якість води. Визначення градууювальної характеристики методик кількісного хімічного аналізу. Частина 2 Принцип оцінювання нелінійної градууювальної характеристики другого порядку (ISO 8466-2:1993, IDT): ДСТУ ISO 8466-2-

2001. – [Чинний від 2003-01-01] [Текст] – К.: Держстандарт України, 2002. – 11 с. – (Національний стандарт України).
229. Близнюк, М.М. Программное обеспечение для оценки качества внутрилабораторных и межлабораторных измерений Сплайн и ЛабМенеджер [Текст] / М.М. Близнюк – К.: ВВП "Компас", 2007. – 88 с. – (Производственно практическое издание).
230. Володарський, Є.Т. Статистична обробка даних: навч. посібник [Текст] / Є.Т. Володарський, Л.О. Кошева. – К.: НАУ, 2008. – 308 с.
231. Лапач, С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel [Текст] / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – К.:Морион, 2001. – 408 с.
232. Савчук, В.П. Обработка результатов измерений. Физическая лаборатория: [учеб. пособие для студентов вузов] [Текст] / Савчук В.П. – Одесса: ОНПУ, 2002. – 54 с.
233. Краткие сведения по обработке результатов физических измерений: [методические указания для студентов физического факультета] [Текст] / [сост. Г.П. Яковлев, под ред. Т.А. Сасиной] – Екатеринбург: ИПЦ "Издательство УрГУ", 2001. – 50 с.
234. ISO 118443-1:1997 Способность обнаружения. Часть 1. Термины и определения.
235. Справочник по прикладной статистике [Текст] / [Под. ред. Э. Ллойда, У Ледермана]. – М.: Финансы и статистика. – Т. 1. – 1989. – С. 510.
236. Поллард, Дж. Справочник по вычислительным методам статистики [Текст] / Поллард Дж. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 344 с.
237. Контрольні карти Шухарта (ISO 8258-1991, IDT): ДСТУ ISO 8258-2001. – [чинний від 2003.07.01]. – К.: Держстандарт України, 2003. – 37 с. – (Національний стандарт України).
238. ISO 118443-2:2000 Способность к обнаружению. Часть 2. Методология линейной калибровки.
239. Долинский, А.А. Влияние некоторых параметров на диспергирование жировых шариков при адиабатном вскипании молока в вакууме [Текст] / А.А. Долинский, Ю.А. Шурчкова // Молочная промышленность. – 2002. – № 2. – С. 55-56.
240. Гуляев-Зайцев, С.С. Исследование процессов эмульгирования растительных жиров в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Нарижный // Молочна промисловість. – 2007. – № 2. – С. 37-41.
241. Гуляев-Зайцев, С.С. Исследование процессов эмульгирования растительных жиров в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Нарижный // Молочна промисловість. – 2007. – № 3. – С. 51.
242. Нарижный, С.А. Влияние технологических факторов на эмульгирование жира в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.А. Нарижный // Молочна промисловість. – 2007. – № 5. – С. 43-45.
243. Гуляев-Зайцев, С.С. Исследование процессов получения тонкодисперсных эмульсий с различными видами жировой фазы в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Нарижный // Молочна промисловість. – 2008. – № 3. – С. 65-67.

244. Гуляев-Зайцев, С.С. Концентрация поверхностно-активных веществ как основной фактор получения технологически стойких жировых эмульсий [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Нарижный // Продукты и ингредиенты. – 2008. – № 4. – С. 52-54.
245. Гуляев-Зайцев, С.С. Концентрация поверхностно-активных веществ как основной фактор получения технологически стойких жировых эмульсий [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Нарижный // Продукты и ингредиенты. – 2008. – № 5. – С. 70-72.
246. Гуляев-Зайцев, С.С. Вплив технологічних факторів на емульгування жиру в емульсорі роторного типу [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Наріжний. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2008. — 363 с. (Обладнання та технології харчових виробництв) (Темат. зб. наук. пр.; вип. 18 / гол. ред. О.О. Шубін).
247. Гуляев-Зайцев, С.С. Концентрація поверхнево-активних речовин [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Нарижний // Харчова і переробна промисловість. – 2008. – № 6. – С. 16-17.
248. Гуляев-Зайцев, С.С. Процеси емульгування жирів в емульсорі роторного типу [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Нарижний // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 9. – С. 52-55.
249. Гуляев-Зайцев, С.С. Влияние технологических факторов на эмульгирование жира в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Нарижный // Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка: тези доп. міжнар. наук.-техн. конф. – Донецьк, ДонНУЕТ, 2007. – 180 с.
250. Гуляев-Зайцев, С.С. Влияние технологических факторов на эмульгирование жира в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Нарижный // Інноваційні технології, проблеми якості і безпеки сировини та готової продукції у м'ясній та молочній промисловості: тези доп. міжнар. наук.-техн. конф. – К., НУХТ, 2007. – 181 с.
251. Гуляев-Зайцев, С.С. Процессы эмульгирования растительных жиров в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.А. Нарижный // Масложировая индустрия – 2007: материалы докладов 7-ой междунар. науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург, 2007. – С. 86-87.
252. Нарижный, С.А. Исследование влияния технологических факторов на процессы эмульгирования растительных и молочного жиров в ротоно-вихревом эмульгирующем устройстве [Текст] / С.А. Нарижный // Маргарины, майонезы, спреды, пищевые добавки: материалы докл. 2-го междунар. науч.-практ. семинара – М., 2008. – С. 67-71.
253. Наріжний, С.А. Емульгування жирів в емульсорі роторного типу [Текст] / С.А. Наріжний // Тези доп. XII наук. конф. – Тернопіль, ТДТУ, 2008. – 281 с.
254. Наріжний, С.А. Отримання технологічно стійких емульсій у виробництві спредів [Текст] / С.А. Наріжний // Досягнення молодих вчених у вирішенні актуальних проблем м'ясної та молочної галузей: матеріали наук.-практ. конф. молодих вчених та спеціалістів – К., ТІММ, 2009. – 37 с.

255. Эффективное оборудование для производства технологически стойких жировых эмульсий [Текст] / Г.А. Ерьсько, С.С. Гуляев-Зайцев, С.И. Кимачинский [и др.] // Молочна промисловість. – 2008. – № 4. – С. 55-57.
256. Роторно-вихревой эмульсор для получения стойких дисперсий растительных жиров [Текст] / Г.А. Ерьсько, С.С. Гуляев-Зайцев, С.И. Кимачинский [и др.] // Оборудование для пищевой промышленности. – 2008. – № 2. – С. 34-37.
257. Гуляев-Зайцев, С.С. Получение устойчивых жировых эмульсий при производстве спредов: технология и оборудование [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.И. Кимачинский, С.А. Нарижный // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 4. – С. 50-52.
258. Гуляев-Зайцев, С.С. Эмульсор Я5-ОММ – залог получения качественного спреда [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, С.И. Кимачинский, С.А. Нарижный // Молочное дело. – 2009. – № 4-5. – С. 18-20.
259. Об утверждении норм предельно допустимых потерь сырья и жира при производстве масла: Приказ Госагропрома СССР № 553 от 30.09.1986 (срок действия продлен до 1.01.2012). – М. – 28 с.
260. Гуляев-Зайцев, С.С. Развитие научных основ процессов маслообразования, интенсификация существующих и разработка новых технологий в маслоделии. Дисс... доктора технических наук: 05.18.04 [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев УкрНИИмясомолпром. – К., 1988. – 441 с.

рис.А.1 Участок получения жировых эмульсий



1.Насос центробежный
2.Манометр образцовый
3.Эмульсор Я5-ОММ

4.Воронка
5.Мешалка
6.Емкость для диспергирования

T1. Компоненты смеси
T2. Смесь молочно-жировая
T3. Эмульсия

Приложение Б – Схемы технологических процессов производства спредов с применением эмульсора Я5-ОММ:

Приложение Б.1 – Схема технологического процесса производства спредов методом непрерывного сбивания жировой смеси на ЗАО "Золотоношский маслодельный комбинат"	153
Приложение Б.2 – Схема технологического процесса производства спредов методом непрерывного сбивания жировой смеси на ДП "Староконстантиновский молочный завод"	154
Приложение Б.3 – Схема технологического процесса производства спредов методом преобразования высокожирных сливок на ОАО "Решетилковский маслозавод"	155
Приложение Б.4 – Принципиальная схема технологического процесса производства спредов методом сбивания жировой смеси	156
Приложение Б.5 – Принципиальная схема технологического процесса производства спредов методом преобразования высокожирной смеси.....	157

рис.Б.1.1. Схема технологического процесса производства спредов методом сбивания жировой смеси на ЗАО "Золотоношский маслодельный комбинат"

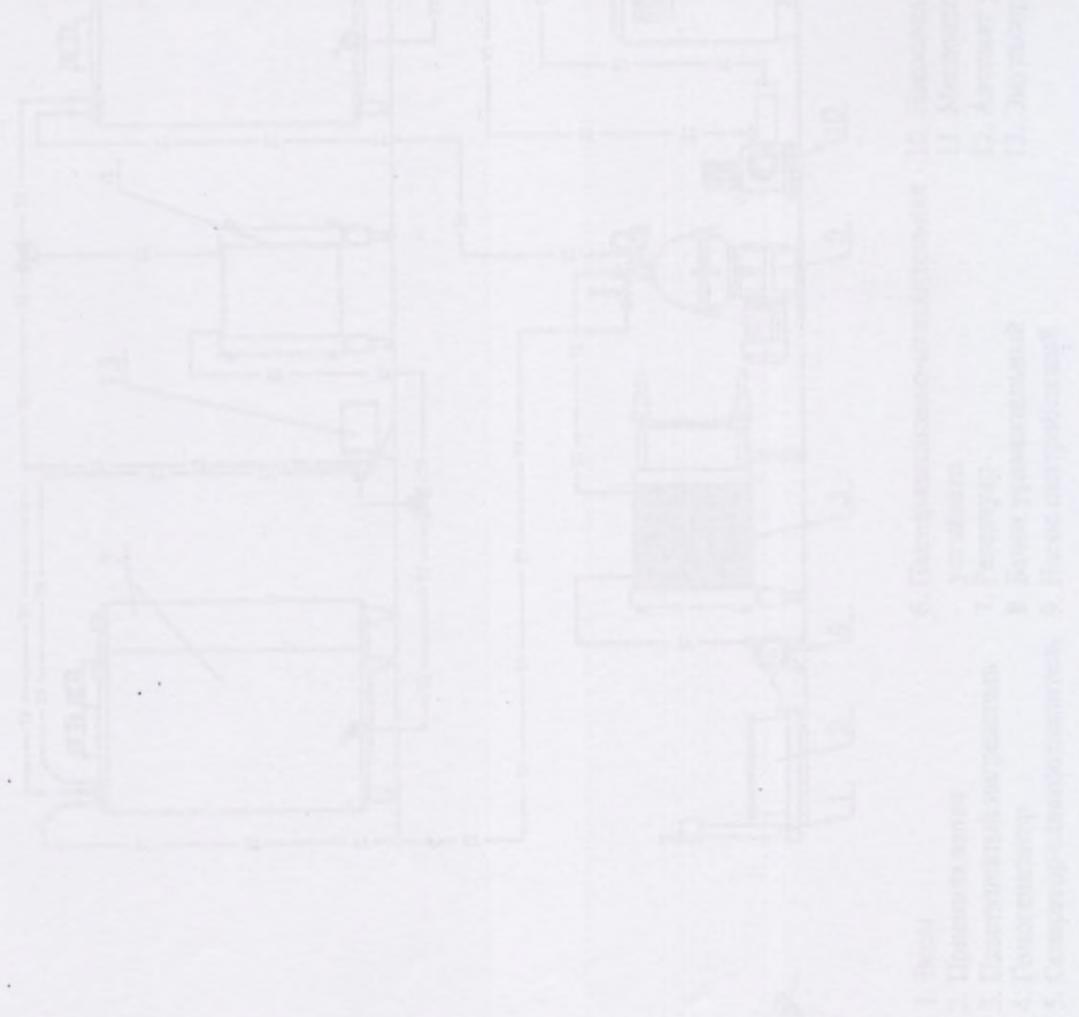
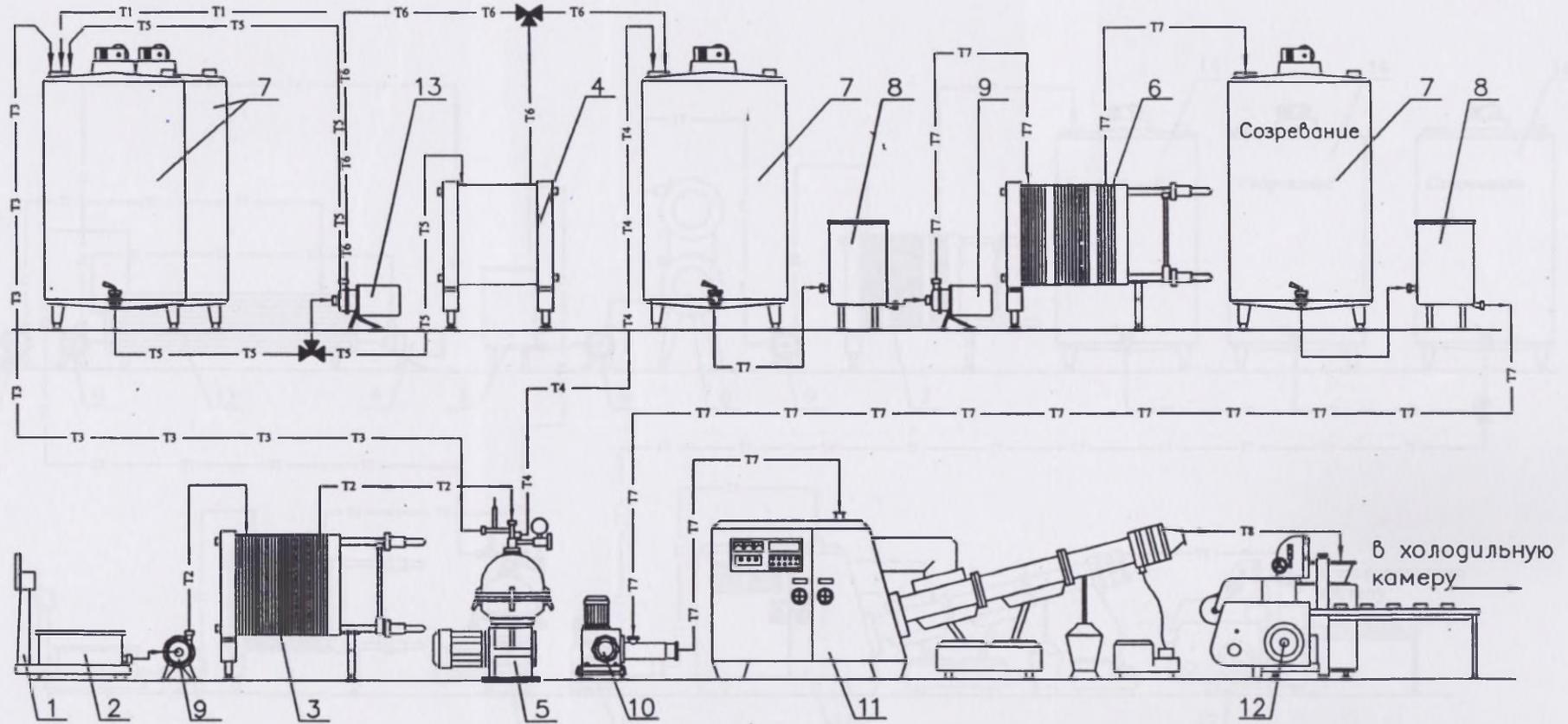
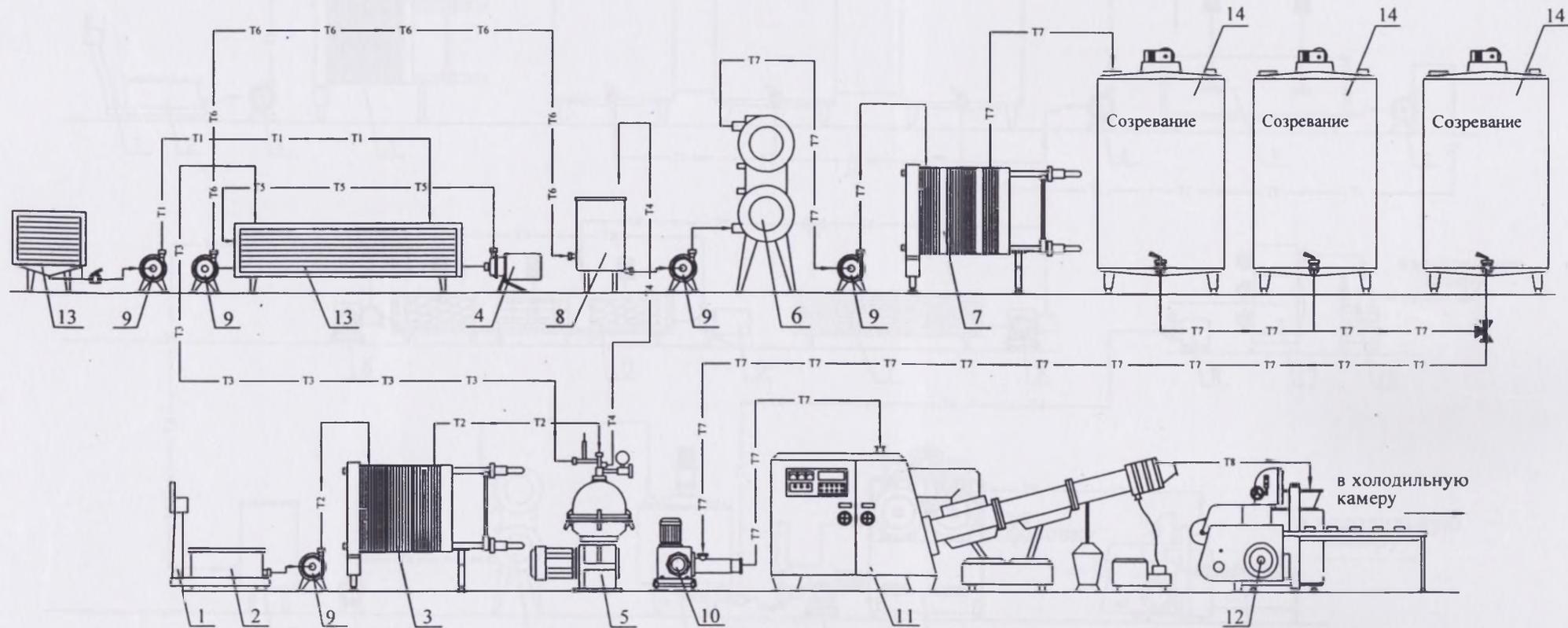


рис.Б.1:1 Схема технологического процесса производства спредов методом непрерывного сбивания жировой смеси на ЗАО "Золотоношский маслодельный комбинат"



- | | | | | |
|------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1. Весы | 6. Пастеризационно-охладительная установка | 10. Насосная установка | T1. Растительные жиры | T5. Смесь молочно-жировая |
| 2. Приемная ванна | 7. Резервуар | 11. Маслоизготовитель | T2. Молоко | T6. Эмульсия |
| 3. Пластичатый нагреватель | 8. Бачок уравнильный | 12. Автомат упаковочный | T3. Молоко обезжиренное | T7. Смесь сливок |
| 4. Гомогенизатор | 9. Насос центробежный | | T4. Натуральные сливки | T8. Спред |
| 5. Сепаратор-сливоотделитель | | | | |

рис.Б.2.1 Схема технологического процесса производства спредов методом непрерывного сбивания жировой смеси на ДП "Староконстантиновский молочный завод"



- | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------|---------------------------|------------------|
| 1. Весы | 5. Сепаратор-сливкоотделитель | 9. Насос центробежный | 13. Плавитель | T3. Молоко обезжиренное | T7. Смесь сливок |
| 2. Приемная ванна | 6. Трубчатый пастеризатор | 10. Насосная установка | 14. Резервуар | T4. Натуральные сливки | T8. Спред |
| 3. Пластинчатый нагреватель | 7. Пластинчатый охладитель | 11. Маслоизготовитель | | T5. Смесь молочно-жировая | |
| 4. Эмульсор Я5-ОММ | 8. Бачок уравнильный | 12. Автомат упаковочный | | T6. Эмульсия | |
| | | | | T1. Растительные жиры | |
| | | | | T2. Молоко | |

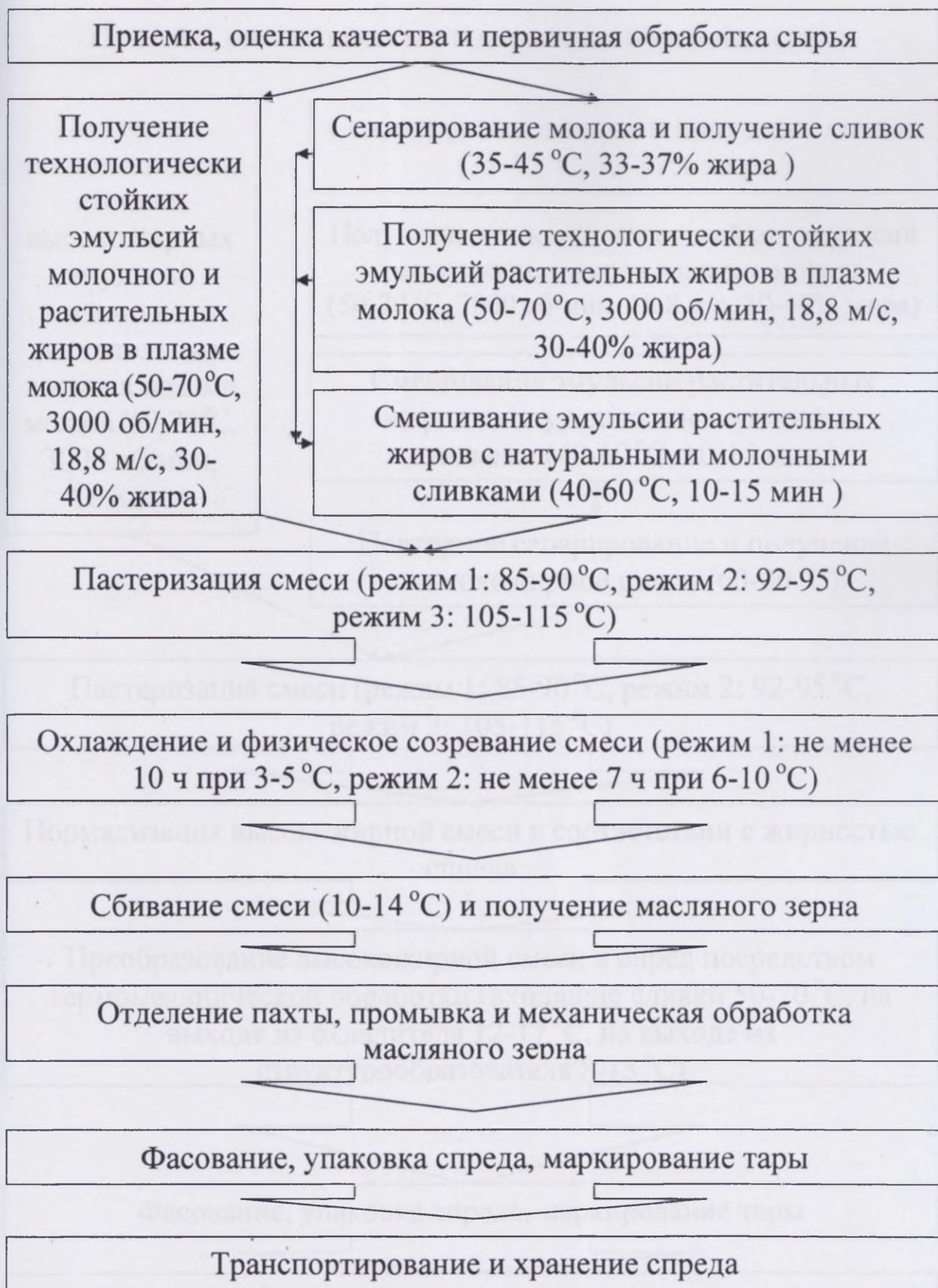


Рис. Б.4.1 Принципиальная схема технологического процесса производства спредов методом сбивания жировой смеси

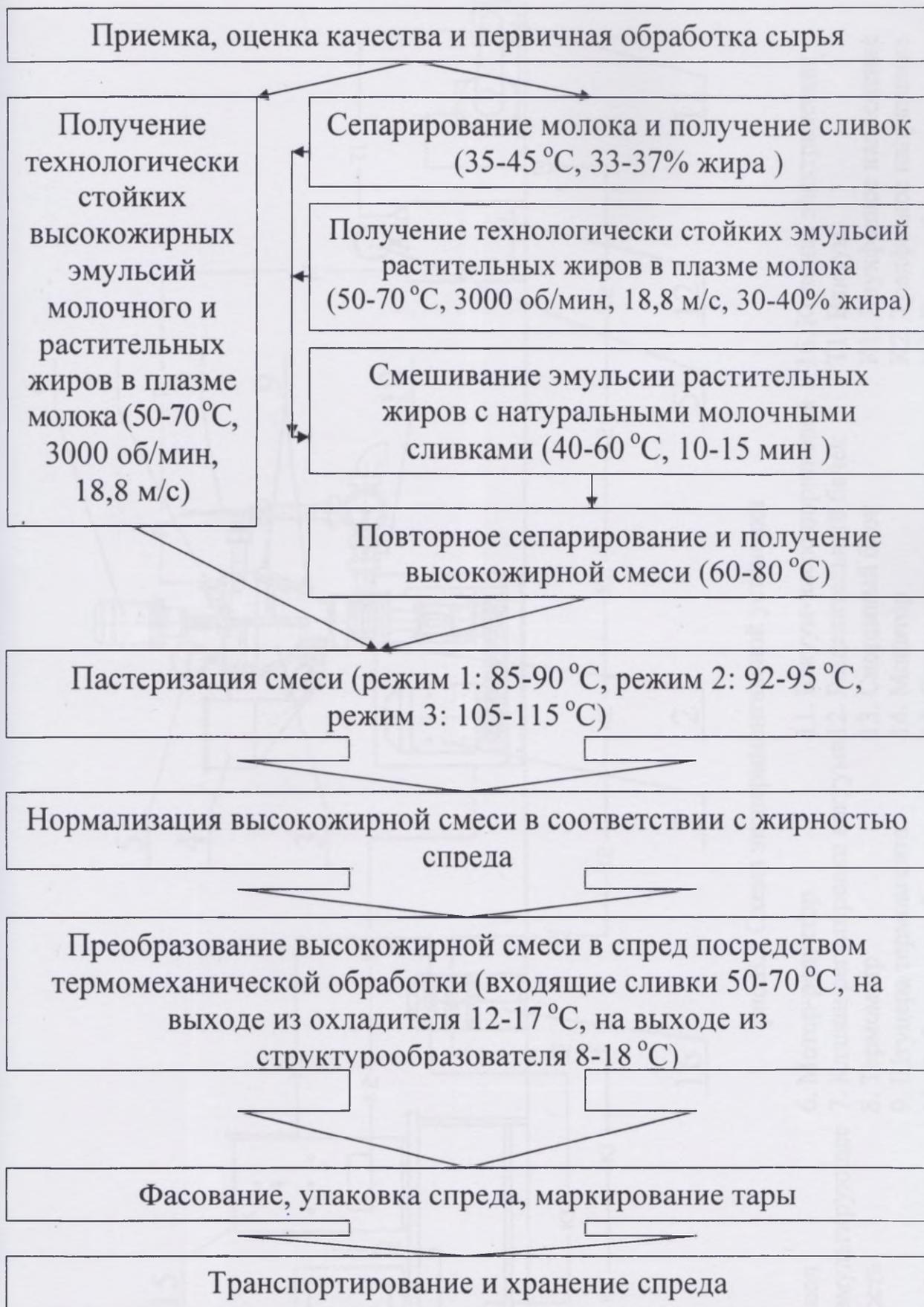
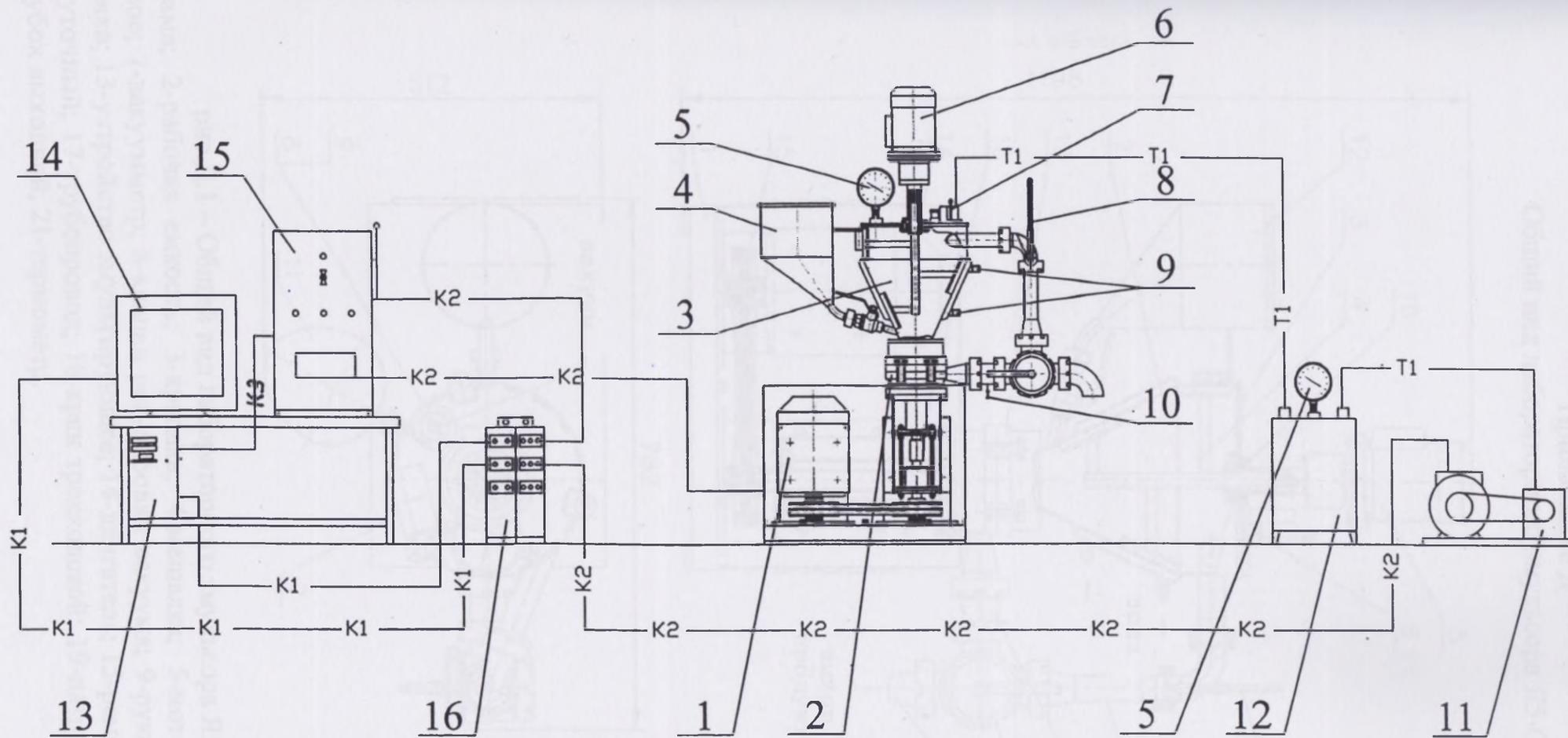


Рис. Б.5.1 Принципиальная схема технологического процесса производства спредов методом преобразования высокожирной смеси



Приложение В
Схема экспериментальной установки

рис.В.1 Схема экспериментальной установки

- | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1. Силовой привод | 6. Мотор-редуктор | 11. Вакуум-насос поршневой | 16. Колонка электрическая |
| 2. Устройство эмульгирующее | 7. Клапан регулировки вакуума | 12. Разделительный бачек | T1. Вакуум |
| 3. Рабочая емкость | 8. Термометр | 13. Системный блок | K1. Двухфазное напряжение |
| 4. Воронка | 9. Штуцера термоагента | 14. Монитор | K2. Трехфазное напряжение |
| 5. Вакуумметр образцовый | 10. Отборник проб | 15. Система автоматизации | K3. Data-кабель |

Приложение Д
Общий вид лабораторного эмульсора Я5-ОЕА

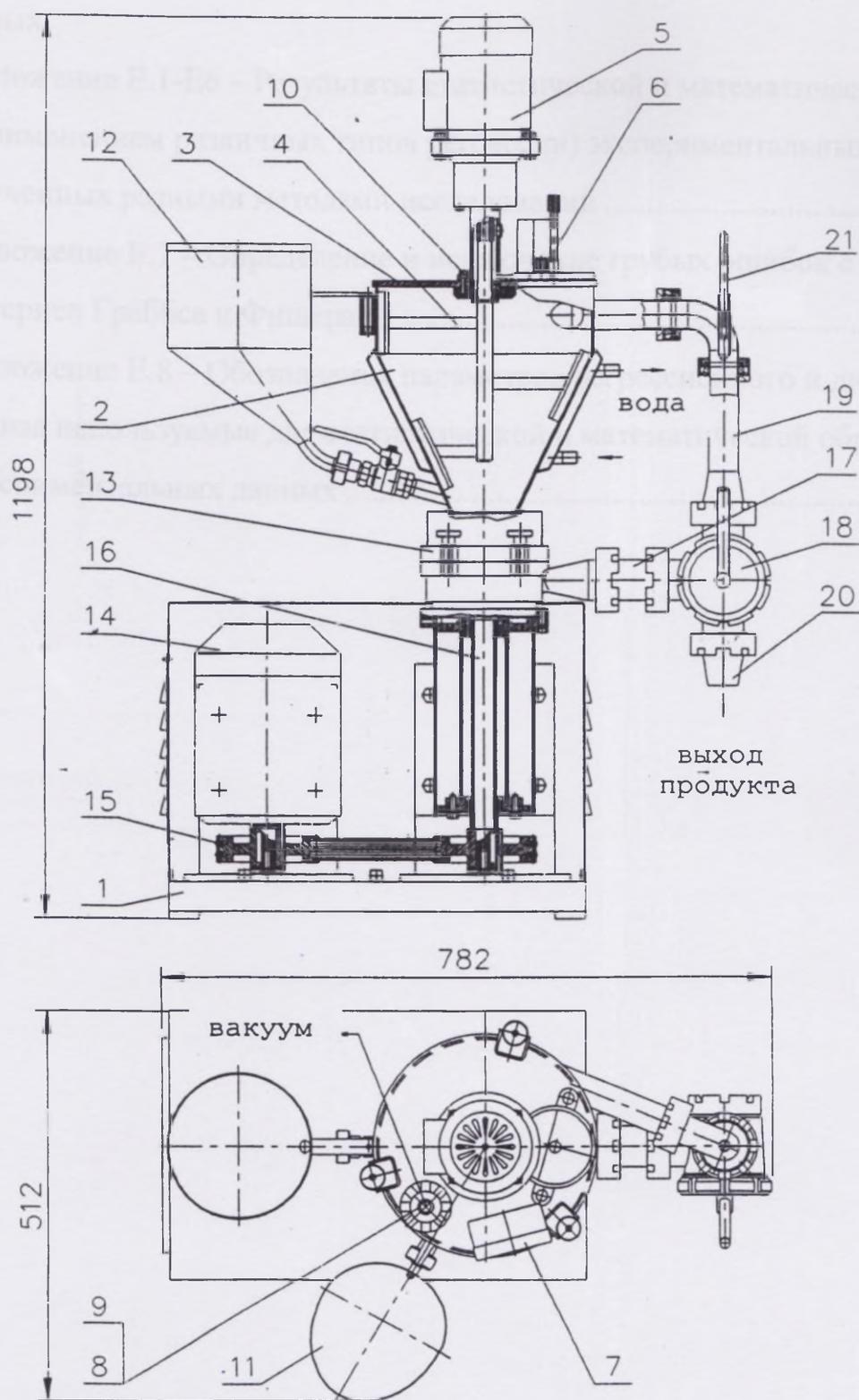


рис.Д.1 – Общий вид лабораторного эмульсора Я5-ОЕА

1-рама; 2-рабочая емкость; 3-крышка; 4-мешалка; 5-мотор-редуктор; 6-стекло
шаровое; 7-вакуумметр; 8-клапан регулировки вакуума; 9-рукав; 10-уплотнение; 11,
воронка; 13-устройство эмульгирующее; 14-двигатель; 15-ременная передача; 16-вал
шестеренчатый; 17-трубопровод; 18-кран трехходовой; 19-патрубок циркуляционный;
20-патрубок выходной; 21-термометр.

Приложение Е – Результаты статистической и математической обработки данных:

Приложение Е.1-Е6 – Результаты статистической и математической обработки (с применением различных типов регрессии) экспериментальных данных полученных разными методами исследований	161
Приложение Е.7 – Определение и исключение грубых ошибок с помощью критериев Граббса и Фишера.....	167
Приложение Е.8 – Обозначения параметров регрессионного и дисперсионного анализа используемые для статистической и математической обработки экспериментальных данных	168

Y1	50	62	60	71	72	
Y2	54	64	69	70	73	
Y3	59	65	68	69	75	
Y4	57	61	71	74	74	
Y5	57	63	69	76	76	
Среднее	57	63	69	72	74	81.79
Ст. отклонение	1.871	1.581	1.225	2.915	1.581	1.48938
Отн. Ст. отклонение (%)	3.28	2.51	1.77	4.05	2.14	2.18074
$b_0 + b_1x + \dots + b_7x^7$	61.04	63.29	66.92	71.05	74.83	81.79
Кoeffициенты регрессии						
Стат. веса	1.047	1.023	1.004	1	1.028	

Таблица дисперсионного анализа.

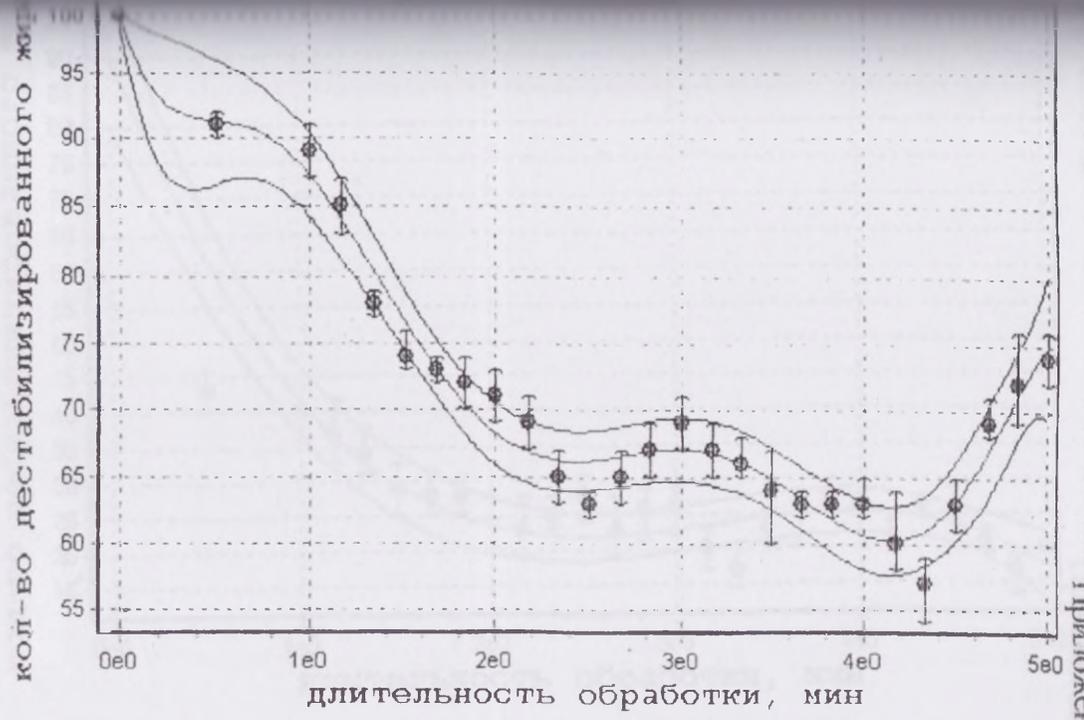
Параметр	Значение	Степ. своб.
$S_{yy} = \sum[(Y_i - Y_{cp})^2]$	5914	20
$S_{xx} = \sum[(X_i - X_{cp})^2]$	82.19	26
$S_{xy} = \sum[(X_i - X_{cp})(Y_i - Y_{cp})]$	-594.6	20
$S_{per} = \sum[(Y_{peri} - Y_{cp})^2]$	5822	7
$S_{ост} = \sum[(Y_i - Y_{peri})^2]$	81.55	19
$D_{ост} = S_{ост} / \text{степ. своб.}$	4.292	19
Регр. значима ($S_{per} / D_{ост}$)	$1.36E3 > F(7;19) = 2.54$	
Кoeff. корреляции (Y_i, Y_{peri})	1	

Таблица коэффициентов регрессии.

Параметр	Значение	СКО	Доверительный интервал 95%		
			Нижний	Верхний	Нормальный
b0	99.9988	0.6371	-1.33	1.33	1.33
b1	-58.1167	21.69	-45.4	45.4	45.4
b2	150.37	61	-128	128	128
b3	-182.691	66.23	-139	139	139
b4	103.223	35.51	-74.3	74.3	74.3
b5	-29.463	10.02	-21	21	21
b6	4.13678	1.424	-2.98	2.98	2.98
b7	-0.227032	0.08041	-0.168	0.168	0.168

Ковариационная матрица коэффициентов.

Кoeff-т	b0	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
b0	1	-0.125	0.0687	-0.0486	0.0382	-0.0318	0.0275	-0.0244
b1	-0.125	1	-0.975	0.932	-0.889	0.849	-0.814	0.783
b2	0.0687	-0.975	1	-0.988	0.965	-0.939	0.912	-0.887
b3	-0.0486	0.932	-0.988	1	-0.993	0.979	-0.961	0.942
b4	0.0382	-0.889	0.965	-0.993	1	-0.996	0.986	-0.973
b5	-0.0318	0.849	-0.939	0.979	-0.996	1	-0.997	0.99
b6	0.0275	-0.814	0.912	-0.961	0.986	-0.997	1	-0.998
b7	-0.0244	0.783	-0.887	0.942	-0.973	0.99	-0.998	1



Исполнитель	Нарижный С.А.
Анализ	устойчивость жировой эмульсии
Тип регрессии	Стандартная
Целевая функция	$b_0 + b_1x + b_2x^2 + \dots + b_7x^7$
b_n	$b_0 = 99.9988; b_1 = -58.1167; b_2 = 150.37; b_3 = -182.691; b_4 = 103.223; b_5 = -29.463; b_6 = 4.13678; b_7 = -0.227032$
Дов. инт. b_n	$b_0 \pm 1.33; b_1 \pm 45.4; b_2 \pm 128; b_3 \pm 139; b_4 \pm 74.3; b_5 \pm 21; b_6 \pm 2.98; b_7 \pm 0.168$
СКО мет.	0.2462
Остаточное СКО (S_y)	2.072
Вар. коэфф. $V_{хо}, \%$	14.41
$X_d(СС\beta), X_c(СС\alpha)$	
Значимость регрессии	Удовл. { $S_{per} / D_{ост} = 1.36E3 > F(7;19) = 2.54$ }
Значимость коэф-тов	Удовл. { $P_G = 0.6707; F(1;19;0.95) = 5.922$ }
Однор-сть дисперсий	Удовл. { $P_G = 15.21; \chi^2(26;0.95) = 41.92$ }

Дисперсия 0,061
 Аппроксимация данных осуществлена с помощью степенного полинома 7 степени

Y1	24	20	18	21	
Y2	23	23	19	19	
Y3	27	22	17	19	
Y4	29	21	18	20	
Y5	22	19	13	21	
Среднее	25	21	17	20	26.79
Ст. отклонение	2.915	1.581	2.345	1	2.51411
Отн. Ст. отклонение (%)	11.7	7.53	13.8	5	9.87444
b0+...+b3T3	23.52	21.94	19.93	17.16	26.79
Коэффициенты регрессии					
Стат. веса	1.728	1.824	1.521	2.024	

Таблица дисперсионного анализа.

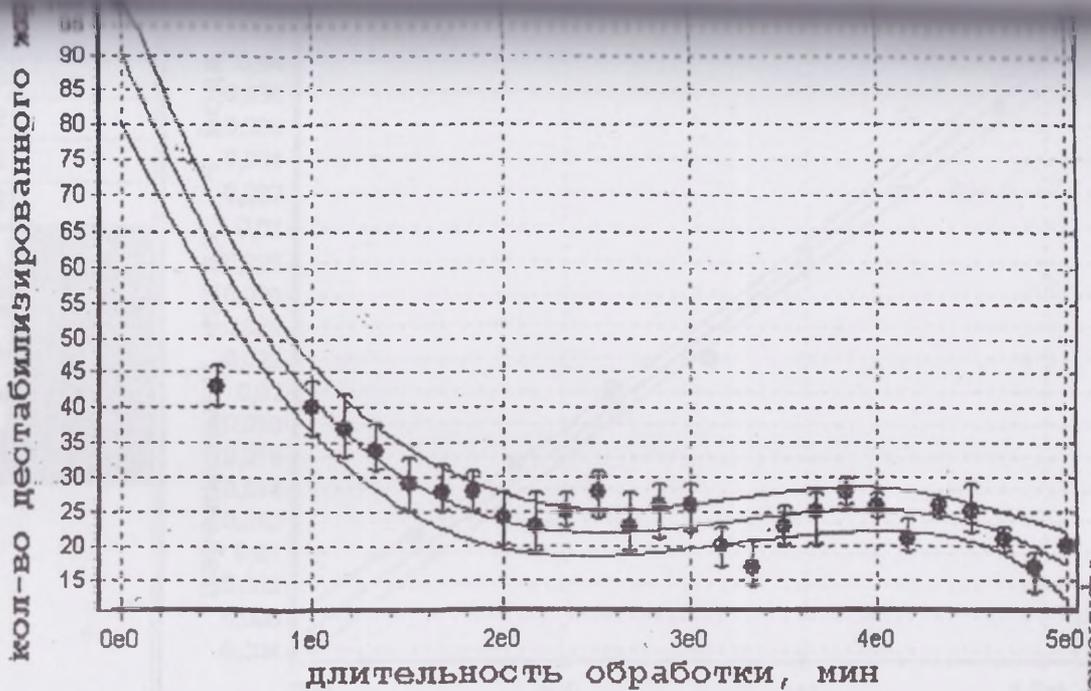
Параметр	Значение	Степ. своб.
$S_{yy} = \sum[(Y_i - Y_{cp})^2]$	6378	24
$S_{xx} = \sum[(X_i - X_{cp})^2]$	59.36	26
$S_{xy} = \sum[(X_i - X_{cp})(Y_i - Y_{cp})]$	-397.3	24
$S_{per} = \sum[(Y_{peri} - Y_{cp})^2]$	5992	3
$S_{ост} = \sum[(Y_i - Y_{peri})^2]$	616.1	23
Доств = $S_{ост} / \text{степ. своб.}$	26.79	23
Регр. значима ($S_{per} / \text{Доств}$)	224 > F(3;23) = 3.03	
Коэф. корреляции (Y_i, Y_{peri})	0.9613	

Таблица коэффициентов регрессии.

Параметр	Значение	СКО	Доверительный интервал 95%		
			Нижний	Верхний	Нормальный
b0	37.9652	1.331	-2.75	2.75	2.75
b1	-27.6755	2.151	-4.45	4.45	4.45
b2	15.9989	1.778	-3.68	3.68	3.68
b3	-9.12382	1.494	-3.09	3.09	3.09

Ковариационная матрица коэффициентов.

Коэф-т	b0	b1	b2	b3
b0	1	-0.639	0.458	-0.126
b1	-0.639	1	-0.528	0.294
b2	0.458	-0.528	1	-0.36
b3	-0.126	0.294	-0.36	1



Исполнение 12

Исполнитель	Нарижный С.А.
Анализ	устойчивость жировой эмульсии
Тип регрессии	Стандартная
Целевая функция	$b_0 + b_1T_1 + b_2T_2 + b_3T_3$
b_0	$b_0=37.9652; b_1=-27.6755; b_2=15.9989; b_3=-9.12382;$
Дов.инт. b_0	$b_0 \pm 2.75; b_1 \pm 4.45; b_2 \pm 3.68; b_3 \pm 3.09;$
СКО мет.	0.5151
Остаточное СКО (S_y)	5.176
Вар. коэфф. V_{x_0} , %	15.25
$X_d(CC\beta), X_c(CC\alpha)$	
Значимость регрессии	Удовл. { $S_{рег}/D_{ост}=224 > F(3;23)=3.03$ }
Значимость коэф-тов	Удовл. { $PG=5; F(1;23;0.95)=5.75$ }
Однор-сть дисперсий	Удовл. { $PG=13.32; X^2(26;0.95)=41.92$ }

Дисперсия 0,265

Аппроксимация данных осуществлена с помощью полинома Чебышева 3 степени

162

Y1	0.0204	0.0219	0.0279	0.0322	0.0368	0.0429
Y2	0.0194	0.0223	0.0277	0.0319	0.0367	0.0428
Y3	0.0207	0.0222	0.0288	0.0318	0.0372	0.0432
Y4	0.0192	0.0217	0.0277	0.0319	0.0374	0.0433
Y5	0.0203	0.0219	0.0279	0.0322	0.0369	0.0428
Среднее	0.02	0.022	0.028	0.032	0.037	0.043
Ст. отклонение	0.0006595	0.0002449	0.0004583	0.0001871	0.0002915	0.0002345
Утн. Ст. отклонение [%]	3.3	1.11	1.64	0.585	0.788	0.545
a + bх	0.01917	0.02372	0.02828	0.03283	0.03739	0.04194
Коэффициенты регрессии						
Стат. критерии	0.056	0.056	0.04	0.092	0.091	

Таблица дисперсионного анализа.

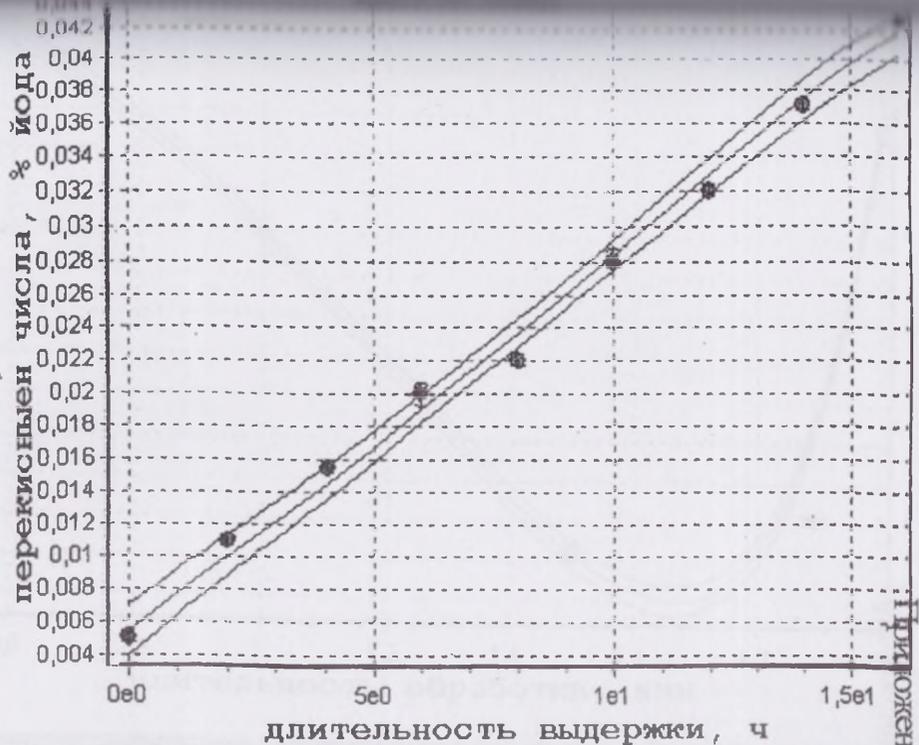
Параметр	Значение	Степ. своб.
$S_{yy} = \sum [(Y_i - Y_{cp})^2]$	0.001232	8
$S_{xx} = \sum [(X_i - X_{cp})^2]$	240	8
$S_{xy} = \sum [(X_i - X_{cp})(Y_i - Y_{cp})]$	0.542	8
$S_{per} = \sum [(Y_{peri} - Y_{cp})^2]$	0.001224	1
$S_{ост} = \sum [(Y_i - Y_{peri})^2]$	7.626E-6	7
Дост = $S_{ост} / \text{степ. своб.}$	1.089E-6	7
Регр. значима ($S_{per} / \text{Дост}$)	1.12E3 > F(1;7) = 5.59	
Коэф. корреляции (Y_i, Y_{peri})	0.997	

Таблица коэф ффициентов регрессии.

Параметр	Значение	СКО	Доверительный интервал 95%		
			Нижний	Верхний	Нормальный
a	0.00550421	0.0006398	-0.00151	0.00151	0.00151
b	0.00227733	6.739E-5	-0.000159	0.000159	0.000159

Ковариационная матрица коэф ффициентов.

Коэф-т	a	b
a		-0.839
b	-0.839	



Исполнитель	Нарижный С.А.
Анализ	стойкость жира к окислению
Тип регрессии	Стандартная
Целевая функция	$a + bx$
$a =$	0.00550421 (95% дов.инт. $a \pm 0.00151$)
$b =$	0.00227733 (95% дов.инт. $b \pm 0.000159$)
СКО мет.	0.4583
Остаточное СКО (Sy)	0.001044
Var. коэфф. V _{коп.} %	5.753
$X_d(\text{ССмет})$, $X_d(\text{ССалт})$	
Значимость регрессии	Удовл. {Sper/Dост=1.12E3 > F(1;7)=5.59}
Лин. данных	Удовл. {PG=0.6742; F(1;7;0.95)=8.073}
Однор-сть дисперсии	Удовл. {PG=13.68; X ² (8;0.95)=17.53}
Дисперсия	0,21
Аппроксимация данных осуществлена с помощью линейной регрессии	

Y2	4.44	3.19	1.58	3.69	
Y3	4.42	3.08	1.65	3.78	
Y4	4.4	3.27	1.69	3.74	
Y5	4.35	3.19	1.7	3.76	
Среднее	4.38	3.19	1.64	3.73	3.305
Ст. отклонение	0.06042	0.06964	0.05788	0.04359	0.0578813
Отн. Ст. отклонение (%)	1.38	2.18	3.53	1.17	2.085
b0+ +b2eхb1x 2]	4.377	3.194	1.638	3.73	3.305
Коэффициенты регрессии	5.164	-0.7692	0.6978		
Стат. веса		1.011	0.64	0.78	

Таблица дисперсионного анализа.

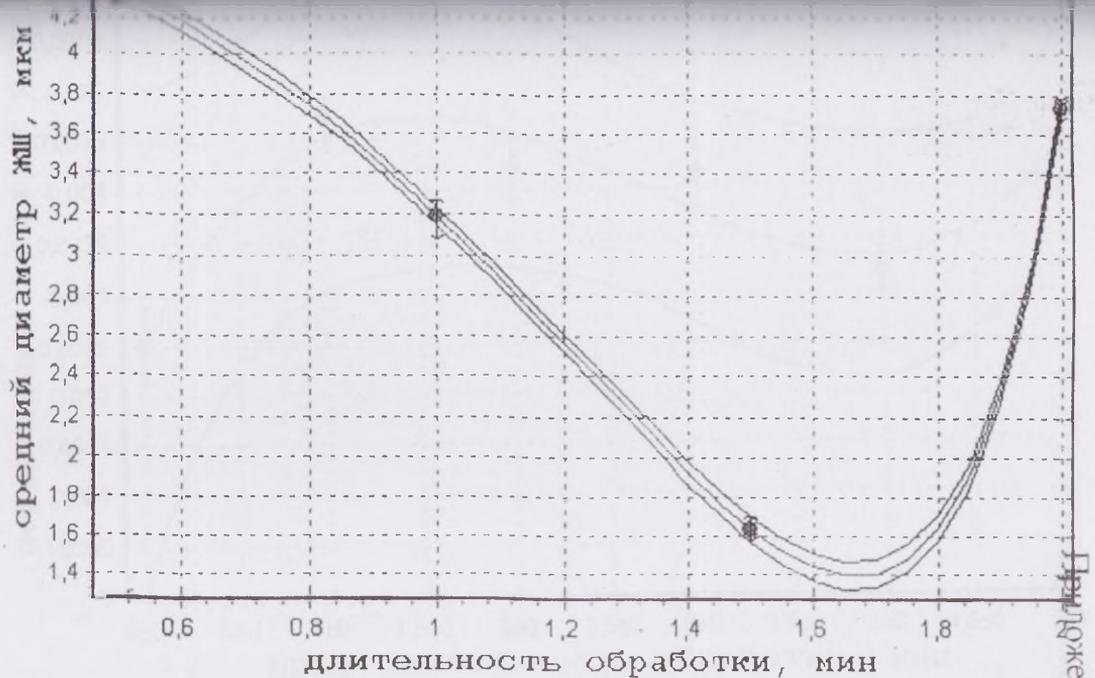
Параметр	Значение	Степ. своб.
$S_{yy} = \sum[(Y_i - Y_{cp})^2]$	4.122	2
$S_{xx} = \sum[(X_i - X_{cp})^2]$	1.368	3
$S_{xy} = \sum[(X_i - X_{cp})(Y_i - Y_{cp})]$	-0.8272	2
$S_{pep} = \sum[(Y_{peri} - Y_{cp})^2]$	4.121	2
$S_{ост} = \sum[(Y_i - Y_{peri})^2]$	2.541E-5	1
Dост = $S_{ост} / \text{степ. своб.}$	2.541E-5	1
Регр. значима ($S_{pep} / \text{Dост}$)	1.62E5 > F(2;1)=199	
Коэф. корреляции (Y_i, Y_{peri})	1	

Таблица коэффициентов регрессии.

Параметр	Значение	СКО	Доверительный интервал 95%		
			Нижний	Верхний	Нормальный
b0	5.1642	0.006981	-0.0887	0.0887	0.0887
b1	-0.769232	0.002118	-0.0269	0.0269	0.0269
b2	0.697832	0.001878	-0.0239	0.0239	0.0239

Ковариационная матрица коэффициентов.

Коэф-т	b0	b1	b2
b0	1	-0.831	0.753
b1	-0.831	1	-0.987
b2	0.753	-0.987	1



Продолжение
Е.4

Исполнитель	Нарижный С.А.
Анализ	степень дисперсности (dcp.) ЖШ
тип регрессии	Стандартная
Целевая функция	$b_0 + b_1 \exp(3x) + b_2 \exp(3x^2)$
bp	$b_0=5.1642; b_1=-0.769232; b_2=0.697832;$
Дов. инт. bp	$b_0 \pm 0.0887; b_1 \pm 0.0269; b_2 \pm 0.0239;$
СКО мет.	0.002904
Остаточное СКО (Sy)	0.005041
Var. коэфф. Vхп. %	0.2043
Xd(CCheta), Xd(CCalfa)	
Значимость регрессии	Удовл. {Sper/Doct=1.62E5 > F(2; 1)=199}
Значимость коэф-тов	
Однор-сть дисперсии	Удовл. {PG=0.07936; X2(3; 0.95)=9.348}

Дисперсия 0,00001

Аппроксимация данных осуществлена с помощью экспоненциального полинома 2 порядка

10

Y1	0.0021	0.0044	0.0041	0.0039	0.0030	0.0043	
Y2	0.0029	0.0049	0.0039	0.0042	0.0032	0.0045	
Y3	0.0028	0.0049	0.0044	0.0042	0.0031	0.0043	
Y4	0.0022	0.0048	0.0045	0.0038	0.0032	0.0044	
Y5	0.0025	0.0045	0.0041	0.0044	0.00342	0.0047	
Среднее	0.0025	0.0047	0.0042	0.0041	0.00318	0.00445	0.003987
Ст. отклонение	0.0003530	0.00234	0.000244	0.0002440	0.000161	0.000158	0.000232992
Отн. Ст. отклонение [%]	14.1	4.99	5.83	5.97	5.09	3.55	6.58833
b0 + b3P3	0.0025390	0.004521	0.004543	0.0037620	0.0033370	0.004427	0.003997
Коэффициенты регрессии	0.0038550	0.000729	-0.002785	0.02413			
Статистика	1.225	1.409	1.561	1.755	2.182		

Таблица дисперсионного анализа.

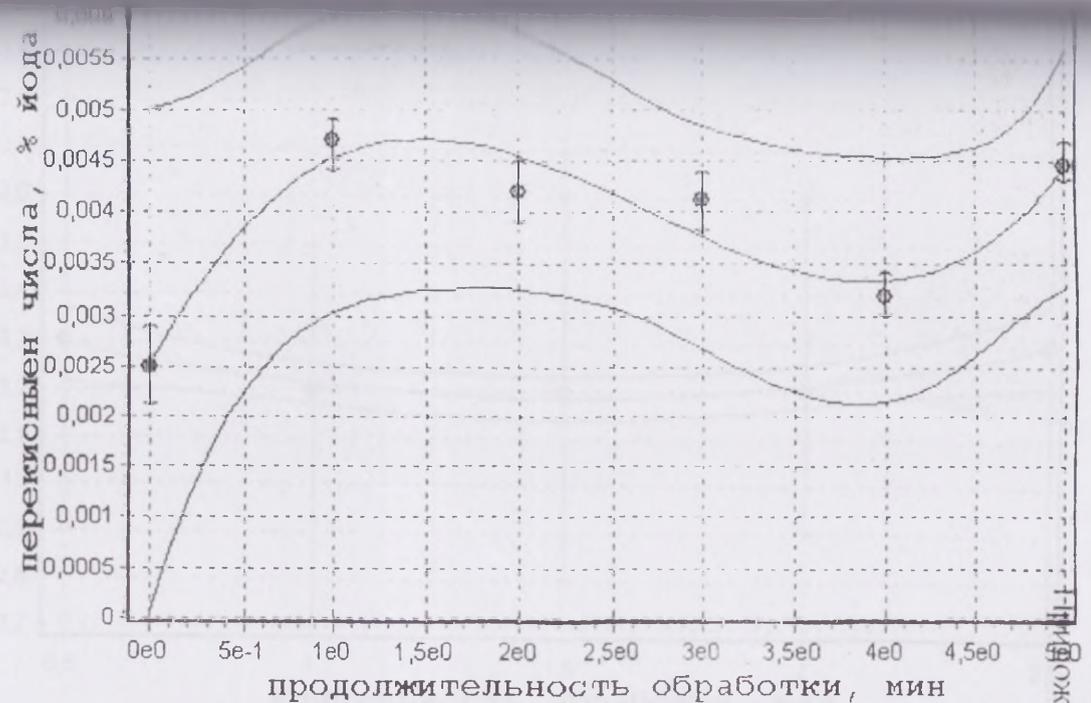
Параметр	Значение	Степ. своб.
$S_{yy} = \sum[(Y_i - Y_{cp})^2]$	3.644E-6	3
$S_{xx} = \sum[(X_i - X_{cp})^2]$	21.47	5
$S_{xy} = \sum[(X_i - X_{cp})(Y_i - Y_{cp})]$	0.003191	3
$S_{per} = \sum[(Y_{peri} - Y_{cp})^2]$	3.357E-6	3
$S_{ост} = \sum[(Y_i - Y_{peri})^2]$	2.905E-7	2
$D_{ост} = S_{ост} / \text{степ. своб.}$	1.452E-7	2
Регр. значима ($S_{per} / D_{ост}$)	23.1 > F(3;2)=19.2	
Козф. корреляции (Y_i, Y_{peri})	0.9747	

Таблица коэффициентов регрессии.

Параметр	Значение	СКО	Доверительный интервал 95%		
			Нижний	Верхний	Нормальный
b0	0.00385479	3.518E-5	-0.000151	0.000151	0.000151
b1	0.000729152	0.0001081	-0.000465	0.000465	0.000465
b2	-0.00278856	0.0003608	-0.00155	0.00155	0.00155
b3	0.0241292	0.001281	-0.00551	0.00551	0.00551

Ковариационная матрица коэффициентов.

Козф-т	b0	b1	b2	b3
b0	1	-0.454	0.118	-0.0699
b1	-0.454	1	-0.427	0.0855
b2	0.118	-0.427	1	-0.358
b3	-0.0699	0.0855	-0.358	1



Исполнитель	Нарижный С.А.
Анализ	степень порчи жира
Тип регрессии	Стандартная
Целевая функция	b0 + b1P1 + b2P2 + b3P3
bn	b0=0.00385479; b1=0.000729152; b2=-0.00278856;
Дов. инт. bn	b0±0.000151; b1±0.000465; b2±0.00155; b3±0.0055
СКО мет.	0.964
Остаточное СКО (Sy)	0.0003811
Вар. коэфф. Vx0, %	29.09
Xd(CCbeta), Xd(CCalfa)	
значимость регрессии	Удовл. { $S_{per} / D_{ост} = 23.1 > F(3;2) = 19.2$ }
значимость коэф-тов	Удовл. { $P_G = 0.02762; F(1;2;0.95) = 38.51$ }
Однор-сть дисперсии	Удовл. { $P_G = 0.4837; X^2(5;0.95) = 12.83$ }

Дисперсия 0,929

Аппроксимация данных осуществлена с помощью ортогонального полинома 3 степени

Y1	13,0	13,1	12,8	13,1	12,8
Y2	13,5	12,7	12,9	13,3	13,5
Y3	13,2	13,5	13,2	13,1	12,8
Y4	12,9	13,3	13,4	12,9	13,4
Y5	13,9	13,4	13,7	13,6	14,0
Среднее	13,3	13,2	13,2	13,2	13,3
Ст. отклонение	0,4062	0,3162	0,3674	0,2646	0,5099
Отн. Ст. отклонение (%)	3,05	2,4	2,78	2	3,83
$a + bx + cx^2$	13,29	13,21	13,18	13,21	13,3
Коэффициенты регрессии	13,43	-0,3305	0,1102		
Статистика	1,107	1,389	1,482	1,302	1

Таблица дисперсионного анализа.

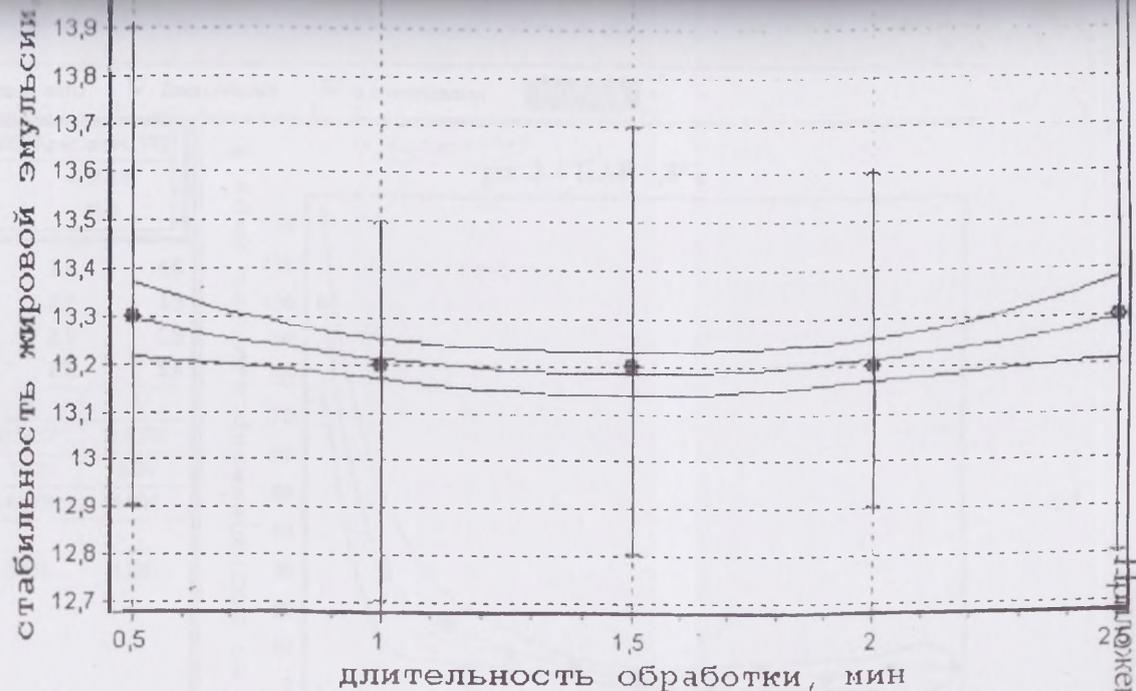
Параметр	Значение	Степ. своб.
$S_{yy} = \sum[(Y_i - Y_{cp})^2]$	0,01278	3
$S_{xx} = \sum[(X_i - X_{cp})^2]$	2,509	4
$S_{xy} = \sum[(X_i - X_{cp})(Y_i - Y_{cp})]$	0,002688	3
$S_{рег} = \sum[(Y_{регi} - Y_{cp})^2]$	0,01138	2
$S_{ост} = \sum[(Y_i - Y_{регi})^2]$	0,0005862	2
$D_{ост} = S_{ост} / \text{степ. своб.}$	0,0002931	2
Регр. значима ($S_{рег} / D_{ост}$)	$38,8 > F(2; 2) = 19$	
Коэф. корреляции ($Y_i, Y_{регi}$)	1	

Таблица коэффициентов регрессии.

Параметр	Значение	СКО	Доверительный интервал 95%		
			Нижний	Верхний	Нормальный
a	13,4325	0,04041	-0,174	0,174	0,174
b	-0,330464	0,05936	-0,255	0,255	0,255
c	0,11019	0,01961	-0,0844	0,0844	0,0844

Ковариационная матрица коэффициентов.

Коэф-т	a	b	c
a		-0,949	0,876
b	-0,949	1	-0,978
c	0,876	-0,978	1



Исполнитель	Нарижный С.А.
Анализ	стойкость жировой эмульсии
Тип регрессии	Стандартная
Целевая функция	$a + bx + cx^2$
a	13,4325 (95% дов.инт. $a \pm 0,174$)
b; c =	-0,330464; 0,11019 (95% дов.инт. $b \pm 0,255$; $c \pm 0,0844$)
СКО мет.	0,2542
Остаточное СКО (S_y)	0,01712
Var. коэф. $V_{х0}$, %	17,45
$X_d(C\theta), X_c(C\alpha)$	
Значимость регрессии	Удовл. { $S_{рег} / D_{ост} = 38,8 > F(2; 2) = 19$ }
Значимость коэф-тов	Удовл. { $P_G = 0,002662$; $F(1; 2; 0,95) = 38,51$ }
Однородность дисперсии	Удовл. { $P_G = 0,9236$; $\chi^2(4; 0,95) = 11,14$ }

Дисперсия 0,065
 Аппроксимация данных осуществлена с помощью квадратичной (взвешенной) регрессии

Продолжение № 6

Данные	X4	Критерий	Категория	Статистика	Крит.знач.(5%)	Крит.знач.(1%)	
Предикторы Xi	0.75	Граббс	Двойн. выброс	0	0.009	0.0018	
Отклики Yi		Фишер	Двойн. выброс	1.49E3	14.9	45.4	
Y1							
Y2	10	5.7	3.3	2.8	5.2	3.6	4.8
Y3	8	5.8	2.7	3.1	4.6	2.4	4.9
Y4	7	5.9	2.6	3.4	4.9	2.8	5.5
Y5	10	6.1	3	3	5	2.6	5.4
Среднее	9	6	3	3	5	3	5
Ст. отклонение	1.414	0.3162	0.3536	0.2739	0.2739	0.5657	0.4528
Отн. Ст. отклонение (%)	15.7	5.27	11.8	9.13	5.48	18.9	9.06
во+...+b7T7	10.13	5.513	3.159	3.332	4.037	4.018	4.604
Кoeffициенты регрессии	-12.98	7.624	-4.797	2.88	-1.306		
Стат. веса	3.942	7.63	8.863	7.454	6.125	5.116	4.686

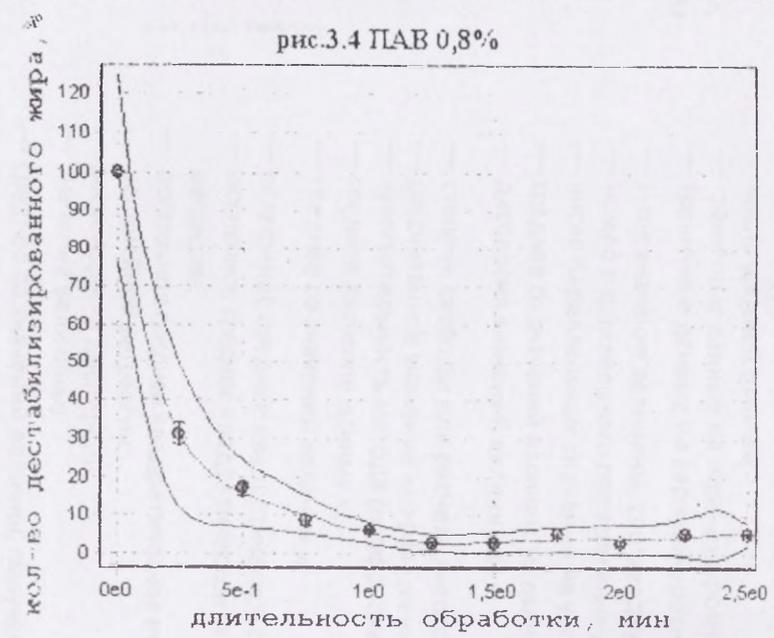


Таблица оценок	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Оценка X						
Дов.интервал 95%						
Неопределенность						
Выборочное СКО						
Пр.обн. Xd(CCbeta)						
Y1						
Y2						
Y3						
Y4						
Y5						
Стат.вес Y						
Введено						
R=Найд./Введ. %						

X = 0.08475 Y = 62.14 Yрег = 65.19 ± 20.1

Исполнитель	Нарижный С.А.
Анализ	устойчивость жировой эмульсии
Тип регрессии	Стандартная
Целевая функция	bo + b1T1 + b2T2 +...+ b7T7
bn	b0=20.2556; b1=-28.4936; b2=21.841;
Дов.инт. bn	b0±4.61; b1±8.46; b2±5.98; b3±4.93; b4±4.93; b5±4.93; b6±4.93; b7±4.93;
СКО мет.	0.03846
Остаточное СКО (Sy)	1.341
Вар. коэфф. Vxo, %	2.419
Xd(CCbeta), Xc(CCalfa)	
Значимость регрессии	Удовл. {Sрег/Доств=5.5F2 > F(7;3)=8.89}
Значимость коэф-тов	Удовл. {PG=1.012; F(1,3,0.95)=17.44}
Однор-сть дисперсий	Удовл. {PG=6.577; x2(10;0.95)=20.48}

Приложение Е.8

x_i	— данные i -того значения на шкале x ;
i	— индекс уровней данных, $i=1, 2, \dots, N$;
N	— число уровней данных;
x_{\min}	— граничные данные на нижнем уровне рабочего диапазона;
x_{\max}	— граничные данные на верхнем уровне рабочего диапазона;
$y_{i,j}$	— i -тое значение величины, соответствующее данным x_i ;
j	— номер параллельного определения для уровня данных $i, j=1, 2, \dots, n_i$;
n_i	— число параллельных значений на уровне x_i ;
\bar{y}_i	— среднее со значений величин, y_{ij} , данных x_i ;
s_i^2	— дисперсия значений величин x_i ;
f_i	— степени свободы для расчета дисперсии ($f_i = n_i - 1$);
a	— рассчитанное значение коэффициента регрессии;
b	— чувствительность метода (коэффициент регрессии);
\bar{x}	— среднее значение данных x_i ;
\bar{y}	— среднее со значений величин y_i ;
s_y	— остаточное среднее квадратическое отклонение;
s_{y1}	— остаточное среднее квадратическое отклонение, полученное расчетом по линейной регрессии;
s_{y2}	— остаточное среднее квадратическое отклонение, полученное расчетом по нелинейной регрессии;
DS^2	— расхождение дисперсий;
y_i	— значение величины;
\bar{y}	— среднее со значений величин, полученных из n параллельных измерений;
$t(f_1, 1-\alpha)$	— табличное значение квантиля t -распределения за $f = N - 2$ степенях свободы и доверительном уровне вероятности $(1-\alpha)$ (t — фактор распределения Стьюдента);
$F(f_1, f_2, 1-\alpha)$	— табличное значение квантиля F -распределения (Фишера-Снедекора) с f_1 и f_2 степенями свободы и уровне доверительной вероятности $(1-\alpha)$;
s_{x0}	— среднее квадратическое отклонение методики;
V_{x0}	— коэффициент вариации методики;
$F(f_1, f_2, P)$	— табличное значение F -распределения со степенями свободы f_1 и f_2 и уровнем вероятности P (%);
a, b, c	— коэффициент нелинейной характеристики;
f	— степень свободы для остаточного среднего квадратического отклонения ($f = N - 3$);
θ	— коэффициент чувствительности для нелинейной характеристики;
E	— чувствительность в центре x рабочего диапазона;
$t(f_1, P)$	— табличное значение t -распределения со степенью свободы $f_1 = N - 3$ и доверительным уровнем P (%) (t -фактор распределения Стьюдента);

Приложение Ж – Микрофотографии жировых эмульсий:

Приложение Ж.1 – Интенсивность обработки 3000 об/мин; длительность обработки 1 мин.....	170
Приложение Ж.2 – Интенсивность обработки 3000 об/мин; длительность обработки 1,5 мин.....	171
Приложение Ж.3 – Интенсивность обработки 3000 об/мин; длительность обработки 2 мин.....	172
Приложение Ж.4 – Интенсивность обработки 3000 об/мин; длительность обработки 3 мин.....	173
Приложение Ж.5 – Интенсивность обработки 3000 об/мин; длительность обработки 4 мин.....	174
Приложение Ж.6 – Интенсивность обработки 3000 об/мин; длительность обработки 4,5 мин.....	175
Приложение Ж.7 – Интенсивность обработки 3000 об/мин; длительность обработки 5 мин.....	176
Приложение Ж.8 – Интенсивность обработки 1500 об/мин; длительность обработки 1 мин.....	177
Приложение Ж.9 – Интенсивность обработки 1500 об/мин; длительность обработки 2 мин.....	178
Приложение Ж.10 – Интенсивность обработки 1500 об/мин; длительность обработки 4 мин.....	179
Приложение Ж.11 – Интенсивность обработки 1500 об/мин; длительность обработки 5 мин.....	180

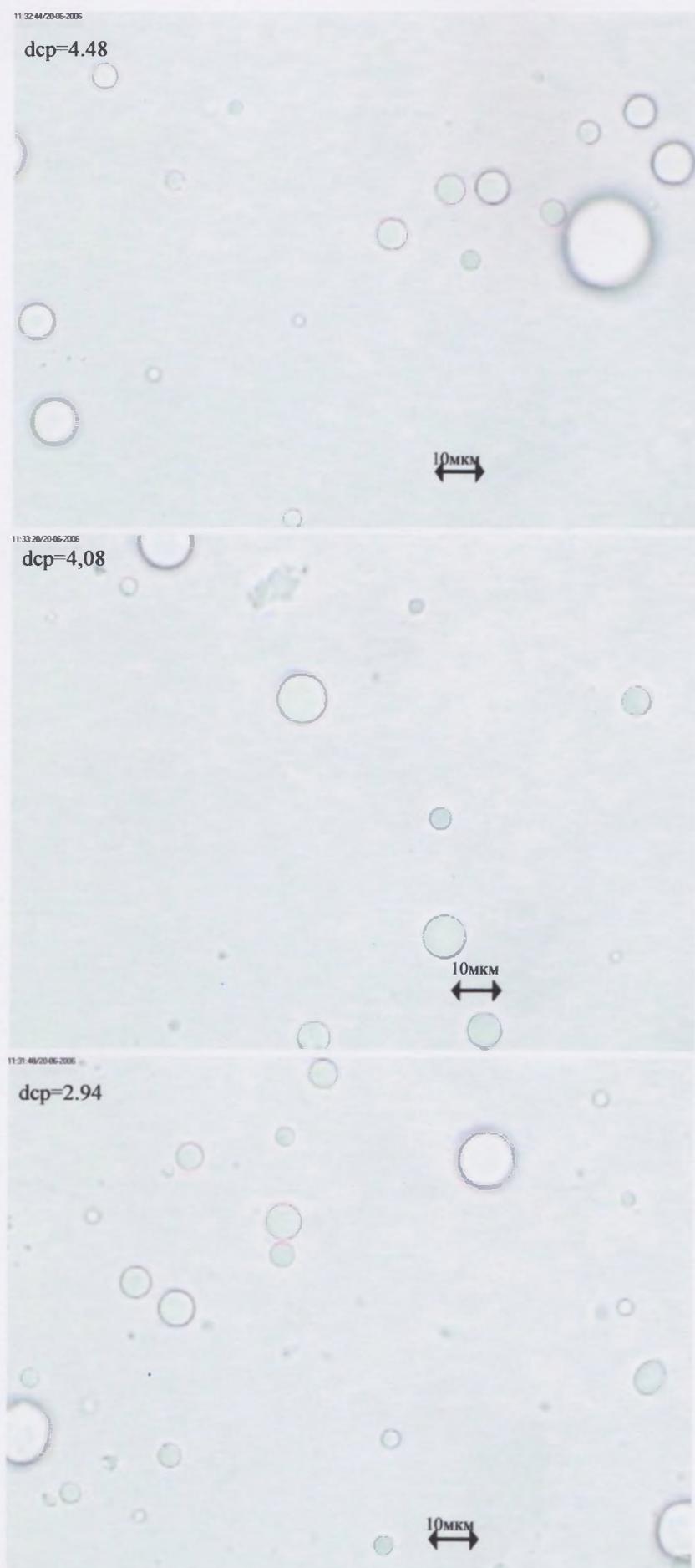


рис.Ж.1.1 Микрофотографии жировой эмульсии. Интенсивность обработки 3000 об/мин; длительность обработки 1 мин (средний диаметр ЖШ в эмульсии 3,8мкм)

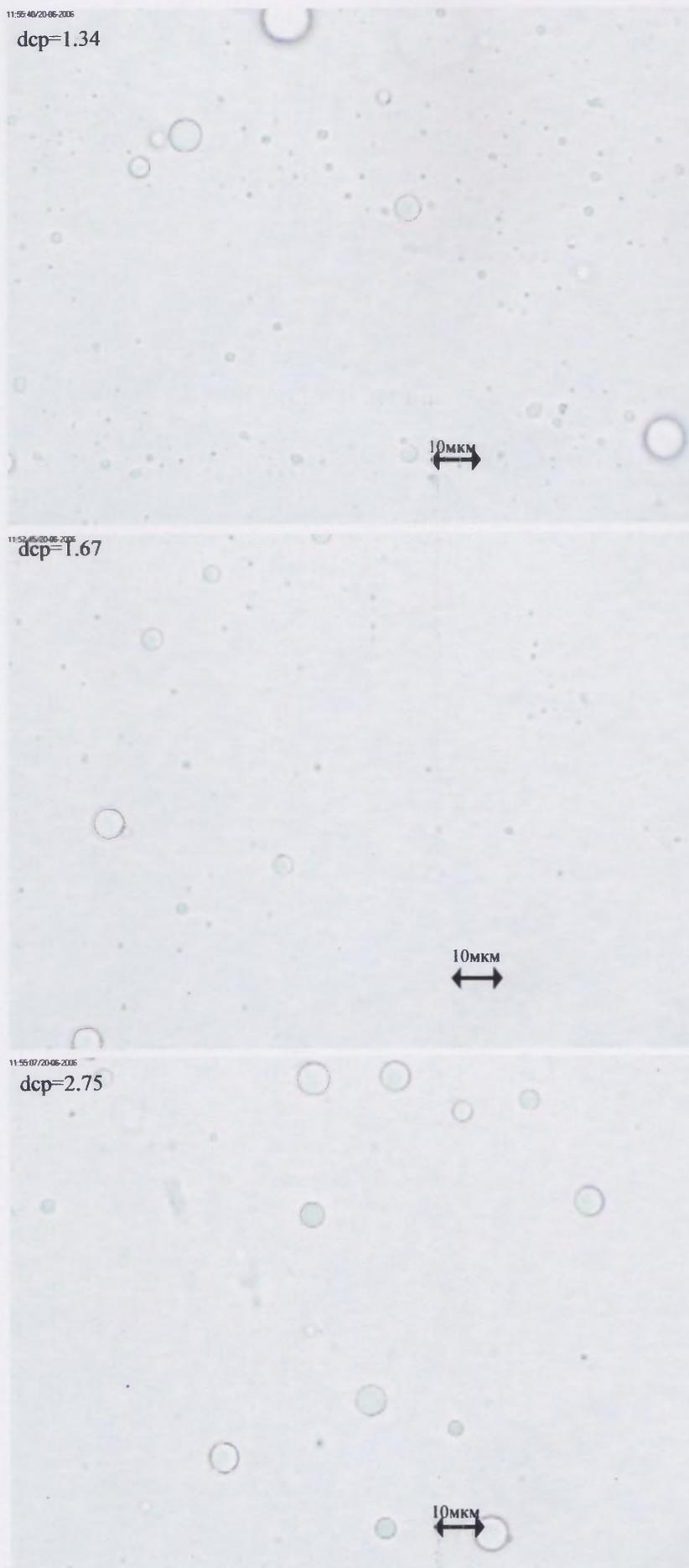


рис.Ж.2.1 Микрофотографии жировой эмульсии. Интенсивность обработки 3000 об/мин; длительность обработки 1.5 мин (средний диаметр Ж.П в эмульсии 2.6µм)

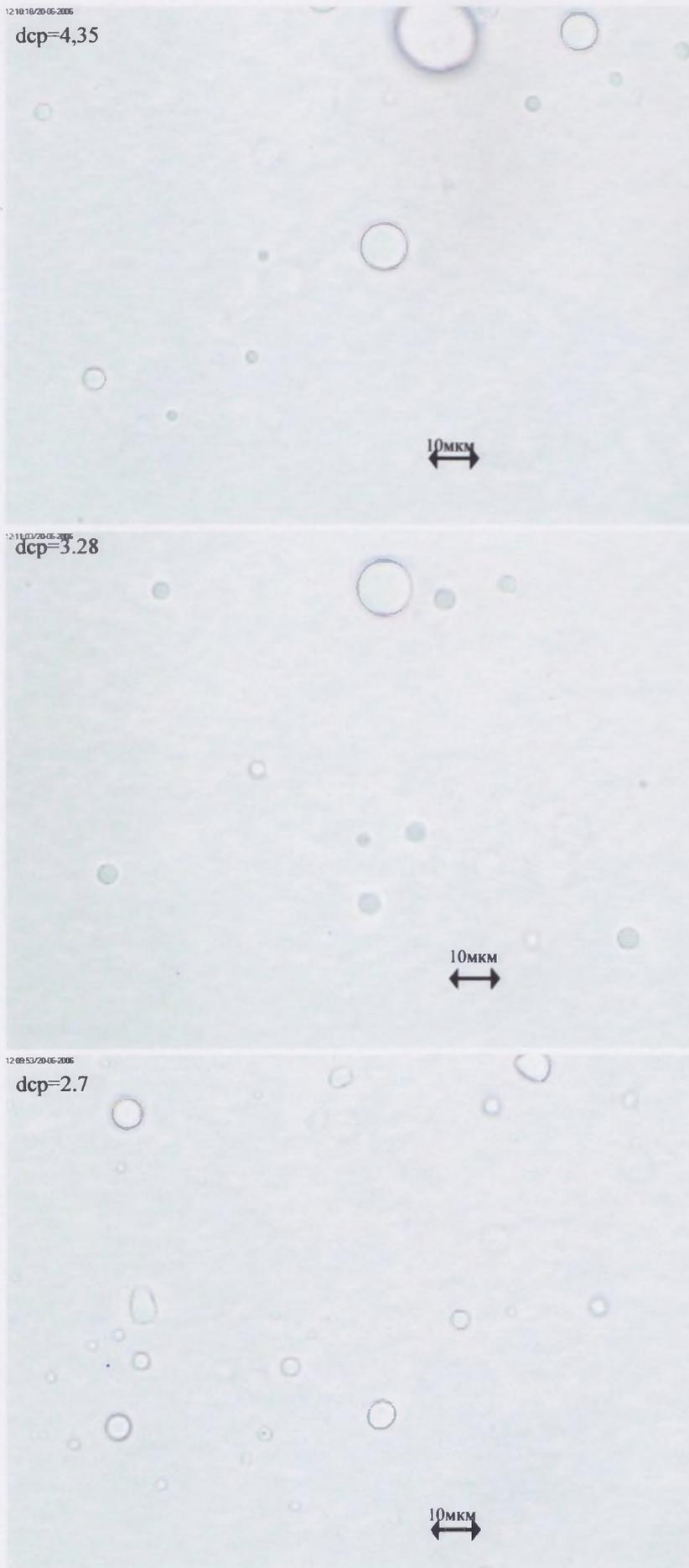


рис.Ж.3.1 Микрофотографии жировой эмульсии. Интенсивность обработки 3000 об/мин; длительность обработки 2 мин (средний диаметр ЖШ в эмульсии 3.2мкм)

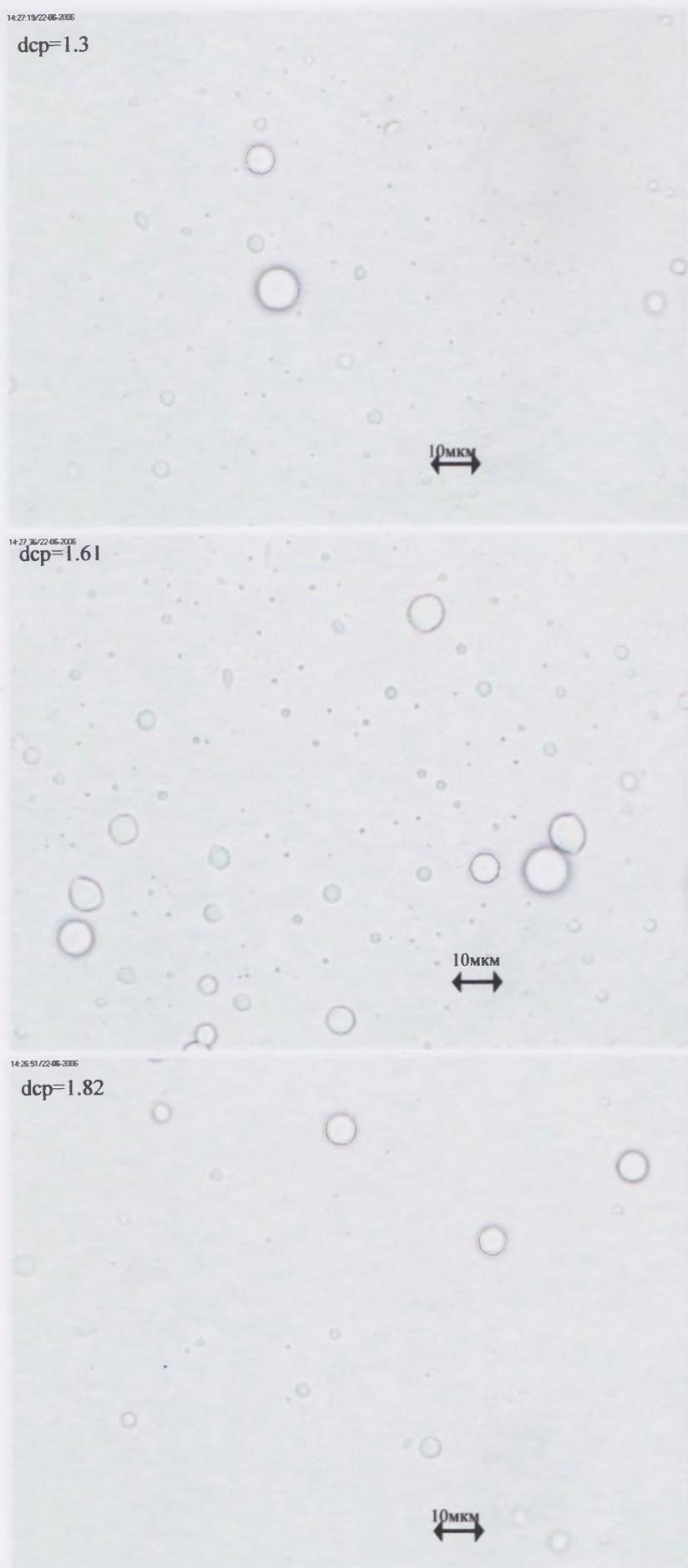


рис.Ж.4.1 Микрофотографии жировой эмульсии. Интенсивность обработки 3000 об/мин; длительность обработки 3 мин (средний диаметр ЖШ в эмульсии 2.25мкм)

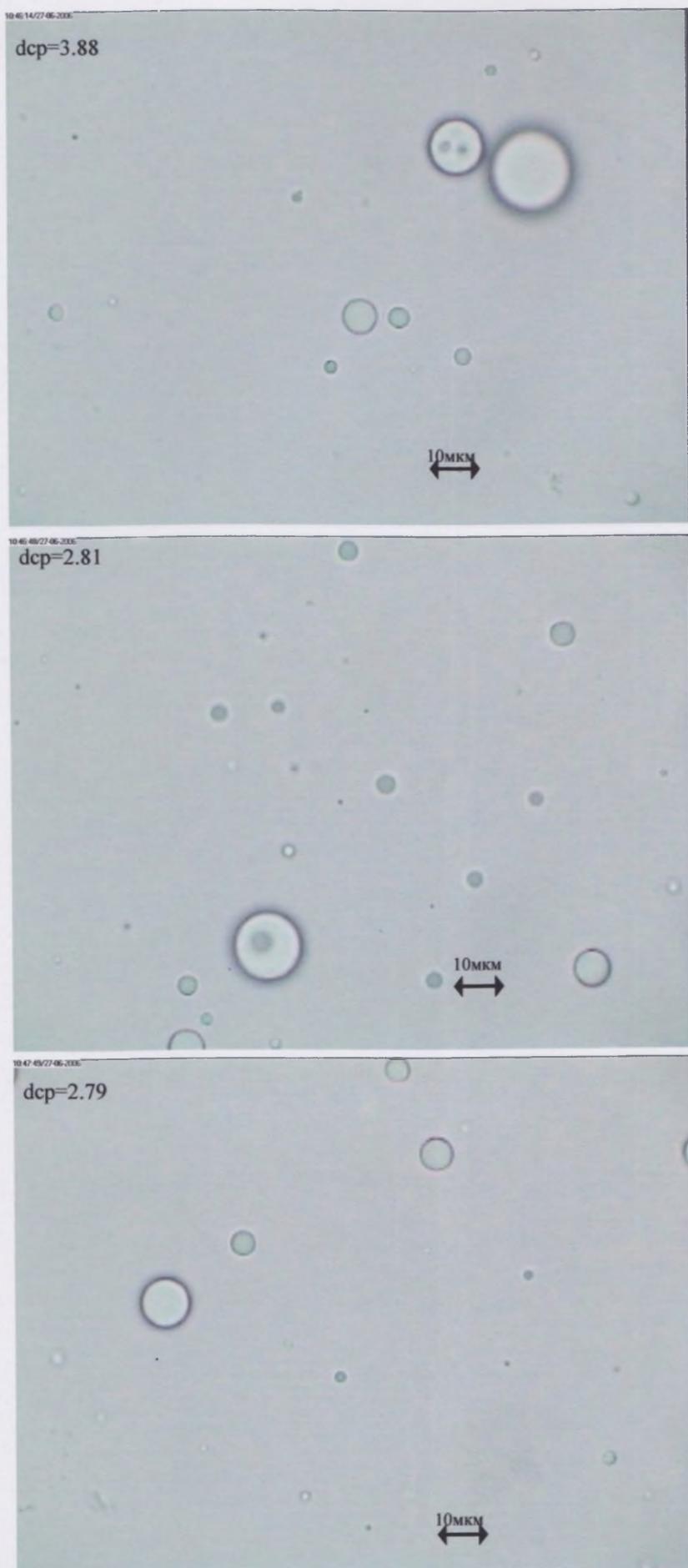


рис.Ж.5.1 Микрофотографии жировой эмульсии. Интенсивность обработки 3000 об/мин; длительность обработки 4 мин (средний диаметр ЖШ в эмульсии 3,2мкм)

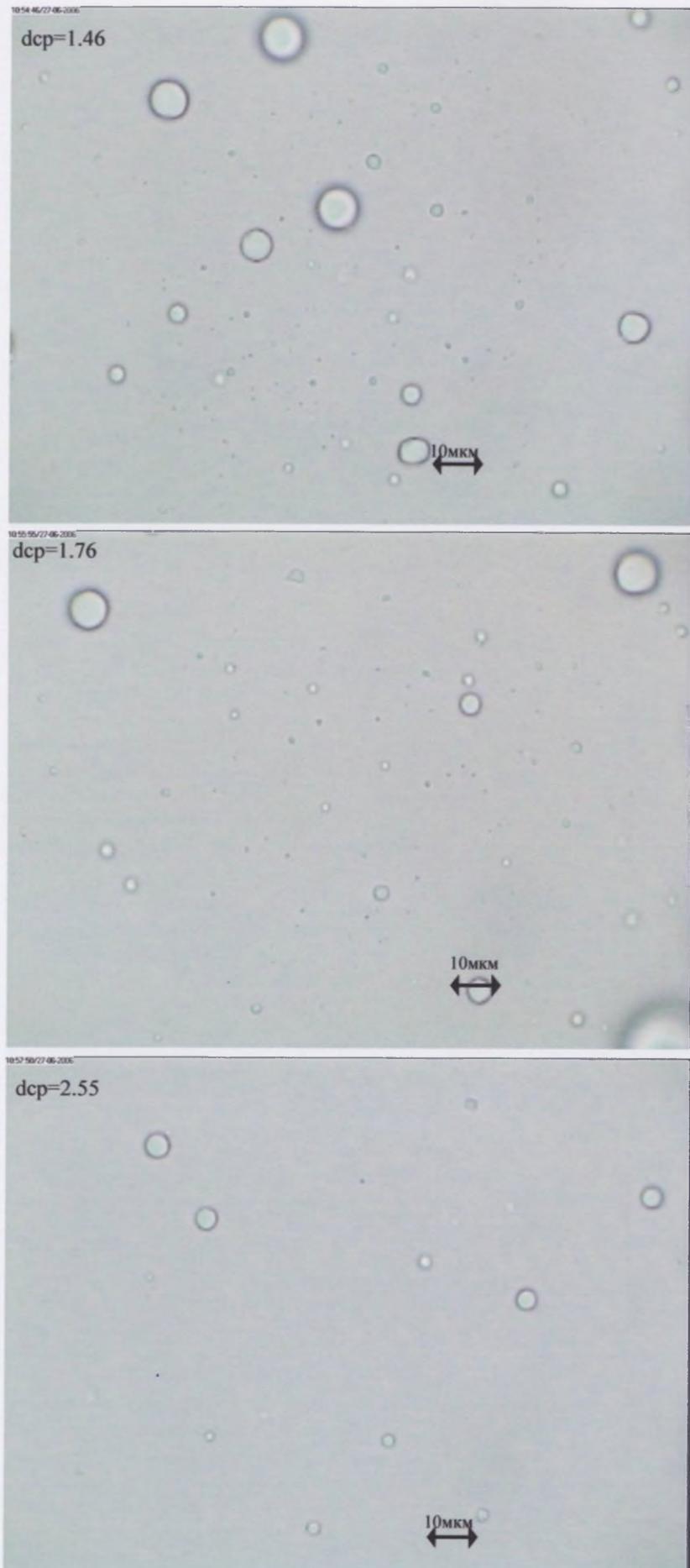


рис.Ж.6.1 Микрофотографии жировой эмульсии. Интенсивность обработки 3000 об/мин;

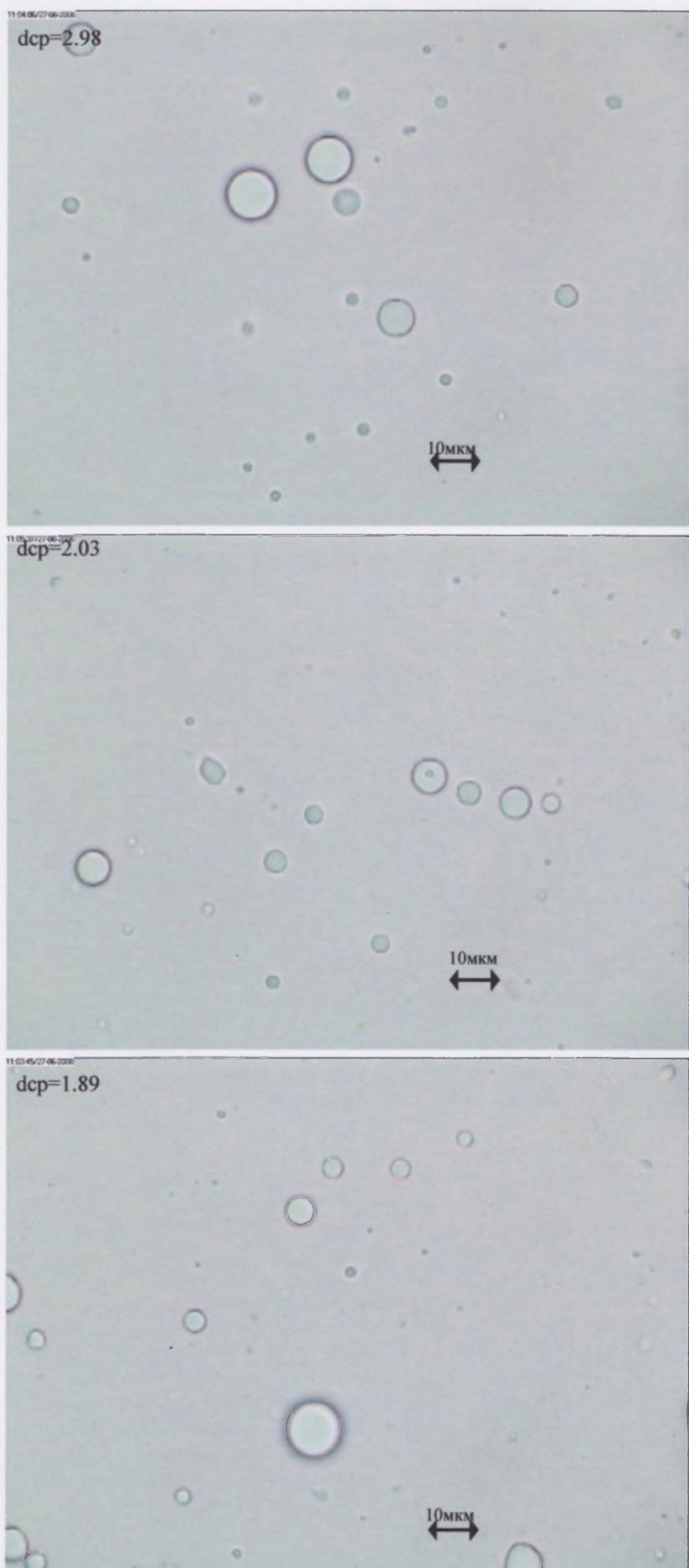


рис.Ж.7.1 Микрофотографии жировой эмульсии. Интенсивность обработки 3000 об/мин; длительность обработки 5 мин (средний диаметр ЖШ в эмульсии 3,06мкм)

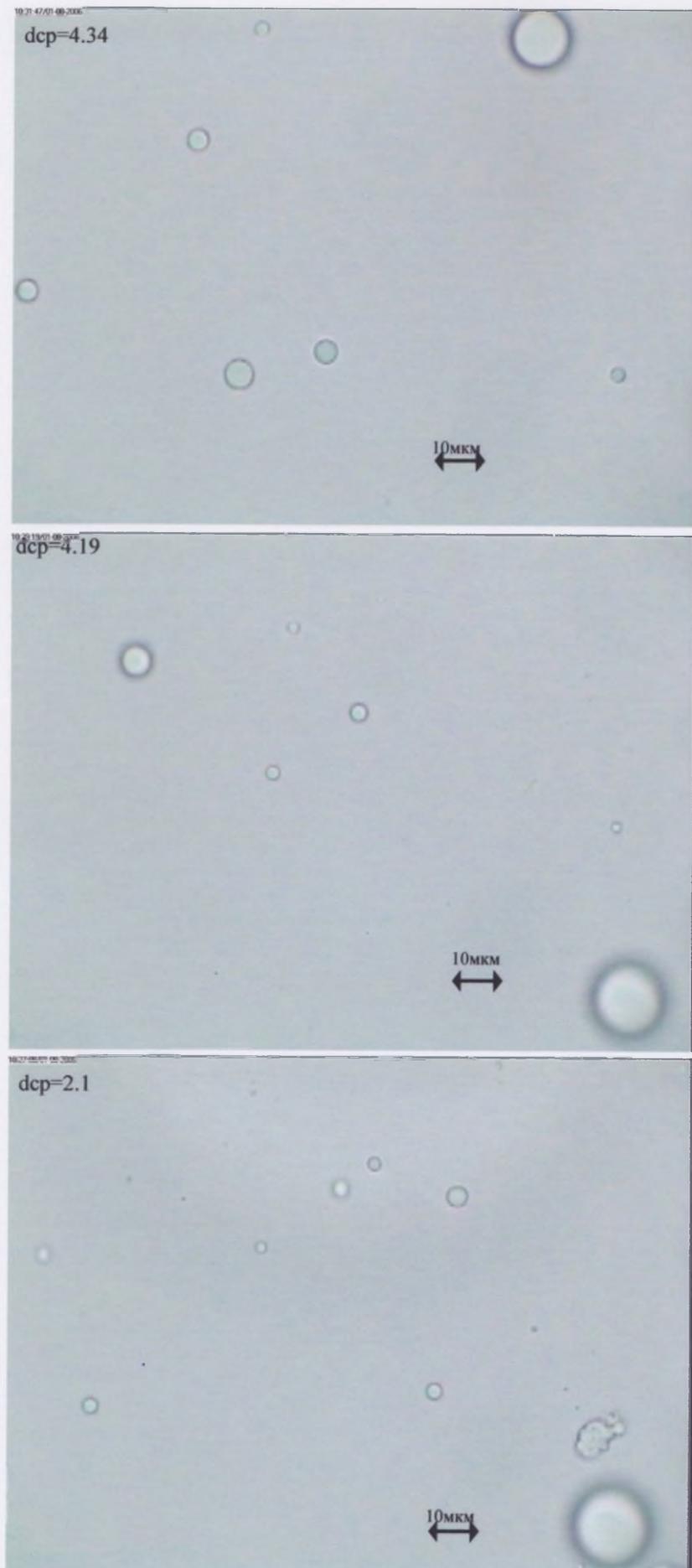


рис.Ж.8.1 Микрофотографии жировой эмульсии. Интенсивность обработки 1500 об/мин; длительность обработки 1 мин (средний диаметр ЖШ в эмульсии 3,24мкм)

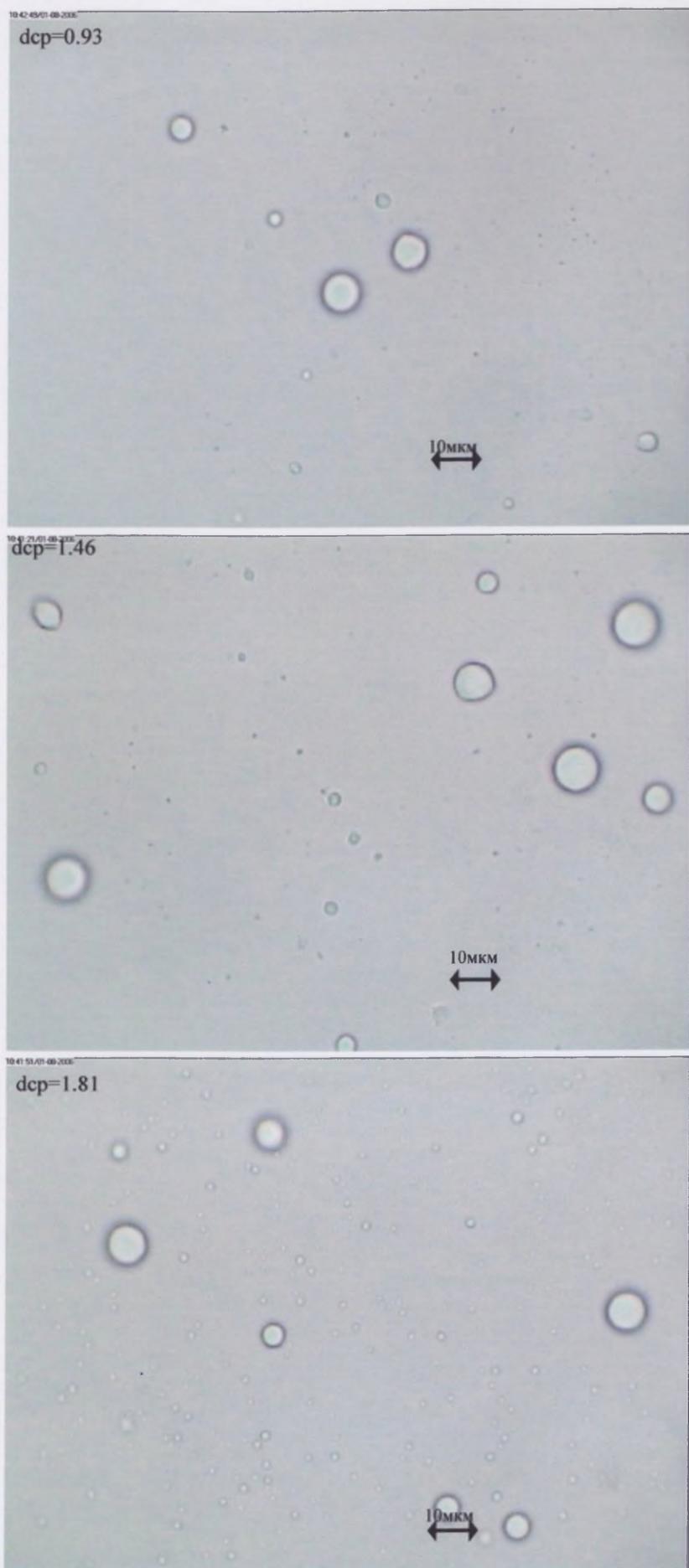


рис.Ж.9.1 Микрофотографии жировой эмульсии. Интенсивность обработки 1500 об/мин; длительность обработки 2 мин (средний диаметр ЖШ в эмульсии 1,75мкм)

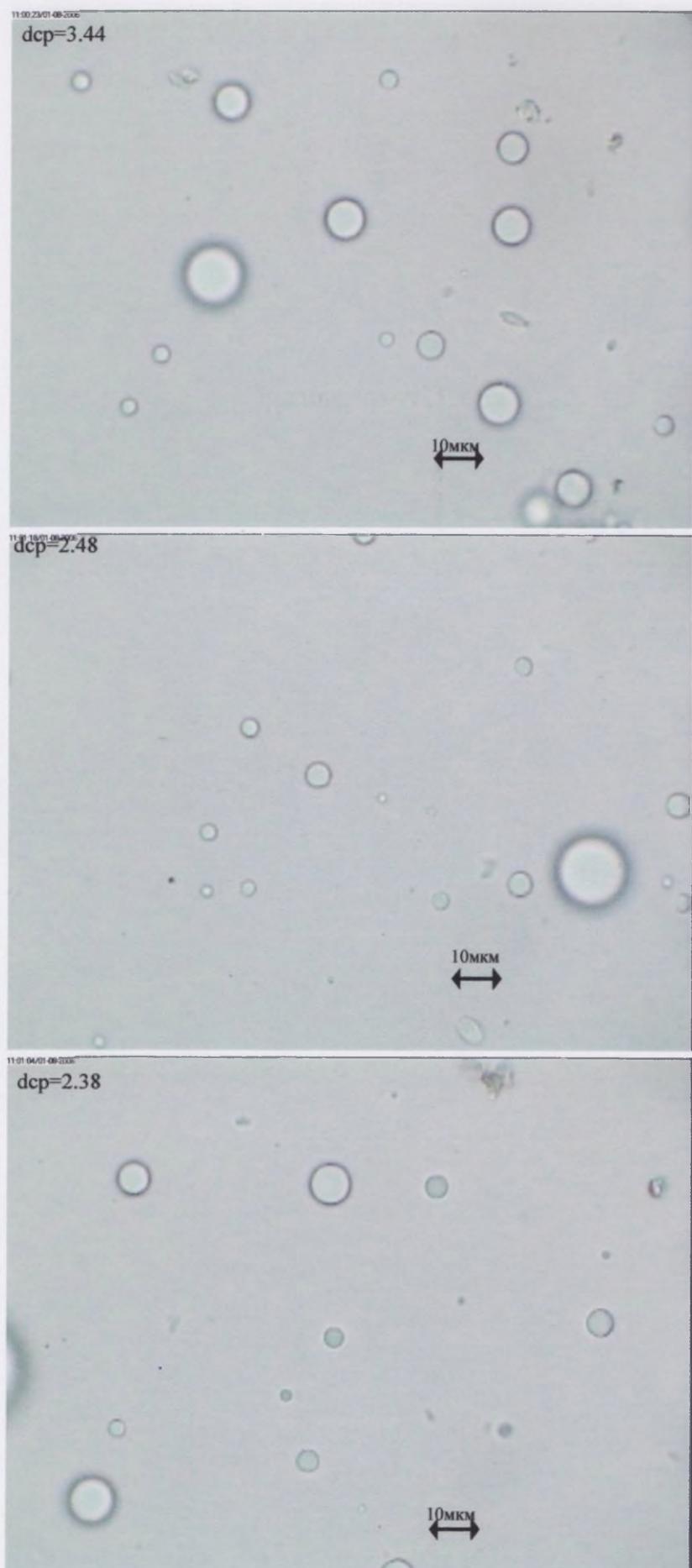


рис.Ж.10.1 Микрофотографии жировой эмульсии. Интенсивность обработки 1500 об/мин; длительность обработки 4 мин (средний диаметр ЖШ в эмульсии 2,93мкм)

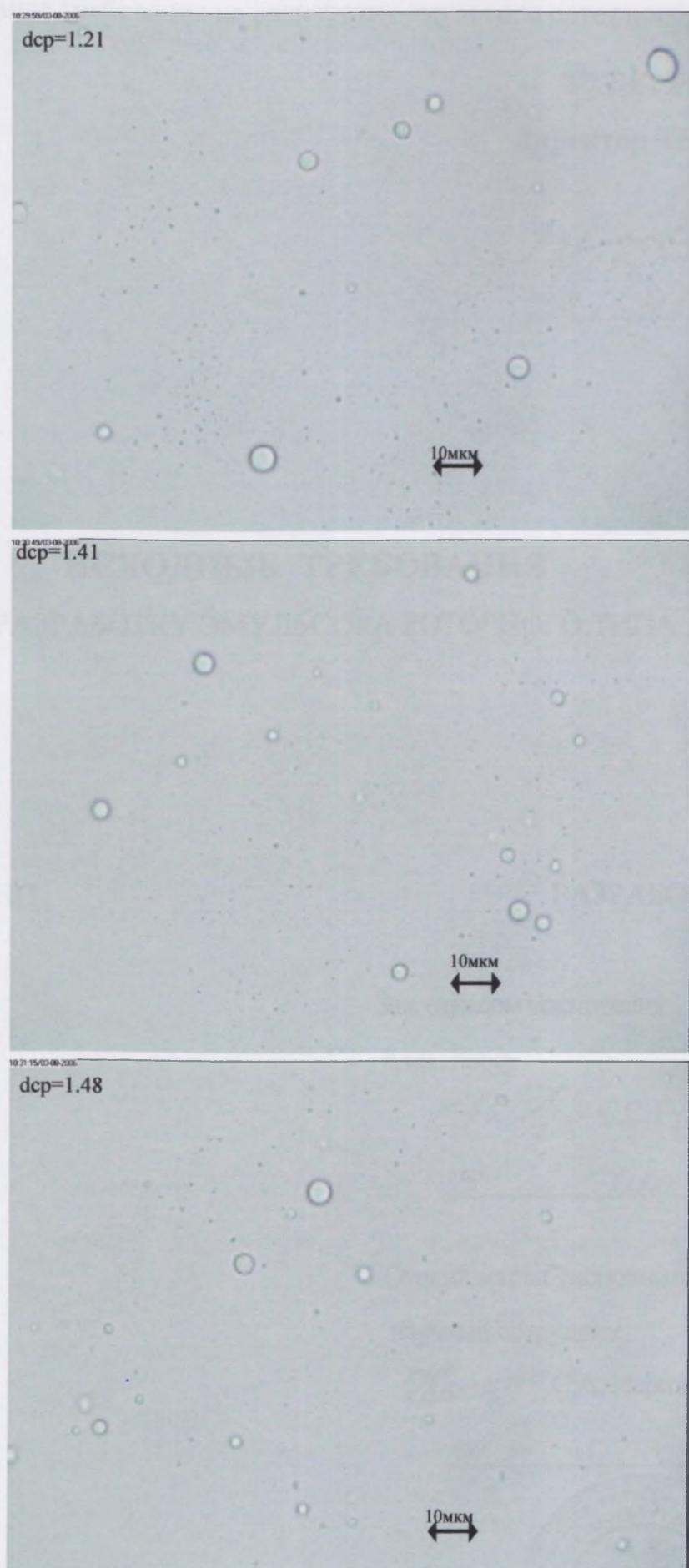


рис.Ж.11.1 Микрофотографии жировой эмульсии. Интенсивность обработки 1500 об/мин; длительность обработки 5 мин (средний диаметр ЖШ в эмульсии 1,82 мкм)

Приложение К

Исходные требования на разработку эмульсора роторного типа

УТВЕРЖДАЮ

Директор ТИММ

Г.А. Ерьско

"30" 01 2007г.



ИСХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

НА РАЗРАБОТКУ ЭМУЛЬСОРА РОТОРНОГО ТИПА

СОГЛАСОВАНО

РАЗРАБОТАНО

Зав. отделом маслоделия

д.т.н., проф.

С.С. Гуляев-Зайцев

"25" 01 2007г.

Ответственный исполнитель темы

научный сотрудник

С.А. Нарижный

"24" 01 2007г.



2007

1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Разработка ведется с целью создания эффективного диспергирующего устройства для получения технологически стойких жировых эмульсий.

1.2 Эмульсор найдет применение на предприятиях масложировой промышленности для получения устойчивых жировых эмульсий при производстве спредов, а также других продуктов с комбинированной жировой фазой: сгущенного молока, сыров, мороженого, молочных десертов, продуктов подобных сметане и др.

1.3 По техническому уровню эмульсор должен соответствовать высшей категории качества.

2 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

2.1 Основание для разработки:
- календарный план ТИММ УААН.

2.2 Экономические показатели:
- цена договорная.

3 ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗДЕЛИЯ

3.1 Эмульсор для подготовки технологически стойких жировых дисперсий – поточное диспергирующее устройство, конструктивно должен состоять из:

- рамы с приводом;
- корпуса эмульгирующего устройства;
- ротора и статора;
- входного и выходного патрубка;
- сливного крана;
- защитного кожуха.

3.2 Рабочие органы эмульсора должны быть выполнены в виде коллоидной мельницы содержащей конический профильный статор и вращающийся с помощью привода, коаксиальный профильный конический ротор. Выходная часть ротора должна быть снабжена лопатками, создающими центробежный насосный эффект, обеспечивающий необходимый напор продукта на выходе.

3.3 Эмульсор должен обеспечивать выполнение следующих технологических операций: смешивание, диспергирование, эмульгирование.

3.4 Технологический процесс получения стабильных дисперсий жиров должен осуществляться в следующей последовательности.

3.4.1 Подготовленную смесь (обезжиренное молоко или пахта и исходное жировое сырье: растительный жир или заменитель молочного жира) с концентрацией жировой фазы 30-42% будут подавать в эмульсор, где ее необходимо тщательно смешать и диспергировать путем циркуляции, до получения тонкодисперсной стойкой эмульсии. Оптимальная температура эмульгирования находится в области 50-70°C.

3.4.2 Далее при производстве спредов методом сбивания жировой смеси, эмульсия будет направляется на смешивание с натуральными сливками, после чего на последующие технологические операции (пастеризация, созревание, сбивание).

3.4.3 При производстве спредов методом преобразования ВЖС, полученную эмульсию будут направлять на пастеризацию и повторное сепарирование.

3.4.4 В случае использования в качестве сырья сливочного масла, концентрация жировой фазы в смеси будет соответствовать таковой в готовом спреде. Ее необходимо диспергировать при температуре 50-70°C до получения тонкодисперсной стойкой эмульсии, пастеризовать и направлять в нормализационные ванны.

3.5 Техническая характеристика

Производительность, не менее м ³ /ч	15
Температура продукта, °С	до 85
Синхронная частота вращения ротора, об/мин	3000
Мощность привода, не более, кВт	4
Давление продукта на выходе, не менее, МПа	0,03

3.6 Масса, не более, кг 100

3.7 Эмульсор должен занимать минимальную производственную площадь. Должна быть обеспечена простота и эффективность санитарной обработки рабочих поверхностей.

3.8 В поставку эмульсора должен входить единичный комплект ЗИП.

4 УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

- 4.1 Эмульсор устанавливается возле емкости для диспергирования к которой подсоединяется входным и выходным патрубками.
- 4.2 Для установки эмульсора не требуется специального фундамента.
- 4.3 Вид климатического исполнения – УХЛ 4 ГОСТ 15150-69 .
- 4.4 Продолжительность работы эмульсора 1-3 рабочих смены.
- 4.5 Параметры источников энергии: электропривод эмульсора – трехфазный переменный ток напряжением 220\380В, частотой 50Гц.

5 ДРУГИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- 5.1 Управление ручное.
- 5.2 Параметры, подлежащие контролю:
- 5.2.1 - температура эмульгируемой смеси – манометрическим термометром;

5.2.2 - интенсивность механической обработки – путем регулирования рабочего зазора между ротором и статором;

5.2.3 - величина рабочего зазора от 0,2 до 3,0 мм – на тарировочной шкале.

5.3 Эмульсор должен соответствовать требованиям, обеспечивающим безопасность при изготовлении, монтаже, эксплуатации, обслуживании, ремонте, транспортировании и хранении, в соответствии с ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.124 и указанным ниже требованиям.

5.4 Уровень шума и величина вибрации не должны превышать значений, предусмотренных в СН 3223-85 и ГОСТ 12.1.012-78 соответственно.

5.5 Все вращающиеся детали должны быть ограждены.

5.6 Все нетоковедущие металлические части эмульсора, которые могут оказаться под напряжением, должны быть заземлены.

5.7 Конструкция эмульсора должна исключать попадание технических масел и смазок в продукт и на поверхности, соприкасающиеся с продуктом.

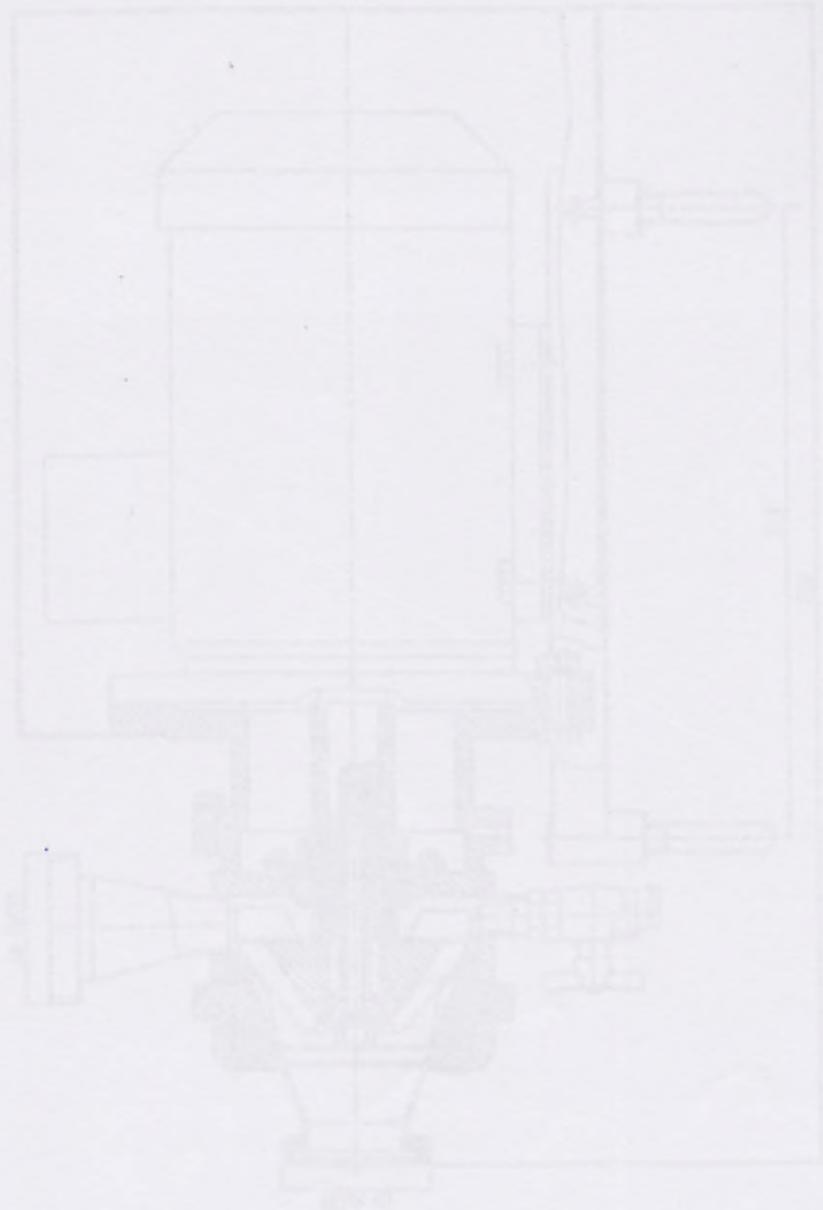
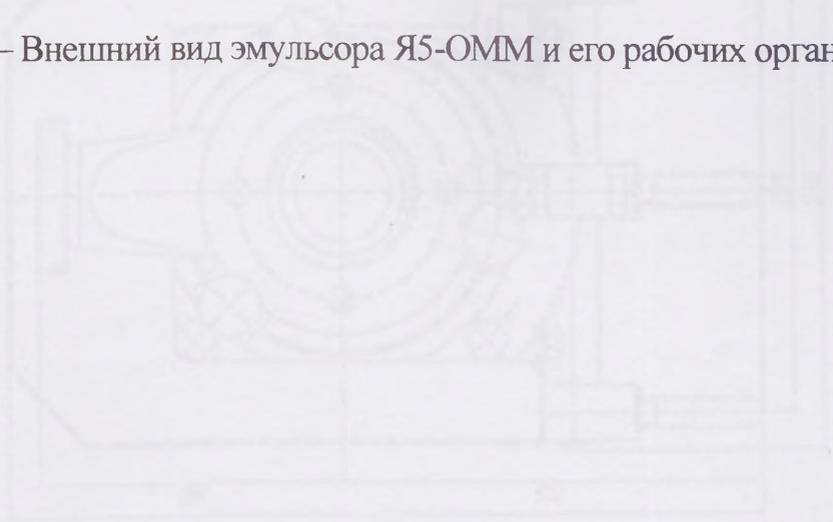
5.8 Все детали и уплотнения, соприкасающиеся с эмульсией, должны быть изготовлены из материалов, разрешенных Минздравом Украины к применению в молочной промышленности.

5.9 Конструкция эмульсора должна обеспечивать свободный доступ к его составным частям во время осмотра, ремонта и санитарной обработки, а также возможность мойки в соответствии с требованиями инструкции по мойке и дезинфекции (санитарной обработке).

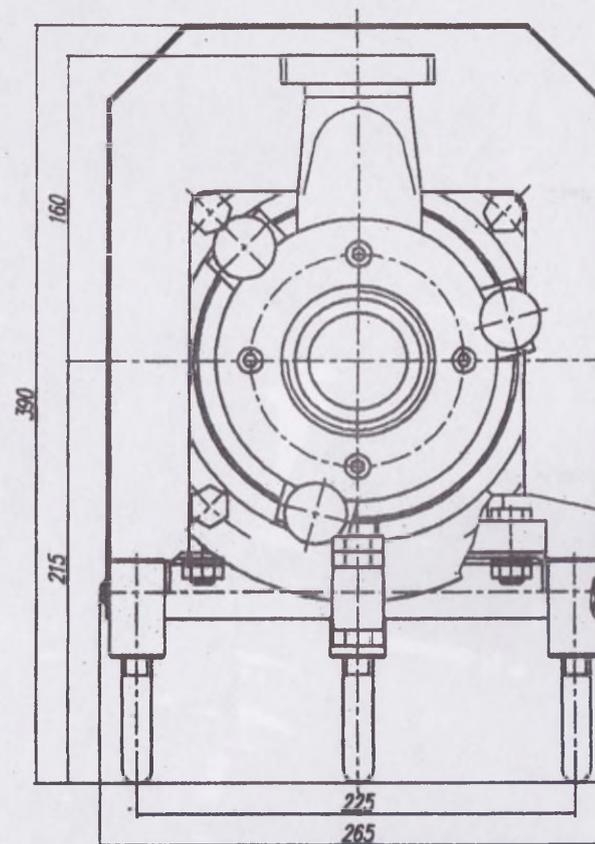
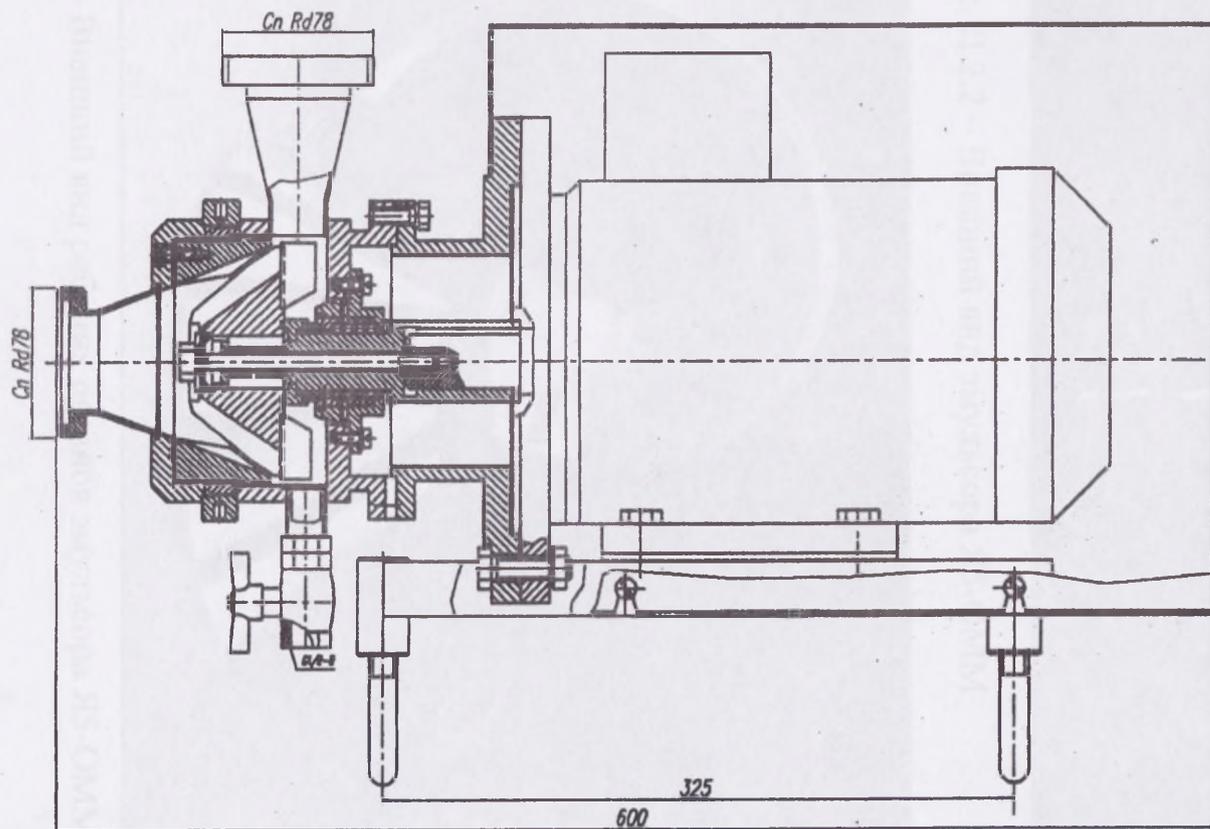
Приложение Л – Вид опытно-промышленного эмульсора Я5-ОММ:

Приложение Л.1 – Общий вид опытно-промышленного эмульсора Я5-ОММ..... 187

Приложение Л.2 – Внешний вид эмульсора Я5-ОММ и его рабочих органов.....188



ЭМУЛЬСОР Я5-ОММ-02.000



Техническая характеристика.

1. Частота вращения вала турбинки, об/мин 3000
2. Установленная мощность электродвигателя, кВт 4,0
3. Ширина регулируемого рабочего зазора, мм 0,2 ... 1,5

рис.Л.1.1 Общий вид опытно-промышленного эмульсора Я5-ОММ

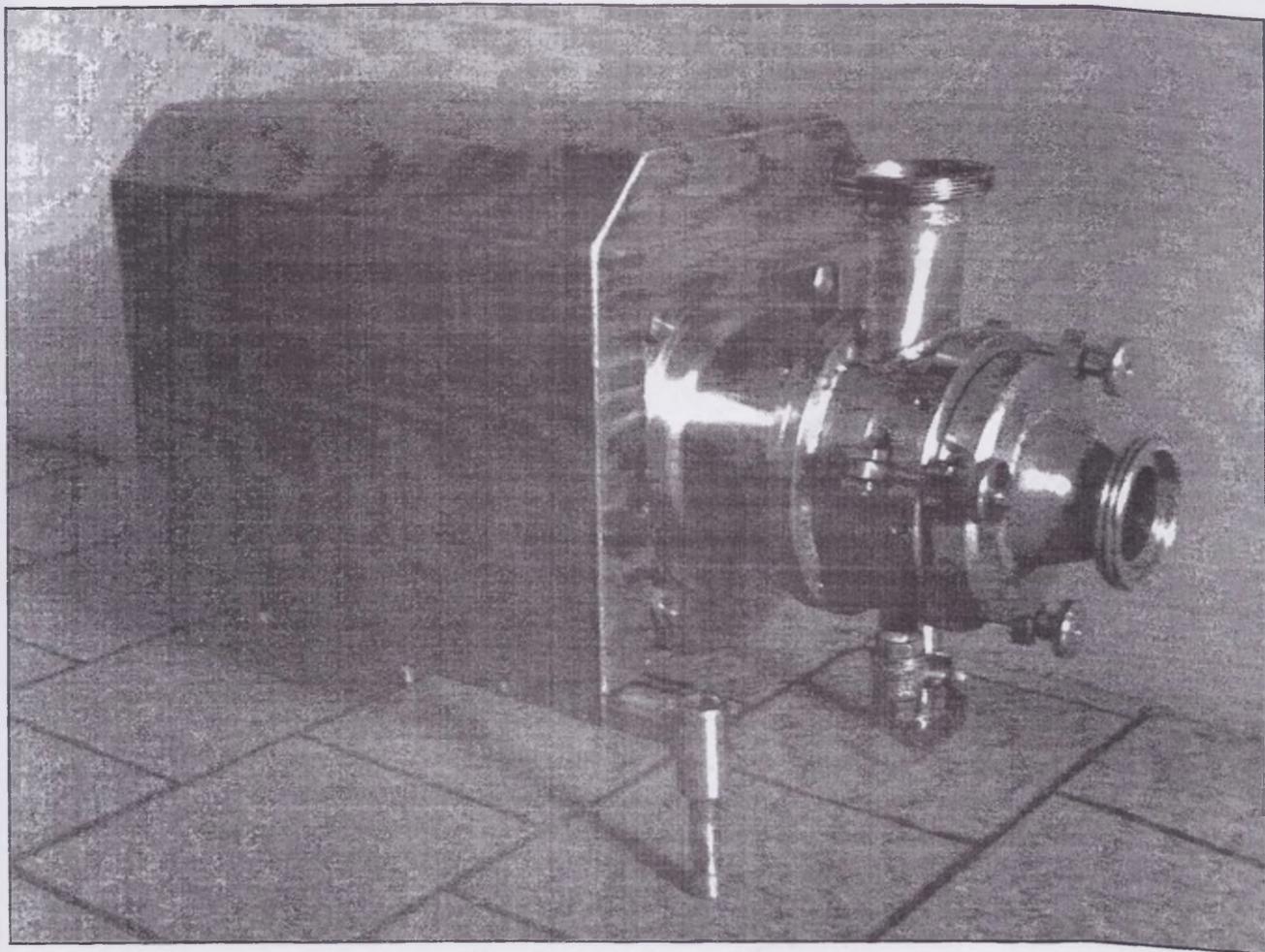


рис. Л.2.2 – Внешний вид эмульсора Я5-ОММ

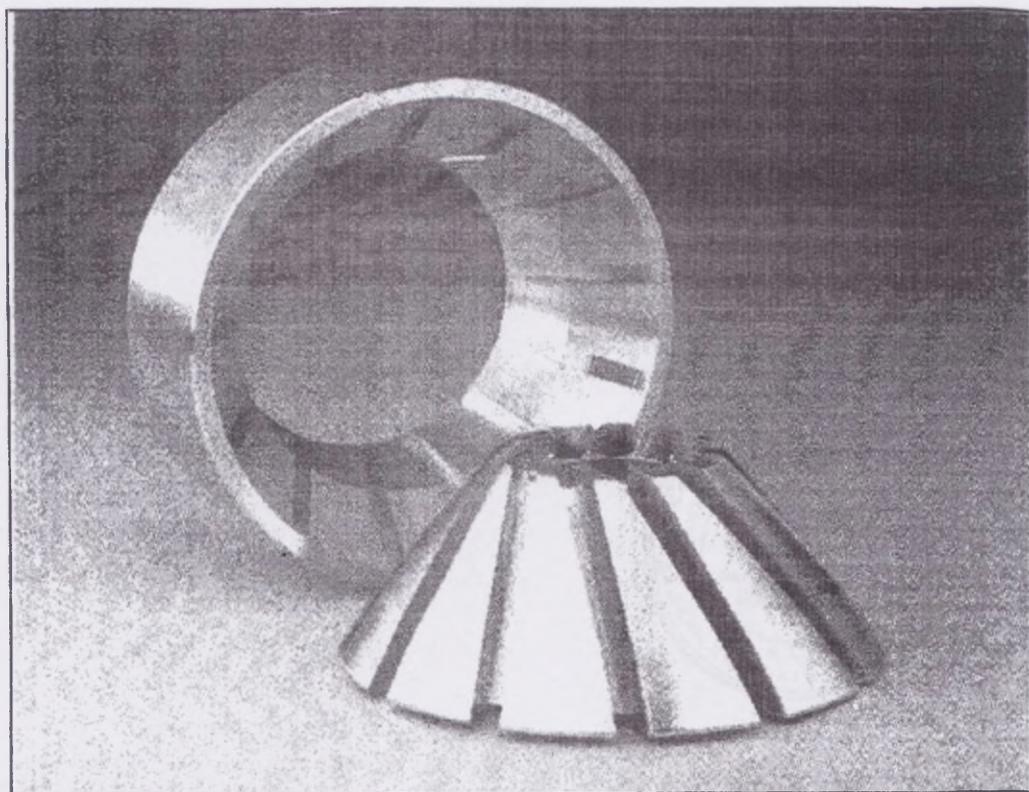


рис. Л.2.1 – Внешний вид рабочих органов эмульсора Я5-ОММ

Приложение М

Паспорт на эмульсор Я5-ОММ-02.00.000

ОКП 29.53.12

УТВЕРЖДАЮ

Директор технологического
института молока и мяса

Г. А. ЕРЕСЬКО



ЭМУЛЬСОР

Я5-ОММ-02.00.000

ПАСПОРТ

Я5-ОММ-02.00.000 ПС

РАЗРАБОТАНО

Зав.лабораторией процессов и
аппаратов отдела маслodelия

Ю. В. МАЙБОРОДА

2009-03-10



Faint background table with columns and rows, likely a technical specification or data table, but the content is illegible due to fading.

СОДЕРЖАНИЕ

	с.
Введение	3
1 Назначение изделия	3
2 Техническая характеристика	3
3 Комплектность	5
4 Устройство и принцип действия	5
5 Указания мер безопасности	7
6 Размещение и монтаж	8
7 Подготовка к работе	9
8 Техническое обслуживание	9
9 Возможные неисправности и способы их устранения	10
10 Правила консервации, упаковывания, транспортирования и хранения	11
11 Гарантии изготовителя	13
12 Свидетельство о приемке	14
13 Свидетельство о консервации	15
14 Свидетельство об упаковывании	16
15 Сведения о рекламациях	17
16 Информационные данные	18
Приложение А Упаковочный лист	19



№ п/п	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
1	Нарижный		<i>[Signature]</i>	03.09
2	Кимачинский		<i>[Signature]</i>	03.09
3	Майборода		<i>[Signature]</i>	03.09
4	Маруженко		<i>[Signature]</i>	03.09

Я5-ОММ-02.00.000 ПС

Эмульсор
марка Я5-ОММ-02.00.000
Паспорт

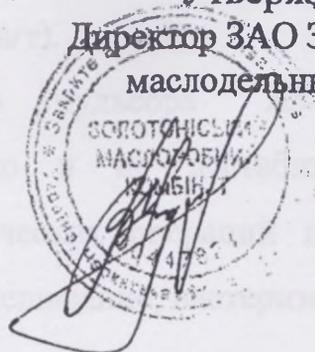
Лит.	Лист	Листов
	2	19

ТИММ УААН

Приложение Н – Акты промышленных испытаний эмульсора Я5-ОММ:	
Приложение Н.1 – Акт испытаний эмульсора Я5-ОММ при производстве спредов методом непрерывного сбивания жировой смеси на ЗАО "Золотоношский маслодельный комбинат"	192
Приложение Н.2 – Акт испытаний эмульсора Я5-ОММ при производстве спредов методом непрерывного сбивания жировой смеси на ДП "Староконстантиновский молочный завод"	194
Приложение Н.3 – Акт испытаний эмульсора Я5-ОММ при производстве спредов методом преобразования ВЖС на ОАО "Решетилковский маслозавод"	195
Приложение Н.4 – Акт испытаний эмульсора Я5-ОММ при производстве продуктов молочных сгущенных на ОАО "Галиевский маслозавод"	197

Приложение Н.1

Утверждаю
 Директор ЗАО Золотоношский
 маслодельный комбинат



Кулинич В.В.

Акт испытаний

ЗАО Золотоношский
 маслодельный комбинат



Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт о нижеследующем.

В период с 09.10.07г по 11.10.07г на ЗАО Золотоношский маслодельный комбинат были проведены сравнительные испытания эмульсора Я5-ОММ и клапанного гомогенизатора А1-ОГМ5 по эффективности эмульгирования жира, в соответствии с технологией, применяемой на предприятии и технологией разработанной институтом. В ходе испытаний отработаны оптимальные способы и параметры получения тонкодисперсных жировых дисперсий с применением эмульсора Я5-ОММ. Учитывая оптимальную кратность обработки смеси (5 циклов) для получения технологически стойкой эмульсии с концентрацией жировой фазы $35 \pm 5\%$, рабочая производительность эмульсора Я5-ОММ по продукту составила 3,5-4т/ч, при потребляемой мощности $2,1 \pm 0,1$ кВт. Производительность клапанного гомогенизатора А1-ОГМ5 применительно к эмульсии с концентрацией жировой фазы $35 \pm 5\%$ составила 3-4т/ч, при потребляемой мощности — 37,37 кВт. С учетом идентичной максимальной производительности сравниваемых диспергирующих устройств — 4 т/ч эмульсии $35 \pm 5\%$ жирности, экономия электроэнергии (при объемах производства спредов 5 т в сутки) составит 44,1кВт/ч в сутки, или (при годовом объеме производства спредов 1525т) 13450,5 кВт/ч в год.

Учитывая тарифы на электроэнергию для промышленности по состоянию на октябрь 2007г — 0,4482¹ грн за 1 кВт/ч (с учетом ПДВ), годовой экономический эффект за счет экономии электроэнергии потребляемой эмульгирующим устройством составит — 6028,51 грн (3,95 грн/т).

Эмульсии, полученные с помощью эмульсора Я5-ОММ, обладали необходимой технологической стойкостью и не дестабилизировались на протяжении всех последующих технологических операций при производстве спредов методом непрерывного сбивания (смешивание, пастеризация, охлаждение, созревание). Из полученных эмульсий был произведен спред сладкосливочный "Золотоніський традиційний" 72,5% жира, который соответствовал ТУ У 15.5-00447824.004:2006 по всем показателям качества.

Таким образом, эмульсор Я5 - ОММ может быть принят для эксплуатации и серийного производства.

Главный инженер

Начальник производства

Мастер маслоцеха

Начальник лаборатории

Мл. научный сотрудник ТИММ

Инженер I-кат ТИММ

Строкань А.М.

Гонза Т. В.

Ткаченко О. А.

Мацак О.В.

Майборода Е. Ю.

Нарижный С.А.



¹ Согласно постановлению Кабинета Министров Украины от 15.08. 2005 г №745 "Про перехід до єдиних тарифів на електричну енергію, що відпускається споживачам", а также Постановлению Национальной комиссии регулирования электроэнергетики от 24.09.2007г №1298 "Щодо затвердження на жовтень 2007 року роздрібних тарифів на електроенергію з урахуванням граничних рівнів тарифів при поступовому переході до формування єдиних роздрібних тарифів для споживачів на території України".

Приложение Н.2

Утверждаю
 Директор ДП Староконстантиновский
 молочный завод

Стрилец П.Д.
 Стрилец П.Д.

Акт испытаний

ДП Староконстантиновский
 молочный завод

4.07.09г

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт о нижеследующем.
 В период с 02.07.09г по 4.07.09г на ДП Староконстантиновский молочный завод
 были проведены испытания эмульсора Я5-ОММ при производстве спредов
 методом непрерывного сбивания. В ходе испытаний отработаны оптимальные
 режимы получения тонкодисперсных жировых систем с применением эмульсора
 Я5-ОММ.

Жировые дисперсии, полученные с помощью эмульсора Я5-ОММ, обладали
 необходимой технологической стойкостью и не дестабилизировались на
 протяжении всех последующих технологических операций при производстве
 спредов методом непрерывного сбивания (смешивание, пастеризация, охлаждение,
 созревание). Из полученных эмульсий был произведен спред сладкосливочный
 "Фермерське" 72,5% жира, который соответствовал ТУ 15.5-31952591-003:2006 по
 всем показателям качества.

Таким образом, эмульсор Я5 - ОММ может быть принят для эксплуатации и
 серийного производства.

Главный инженер

Начальник производства

Начальник маслоцеха

Начальник лаборатории

Научный сотрудник ТИММ

Романюк В.П.
 Романюк В.П.

Пшибельский Р.В.
 Пшибельский Р.В.

Рудь С.Л.
 Рудь С.Л.

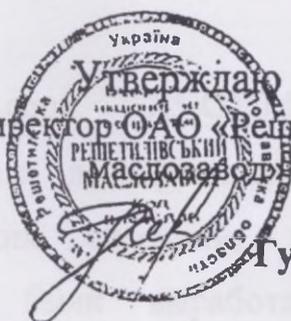
Собченко Н.Г.
 Собченко Н.Г.

Нарижный С.А.
 Нарижный С.А.



Приложение Н.3

Україна
Утверждаю
 Директор ОАО «Решетилковский
 маслозавод»
 Гуржий М.Д.



Акт испытаний

ОАО «Решетилковский
 маслозавод»

22.06.07г

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт о нижеследующем. В период с 14.06.07г по 22.06.07г на ОАО «Решетилковский маслозавод» были проведены сравнительные испытания эмульсора Я5-ОММ и центробежного насоса Г2-ОПД по эффективности эмульгирования жира, в соответствии с технологией, применяемой на предприятии и технологией разработанной институтом. В ходе испытаний отработаны оптимальные способы и параметры получения тонкодисперсных жировых эмульсий с применением эмульсора Я5-ОММ. При этом время эмульгирования смеси, в количестве 3т сократилось с 90мин (при эмульгировании жира насосом Г2-ОПД) до 25 мин (при эмульгировании жира эмульсором Я5-ОММ). Учитывая периодический режим получения технологически стойкой эмульсии, рабочая производительность по продукту составила соответственно для эмульсора Я5-ОММ 6т/ч, при потребляемой мощности $2,5 \pm 0,1$ кВт, а центробежного насоса Г2-ОПД — 2т/ч, при потребляемой мощности — $4,2 \pm 0,1$ кВт. Экономия электроэнергии (при объемах производства спредов 10т в сутки) составит $17,5$ кВт*ч в сутки, или (при годовом объеме производства спредов 3050т) $5337,5$ кВт*ч в год.

Учитывая тарифы на электроэнергию для промышленности по состоянию на июнь 2007г — $0,4235^1$ грн/кВт*ч (с учетом ПДВ), годовой экономический эффект



¹ Согласно постановлению Кабинета Министров Украины от 15.08. 2005 г №745 "Про перехід до єдиних тарифів на електричну енергію, що відпускається споживачам", а также Постановлению Национальной комиссии регулирования электроэнергетики от 18.05.2007г №673 "Щодо затвердження на червень 2007 року роздрібних тарифів на електроенергію з урахуванням граничних рівнів тарифів при поступовому переході до формування єдиного роздрібного тарифу для споживачів на території України".

за счет экономии электроэнергии потребляемой эмульгирующим устройством составит — 2260,43 грн (0,75 грн/т).

Эмульсии полученные с помощью эмульсора Я5-ОММ обладали необходимой технологической стойкостью и не дестабилизировалась на протяжении всех последующих технологических операций, вплоть до маслообразователя. Из полученных эмульсий были выработаны смеси сливочно-сливочные "Полтавське " 70,5% жира и "Традиційна " 72,5% жира, которые по всем показателям качества соответствовали ТУ У 15.4 – 00446836-

02

Таким образом, эмульсор Я5 - ОММ может быть принят в эксплуатацию и рекомендован для серийного производства.

Главный инженер

Гончар Ю.М.

И.о. начальника лаборатории

Шевченко О.И.

Начальник маслоцеха

Демьянец Г.Д.

Мастер маслоцеха

Бондар В.Д.

Главный механик

Чучко Ю.Г.

Механик маслоцеха

Супрун Ю.Н.

Научный сотрудник ТИММ

Гудзей А.А.

Инженер I-кат ТИММ

Нарижный С.А.



Приложение Н.4



Утверждаю
Председатель правления
ОАО Галиевский маслозавод

Ковальчук Ю.И.

Акт испытаний

ОАО Галиевский
маслозавод

21.01.09г

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт о нижеследующем. В период с 20.01.09г по 21.01.09г на ОАО Галиевский маслозавод были проведены монтаж и испытание эмульсора роторного типа Я5-ОММ при производстве продукта молочного сгущенного. В ходе испытаний отработаны оптимальные технологические параметры и режимы получения тонкодисперсных жировых эмульсий с применением эмульсора Я5-ОММ для производства сгущенного молока. Учитывая оптимальную кратность обработки смеси (4 цикла) для получения технологически стойкой эмульсии с концентрацией жировой фазы 3,15%, рабочая производительность эмульсора Я5-ОММ по продукту составила 4,5т/ч, при потребляемой мощности $2,1 \pm 0,1$ кВт. —

Были получены эмульсии жирностью 3,15% которые (при соблюдении рекомендуемых нами технологических параметров и режимов) обладали необходимой технологической стойкостью и не дестабилизировались на протяжении всех последующих технологических операций вплоть до расфасовки. Из полученных эмульсий был выработан "Продукт молочный сгущенный", который соответствовал ТУ У 15.5 – 31256979 – 011:2005 по всем показателям качества.

Таким образом, эмульсор Я5 - ОММ может быть принят в эксплуатацию и рекомендован для использования при производстве сгущенных молочных продуктов.

Гл. технолог АОЗТ "Фаворит"

Исаченко И.Б.

Исаченко И.Б.

Зам. директора по технической части

Сидлицкий П.Ф.

Сидлицкий П.Ф.

Начальник производственной лаборатории

Рачинская Т.Н.

Рачинская Т.Н.

Инженер-технолог

Маньковская В.А.

Маньковская В.А.

Начальник цеха сгущенного молока

Артемович О.И.

Артемович О.И.

Научный сотрудник ТИММ

Нарижний С.А.

Нарижний С.А.



Приложение П – Протоколы дегустации образцов продукции полученных в промышленных условиях при проведении выработок с использованием эмульсора Я5-ОММ:

Приложение П.1 – Протокол дегустации спреда сладкосливочного "Золотоніський традиційний" 72,5 % жира, полученного в процессе проведения испытаний эмульсора Я5-ОММ при производстве спредов методом непрерывного сбивания жировой смеси на ЗАО "Золотоношский маслодельный комбинат"199

Приложение П.2 – Протокол дегустации смесей растительно-сливочных "Полтавське несолоне" 70,5 % жира и "Традиційна хатинка" 72,5 % жира, полученных в процессе проведения испытаний эмульсора Я5-ОММ при производстве спредов методом преобразования ВЖС на ОАО "Решетилковский маслозавод"200

Наименование образца	Вкус и запах	Структура и консистенция	Цвет	Внешний вид
спред сливочный традиционный, 72,5% жира, в соответствии с требованиями ГОСТ 4445-2005	Чистый, сладко-сливочный, с приятным ароматом и растительного жира	Однородная, пластичная, слабокрошковая	Слабо-желтый по всей массе	Повышенность на разрезе слегка матовая

Продукт соответствует требованиям ГОСТУ 4445:2005 "Спреды из сливочного масла" по органолептическим показателям.

Протокол подписали:

С.С. Гузак
 В.С. Шукара
 С.А. Насирова
 Н.У. Бобко
 В.Б. Фадровская



Приложение П.1

ПРОТОКОЛ ДЕГУСТАЦИИ
от 16 октября 2007 г.

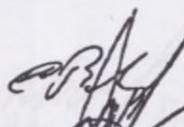
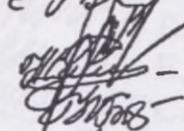
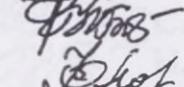
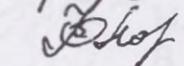
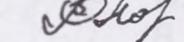
Присутствовали: Гуляев-Зайцев С.С.,
Шульга В.С., Нарижный С.А.,
Бойко Н.У., Флоровская В.Б.

Вопрос: органолептическая оценка образца сладкосливочного спреда «Золотоніський» традиционного, производитель ЗАО «Золотоношский маслоробный комбинат».

№ и название образца	Вкус и запах	Структура и консистенция	Цвет	Внешний вид
1 Спред сладкосливочный «Золотоніський» традиционный, 20% жира, в содержимости сливочного 60% общего содержания жира	Чистый, недостаточно выраженный сливочный, с привкусом пастеризации и растительного жира	Однородная, плотная, слабокрошлиявая	Слабожелтый по всей массе	Поверхность на разрезе слегка матовая

Продукт соответствует требованиям ДСТУ 4445:2005 "Спреды та суміші жирів" по органолептическим показателям.

Протокол подписали:

С.С. Гуляев-Зайцев
 В.С. Шульга
 С.А. Нарижный
 Н.У. Бойко
 В.Б. Флоровская





Приложение П.2

ПРОТОКОЛ ДЕГУСТАЦИИ

от 2 июля 2007 г.

Присутствовали: Тищенко Л.Н., Майборода Е.Ю.,
Нарижный С.А., Бойко Н.У., Флоровская В.Б.

Вопрос: Рассмотрение образцов смесей растительно-сливочных «Традиційна хатинка» и «Полтавське несолоне», произведенных Решетилковским маслозаводом по ТУ У 15.4 – 00446836(дата выработки – июнь 2007 г.)

название образца	Вкус и запах, оценка (4,0)	Структура и консистенция, оценка (3,0)	Цвет, оценка (1,0)	Внешний вид, оценка (2,0)	Суммарная оценка (10,0)
1 смесь растительно-сливочная «Традиційна хатинка» 72,5%	невыраженный вкус, специфичный привкус растительного жира, оценка – 3,5	слоистая консистенция, оценка – 2,0	желтый по всей массе, оценка – 1,0	удовлетворительный, оценка – 1,0	7,5
2 смесь растительно-сливочная «Полтавське несолоне» 70,5%	невыраженный вкус, явный привкус растительного жира, оценка – 3,0	пластичная консистенция, оценка – 3,0	слабо-желтый, оценка – 1,0	хороший, оценка – 1,5	8,5

Протокол подписали:

Л.Н. Тищенко
Е.Ю. Майборода
С.А. Нарижный
Н.У. Бойко
В.Б. Флоровская



Handwritten signature

Приложение Р – Рекомендации по получению технологически стойких жировых эмульсий, с помощью эмульсора роторного типа Я5-ОММ, для производства спредов:

Приложение Р.1 – Рекомендации по получению технологически стойких жировых эмульсий, с помощью эмульсора роторного типа Я5-ОММ, для производства спредов методом сбивания жировой смеси.....202

Приложение Р.2 – Рекомендации по получению технологически стойких жировых эмульсий, с помощью эмульсора роторного типа Я5-ОММ, для производства спредов методом преобразования ВЖС.....206

1. В емкость для эмульгирования с теплообменной рубашкой, в которую подается пар, класть и нагревать до $76\text{--}79^\circ\text{C}$ растительный жир (заменитель молочного жира). Жировую фазу эмульсии можно готовить в плавителе с трубчатой решеткой, по которой проходит пар ($110\text{--}130^\circ\text{C}$), в последующем перемешивателе ее в емкость для эмульгирования. Для предотвращения пригорания жира температуру продукта регулируют давлением пара ($1\text{--}3\text{кг/см}^2$) в трубчатых решетках плавителя.

2. По завершении нагрева и достижения температуры жировой фазы $76\text{--}79^\circ\text{C}$ по всей массе, в емкость для эмульгирования, при постоянной перемешивании, подать обезжиренное молоко или пахту. Температура водной дисперсионной среды при этом должна составлять $65\pm 2^\circ\text{C}$. Для получения эмульсии прямого типа целесообразно постепенно вводить дисперсионную фазу (жир) в дисперсионную среду (обезжиренное молоко или пахту), при постоянной перемешивании.

Компоненты закладывают в соотношениях, соответствующих рецептурам спредов в момент получения эмульсии жирностью $35\pm 5\%$. Следует учитывать, что увеличение концентрации жировой фазы замедляет процесс формирования эмульсии прямого типа. Вследствие этого увеличиваются затраты энергии на эмульгирование.

3. По окончании подачи компонентов эмульсии в емкость для диспергирования, проводить грубое эмульгирование (смешивание) с помощью эмульсора роторного типа Я5-ОММ. Смешивание целесообразно проводить при рабочем зазоре между ротором и статором (1-й принцип на регулировочной гайке), при котором однородной массой достаточно 1-го цикла обработки.



1. Расчет эффективности смеси форматов для формулы 2-У-УМ, где 2-группа жирности, индекс жирности 1, индекс эмульсии 1, X-применяемость формулы 2-У-УМ, индекс эмульсора Я5-ОММ на заводе 0,4 млн, при жирности смеси 33-35% составлен 15/94

Приложение Р.1

Согласовано

Утверждаю

Директор ЗАО "Золотоношский
маслодельный комбинат"

Директор ТИММ

В.В. Кулинич
2008г.Г.А. Ересько
2008г.

Рекомендации

по получению технологически стойких жировых эмульсий, с помощью эмульсора роторного типа Я5-ОММ, для производства спредов методом сбивания жировой смеси.

1. В емкости для эмульгирования с теплообменной рубашкой, в которую подается пар, плавят и нагревают до $t^{\circ}65-70^{\circ}\text{C}$ растительный жир (заменитель молочного жира). Жировую фазу эмульсии можно готовить в плавителе с трубными решетками, по которым проходит пар ($t^{\circ}110-130^{\circ}\text{C}$), с последующим перекачиванием ее в емкость для эмульгирования. Для предотвращения пригорания жира температуру продукта регулируют давлением пара ($1-3\text{кгс/см}^2$) в трубных решетках плавителя.

2. По завершении плавления и достижении температуры жировой фазы $t^{\circ}65-70^{\circ}\text{C}$ по всей массе, в емкость для эмульгирования, при постоянном перемешивании, подают обезжиренное молоко или пахту. Температура вводимой дисперсионной среды при этом должна составлять $t^{\circ}65\pm 5^{\circ}\text{C}$. Для получения эмульсии прямого типа целесообразно постепенно вводить дисперсную фазу (жир) в дисперсионную среду (обезжиренное молоко или пахту), при постоянном перемешивании.

Компоненты закладывают в соотношениях соответствующих рецептурам спредов с расчетом получения эмульсии жирностью $35\pm 5\%$. Следует учитывать, что повышение концентрации жировой фазы замедляет процесс формирования эмульсии прямого типа. Вследствие этого увеличиваются затраты энергии на эмульгирование.

3. По окончании подачи компонентов эмульсии в емкость для диспергирования, проводят грубое эмульгирование (смешивание) с помощью эмульсора роторного типа Я5-ОММ. Смешивание целесообразно проводить при рабочем зазоре между ротором и статором (0,44мм, позиция на регулировочной гайке), при котором для получения однородной массы достаточно 1-го цикла¹ обработки.

¹ Расчет продолжительности цикла производится по формуле $Z=V/X*60$, где: Z-продолжительность цикла, мин; V-объем эмульсии, м³; X-производительность эмульсора, м³/ч (производительность эмульсора Я5-ОММ на зазоре 0,44мм, при жирности смеси 30-40% составляет 15м³/ч).



Мешалка емкости для эмульгирования работает постоянно на протяжении всего процесса, вплоть до окончания подачи готовой эмульсии на смешивание со сливками.

4. Подготовленную смесь диспергируют циркулируя через эмульсор при минимальном рабочем зазоре 0,22мм (I-я позиция на регулировочной гайке). Необходимое количество циклов² обработки, для получения технологически стойкой эмульсии, определяется опытным путем применительно к рецептурам вырабатываемого продукта. При этом следует учитывать, что после смешивания с натуральными сливками устойчивость комбинированной эмульсии значительно возрастает по сравнению с дисперсией растительных жиров.

После каждого цикла обработки, на протяжении всего процесса эмульгирования, необходимо визуально контролировать качество (консистенцию, вязкость, однородность) эмульсии.

Наиболее эффективное эмульгирование смеси в эмульсоре Я5-ОММ достигается при максимальной производительности перекачивания (соответствующей минимальным потерям давления на выходной линии) и минимальном рабочем зазоре между ротором и статором $\Delta=0,22\text{мм}$. Эмульгирование с рабочим зазором между ротором и статором $\Delta=0,44\text{мм}$ менее эффективно и целесообразно для смешивания компонентов эмульсии, дополнительной обработки и поддержания ее в стабильном состоянии (после эмульгирования при минимальном рабочем зазоре $\Delta=0,22\text{мм}$), а также для перекачивания готовой эмульсии.

Таким образом, стремление к повышению эффективности эмульгирования путем: ограничения расхода продукта на выходе (создания противодействия), которое осуществляется с помощью изменения сечения крана на 75%, 50% и 25%; и увеличения рабочего зазора между ротором и статором эмульсора Я5-ОММ, нецелесообразно.

Производительность эмульсора Я5-ОММ при минимальном рабочем зазоре между ротором и статором $\Delta=0,22\text{мм}$, без ограничения расхода продукта (вода, молоко, эмульсия с массовой долей жира 3,5-40%) составляет — $18\text{м}^3/\text{ч}$, что позволяет получать $3,5-4\text{м}^3/\text{ч}$ технологически стойкой эмульсии с массовой долей жира $35\pm 5\%$. Потребляемая мощность при этом составляет $2,0\pm 0,2\text{кВт}$.

В процессе работы эмульсор Я5-ОММ создает рабочее давление, которое зависит от зазора между ротором и статором, а также от

2 * Опыты показали, что при производстве спреда 72,5% жира, оптимальная технологическая стойкость эмульсии была достигнута после 5 циклов обработки (производительность эмульсора Я5-ОММ на зазоре 0,22мм, при температуре эмульгирования $t^{\circ}\approx 70^{\circ}\text{C}$ и жирности смеси 30% составляла $18\text{м}^3/\text{ч}$).

реологических свойств обрабатываемого продукта. Так, например, на стадии смешивания компонентов (рабочий зазор 0,44мм) эмульсор создает давление $\delta=0,3$ кгс/см² и в течении обработки, за счет повышения вязкости смеси при грубом диспергировании, давление возрастает до $\delta=0,42$ кгс/см². Далее, в процессе эмульгирования при переходе на минимальный зазор 0,22 мм, рабочее давление повышается (до $\delta=0,48$ кгс/см²), особенно на протяжении первых двух циклов - в зоне наиболее активного диспергирования.

При увеличении рабочего зазора в процессе перемешивания готовой эмульсии (с более высокой вязкостью нежели на стадии смешивания компонентов) давление создаваемое эмульсором снижается: при зазоре 0,88 мм до $\delta=0,42$ кгс/см², а при 1,76мм — $\delta=0,39$ кгс/см².

Повышение рабочего давления при перекачивании готовой эмульсии обусловлено гидравлическим сопротивлением, создаваемым соединительным трубопроводом между емкостью для эмульгирования и резервуаром для смешивания эмульсии с натуральными сливками.

Что касается затрат мощности и тока в процессе работы эмульсора, то они практически не изменяются. Незначительное уменьшение энергозатрат наблюдается при перекачивании готовой эмульсии с рабочим зазором между ротором и статором 1,76мм.

Оптимальная температура эмульгирования находится в области $t^{\circ}\approx 50-70^{\circ}\text{C}$. Корректировать температуру эмульсии можно с помощью регулирования температуры воды в теплообменной рубашке емкости для эмульгирования, путем изменения давления барботируемого пара.

Во время диспергирования допускается добавление в эмульсию поверхностно активных веществ, ароматизаторов и красителей разрешенных к использованию в пищевой промышленности.

5. По завершении процесса эмульгирования, убедившись в том, что полученная эмульсия обладает необходимой технологической стойкостью, ее перекачивают эмульсором на смешивание с натуральными сливками. Скорость подачи готовой эмульсии можно регулировать путем изменения рабочего зазора между ротором и статором эмульсора, при помощи регулировочной гайки.

Смешивание натуральных сливок и эмульсии проводят в резервуарах с мешалками при $t^{\circ}=50\pm 10^{\circ}\text{C}$ на протяжении 10-15 мин. Возможен вариант при котором смешивание проводят при $t^{\circ}=8\pm 2^{\circ}\text{C}$, после чего доохлаждают смесь до $t^{\circ}=6\pm 2^{\circ}\text{C}$ и направляют на резервирование.

Допускается приготовление смеси натуральных сливок и эмульсии после их пастеризации.

При использовании в качестве сырья сливочного масла подготовку компонентов проводят следующим образом. Сливочное масло и растительные жиры плавят и смешивают с цельным молоком (обезжиренным молоком или пахтой) в количестве соответствующем рецептуре вырабатываемого продукта. Полученную смесь диспергируют циркулируя через эмульсор, до получения тонкодисперсной стойкой эмульсии.

Составление композиции жировой основы спреда проводят с учетом жирнокислотного состава молочного и растительных жиров, содержания в них твердой фазы (справочные данные — см. Технологічна інструкція по виробництву спреда методом скочування жирової суміші) для достижения максимально высоких показателей качества готового продукта. Содержание твердой фазы должно приближаться к показателям молочного жира.

6. В последующем полученную жировую смесь направляют на дальнейшую обработку, поддерживая ее стабильность в резервуарах с помощью мешалок.

7. Дальнейшие технологические операции (пастеризация и охлаждение, физическое созревание и сбивание жировой смеси, промывка зерна, посолка и обработка, гомогенизация и фасовка спреда) проводятся в соответствии с технологической инструкцией по производству спредов методом сбивания жировой смеси.

Гл. научный сотрудник ТИММ

С.С. Гуляев-Зайцев

Зав. сектором технологии
масла ТИММ

Л.Н. Тищенко

Научный сотрудник ТИММ

А.А. Гудзей

Научный сотрудник ТИММ

С.А. Нарижный

Главный инженер

ЗАО "Золотоношский
маслодельный комбинат"

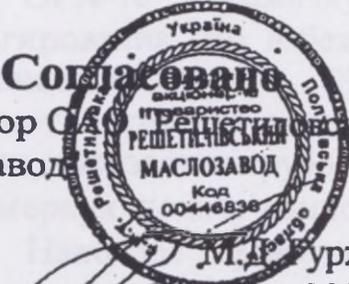
В.Е. Сидорин

Начальник производства
ЗАО "Золотоношский
маслодельный комбинат"

Т.В. Гонза



Приложение Р.2


 Директор САО Решетинский
 маслозавод
 " 8 " _____
 М. Д. Буржий
 2007г.


 Утверждаю
 Директор ТИММ
 " 8 " _____
 Резько
 2007г.

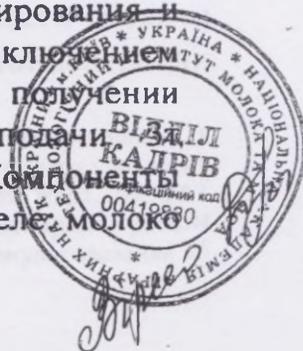
Рекомендации

по получению технологически стойких жировых эмульсий для производства спредов методом преобразования высокожирных сливок с помощью эмульсора роторного типа Я5-ОММ.

1. В плавителе с трубными решетками, по которым проходит пар ($t^{\circ}110-130^{\circ}\text{C}$), готовят жировую фазу: плавят растительный жир (заменитель молочного жира), а также масло (молочный жир). Компоненты закладывают в соотношения соответствующих рецептурам спредов. Температуру продукта, с целью предотвращения его пригорания, регулируют давлением пара ($3-5\text{кгс/см}^2$).

2. По завершении плавления и достижения температуры жировой фазы $65-70^{\circ}\text{C}$ в плавитель подают цельное либо обезжиренное молоко или пахту, температура которой должна составлять $10\pm 2^{\circ}\text{C}$. Компоненты в плавителе размещаются следующим образом (снизу-вверх): молоко или пахта, молочный жир, растительные жиры, обуславливая колебание температур в разных слоях от 40°C до 60°C .

3. По окончанию подачи молока компоненты смеси с помощью насоса перекачивают в ванну (емкость для диспергирования) с теплообменной рубашкой и рамочной мешалкой. Температура воды в теплообменной рубашке поддерживается на уровне $40-45^{\circ}\text{C}$. Скорость подачи компонентов из плавителя должна составлять $6-10\text{м}^3/\text{ч}$, что осуществляется с помощью регулирования сечения проходного крана при подаче насосом ОРА-10 с рабочей производительностью $10\text{м}^3/\text{ч}$. Скорость подачи компонентов играет важную роль в процессе эмульгирования и является (совместно с попеременным включением/выключением эмульсора) основным регулирующим фактором при получении технологически стойкой эмульсии. Расчетное время подачи компонентов смеси не должно превышать $\tau=20\pm 2$ мин. Компоненты подаются в порядке соответствующем их размещению в плавителе: молоко или пахта, молочный и растительные жиры.



4. Одновременно с началом подачи компонентов в нормализационную ванну включают эмульсор роторного типа Я5-ОММ, насос ОРА-10 и рамочную мешалку, начав, таким образом, процесс эмульгирования. Во избежание дестабилизации эмульсор периодически¹ выключается. Насос ОРА-10 и мешалка нормализационной ванны работают постоянно на протяжении всего процесса эмульгирования, так как они производят грубое эмульгирование (смешивание) и обеспечивают равномерную подачу компонентов смеси в эмульсор.

Наиболее эффективное эмульгирование смеси в эмульсоре Я5-ОММ достигается при максимальной производительности перекачивания (соответствующей минимальным потерям давления на выходной линии) и минимальном рабочем зазоре между ротором и статором $\Delta=0,22\text{мм}$ (I-я позиция на регулировочной гайке). Рабочий зазор между ротором и статором $\Delta=0,33\text{мм}$ (II-я позиция на регулировочной гайке) менее эффективен, его применение целесообразно для дополнительной обработки эмульсии и поддержания ее в стабильном состоянии, после эмульгирования при минимальном рабочем зазоре $\Delta=0,22\text{мм}$. Дальнейшее увеличение зазора соответственно уменьшает интенсивность обработки (эмульгирования и перекачивания).

Таким образом, стремление к повышению эффективности эмульгирования путем: ограничения расхода продукта на выходе (создания противодавления), которое осуществлялось с помощью регулирования сечения крана на 75%, 50% и 25%; и увеличения рабочего зазора между ротором и статором эмульсора Я5-ОММ, нецелесообразно.

При постепенной подаче компонентов смеси (с различной температурой) из плавителя в нормализационной ванне изменяется температура эмульгирования с 40°C в начале процесса, до 50°C в конце. На колебания температурного режима влияют также эмульгирующие устройства, повышающие температуру продукта при обработке в результате превращения механической энергии в тепловую. Корректировать температурные показатели можно с помощью регулирования температуры воды в теплообменной рубашке нормализационной ванны путем изменения давления барботируемого пара.

Процесс эмульгирования носит циклический характер. Поочередно проходят процессы диспергирования и агрегации жировых шариков с соответствующим изменением стабильности эмульсии. Достигнуть наиболее эффективного эмульгирования можно регулируя скорость подачи компонентов смеси из плавителя в нормализационную ванну и периодическим выключением эмульсора. Изменение скорости подачи жировых компонентов следует проводить, избегая концентрации

¹ Периодичность (интервалы работы эмульсора) определяется опытным путем применительно к местным условиям производства и рецептурам вырабатываемого продукта. К примеру, во время пробной выработки смеси растительно-сливочной "Полтавське несолоне" 70,5% жира, на ВАТ Решетиловский маслозавод 21.06.07. при получении эмульсии жирностью 70,5% интервалы работы эмульсора были следующие: вкл, мин/выкл, мин. – 7/2,2/2,2/5,5/выкл –общее время эмульгирования 25 мин.

незаэмульгированного жира на поверхности эмульсии в нормализационной ванне, что свидетельствует о несбалансированности скорости подачи компонентов смеси и производительности эмульгирующих устройств. В таком случае подачу жира следует уменьшить, учитывая при этом, что чрезмерное снижение скорости подачи жира неизбежно приведет к возрастанию продолжительности эмульгирования.

Периодическое выключение эмульсора на завершающей стадии процесса необходимо для того чтобы избежать дестабилизации эмульсии, при этом крайне необходимо визуально контролировать качество (консистенцию, вязкость, однородность) продукта.

В процессе работы эмульсор Я5-ОММ создает рабочее давление, которое изменяется в зависимости от жирности, вязкости и плотности продукта. Так, к примеру, в начале процесса эмульгирования, когда в нормализационную ванну из плавителя подается молоко или пахта с температурой около 40°C , давление достигает $\delta=0,3\text{кгс/см}^2$. В процессе эмульгирования смесь становится более вязкой и концентрация жировой фазы в ней увеличивается (в связи с подачей жировых компонентов из плавителя в нормализационную ванну) до 62,5-72,5%. При этом увеличивается и температура эмульгирования, которая достигает в среднем 50°C . Это приводит к увеличению рабочего давления до $\delta=0,5\text{кгс/см}^2$. Эта характерная зависимость может быть использована как показатель качества (готовности) эмульсии. Определяющий показатель рабочего давления уточняется экспериментальным путем для конкретных условий монтажа и производимого продукта.

5. По завершении подачи компонентов эмульсии из плавителя ее нормализуют в ванне, а затем, убедившись в получении качественного продукта, выключают эмульсор. Оптимальная продолжительность эмульгирования 3т смеси 62,5-72,5% жирности - 25-30мин. При этом эмульсия должна обладать необходимой технологической стойкостью для производства спредов методом преобразования высокожирных сливок.

6. После окончания эмульгирования полученную эмульсию с помощью ротационного насоса ОРА-10 направляют на пастеризацию, поддерживая ее стабильность в нормализационной ванне с помощью мешалки (предварительно уменьшив частоту ее вращения). Температура воды в рубашке нормализационной ванны при этом поддерживается на уровне $40-45^{\circ}\text{C}$.

Производительность эмульсора Я5-ОММ по перекачке при минимальном рабочем зазоре между ротором и статором $\Delta=0,22\text{мм}$ (1-я позиция на регулировочной гайке), без ограничения расхода продукта на выходе составляет: на воде - $18\text{м}^3/\text{ч}$; на молоке - $18\text{м}^3/\text{ч}$; на смеси 62,5-72,5% жирности ($t^{\circ}=50^{\circ}\text{C}$) - $10\text{м}^3/\text{ч}$, что позволяет получить технологически стойкую эмульсию 62,5-72,5% жирности за 25-30мин. Учитывая периодический режим эмульгирования рабочая производительность по продукту составляет 6-7т/ч. Потребляемая мощность при этом составляет $2,5\pm 1\text{кВт}$.

7. По завершению высокотемпературной обработки, высокожирную эмульсию направляют в емкость с мешалкой и теплообменной рубашкой(ОВН-600), откуда продукт в закрытом потоке поступает непосредственно в маслообразователь Я5-ОМС-1. Готовый продукт подают на расфасовку.

Гл.научный сотрудник ТИММ

С.С.Гуляев-Зайцев

Зав.сектором технологии
масла ТИММ

Л.Н.Тищенко

Научный сотрудник ТИММ

А.А.Гудзей

Инженер I-кат ТИММ

С.А.Нарижный

Главный инженер
ОАО "Решетилковский маслозавод"

Ю.М.Гончар

Начальник маслоцеха
ОАО "Решетилковский маслозавод"

Г.Д.Демьянец



Приложение С

Выдержка из технологической инструкции по производству спредов методом сбивания жировой смеси с внесенными изменениями

**УКРАЇНСЬКА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ МОЛОКА ТА М'ЯСА**

Україна, 02660, м. Київ, вул. М. Раскової 4-а, тел. 517-17-37, факс 517-02-28

КЗ.
еестраційний №
ам. директора ТІММ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Технологічного інституту
молока та м'яса

Г.О. Єресько
Г.О. Єресько

12 2008 р.



ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

**з виробництва спредів
методом сколочування жирової суміші
у відповідності з ДСТУ 4445:2005**

Термін чинності не обмежений



3.4 Приготування емульсії з рослинних жирів та знежиреного молока або маслянки

3.4.1 Рослинний жир (замінник молочного жиру) плавлять і нагрівають до температури 65-70°C у місткості для емульгування з теплообмінною сорочкою. Жирову фазу емульсії також можна готувати в розплавлювачі, з наступним перекачуванням її в місткість для емульгування.

3.4.2 Завершивши плавлення рослинного жиру, в місткість для емульгування при постійному перемішуванні подають знежирене молоко або склотини з температурою 65-70°C. Для одержання емульсії прямого типу – "ж/в", доцільно поступово вводити дисперсну фазу (жир) у дисперсне середовище (знежирене молоко або маслянку), при постійному перемішуванні. Компоненти закладають у кількостях і співвідношеннях, що відповідають рецептурам спредів із розрахунком одержання емульсії з масовою часткою жиру 30-42%.

3.4.3 Підготовлену суміш ретельно змішують і диспергують циркулюючи (за винятком гомогенізатора) через емульгуючий пристрій¹, до одержання тонкодисперсної стійкої емульсії. Після кожного циклу обробки, протягом усього процесу емульгування, необхідно візуально контролювати якість емульсії. Оптимальна температура емульгування знаходиться в межах 50-70°C.

3.5 Приготування суміші вершків з емульсією рослинних жирів

3.5.1 Змішування натуральних вершків та емульсії проводять у резервуарах з мішалками при температурі (50±10)°C протягом 10-15 хв. Можливий варіант, при якому змішування проводять при температурі (8±2)°C, після чого доохолоджують суміш до температури (6±2)°C і направляють на резервування.

3.5.2 Допускається приготування суміші натуральних вершків і емульсії рослинних жирів після їх пастеризації.

3.5.3 При використанні в якості сировини вершкового масла, підготовку компонентів проводять наступним чином: вершкове масло й рослинні жири плавлять і змішують із незбираним молоком (знежиреним молоком або маслянкою) у кількості згідно з рецептурою продукту, що виробляють. Отриману суміш диспергують при температурі 50-70°C до одержання тонкодисперсної стійкої емульсії.

3.5.4 Рецептуру жирової основи спреду складають з урахуванням жирнокислотного складу молочного і рослинних жирів, вмісту в них твердої фази (довідкові дані у додатках 1 та 2) для досягнення максимально високих показників якості готового продукту. Вміст твердої фази повинен наближатися до показників молочного жиру.

¹ доцільно застосовувати емульсор роторного типу Я5-ОММ

кислот та трансізомерів у рослинних жирах та заміниках молочного жиру, у додатку 2 дані про вміст твердої фази при температурах від 0 до 40⁰С у різних моножирах, їх сумішах, заміниках молочного жиру, а також у молочному жирі різних періодів року з низькими (взимку) та високими (влітку) йодними числами.

У додатку 3 наведені рекомендовані співвідношення заміників молочного жиру, які складають немолочну жирову фазу спреду і відповідають вимогам ДСТУ 4599:2006 “Жири рослинні та їх композиції для застосування під час виробництва спредів та сумішей жирових. Номенклатура та вимоги до показників якості та безпеки”.

4.5 Схема технологічного процесу виробництва спреду методом сколочування жирової суміші - додаток 4.1 та 4.2.

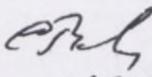
4.6 Усі дані, що стосуються виробництва спреду необхідно записувати у технологічний журнал за наданою формою - додаток 5.

4.7 Перелік обладнання, яке застосовується при виробництві спредів - додаток 6.

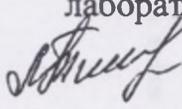
РОЗРОБЛЕНО

Технологічним інститутом
молока та м'яса

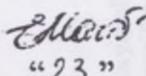
Гол. наук. співробітник, проф.,
член-кор. УААН

 С.С. Гуляєв-Зайцев
“25” 12 2008 р.

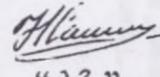
Зав. сектором
лабораторії маслоробства

 Л. М. Тищенко
“23” 12 2008 р.

Мол. наук. співробітник

 О. Ю. Майборода
“23” 12 2008 р.

Наук. співробітник

 С.А. Наріжний
“23” 12 2008 р.





ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Технологічного
Інституту Молока та м'яса УААН

Ідентифікаційний код
00419880

Г.О.Єресько

" квітня 2008 р.

ЗМІНИ № 1

до ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ІНСТРУКЦІЇ
по виробництву спредів
методом перетворення жирової суміші
у відповідності з ДСТУ 4445:2005

Розділ 3.4 "Приготування емульсії з рослинних жирів та знежиреного молока або маслянки" викласти в новій редакції:

«3.4.1 У місткості для емульгування з теплообмінною сорочкою плавлять і нагрівають до температури 65-70°C рослинний жир (замінник молочного жиру). Жирову фазу емульсії можна готувати в розплавлювачі, з наступним перекачуванням її в місткість для емульгування.

3.4.2 Завершивши процес плавлення, в місткість для емульгування при постійному перемішуванні подають знежирене молоко або маслянку з температурою 65-70°C. Для одержання емульсії прямого типу доцільно поступово вводити дисперсну фазу (жир) у дисперсійне середовище (знежирене молоко або маслянку), при постійному перемішуванні. Компоненти закладають у кількостях і співвідношеннях, що відповідають рецептурам спредів із розрахунком одержання емульсії з масовою часткою жиру 30-42%.

циркулюючи (за винятком гомогенізатора) через емульгуючий пристрій¹, до одержання тонкодисперсної стійкої емульсії. Після кожного циклу обробки, протягом усього процесу емульгування, необхідно візуально контролювати якість емульсії. Оптимальна температура емульгування знаходиться в межах 50-70°C. Отриману емульсію направляють на пастеризацію та повторне сепарування.

3.4.4 Змішування натуральних вершків та емульсії проводять у резервуарах з мішалками при температурі (50±10)°C протягом 10-15 хв. Можливий варіант, при якому змішування проводять при температурі (8±2)°C, після чого доохолоджують суміш до температури (6±2)°C і направляють на резервування.

3.4.5 Допускається приготування суміші натуральних вершків і емульсії рослинних жирів до їх пастеризації.

3.4.6 При використанні в якості сировини вершкового масла, підготовку компонентів проводять наступним чином: вершкове масло й рослинні жири плавлять і змішують із незбираним молоком (знежиреним молоком або маслянкою) у кількості згідно з рецептурою продукту, що виробляють. Отриману суміш диспергують при температурі 50-70°C до одержання тонкодисперсної стійкої емульсії, пастеризують при температурі (90±5)°C та направляють у нормалізаційні ванни.

3.4.7 Рецептуру жирової основи спреду складають з урахуванням жирнокислотного складу молочного й рослинних жирів, вмісту в них твердої фази (довідкові дані у додатках 1 та 2) для досягнення максимально високих показників якості готового продукту. Вміст твердої фази повинен наближатися до показників молочного жиру.»

Изменения к технологической инструкции по производству спредов

Приложение Т

Методом преобразования жировой смеси

РОЗРОБЛЕНО

Технологічним інститутом молока
та м'яса УААН

Гол. наук. співробітник,
д.т.н., член-кор. УААН

С.С.Гуляев-Зайцев
2008 р.

Наук. співробітник

С.А. Наріжний
2008 р.



¹ доцільно застосовувати емульсор роторного типу Я5-ОММ

Приложение У

Список молокоперерабатывающих предприятий, на которых внедрены усовершенствованные технологии производства спредов согласно научным разработкам соискателя

СПИСОК

молокоперерабатывающих предприятий, на которых внедрены усовершенствованные технологии производства спредов согласно научным разработкам соискателя

№ п/п	Реестр. №	Название предприятия
1	02-06	ЗАО "Балмолоко плюс", г. Балаклия, Харьковская обл.
2	06-06	ООО "Западная молочная группа", Волынська обл.
3	14-06	ЗАО "АК "Комбинат "Приднепровський", г. Днепропетровск
4	18-06	ЗАО "Житомирский маслозавод"
5	22-06	ЗАО "Рожищенский маслозавод", Волынська обл.
6	23-06	ЗАО "Вильнянский маслозавод", Запорожская обл.
7	25-07	ООО "Фирма "Апрель", г. Харьков
8	26-07	ЧП "Спецпродукт", г. Львов
9	27-07	ЗАО "Енакиевский гордской молочный завод"
10	30-09	ООО "Молокозавод", г. Арцыз, Одесская обл.
11	31-09	ПАО "Великобурлукский сыродельный завод"
12	33-10	ВКФ "Агромарин", г. Одесса
13	31-11	ВАТ "Светловодский маслосыркомбинат", Кировоградская обл.
14	34-11	ПАТ "Володарский молочный завод", Киевская обл.
15	35-12	ТОВ "Интер-мол", смт. Томаковка, Днепропетровской обл.

"21" февраля 2012 г

И.о. директора ТИММ



Романчук