

Технологические аспекты эмульгирования в производстве спредов

Ксения Викторовна Старовойтова, канд. техн. наук, доцент

E-mail: centol@mail.ru

Любовь Васильевна Терещук, д-р техн. наук, профессор

Марина Геннадьевна Курбанова, д-р техн. наук, заведующая кафедрой

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

В статье представлены данные по изучению влияния вносимых эмульгирующих добавок на показатели консистенции и термостойкости получаемых сливочно-растительных модельных эмульсий. Наилучшую консистенцию: твердую, пластичную без разрыва сплошности и самую высокую термостойкость ($K_r = 0,90$) продемонстрировали образцы, изготовленные с применением комплексного эмульгатора, включающего дистиллированные моноглицериды и лецитин в соотношении 3:1. Исследовано влияние продолжительности и интенсивности эмульгирования на средний размер жировых шариков в эмульсиях: при продолжительности эмульгирования в диапазоне 10–15 минут и частоте вращения мешалки до 100 об/мин средний диаметр жировых шариков эмульсии (d_{cp}) составил от 10 до 20 мкм, что является наиболее оптимальным уровнем дисперсности для достижения наилучших структурных показателей вырабатываемой продукции.

Ключевые слова: спреды, эмульгирование, технологические параметры, дисперсность эмульсий, эмульгаторы

Для цитирования: Старовойтова, К. В. Технологические аспекты эмульгирования в производстве спредов / К. В. Старовойтова, Л. В. Терещук, М. Г. Курбанова // Сыроделие и маслоделие. 2024. № 3. С 69–73. <https://www.doi.org/10.21603/2073-4018-2024-3-4>

Введение

При разработке рецептур спредов, как сливочно-растительных, так и растительно-сливочных, важным этапом являются исследования по подбору компонентов жировой фазы и эмульгаторов, обеспечивающих требуемые свойства эмульсионных систем, поступающих на охлаждение и механическую обработку, а также подбор оптимальных технологических параметров диспергирования и переохлаждения. Такие показатели эмульсии, как ее тип, дисперсность и концентрация определяют качество спреда и его кристаллическую структуру [1].

Существуют следующие основные способы производства спредов:

- на оборудовании для производства сливочного масла: путем преобразования смеси высокожирных сливок и немолочных жиров или путем сбивания сливок с немолочными жирами;
- на оборудовании масложировых предприятий спреды изготавливают путем предварительного эмульгирования жировой и водно-молочной фазы и дальнейшего переохлаждения в вататоре-маслообразователе. В водную фазу при таком способе производства, как правило, включают сухое цельное или обезжиренное молоко в качестве источника углеводов и белков, которые придают биологическую ценность продукту и выполняют функцию эмульгирующего компонента. Кроме того, молоко и продукты его переработки являются источником вкусоароматических веществ [2].

Таким образом, вне зависимости от выбранного оборудования и способа производства, в основу технологии изготовления спредов положено получение пищевой эмульсии, представляющей собой систему двух несмешивающихся жидкостей, одна из которых не растворяется в другой из-за их различной полярности. При этом, определенные технологические условия позволяют получить однородную по внешнему виду систему, где один из компонентов (дисперсная или внутренняя фаза) распределен в другом (дисперсионная или внешняя среда) в виде мельчайших капель. В случае, если в сплошной водной среде распределены мельчайшие сферические масляные капли, то получается эмульсия «масло в воде» (прямая). Представителем природной эмульсии данного типа является молоко, где капли молочного жира распределены в водной фазе молока (молочной плазме). При получении противоположного типа эмульсии – капли водной фазы распределяются в жировой или масляной среде и система характеризуется как обратная эмульсия [3].

Размеры капель внутренней фазы определяют дисперсность эмульсии. Так, если в эмульсии прямого типа размер жировых капель составляет 25–30 мкм, то эмульсия считается грубой (низкодисперсной) и может быть недостаточно стабильной. При любом термическом или механическом воздействии такая эмульсия седиментирует с образованием более высококонцентрированной липидной части и водной фазы, что, при охлаждении в технологическом потоке, может привести к такому пороку консистен-

ции, как крошливость. Высокодисперсные эмульсии с размером частиц от 5 до 15 мкм характеризуются достаточной стабильностью при различных воздействиях и образуют мелкокристаллическую структуру при переохлаждении. Готовый продукт обладает лучшей консистенцией, характеризуется пластичностью и намазываемостью без разрыва сплошности. С повышением температуры в процессе эмульгирования дробление дисперсной фазы интенсифицируется, однако стабильность системы понижается и эмульсии быстро разрушаются, что необходимо учитывать при подборе температурных режимов диспергирования [4].

Устойчивость эмульсии обусловлена также ее концентрацией, присутствием эмульгатора и соотношением в нем гидрофильных и гидрофобных групп, а также режимами (скоростью и продолжительностью) диспергирования при смешивании жировой и водно-молочной фазы, переохлаждении и декристаллизации (при необходимости) [5].

Концентрация пищевых эмульсий характеризуется содержанием в них жира. Так, концентрация молочного жира в цельном молоке составляет, в среднем, 3,0–4,5 %; в обезжиренном молоке – до 0,5 %, что позволяет отнести его к низкоконтентрированным эмульсиям. Сливки с массовой долей жира 20–35 % характеризуются как среднеконцентрированная эмульсия. Сливочное масло жирностью 82,5 % также содержит в себе остаточное количество эмульгированного жира в виде мелких жировых шариков, которые не были разрушены при термомеханической обработке [6].

Образованию стабильных высокодисперсных эмульсий, в которых дисперсная фаза имеет вид мельчайших шариков (d_{cp} до 15 мкм), способствует присутствие в системе дифильного эмульгатора, который понижает поверхностное натяжение между дисперсной фазой и дисперсионной средой. Сила, воздействующая на границу раздела фаз, стремится сократить площадь их соприкосновения до минимальных размеров. Такой поверхностью обладают сферические частицы. Кроме того, эмульгаторы способствуют образованию упругих пленок, которые препятствуют слиянию капель дисперсной фазы [7].

Как правило, это очень тонкий, одномолекулярный слой, поэтому достаточная дозировка эмульгатора в системе составляет от 0,1 до 3 %. Эмульгатор должен содержать в своей химической

структуре гидрофобную часть, которая хорошо растворима и взаимодействует с жирами, и гидрофильную, которая вступает во взаимодействие с водой. Таким образом, эмульгатор, концентрируясь на границе раздела фаз, не позволяет разделяться эмульсии на жировую и водную фазу [8].

В технологической практике, при выборе эмульгатора необходимо учитывать следующие его свойства:

- способность снижать поверхностное натяжение и достаточно быстро адсорбироваться на границе раздела фаз «масло:вода», препятствуя их агломерации;
- специфическую структуру по соотношениям полярных и не полярных групп;
- влияние на вязкость эмульсии;
- эффективность и специфические свойства в отношении конкретного типа эмульсии, ее концентрации, температурных факторов, pH среды, времени и способа эмульгирования [9].

Объекты и методы исследования

В ходе разработки новых видов спредов, нами были проведены исследования влияния некоторых видов вносимого сырья и технологических параметров производства, на качество готового продукта.

Нами получены эмульсии концентрацией 61 % с использованием природных и синтезированных эмульгаторов и их смесей и модельные спреды с их использованием. Технологические этапы производства модельных спредов представлены на рисунке 2.



Рисунок 1. Схема получения модельных спредов

Для получения эмульсий использовались эмульгаторы, где гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ) составлял от 2 до 4. В образцы 2, 3, 4 в качестве эмульгаторов вносили лецитин, который содержит в качестве структурного азотсодержащего компонента фосфотидилхолин, а также дистиллированные моноглицериды жирных кислот (МГД) (табл. 1).

Лецитин хорошо адсорбируется между фазами масло:вода и образует упорядоченные бислойные структуры жидкой и твердокристаллической фазы. Наличие непредельных кислот, а также азотсодержащих веществ обуславливает физиологическую ценность лецитина. Фосфолипиды могут быть использованы как самостоятельный эмульгатор, так и в смеси с моно- и диглицеридами, ГЛБ используемого лецитина равен 2 [3].

Дистиллированные моноглицериды, содержащие две гидроксильные группы и вступающие в прочное взаимодействие с водной фазой, отличаются более высоким ГЛБ (4).

Жировая фаза эмульсий изготавливалась из молочного жира и заменителя молочного жира (т. н. «универсальная смесь») в соотношении 1:1. В таблице 2 представлены композиционные составы полученных эмульсий. При получении первого образца эмульсии прямого типа в качестве основного эмульгирующего компонента использовали сухое обезжиренное молоко в количестве 1,5 %. При растворении сухого молока, дополнительно в водную фазу вносили натрий фосфорнокислый ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times 12\text{H}_2\text{O}$) в дозировке 0,3 %, который способствовал набуханию белков молока, улучшая его эмульгирующие свойства.

В качестве водной фазы в разных сериях опытов было использовано обезжиренное молоко, молочная плазма и вода. В данной работе представлены результаты по исследованию модельных эмульсий, содержащих обезжиренное молоко в качестве дисперсионной среды. Смешивание компонентов молочной и жировой фазы (универсальной жировой смеси) проводили при температуре 40–45 °С в течение 10 минут с частотой вращения мешалки 60 мин⁻¹ до получения грубой эмульсии, которая подавалась на переохлаждение в маслообразователь-вотатор. Образцы 2, 3 и 4 готовили аналогичным способом, но при этом, вместо сухого молока и фосфорнокислого натрия, в систему вносили поверхностно-активные вещества эмульгирующего действия: дистиллированные моноглицериды и лецитин по отдельности и совместно. Предварительно дистиллированные моноглицериды нагревали до 55 °С и смешивали с компонентами жировой фазы в соотношении 1:5. Далее смеси эмульгировали для достижения высокой дисперсности эмульсии и переохлаждали в лабораторном одноцилиндровом маслообразователе-вотаторе до температуры на выходе 12 ± 2 °С. После переохлаждения эмульсии хранили в течении 24 часов при температуре 3 ± 2 °С для стабилизации. Исследования консистенции проводились при температуре 12 °С «пробой на срез». Показатель термоустойчивости определяли по способности образцов сохранять форму при температуре 28 °С [10].

Результаты и их обсуждение

Результаты оценки консистенции и термоустойчивости образцов спредов с использованием различных эмульгаторов представлены в таблице 2.

Таблица 1
Органолептические и физико-химические свойства эмульгаторов

Показатели	Лецитин	Моноглицериды дистиллированные	Моноглицериды дистиллированные + Лецитин
Цвет	Светло-коричневый	От белого до кремового	От светло-желтого до светло-коричневого
Вкус и запах	Нейтральный с легким привкусом	Нейтральный	Нейтральный
Консистенция при 20 °С	Текучая	Твердая, воскоподобная	Твердая пластичная
Кислотное число, мг КОН/г	10	6	8
Температура плавления, °С	–	48	40
Гидрофильно-липофильный баланс	2	4	3,5

Таблица 2

Консистенция и термоустойчивость модельных образцов спредов

№ образца	Рецептурные компоненты эмульсий	Массовая доля компонентов эмульсии, %	Консистенция при 12 °С	Коэффициент термоустойчивости, K_T
1	Универсальная жировая смесь Молоко сухое обезжиренное Натрий фосфорнокислый Молоко обезжиренное	60,0 1,5 1,5 37,0	Полутвердая, слоистая с отдельными каплями недо-эмульгированного жира	0,76 ± 0,05
2	Универсальная жировая смесь Лецитин Молоко обезжиренное	60,0 0,8 39,2	Полутвердая с разрывом сплошности при размазывании	0,82 ± 0,05
3	Универсальная жировая смесь Дистиллированные моноглицериды Молоко обезжиренное	60,0 0,8 39,2	Пластичная, полутвердая с разрывом сплошности при размазывании	0,85 ± 0,05
4	Универсальная жировая смесь Дистиллированные моноглицериды Лецитин Молоко обезжиренное	60,0 0,6 0,2 39,2	Пластичная, полутвердая без разрыва сплошности при размазывании	0,90 ± 0,05

Наилучший результат продемонстрировал образец, полученный с использованием сочетания дистиллированных моноглицеридов и лецитина ($K_T = 0,90$). Нами предлагается для получения эмульсии использовать соотношение МГД:лецитин = 3:1. Предлагаемая композиция сохраняет все положительные свойства дистиллированных моноглицеридов и усиливает их действие, так как фосфолипиды обладают определенной гидрофильностью и способны более прочно удерживать влагу при повышении температуры, а также придают антиразбрызгивающие свойства готовому продукту за счет перехода под действием воды в гидратную форму. Кроме того, лецитин обладает высокой биологической эффективностью, что положительно влияет на пищевую ценность готового продукта.

На следующем этапе было изучено влияние режимов механической обработки на средний диаметр жировых шариков в получаемых эмульсиях. Исследования проводили с композиционным составом № 4, полученным с использованием дистиллированных моноглицеридов и лецитина.

Варьировали продолжительность эмульгирования и скорость вращения мешалки. В качестве контролируемого параметра выбран средний диаметр жировых шариков в эмульсиях. Выборка наилучших результатов эксперимента представлена в таблице 3.

Внешний вид молочно-жировых эмульсий, полученных при различных режимах механического воздействия на лабораторной винтовой мешалке UED (Китай), представлена на рисунке 2: перемешивание со скоростью вращения винта 100 мин⁻¹, 15 минут (рис. 2 а) и 50 мин⁻¹, 10 минут (рис. 2 б).

Таблица 3

Влияние режимов эмульгирования на средний диаметр жировых шариков в модельных эмульсиях

Продолжительность эмульгирования	Скорость вращения мешалки, мин ⁻¹	Средний диаметр жировых шариков, d_{cp}
10	50	30
10	100	20
10	150	10
15	50	25
15	100	15
15	150	5

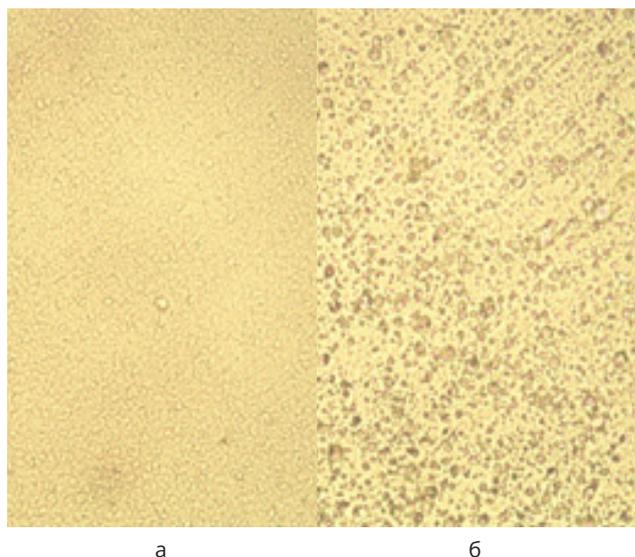


Рисунок 2. Эмульсия, «масло в воде»: а – $d_{cp} = 10$ мкм; б – $d_{cp} = 30$ мкм

При медленном вращении мешалки (50 мин⁻¹) были получены крупнодисперсные эмульсии со средним диаметром жировых шариков (d_{cp}) равным 30 мкм. Такие эмульсии относительно быстро кристаллизуются, но при этом повышается риск появления такого порока как крошливость в готовом продукте.

При увеличении продолжительности и скорости эмульгирования (15 минут и 150 мин⁻¹) получались более тонкодисперсные эмульсии ($d_{cp} = 5$ мкм), которые требуют более продолжительного времени для их переохлаждения и преобразования в готовый продукт или применения специального хладагента, обеспечивающего теплообмен, аналогичный тому, который достигается при использовании аммиака.

Наилучшие показатели достигнуты в эмульсиях, полученных с использованием комплекс-

ного эмульгатора, включающего дистиллированные моноглицериды и лецитин в соотношении 3:1, при продолжительности эмульгирования в диапазоне 10–15 минут и частоте вращения мешалки до 100 мин⁻¹ ($d_{cp} = 10–20$ мкм).

Выводы

Проведенные исследования влияния вносимых поверхностно-активных веществ и их композиций на консистенцию и термоустойчивость, а также продолжительности и интенсивности эмульгирования на показатель дисперсности эмульсионных молочно-жировых систем могут быть использованы учеными и производителями при решении вопросов установки технологических параметров производства спредов, позволяющих достигать наилучших структурных показателей вырабатываемой продукции. ■

Emulsification in Dairy Spread Production: Technological Aspects

Ksenia V. Starovoytova, Lyubov V. Tereshchuk, Marina G. Kurbanova
Kemerovo State University, Kemerovo

Different emulsifiers have different effects on the consistency and heat resistance of modelled dairy spread emulsions. In this research, the best results belonged to the samples of a complex emulsifier with distilled monoglycerides and lecithin (3 to 1). The resulting consistency was hard, elastic, and solid, with the highest temperature resistance of 0.90. The emulsification time and intensity affected the average size of lipid globules. The optimal size of 10–20 μm was registered after 10–15 min of emulsification at 100 rpm. The resulting dispersion level made it possible to achieve the best structural indicators of the final product.

Keywords: spreads, emulsification, technological parameters, emulsion dispersion, emulsifiers

Список литературы

1. **Топникова, Е. В.** Современное производство спредов: особенности ассортимента, сырье, ингредиенты, качество / Е. В. Топникова, А. В. Дунаев, Е. Н. Пирогова // Сыроделие и маслоделие. 2022. № 1. С. 52–56. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2022-1-52-56>; <https://www.elibrary.ru/vwewok>
2. **Campbell, J. R.** Dairy Production and Processing. The Science of Milk and Milk Products / J. R. Campbell, R. T. Marshall. – Waveland Press, 2016. – 549 p.
3. **Терещук, Л. В.** Изучение физико-химических показателей эмульгаторов и их влияния на процесс образования пищевых эмульсий / Л. В. Терещук, К. А. Загородников, К. В. Старовойтова, П. А. Вьюшинский // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51, № 4. С. 915–929. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-915-929>; <https://www.elibrary.ru/bydrar>
4. **Marhamati, M.** Effects of emulsifiers on the physicochemical stability of oil-in-water nanoemulsions: A critical review / M. Marhamati, G. Ranjbar, M. Rezaie // Journal of Molecular Liquids. 2021. Vol. 340. 117218. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.117218>
5. **Sun, Y.** Effect of HLB value on the properties of chitosan/zein/lemon essential oil film-forming emulsion and composite film / Y. Sun [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. 2021. Vol. 56. № 10. P. 4925–4933. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15216>
6. **Шестопапов, А.** Влияние эмульгаторов на характеристики спредов на основе заменителя молочного жира «Эколакт» / А. Шестопапов // Молочная промышленность. 2022. № 4. С. 40–41. <https://www.elibrary.ru/aklyci>
7. **Loi, C. C.** Effect of mono- and diglycerides on physical properties and stability of a protein-stabilised oil-in-water emulsion / C. C. Loi, G. T. Eyres, E. J. Birch // Journal of Food Engineering. 2019. Vol. 240. P. 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.016>
8. **Jadhav, H.** Effect of mono and diglyceride of medium chain fatty acid on the stability of flavour emulsion / Jadhav H., Waghmare J., Annapure U. // Food Research. 2021. Vol. 5. № 2. P. 214–220. DOI: 10.26656/fr.2017.5(2).589
9. **Терещук, Л. В.** Актуальные проблемы применения эмульгаторов при производстве спредов / Л. В. Терещук, К. В. Старовойтова, М. А. Тарлюн // Сыроделие и маслоделие. 2018. № 4. С. 52–55. <https://www.elibrary.ru/xuklzb>
10. **Топникова, Е. В.** Термоустойчивость как показатель, характеризующий консистенцию сливочного масла / Е. В. Топникова, Н. В. Иванова, А. В. Дунаев // Сыроделие и маслоделие. 2021. № 2. С. 45–49. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2021-2-45-49>; <https://www.elibrary.ru/fopmpf>