

ISSN 1392-0227 (print)
ISSN 2335-8793 (online)

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO
MAISTO INSTITUTAS**

**FOOD INSTITUTE OF KAUNAS UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY**

**ПИЩЕВОЙ ИНСТИТУТ КАУНАССКОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Maisto chemija ir technologija
Food chemistry and technology
Химия и технология пищи**

**Mokslo darbai
Proceedings
Научные труды**

2016. T. 50, Nr. 1

**Eina nuo 1964 m.
Published since 1964
Издается с 1964 г.**

Kaunas • 2016

Maisto chemija ir technologija – Food Chemistry and Technology

Išėina 2 kartus per metus – 2 issues per year

Leidėjas – Publisher:

KTU Maisto Institutas – KTU Food Institute

Taikos pr. 92, LT-51180 Kaunas, Lithuania

tel. (370 37) 312393

mai@ktu.lt

http://ktu.edu/mai

Redaktorių kolegija – Editorial board:

Vyriausioji redaktorė

Editor in Chief

habil. dr. **Joana Šalomskienė**

KTU MaI

Food Institute of Kaunas
University of Technology,
Lithuania

Tel. (370 37) 312380

Prof. **Andrej Malkov**

Loughborough universitetas, JK

Loughborough university,

United Kingdom

Dr. **Antanas Šarkinas**

KTU MaI

Food Institute of Kaunas
University of Technology,
Lithuania

Atsakingoji sekretorė

Executive Editor

Emilija Golovanova

KTU MaI

Food Institute of Kaunas
University of Technology,
Lithuania

Tel. (370 37) 312358

Dr. **Dalé Malkova**

Glazgo universitetas, JK

Glasgow University,

United Kingdom

Dr. **Thierry Talou**

Tulūzos nacionalinis
politechnikos institutas,
Prancūzija

National Polytechnic Institute
of Toulouse, France

Dr. **Galina Garmienė**

KTU MaI

Food Institute of Kaunas
University of Technology,
Lithuania

Prof. dr. **Jozef Nagy**

Veterinarijos medicinos

universitetas, Slovakija

University of Veterinary Medicine,
Slovakia

Prof. dr. **Rimantas Venskutonis**

KTU

Kaunas University of
Technology, Lithuania

Prof. dr. **Vladimir Jukalo**

Ternopolio valstybinis technikos
universitetas, Ukraina

Ternopil State Technical

University, Ukraine

Prof. dr. **Toomas Paalme**

Talino technologijos universitetas,
Estija

Tallinn University of Technology,

Estonia

Doc. dr. **Rimantė Vinauskienė**

KTU

Kaunas University of
Technology, Lithuania

Prof. dr. **Daina Kārklīņa**

Latvijos zemes ūkio universitetas

Latvia University of Agriculture,

Latvia

Habil. dr. **Irina Rožkova**

Rusijos pieno pramonės mokslo

tyrimo institutas, Rusija

All-Russian Dairy Research

Institute, Russia

Doc. dr. **Gintarė Zaborskienė**

LSMU

Lithuanian University of Health
Sciences, Lithuania

„Maisto chemija ir technologija“ cituojamas – is covered by the:

CAB ABSTRACTS Database Index Copernicus

Redaktorių kolegijos adresas –

Address for correspondence:

Taikos pr. 92, LT-51180 Kaunas, Lithuania

tel. (370 37) 312380, 312393

mai@ktu.lt

http://ktu.edu/mai

Turinys ♦ Contents

I. Jasutienė, G. Garmienė, A. Šarkinas. Pieno gėrimų ir jogurto su įvairiais uogų produktų priedais antioksidacinės savybės ir spalvos charakteristikos.....	5
И. Кишенько, Ю. Крыжова, М. Филоненко. Особенности использования трансклутаминазы в технологии реструктурированных ветчин из говядины	12
О. Кочубей-Литвиненко, А. Украинец, В. Ищенко, Н. Суходольская, Н. Ищенко. Изучение возможных преобразований лактозы в молочной сыворотке, обработанной электроискровыми разрядами	20
А. Кретов, А. Украинец, В. Пасичный, А.-Х. Хайдер М., М. Полумбрик. Исследования микроструктуры мяса перепелов в процессе замораживания	29
Т. Лисовская, В. Юкало, Н. Чёрная. Изучение возможности использования экструдированной кукурузной муки в технологии бисквита для диетического питания.....	36
Г. Полищук, Г. Симахина, И. Устименко, В. Дорошенко, Р. Раманаускас. Научное обоснование состава эмульсий для нормализации белково-жировых продуктов	45
И. Страшинский, В. Пасичный, О. Фурсик. Влияние содержащей белок пищевой композиции на качество вареных колбасных изделий	56
L. Šernienė, G. I. Šaikamal, A. Ž. Isabaev, L. Laučienė, D. Sekmokienė. Ūkio dydžio įtakos pieno kokybės rodikliams analizė Baltijos šalyse ir Kazachijoje	68
D. Vizbickienė, E. Bartkienė, S. Gustienė, G. Juodeikienė, Ž. Valatkevičienė. Miežinių raugų, sucukrintų celiulazė ir fermentuotų <i>Pediococcus acidilactici</i> , įtaka kvietinių kepinų kokybei.....	75
Nurodymai straipsnių autoriams.....	85
Instructions to Authors.....	87

Научное обоснование состава эмульсий для нормализации белково-жировых продуктов

Галина Полищук, Галина Симахина, Игорь Устименко

Национальный университет пищевых технологий, ул. Владимирская 68, 01033 Киев, Украина; тел. (+38044) 413-24-98; эл. п. milknuft@i.ua

Владимир Дорошенко

НПП Электрогазохим, Харьковское шоссе 50, 02147 Киев, Украина;

тел. (+38044) 292-58-97; эл. п. doroshenko@egh.com.ua

Римгаудас Раманаускас

Пищевой институт КТУ, пр. Тайкос 92, LT-51180 Каунас, Литва; тел. (837) 311361;

эл. п. lmai@lmai.lt

Научно обоснован состав эмульсий с комплексом пищевых олеофильных и гидрофильных поверхностно-активных веществ с целью получения жировых концентратов для нормализации высокобелковых продуктов.

Проведен сравнительный анализ технологической эффективности ряда эмульгаторов, применяемых для получения эмульсий прямого типа с массовой долей жира 30 %. В качестве жировой фазы эмульсий использовали: масло кукурузное рафинированное дезодорированное, купажируемый жир, сбалансированный по жирнокислотному составу, и заменитель молочного жира, получаемый методом энзимной перэтерификации.

В качестве критериев технологической эффективности эмульгаторов изучены физические характеристики эмульсий: поверхностное натяжение, стойкость, средний диаметр жировых шариков. Поверхностное натяжение определяли стагмометрическим методом, стойкость – методом центрифугирования эмульсий в пробирках, размеры жировых шариков – методом микроскопии с помощью светового микроскопа.

Определены особенности комплексного воздействия олеофильных и гидрофильных поверхностно-активных веществ на физические характеристики эмульсий. Установлено, что наибольшую эмульгирующую и стабилизирующую способность проявляют комплексы, состоящие из эмульгатора В-2 и казеината натрия в диапазоне соотношений от 1:6,9 до 1:8,9. Исследовано влияние нерастворимых эмульгаторов на температуру плавления жировой фазы различной природы.

Рекомендуемое давление двухступенчатой гомогенизации для всех исследуемых систем составляет 4–10 МПа на первой ступени и 2–2,5 МПа – на второй. Рациональная температура гомогенизации для систем с жидким растительным маслом находится в диапазоне 55–60 °С, с купажируемым жиром – 60–65 °С, с заменителем молочного жира – 65–70 °С. За счет синергетического взаимодействия эмульгаторов различной природы были получены стабильные мелкодисперсные эмульсии прямого типа, средний размер жировых шариков которых не превышал 2 мкм.

Эмульсии с высокой седиментационной стойкостью рекомендованы к использованию в составе белково-жировых продуктов для специального питания людей с высокой физической нагрузкой.

Ключевые слова: жировая фаза, эмульгатор, эмульсии, белково-жировые продукты.

Введение

Используемые в молочной промышленности растительные жиры и заменители молочного жира, как правило, подвергают диспергированию в обезжиренном молоке для получения эмульсий, относительно стабильных в процессе дальнейшей тепловой и механической обработки.

Эмульгирование немолочных жиров в обезжиренном молоке традиционно применяют в технологии спредов. В соответствии с двухстадийной схемой, молочно-жировые эмульсии с массовой долей жира 35 % получают эмульгированием жира в восстановленном обезжиренном молоке. Далее эмульсии сепарируют и нормализуют до заданного в

готовом продукте содержания жира. Такие эмульсии отличаются невысокой стойкостью и полидисперсностью. По другой – одностадийной схеме получают высокожирные эмульсии, которые могут содержать эмульгаторы. Процесс эмульгирования проводят с помощью диспергаторов роторного типа при многократной рециркуляции продукта до достижения максимального размера жировых шариков 3,7 мкм [1].

Стойкие мелкодисперсные системы прямого типа “масло–вода” с размерами жировых шариков около 2 мкм получают только с применением поверхностно-активных веществ (ПАВ) [2]. Жировую фазу диспергируют преимущественно с помощью гомогенизаторов клапанного типа [1, 3]. На эффективность процесса гомогенизации влияют не только вид применяемого оборудования, способы и режимы обработки, но и содержание жирового компонента, температура его плавления, вид и количество эмульгаторов, рН водной фазы и т. п. [4–6]. Хотя гомогенизация молочных и молокосодержащих смесей является одной из наиболее энергоемких технологических операций, именно она во многом определяет органолептические характеристики пищевых систем. Как правило, гомогенизируют весь объем нормализованных смесей, что значительно повышает энергозатраты на единицу массы готовой продукции [7].

Для получения стойких эмульсий особое значение имеет правильный выбор эмульгаторов. В соответствии со “шкалой Гриффина” эмульгаторы, которые стабилизируют эмульсии прямого типа, имеют гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ) не менее 10. Для получения обратных эмульсий типа “вода–масло” рекомендуется использовать ПАВ с ГЛБ не выше 5. Для эмульгирования минеральных и индустриальных масел в промышленности используют эмульгаторы с ГЛБ не ниже 10, а для эмульсий с растительными маслами этот показатель находится в интервале от 7 до 8 [8, 9]. Таким образом, существуют определенные противоречия в рекомендациях по практическому применению эмульгаторов для получения прямых эмульсий по типу “масло–вода”. Поэтому возникает необходимость уточнения технологических свойств ряда пищевых эмульгаторов с ГЛБ в диапазоне 5–10 для стабилизации прямых эмульсий с растительными маслами и продуктами их переработки.

Белки как высокополимеры, имеющие полярные и неполярные группы, также могут

адсорбироваться на поверхности раздела фаз. Существует некоторая критическая концентрация, по достижении которой глобулярные белки начинают проявлять поверхностно-активные свойства [10]. Известно, что комплексное использование жирорастворимых эмульгаторов и водорастворимых стабилизаторов позволяет получать наиболее стойкие эмульсии [11]. Глобулярные молочные белки, безусловно, обладают определенной поверхностной активностью и при изменении концентрации могут влиять на поверхностное натяжение, что следует проверить экспериментально.

Исходя из сказанного выше, весьма актуальным является изучение технологических свойств ряда эмульгаторов с ГЛБ 5–10, в том числе совместно с молочными белками, и их применение в составе “растительных сливок” с жировыми компонентами различной природы. При соответствующем уточнении режимов гомогенизации седиментационно стойкие “растительные сливки” можно будет использовать для нормализации жиросодержащих смесей на любом этапе технологического процесса. Реализация такого технологического решения позволит исключить необходимость проведения гомогенизации всего объема нормализованных молокосодержащих смесей.

Использование жидкого растительного масла позволит получать “растительные сливки” для молокосодержащих неферментированных напитков. В то же время эмульсии с жиром, содержащим высокоплавкие фракции, могут существенно влиять на процесс формирования структуры ферментированных напитков, сметанных и творожных изделий, особенно при низких положительных температурах их созревания и хранения ($(4\pm 2)^\circ\text{C}$).

Таким образом, целью научного исследования является разработка состава и способа получения “растительных сливок”, используемых для нормализации смесей при производстве различных видов молокосодержащих продуктов.

Материалы и методы исследования

На первом этапе работы был проведен сравнительный анализ технологической эффективности ряда олеофильных эмульгаторов, в том числе в присутствии молочно-белковых концентратов, в составе эмульсий с массовой долей жира 30 % масла, что совпадает со стандартной жирностью сливок для

нормализации большинства молочных продуктов.

На втором этапе изучено влияние жирорастворимых эмульгаторов на температуру плавления жировой фазы эмульсий.

На третьем – исследованы наиболее эффективные липофильный и гидрофильный эмульгаторы при их различных соотношениях с целью получения стойких эмульсий.

На четвертом – установлены рациональные режимы гомогенизации эмульсий рекомендованного состава.

Для проведения исследования использовали жировые компоненты, принципиально различающиеся по физико-химическим характеристикам:

- масло подсолнечное рафинированное дезодорированное с температурой застывания в диапазоне от -15 до -19 °С торговой марки “Олейна” (ДСТУ 4492:2005), изготовленное Днепропетровским маслоэкстракционным заводом;

- заменитель молочного жира марки “Виолия-молжир 3” с температурой плавления от 32 до 34 °С, изготовленный методом энзимной перэтерификации (ТУ У 15.4-00373758-013-2003) ОАО “Винницкий масложировой комбинат” (промышленная группа VIOIL). Консистенция заменителя жира при 18 °С однородная, пластичная. Твердость по Каминскому – $80-150$ г/см, кислотное число $0,4$ мгКОН/г, массовая доля твердых триглицеридов при 20 °С составляет $23-25$ %. Основные преимущества применения: нежный и приятный вкус; обогащение жиросодержащих продуктов полиненасыщенными жирными кислотами; наличие в составе витамина Е, отсутствие генетически-модифицированных ингредиентов; отличные структурно-механические свойства; возможность повышения точки плавления продукта в летнее время; увеличенный срок годности и стойкость от прогоркания; простота использования; отсутствие трансизомеров; максимальное приближение кривой плавления к таковой молочного жира;

- купажированный жир, сбалансированный по жирнокислотному составу (“масло соевое:масло пальмовое” в соотношении $60:40$), с температурой плавления $12-14$ °С. Изготовлен ООО “Укролия” в соответствии с ДСТУ 4536:2006 из масла пальмового дезодорированного (ДСТУ 4306) и масла соевого гидратированного первого сорта, рафинированного, выбеленного дезодорированного (ГОСТ 7825).

Интервал между температурами плавления указанных жировых компонентов в абсолютном значении составляет до $47-53$ °С, что представляет определенный научный интерес для сравнительного анализа влияния природы жира на его технологические свойства.

В качестве белковых эмульгирующих агентов изучены: сухое обезжиренное молоко (ДСТУ: 4273:2003) с массовой долей белка ($36,7 \pm 0,5$ %), изготовленное ОАО “Ичнянский завод сухого обезжиренного молока и масла”; сухая подсырная сыворотка (ДСТУ 4552) с содержанием белка ($12,5 \pm 0,4$ %), изготовленная ЗАО “Гадячсыр” и сухой казеинат натрия с содержанием белка ($88,7 \pm 0,7$ %) производства “China Chem” (Китай).

Компоненты опытных образцов условно обозначали так:

- жир (Ж) – (подсолнечное масло (ПМ), купажированный жир (КЖ), заменитель молочного жира (ЗМЖ));
- вода (В);
- эмульгатор (Э) – (Эстер П твердый (ЭПТ), Эстер Твердый (Т2), Эстер П 02 (ЭП02), Эстер П 020 (ЭП020));
- молочный-белковый концентрат (МБК) – (сухое обезжиренное молоко (СОМ), сухая подсырная сыворотка (СПС), казеинат натрия (КН)).

Исследования проводили на примере таких модельных систем:

- эмульсии с эмульгаторами (Ж/В/Э);
- эмульсии с эмульгаторами и молочными-белковыми концентратами (Ж/В/Э/МБК).

Выбор подсолнечного масла для первого этапа обусловлен наименьшей стойкостью эмульсий с жидкой жировой фазой, что создает наиболее сложные условия для тестирования свойств эмульгаторов. Массовая доля МБК в эмульсиях была задана таким образом, чтобы обеспечить присутствие 3 % молочных белков, что соответствовало: для СОМ – $8,17$ %, для СПС – $24,0$ %, для КН – $3,41$ %.

С целью получения стойких эмульсий использовали ряд олеофильных эмульгаторов (производитель – НПП “Электрогазохим”, Украина) следующих марок: Эстер П твердый; Эстер Твердый (Т2); Эстер П 02; Эстер П 020. Эти эмульгаторы являются смесями эфиров полиглицерина и пищевых высших жирных кислот в различных соотношениях и реализуются для пищевой промышленности в соответствии с европейской системой нумерации с индексом Е475 (табл. 1).

Таблица 1. Физико-химические характеристики эмульгаторов
Table 1. Physico-chemical characteristics of emulsifiers

№ п/п	Марка эмульгатора	Число омыления, мг КОН/г	Температура плавления, °С	Йодное число, г J ₂ /100 г, не более	ГЛБ
1	Эстер П (твердый)	153	58,5	3	5
2	Твердый-2 (Т-2)	151	56,5	3	10
3	Эстер П 02	140	28	65	7
4	Эстер П 020	150	28	70	10

Рекомендуемые дозы указанных эмульгаторов при их использовании в составе низкожирных спредов, маргаринов, кремов, сметанных, сырных продуктов и сгущенных консервов составляют от 0,25 до 0,50 %.

В промышленных условиях эмульсии прямого типа получают либо растворением эмульгатора в жире при температуре 60-70 °С с последующим эмульгированием жирового расплава в горячей воде, либо диспергированием эмульгатора в горячей воде при температуре 70 °С и смешиванием полученной пастообразной субстанции с расплавленной жировой фазой, или эмульгированием подогретой до температуры 60-70 °С жировой фазы в воде с последующим введением эмульгатора при интенсивном перемешивании [12]. Из представленных схем наиболее технологически обоснованной является первая, которая была принята за основу для проведения исследований. Предварительное растворение эмульгатора гарантирует его быстрое и эффективное мономолекулярное распределение на поверхности раздела фаз “масло-вода”, а диспергирование проводят в одну стадию при смешивании полярной и неполярной субстанций.

Грубодисперсные модельные системы “масло-эмульгатор-вода” в количестве 16 образцов объемом по 100 см³ получали с помощью лабораторной мешалки пропеллерного типа с диаметром перемешивающего устройства 40 мм и частотой оборотов 600 мин⁻¹. Эмульгирование осуществляли на протяжении 10 мин при температуре (65±2) °С с последующим охлаждением эмульсий до температуры 20 °С.

Температуру плавления определяли в 16 образцах жировых компонентов с различным содержанием эмульгаторов, которые готовили для исследований объемом по 50 см³.

Грубодисперсные эмульсии, рекомендованные для дальнейших исследований, объемом по 1000 см³ гомогенизировали на гомогенизаторе-диспергаторе модели 15M-8TA “Lab Homogenizer & Sub-Micron Disperser” (GAULIN CORPORATION, Massachusetts, USA)

при двухступенчатой обработке (давление на первой ступени 8-12 МПа, на второй 2-2,5 МПа) и температуре от 50 до 80 °С.

С целью сравнения эффективности применения указанных ПАВ для получения и стабилизации систем “масло-вода” были изучены следующие характеристики эмульсий: степень дисперсности; поверхностное натяжение; стойкость. Также было изучено влияние высокоплавких эмульгаторов на температуру плавления жировой фазы.

Стойкость эмульсий (Y) определяли методом центрифужных пробирок центрифугированием 10 см³ образцов на протяжении 5 мин при частоте оборотов 1500 мин⁻¹ с последующим их нагреванием при 100 °С на протяжении 3 мин и повторным центрифугированием при тех же условиях.

Стойкость эмульсии в проц. рассчитывали по формуле:

$$Y = \frac{V \cdot 100}{10},$$

где: V – объем неразрушенной эмульсии, см³;
 10 – объем пробы, см³.

Размеры жировых шариков (d_{ср.}) определяли микроскопированием 50-100-кратно разведенных водой эмульсий при увеличении 15×40 с дальнейшей статистической обработкой полученных данных.

Поверхностное натяжение (σ) определяли сталагмометрическим методом. Для расчета значения σ определяли число капель n0 и n, которые образуют соответственно стандартная жидкость (дистиллированная вода) и исследуемая жидкость при вытекании из сталагмометра объемом V. Исследуемые жидкости засасывали с помощью резиновой груши в сталагмометр на уровень выше верхней метки над расширением, после чего давали им свободно вытекать. Когда мениск достигал верхней метки, начинали счет капель, а когда достигал нижней, – заканчивали счет. Измерения

проводили не менее трех раз и для расчетов брали среднее арифметическое значение количества капель жидкости. Поверхностное натяжение (σ) рассчитывали в соответствии с формулой:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot (\rho \cdot n_0 / \rho_0 \cdot n),$$

где: σ_0 – поверхностное натяжение дистиллированной воды в соответствии со справочными данными при температуре 293 К (72,75 мН/м);

ρ – плотность исследуемой жидкости (кг/м³);

n_0 – число капель дистиллированной воды;

ρ_0 – плотность воды (кг/м³);

n – число капель исследуемой жидкости.

Температуру плавления жиров (тпл.) определяли открытым капиллярным методом с помощью стеклянных капилляров, открытых с обоих концов, длиной (55,00±2,5) мм, с внутренним диаметром (1,1±0,1) мм и толщиной стенок (0,25±0,5) мм. Жир предварительно расплавляли при температуре (57,5±2,5) °С, тщательно перемешивали и окунали в него 5 капилляров на глубину около 10 мм. После заполнения капилляров жиром их помещали в морозильную камеру при температуре минус (18±2) °С с выдержкой до 2 часов. Далее их последовательно прикрепляли к термометру с

ценой деления 0,2 °С таким образом, чтобы образец жира находился возле шарика термометра. Термометр с прикрепленным капилляром помещали в стакан с водой так, чтобы расстояние между дном стакана и нижней частью шарика термометра составляло около 1 см. Температуру воды повышали со скоростью около 1 °С в минуту. За температуру плавления жира принимали такое ее значение, при котором столбик жира поднимался в капилляре или становился прозрачным. Результат измерения принимали как среднее арифметическое при условии, что расхождение между всеми значениями не превышало 1 °С.

Все результаты исследований обрабатывали методом математической статистики. При этом доверительная вероятность была задана на уровне $P \geq 0,95$ при 3–5-кратной повторности измерений с дальнейшим расчетом доверительного интервала отклонений от среднеарифметических значений физических величин.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований технологической эффективности олеофильных эмульгаторов в составе 30%-ных эмульсий на основе подсолнечного масла, в том числе с молочнокислыми концентратами, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Физические характеристики эмульсий ($P \geq 0,95$, $n=3$)

Table 2. Physical characteristics of emulsions ($P \geq 0.95$, $n=3$)

Вид МБК	Массовая доля эмульгатора, проц.								
	0,25			0,5			0,75		
	У, проц.	σ , Дж/м ² · 10 ⁻³	дср., мкм	У, проц.	σ , Дж/м ² · 10 ⁻³	дср., мкм	У, проц.	σ , Дж/м ² · 10 ⁻³	дср., мкм
ЭП 020									
-	44,3±1,1	44,1±1,5	68,7±1,2	49,0±1,8	43,5±1,0	59,2±1,9	54,4±2,0	42,8±1,4	54,8±2,1
СПС	51,0±1,0	43,4±0,9	66,0±2,5	54,6±1,8	42,8±1,6	56,0±1,8	58,0±2,0	42,5±1,5	52,1±1,6
СОМ	61,5±2,0	43,3±1,2	53,1±2,3	61,1±2,6	42,6±1,4	41,5±1,3	76,2±2,6	42,0±1,5	38,4±1,1
КН	69,2±1,9	42,2±1,2	41,5±1,5	79,0±2,3	42,0±1,6	39,4±1,3	81,7±2,8	41,7±1,8	36,7±1,1
ЭП 02									
-	45,0±1,5	44,0±1,1	64,8±2,0	52,0±2,1	43,1±1,0	57,8±1,8	55,7±1,6	42,3±1,0	53,9±1,9
СПС	51,1±1,4	43,1±1,0	62,7±1,7	57,4±2,1	42,5±0,9	55,2±2,4	59,5±2,3	42,1±1,1	53,5±1,5
СОМ	65,3±1,5	43,0±1,6	43,7±0,9	63,1±2,1	42,0±1,7	39,1±1,0	76,9±2,5	42,0±1,7	37,2±1,6
КН	69,2±2,0	42,1±1,5	39,8±1,1	79,1±2,7	41,8±1,5	37,3±0,9	81,6±2,9	41,4±1,9	36,0±0,8
ЭПТ									
-	54,7±1,9	42,7±1,2	55,1±1,9	59,7±2,2	42,2±1,4	51,3±1,8	63,8±1,7	42,0±1,0	49,4±1,3
СПС	55,1±2,0	42,5±1,3	50,3±1,7	64,0±2,3	41,8±1,3	49,2±1,8	64,9±2,5	41,6±1,6	45,0±0,9
СОМ	69,3±1,9	42,0±0,8	37,2±0,9	81,4±2,6	41,1±1,1	33,8±0,7	83,3±2,7	41,0±1,8	30,0±0,5
КН	77,3±1,9	41,5±1,0	34,9±0,5	83,7±1,9	41,0±1,1	30,6±1,0	89,7±2,0	40,7±1,2	28,4±0,5
Т-2									
-	57,3±2,2	42,2±2,1	48,8±1,3	59,5±2,5	41,9±1,5	45,2±0,9	64,8±2,9	41,4±1,1	48,1±1,5
СПС	57,9±1,4	42,0±1,3	45,3±1,6	67,3±2,0	41,5±0,8	42,2±1,4	67,8±1,9	41,0±1,3	40,9±0,7
СОМ	72,6±3,0	41,3±1,8	30,2±1,0	83,5±2,4	40,4±1,3	27,4±0,9	85,0±3,2	40,0±0,9	25,8±0,4
КН	78,9±3,2	41,3±2,0	29,3±1,5	89,4±3,0	40,1±1,1	25,4±0,7	92,1±3,7	39,7±1,8	22,4±0,8

Подтвержден синергетический эффект, наблюдаемый при комплексном применении эмульгаторов и молочно-белковых концентратов. Несмотря на существующую информацию относительно высокой эмульсионной способности комплексов “казеин/сывороточные белки” [13], наибольшую технологическую эффективность в присутствии жирорастворимых эмульгаторов проявил именно казеинат натрия.

По увеличению содержания казеина сухие молочные концентраты можно расположить в таком порядке: сухая подсырная сыворотка (следы казеина) → сухое обезжиренное молоко (около 5 %) → сухой казеинат натрия (не менее 90 %). Таким образом, именно казеинат натрия можно рекомендовать для дальнейших исследований как наиболее эффективный гидрофильный стабилизатор эмульсий.

Наибольшая эмульгирующая способность установлена для олеофильных эмульгаторов ЭПТ и Т-2. Вероятным объяснением данному эффекту являются не столько значения ГЛБ, сколько высокие температуры плавления этих эмульгаторов (56,5 и 58,5 °С), а также индивидуальная способность к взаимодействию с белками молока.

Можно допустить, что при охлаждении эмульсий, стабилизированных высокоплавкими эмульгаторами, активная кристаллизация жира будет происходить, в первую очередь, на поверхности жировых частиц. Поверхностный

жировой слой, преимущественно состоящий из отвержденных высокоплавких эмульгаторов, будет придавать жировым шарикам дополнительную механическую прочность. Подобные эмульгаторы также могут влиять не только на температуру плавления поверхностного слоя жировых шариков, но и всей жировой фазы, что требует дополнительного изучения.

Для проверки предположения о возможности влияния эмульгаторов на температуру плавления жиров были изучены жировые расплавы, содержащие высокоплавкие поверхностно-активные вещества (ПАВ) – ЭПТ и Т2.

В качестве жировой составляющей были использованы купажированный жир и заменитель молочного жира, температуры плавления которых как контрольных систем могут быть определены капиллярным методом при положительных температурах в отличие от подсолнечного масла.

Массовая доля эмульгаторов в составе жиров была задана в диапазоне от 0,5 до 1,5 %, что составляет в пересчете на 30–35%-ную эмульсию приблизительно 0,2–0,5 %. Эти значения в целом соответствуют рекомендованному содержанию эмульгаторов в готовом продукте.

Влияние высокоплавких эмульгаторов на температуру плавления жиров проиллюстрировано на рисунке 1.

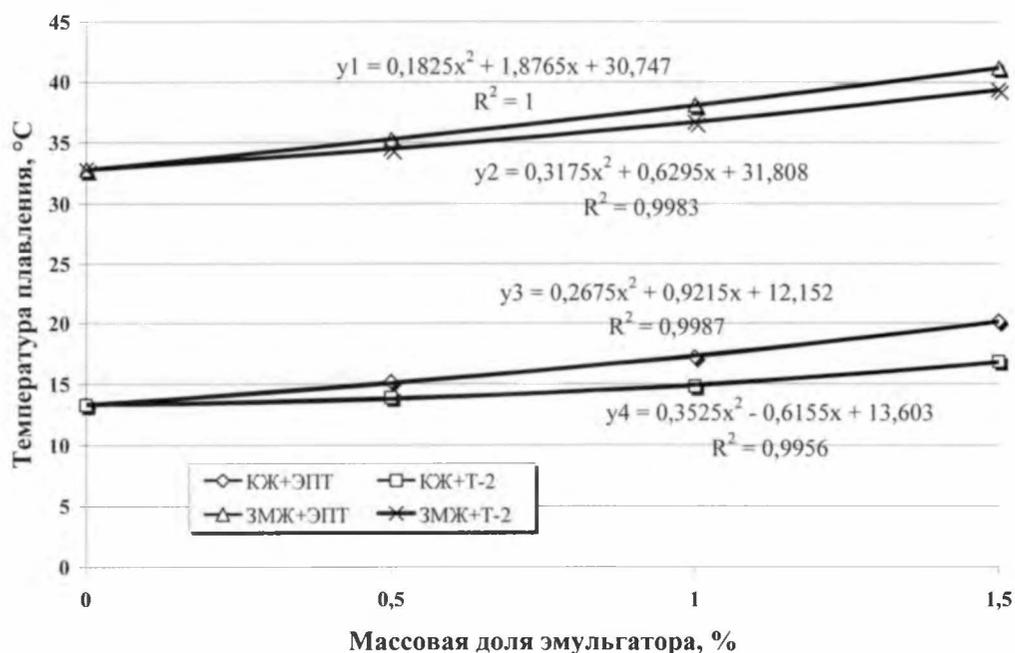


Рис. 1. Изменение температуры плавления жиров при различном содержании эмульгаторов
Fig. 1. Shifts in melting temperature of fats with different content of emulsifiers

Интересным является различный характер влияния высокоплавких эмульгаторов на температуру плавления ЗМЖ и КЖ. Следует отметить большее влияние ПАВ на фазовое состояние жировой фазы ЗМЖ по сравнению с КЖ. Вероятно, высокоплавкие глицириды эффективнее кристаллизуются в присутствии подобных им по физическим свойствам веществ. Также следует отметить большее влияние на температуру плавления жиров эмульгатора ЭПТ, особенно в составе КЖ. Впрочем, это явление было весьма ожидаемым вследствие высокой температуры плавления самого эмульгатора. Таким образом, опосредованно доказано влияние

высокоплавких ПАВ на процесс кристаллизации жировой фазы и, соответственно, на стойкость эмульсий.

На следующем этапе были изучены эмульгирующие свойства наиболее эффективного эмульгатора Т-2 в сочетании с казеинатом натрия при их различных соотношениях.

На примере систем с подсолнечным маслом (рис. 2) показаны особенности комплексного воздействия на процесс эмульгирования белка и эмульгатора в диапазонах концентраций 1–6 % и 0,1–0,7 % соответственно.

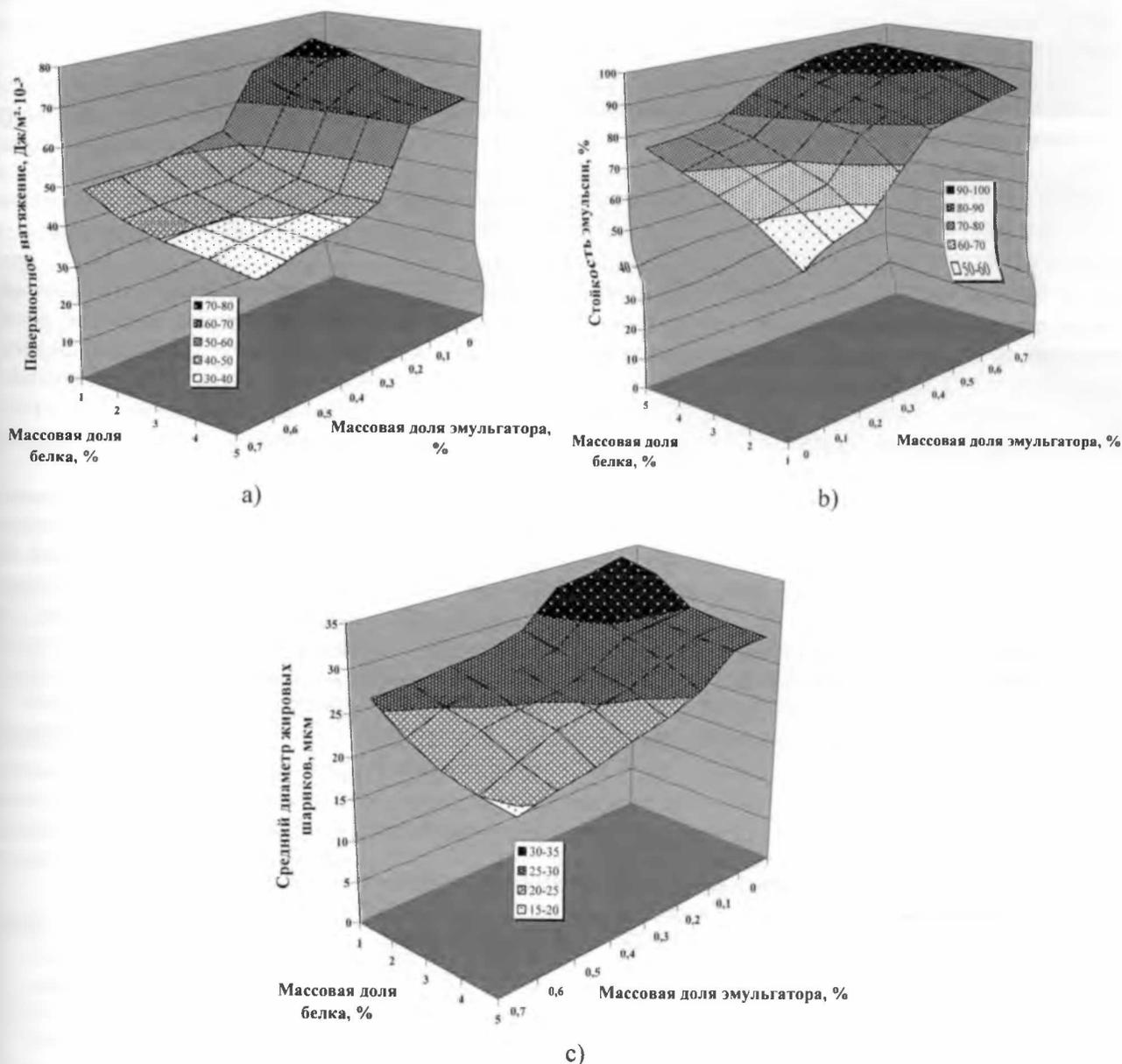


Рис. 2. Стойкость (а), поверхностное натяжение (б) и средний диаметр жировых шариков (с) эмульсий, стабилизированных белком и ПАВ
 Fig. 2. Stability (a), surface strengthening (b) and average diameter of fatty balls (c) in emulsions stabilized by protein and SAS

Безусловно, в соответствии с существующей информацией о наличии взаимодействия между олеофильными поверхностно-активными веществами (на примере PGPR) и молочными белками (β -лактоглобулином или казеинатом натрия) [14], вполне вероятно ожидать подобный эффект и в изучаемых нами системах.

На рис. 2а можно выделить плато близких значений поверхностного натяжения при низком содержании Т-2 (менее 0,2 %). Наблюдаемый эффект можно объяснить процессом связывания белка с молекулами ПАВ в водном растворе в виде гидрофобных комплексов за счет взаимодействия полярных групп указанных веществ. В области такого плато количество “свободных” молекул ПАВ остается постоянным, чем и объясняется относительное постоянство поверхностного натяжения.

После завершения процесса комплексообразования наблюдается дальнейшее снижение натяжения и выход на второе плато при концентрации, соответствующей образованию мицелл эмульгатора в водном растворе (более 0,4 %). Такой эффект, вероятно, возникает в условиях ощутимой конкуренции между белком и эмульгатором за межфазную поверхность при определенном соотношении между ними. Процесс вытеснения белка в составе комплекса “белок-эмульгатор” из адсорбционного слоя объясняется большей активностью индивидуального эмульгатора. Таким образом, гидрофобизация поверхности жировых шариков, обусловленная адсорбцией комплексов “белок-эмульгатор” при низком содержании ПАВ, постепенно приобретает гидрофильные свойства за счет комплекса “эмульгатор-белок” при повышении концентрации Т-2. При дальнейшем увеличении концентрации ПАВ поверхностное натяжение снижается до постоянных значений, меньших поверхностного натяжения индивидуального белка и эмульгатора.

Что касается других характеристик эмульсий (стойкости и средних размеров жировых частиц), представленных на рис. 2b и 2с, их изменение подобно поверхностному натяжению, но имеет более сглаженный характер. Это доказывает определенную роль структурирования дисперсионной среды белковыми макромолекулами и образованием механически прочных белковых оболочек вокруг жировых шариков в формировании и стабилизации физических характеристик эмульсий. Закономерности, выявленные для эмульсий на основе подсолнечного масла, были подтверждены и для систем с КЖ и ЗМЖ. В результате анализа полученных данных были разработаны рекомендации к составу комплексов “эмульгатор-белок” для систем с массовой долей жира 30 % (табл. 3).

Можно отметить, что рекомендуемое соотношение между массовой долей эмульгатора и белка в составе эмульсий на основе различных видов жировых компонентов находится в диапазоне от 1:6,9 до 1:8,9. Также очевидным является некоторое снижение потребности в белке как стабилизаторе эмульсий при повышении содержания высокоплавких фракций в жировой фазе. При повышении массовой доли казеината натрия более 2,75–3,0 % ухудшалась дисперсность жировой фазы при довольно высокой стойкости эмульсий, что, вероятно, было вызвано чрезмерным структурированием дисперсионной среды.

На последнем этапе научных исследований эмульсии подвергали гомогенизации. Давление на второй ступени гомогенизатора принимали на уровне $\frac{1}{4}$ от давления на первой ступени. Полученные результаты представлены в таблице 4. Рациональные режимы (выделены темным фоном) обеспечивают получение следующих характеристик эмульсий: стойкость – не менее 100 %, средний размер жировых шариков – не более 2 мкм.

Таблица 3. Рекомендуемый состав поверхностно-активных комплексов “эмульгатор-белок”
Table 3. Recommended composition of surface-active complexes ‘emulsifier-protein’

Вид жирового компонента	Массовая доля эмульгатора Т-2, проц.	Массовая доля казеината натрия (в пересчете на белок), проц.	Массовая доля комплекса, проц.
ПМ	0,35–0,45	3,0–4,0	3,35–4,45
КЖ	0,30–0,40	2,5–3,0	2,8–3,4
ЗМЖ	0,30–0,40	2,4–2,75	2,7–3,1

Из таблицы 4 следует, что вне зависимости от температуры плавления жирового компонента давление гомогенизации на первой ступени должно составлять не менее 9 МПа. Однако наличие высокоплавких глицеридов существенно влияет на температурные режимы

гомогенизации, при которых достигается высокая дисперсность жировой фазы. Так, рациональная температура гомогенизации эмульсий с ПМ должна составлять не менее 55 °С, с КЖ – 60–65 °С, а с ЗМЖ – 65–70 °С.

Таблица 4. Физические характеристики гомогенизированных эмульсий ($P \geq 0,95$, $n=5$)
Table 4. Physical characteristics of homogenized emulsions ($P \geq 0.95$, $n=5$)

Давление, МПа	Температура, °С							
	55		60		65		70	
	У, проц.	дсп., мкм	У, проц.	дсп., мкм	У, проц.	дсп., мкм	У, проц.	дсп., мкм
ПМ								
8,0±2,0	98,5±1,6	3,72±0,07	98,8±1,9	2,40±0,05	99,1±2,5	2,20±0,06	96,20±1,8	2,02±0,04
9,0±2,0	100,0	2,03±0,05	100,0	1,86±0,03	100,0	1,87±0,03	99,40±1,5	1,90±0,06
10,0±2,5	100,0	1,97±0,06	100,0	1,80±0,03	100,0	1,74±0,04	100,0	1,80±0,06
11,0±2,5	100,0	1,92±0,06	100,0	1,81±0,04	100,0	1,78±0,04	100,0	1,77±0,03
12,0±3,0	100,0	1,89±0,05	100,0	1,79±0,03	100,0	1,70±0,05	100,0	1,69±0,05
КЖ								
8,0±2,0	98,6±1,8	4,00±0,1	99,4±2,3	2,76±0,07	99,6±1,9	2,21±0,07	99,8±2,8	2,10±0,06
9,0±2,0	99,0±1,5	3,60±0,09	100,0	1,99±0,06	100,0	1,95±0,07	100,0	1,90±0,05
10,0±2,5	99,0±2,0	3,21±0,05	100,0	1,94±0,06	100,0	1,90±0,05	100,0	1,85±0,04
11,0±2,5	99,4±1,6	2,59±0,09	100,0	1,93±0,05	100,0	1,85±0,06	99,6±2,0	1,80±0,06
12,0±3,0	99,8±1,7	2,41±0,06	100,0	1,85±0,05	100,0	1,80±0,04	99,6±2,2	1,78±0,03
ЗМЖ								
8,0±2,0	99,3±2,1	4,28±0,08	100,0	3,18±0,04	100,0	2,41±0,05	100,0	2,16±0,07
9,0±2,0	99,3±1,9	4,02±0,06	100,0	2,95±0,05	100,0	1,98±0,05	100,0	1,93±0,05
10,0±2,5	99,5±2,5	3,81±0,06	100,0	2,59±0,03	100,0	1,95±0,06	100,0	1,87±0,06
11,0±2,5	99,6±1,7	3,02±0,04	99,2±3,0	2,38±0,05	100,0	1,86±0,03	100,0	1,83±0,05
12,0±3,0	100,0	3,04±0,04	99,2±2,1	2,20±0,02	100,0	1,83±0,04	100,0	1,80±0,03

Таким образом, результатом исследований является разработанный авторами состав “растительных сливок” и научно обоснованные режимы гомогенизации систем с различной температурой плавления жировой фазы.

Стабильный и высокодисперсный жировой полуфабрикат может быть использован в процессе дальнейшей разработки технологий молокосодержащих продуктов для специального питания людей с высокой физической нагрузкой – спортсменов и военнослужащих.

Выводы

1. Для получения и стабилизации эмульсий прямого типа с массовой долей жира 30 % рекомендовано применять высокоплавкие эмульгаторы марок Эстер П твердый и Эстер твердый (Т2).
2. Установлено синергетическое взаимодействие между технологически эффективным эмульгатором Т-2 и казеинатом натрия при их соотношениях в диапазоне от

1:6,9 до 1:8,9, что позволяет получать высокостабильные пищевые эмульсии прямого типа.

3. Установлены рациональные температурные режимы гомогенизации для эмульсий на основе жировых компонентов с различной температурой плавления.

Литература

1. Твердохлеб А. В. О производстве спредов с точки зрения маслодела / А. В. Твердохлеб // Продукты & Ингредиенты . – 2008. – №5. – С. 64-67.
2. Ерьско Г. А., Гуляев-Зайцев С. С., Кимачинский С. И., Нарижный С. А. Эффективное оборудование для производства технологически стойких жировых эмульсий // Молочна промисловість. 2008. № 4 (47). С. 55–57.
3. Vlaseva R., Ivanova M. Study the stability of emulsions produced by complete replacement of milk fat with soybean oil // Journal of EcoAgriTourism. 2012. Vol. 8, No. 2. P. 275–279.
4. Charman W. N., Porter C. J., H., Mithani S., Dressman J. B. Physico-chemical and physiological

Из таблицы 4 следует, что вне зависимости от температуры плавления жирового компонента давление гомогенизации на первой ступени должно составлять не менее 9 МПа. Однако наличие высокоплавких глицеридов существенно влияет на температурные режимы

гомогенизации, при которых достигается высокая дисперсность жировой фазы. Так, рациональная температура гомогенизации эмульсий с ПМ должна составлять не менее 55 °С, с КЖ – 60–65 °С, а с ЗМЖ – 65–70 °С.

Таблица 4. Физические характеристики гомогенизированных эмульсий ($P \geq 0,95$, $n=5$)
Table 4. Physical characteristics of homogenized emulsions ($P \geq 0.95$, $n=5$)

Давление, МПа	Температура, °С							
	55		60		65		70	
	У, проц.	дсп., мкм	У, проц.	дсп., мкм	У, проц.	дсп., мкм	У, проц.	дсп., мкм
ПМ								
8,0±2,0	98,5±1,6	3,72±0,07	98,8±1,9	2,40±0,05	99,1±2,5	2,20±0,06	96,20±1,8	2,02±0,04
9,0±2,0	100,0	2,03±0,05	100,0	1,86±0,03	100,0	1,87±0,03	99,40±1,5	1,90±0,06
10,0±2,5	100,0	1,97±0,06	100,0	1,80±0,03	100,0	1,74±0,04	100,0	1,80±0,06
11,0±2,5	100,0	1,92±0,06	100,0	1,81±0,04	100,0	1,78±0,04	100,0	1,77±0,03
12,0±3,0	100,0	1,89±0,05	100,0	1,79±0,03	100,0	1,70±0,05	100,0	1,69±0,05
КЖ								
8,0±2,0	98,6±1,8	4,00±0,1	99,4±2,3	2,76±0,07	99,6±1,9	2,21±0,07	99,8±2,8	2,10±0,06
9,0±2,0	99,0±1,5	3,60±0,09	100,0	1,99±0,06	100,0	1,95±0,07	100,0	1,90±0,05
10,0±2,5	99,0±2,0	3,21±0,05	100,0	1,94±0,06	100,0	1,90±0,05	100,0	1,85±0,04
11,0±2,5	99,4±1,6	2,59±0,09	100,0	1,93±0,05	100,0	1,85±0,06	99,6±2,0	1,80±0,06
12,0±3,0	99,8±1,7	2,41±0,06	100,0	1,85±0,05	100,0	1,80±0,04	99,6±2,2	1,78±0,03
ЗМЖ								
8,0±2,0	99,3±2,1	4,28±0,08	100,0	3,18±0,04	100,0	2,41±0,05	100,0	2,16±0,07
9,0±2,0	99,3±1,9	4,02±0,06	100,0	2,95±0,05	100,0	1,98±0,05	100,0	1,93±0,05
10,0±2,5	99,5±2,5	3,81±0,06	100,0	2,59±0,03	100,0	1,95±0,06	100,0	1,87±0,06
11,0±2,5	99,6±1,7	3,02±0,04	99,2±3,0	2,38±0,05	100,0	1,86±0,03	100,0	1,83±0,05
12,0±3,0	100,0	3,04±0,04	99,2±2,1	2,20±0,02	100,0	1,83±0,04	100,0	1,80±0,03

Таким образом, результатом исследований является разработанный авторами состав “растительных сливок” и научное обоснованные режимы гомогенизации систем с различной температурой плавления жировой фазы.

Стабильный и высокодисперсный жировой полуфабрикат может быть использован в процессе дальнейшей разработки технологий молочносодержащих продуктов для специального питания людей с высокой физической нагрузкой – спортсменов и военнослужащих.

Выводы

1. Для получения и стабилизации эмульсий прямого типа с массовой долей жира 30 % рекомендовано применять высокоплавкие эмульгаторы марок Эстер П твердый и Эстер твердый (Т2).
2. Установлено синергетическое взаимодействие между технологически эффективным эмульгатором Т-2 и казеинатом натрия при их соотношениях в диапазоне от

1:6,9 до 1:8,9, что позволяет получать высокостабильные пищевые эмульсии прямого типа.

3. Установлены рациональные температурные режимы гомогенизации для эмульсий на основе жировых компонентов с различной температурой плавления.

Литература

1. Твердохлеб А. В. О производстве спредов с точки зрения маслодела / А. В. Твердохлеб // Продукты & Ингредиенты . – 2008. - №5. – С. 64-67.
2. Ерьско Г. А., Гуляев-Зайцев С. С., Кимачинский С. И., Нарижный С. А. Эффективное оборудование для производства технологически стойких жировых эмульсий // Молочна промисловість. 2008. № 4 (47). С. 55–57.
3. Vlaseva R., Ivanova M. Study the stability of emulsions produced by complete replacement of milk fat with soybean oil // Journal of EcoAgriTourism. 2012. Vol. 8, No. 2. P. 275–279.
4. Charman W. N., Porter C. J., H., Mithani S., Dressman J. B. Physico-chemical and physiological

- mechanisms for the effects of food on drug absorption: The role of lipids and pH // *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 1997. Vol. 86(3). P. 269–282.
5. **Hur S. J., Decker E. A., McClements D. J.** Influence of initial emulsifier type on microstructural changes occurring in emulsified lipids during *in vitro* digestion // *Food Chemistry*. 2009. Vol. 114, Iss. 1. P. 253–262.
 6. **Keeman T. W., Moon T. W.** Lipid globules retain globule membrane material after homogenization // *Journal of Dairy Science*. 1983. Vol. 66, No. 2. P. 196–203.
 7. **Каниюкова О. И.** Разработка технологии сметанного продукта с регулируемым жирнокислотным составом / Автореф. дисс. канд. техн. наук. С.-Петербург. 2004. 20 с.
 8. **Кузнецов С. А., Кольцов Н. И.** Определение гидрофильно-липофильного баланса ПАВ на основе растительных масел и полиэтиленгликолей // *Вестник Чувашского университета*. 2006. № 2. С. 17.
 9. **Соколова Л. С.** Использование прямых микроэмульсий для извлечения, разделения и высокочувствительного хроматографического определения биологически активных веществ / Дис. канд. техн. наук. Москва, МГУ, 2015. 138 с.
 10. **Pradines V., Fainerman V. B., Aksenenko E. V., Kragel J., Wustneck W., Miller R.** Adsorption of porotein-surfactant complexes at the water/oil interface // *Langmuir*. 2011. Vol. 27, No. 3. P. 965–971.
 11. **Шаволина М. А., Шуняева О. Б., Лопатина М. И.** Изучение влияния структурообразователей на стойкость молочно-жировой эмульсии в производстве сырного продукта // *Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития [Электронный ресурс]: Сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов / ФГБОУ ВПО "ТГТУ"*. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2015. Вып. VI. С. 117–120.
 12. **Нарижный С. А.** Влияние технологических факторов на эмульгирование жира в роторно-вихревом эмульгирующем устройстве // *Молочная промышленность*. 2007. № 5(40). С. 43–45.
 13. **Surel C., Fouquier J., Perrot N., Mackie A., Garnier C., Riaublanc A., Anton M.** Composition and structure of interface impacts texture of O/W emulsions // *Food Hydrocolloids*. 2014. Vol. 34. P. 3–9.
 14. **Gülseren İ., Corredig M.** Interactions at the interface between hydrophobic and hydrophilic emulsifiers: Polyglycerol polyricinoleate (PGPR) and milk proteins, studied by drop shape tensiometry // *Food Hydrocolloids*. 2012. Vol. 29, Iss. 1. P. 193–198.

G. Polishchuk, G. Simakhina, I. Ustimenko, V. Doroshenko, R. Ramanauskas

SCIENTIFIC BASIS FOR THE COMPOSITION OF EMULSIONS TO NORMALIZE THE PROTEIN-AND-FAT PRODUCTS

Summary

The composition of emulsions containing a complex of oleophilic and hydrophilic surface-active substances was scientifically proved in this article with a purpose to obtain the fat concentrates to normalize milk-containing foodstuffs.

The authors have conducted the comparative analysis of technological efficacy of several emulsifiers used to get emulsions of direct type with a 30-percent mass portion of fat. Refined deodorized corn oil, fatty mixture balanced by fatty-oils compound, and milk fat substitute obtained by enzyme re-etherification were all used as the fat phase of emulsions. We also studied the following physical characteristics of emulsions, as the criteria for technological efficacy: surface strengthening, stability, average diameter of fat balls. Surface strengthening was determined by stalagmometric method; stability of emulsions by centrifuging in tubes; the dimensions of fat balls by light microscopic examination.

We also studied the specifications of complex influence of oleophilic and hydrophilic surface-active substances on emulsions' physical characteristics. It has been established that the greatest emulsifying capacity and exhibit stabilizing complexes consisting of T-2 emulsifier and sodium caseinate in ratios ranging from 1:6.9 to 1:8.9.

Therefore, we have set up the regularities of influence of polyglycerin-based fat-soluble emulsifiers on the melting temperature of fat phase of different nature. Recommended pressure for two-stage homogenization for all of the researched systems is 8–9 MPa on the first stage and 2–2.5 MPa on the second. Reasonable temperature of homogenization for the systems with liquid plant oil is set between 55–60 °C; with fat mixture 60–65 °C, and with fat substitute 65–70 °C. Due to the synergetic interactions of emulsifiers of different nature, we have obtained the stable small-dispersion emulsions of direct type, with average diameter of fat balls no more than 2 micrometers.

Emulsions with high sedimentation stability in the composition of protein-and-fat foodstuffs are recommended for people with high physical load.

Keywords: fat phase, emulsions, emulsifier, protein-and-fat foodstuffs.

G. Poliščiuk, G. Simachina, I. Ustimenko, V. Dorošenko,
R. Ramanauskas

**EMULSIJŲ, SKIRTŲ BALTYMINGIEMS-
RIEBALINGIEMS PRODUKTAMS
NORMALIZUOTI, SUDĖTIES MOKSLINIS
PAGRINDIMAS**

Santrauka

Palygintas emulgatorių, naudojamų tiesioginio tipo emulsijoms (riebalų masės dalis 30 %) gauti, technologinis efektyvumas. Emulsijų riebalų fazei buvo naudoti: rafinuotas dezodoruotas kukurūzų aliejus, subalansuoti pagal riebalų rūgščių sudėtį kupažuoti riebalai, pieno riebalų pakaitalas, gautas fermentų peresterinimo metodu.

Nustatyta, kad optimalus dviejų pakopų homogenizavimo slėgis visoms tirtoms sistemoms yra 9–10 MPa I pakopoje ir 2–2,5 MPa II pakopoje. Sistemų su skystais augaliniais aliejais optimali homogenizavimo temperatūra – 55–60 °C, su kupažuotais riebalais – 60–65 °C, su pieno riebalų pakaitalais – 65–70 °C.

Aukšto sedimentacinio stabilumo emulsiją rekomenduojama naudoti, gaminant baltymingus-riebalingus produktus, skirtus žmonių, patiriančių didelius fizinius krūvius, specialiam maitinimui.

Raktažodžiai: riebalų fazė, emulgatorius, emulsijos, baltymingi-riebalingi produktai.