УДК 664.3.033.1

DOI 10.29141/2500-1922-2021-6-3-9

Получение стабильных эмульсионных систем

О.В. Феофилактова^{1*}, Н.В. Заворохина¹, В.В. Лабетский¹

¹Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация, *e-mail: feofiov@usue.ru

Ключевые слова:

эмульсионные соусы;
ультразвуковая
гомогенизация;
стойкость эмульсии;
технологические
параметры;
органолептическая
оценка качества

Реферат

Рассмотрена технология получения эмульсионных соусов на основе оливкового, тыквенного масел, масла виноградной косточки, сока лимона и грейпфрута и других ингредиентов с помощью ультразвуковой кавитации и поверхностно-активного вещества Tween 80. Целью исследования являлась разработка эмульсионной системы – соусов с улучшенными характеристиками стабильности для увеличения их сохранности. Исследованы органолептические показатели качества модельных образцов соусов и стойкость эмульсии. Оптимальные технологические параметры получения соусов – мощность, амплитуда, продолжительность воздействия и оптимальное количество вносимого ПАВ – были определены на основе анализа размера капель дисперсной фазы и стойкости эмульсий. Установлено, что диапазон мощности 50 % является наиболее эффективным, поскольку полученный при этом размер капель дисперсной фазы минимален. Оптимальное время обработки – 10 мин при мощности ультразвукового воздействия 600 Вт. Оптимальное количество вносимого ПАВ – 1 %. В данных условиях эмульсии характеризуются максимально однородным распределением капель дисперсной фазы, средний диаметр которых находится в пределах от 6,1 мкм до 7,7 мкм. Исследования подтвердили высокую стойкость эмульсий и стабильность значений органолептических показателей в течение 28 сут.

Для цитирования: Феофилактова О.В., Заворохина Н.В., Лабетский В.В. Получение стабильных эмульсионных систем // Индустрия питания/Food Industry. 2021. Т. 6, № 3. С. 76–83. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-3-9

Дата поступления статьи: 18 августа 2021 г.

Stable Emulsion Systems Production

Olga V. Feofilaktova^{1*}, Natalia V. Zavorokhina¹, Vladislav V. Labetskiy¹

¹Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russian Federation, *e-mail: feofiov@usue.ru

Keywords:

emulsion sauces;
ultrasonic
homogenization;
emulsion stability;
technological
parameters;
organoleptic quality
assessment

Abstract

The article concerns the technology of obtaining emulsion sauces based on olive oil, pumpkin oil, grape seed oil, lemon and grapefruit juice and other ingredients using ultrasonic cavitation and the surfactant Tween 80. The study aim was to develop an emulsion system-sauces with improved stability characteristics to increase their preservation. A man studied the organoleptic indicators of the quality of model sauces samples and the stability of the emulsion at various technological parameters. The researchers determined the optimal technological parameters for producing sauces, such as power, amplitude, exposure duration and the optimal amount of surfactant introduced based on the droplet size analysis of the dispersed phase and the emulsions stability. They revealed that the power range of 50 % was the most effective, since the resulting droplet size of the dispersed phase was minimal. The optimal processing time was 10 minutes with an ultrasonic power of 600 watts. The optimal amount of applied surfactant was 1 %. Under these conditions, the emulsions have the most uniform

droplets distribution of the dispersed phase, the average diameter of which is in the range from 6.1 microns to 7.7 microns. Study confirmed the high emulsions stability and organoleptic parameters values stability for 28 days.

For citation: Olga V. Feofilaktova, Natalia V. Zavorokhina, Vladislav V. Labetskiy. Stable Emulsion Systems Production. Индустрия питания/Food Industry. 2021. Vol. 6, No. 3. Pp. 76–83. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-3-9

Paper submitted: August 18, 2021

Введение

Эмульсионные пищевые продукты обычно изготавливаются с использованием в качестве основных ингредиентов воды, масел; в роли вспомогательных ингредиентов, как правило, выступают эмульгаторы и компоненты, способствующие формированию органолептических свойств готового продукта.

Кроме того, большинство пищевых продуктов (напитки, соусы, десерты и т. д.) изначально представляют собой эмульсии. Эмульсионная основа позволяет легко включать в состав пищевых продуктов функциональные пищевые ингредиенты (биоактивные соединения), обладающие липо- и гидрофильными свойствами, что может повысить стабильность, функциональность и способствовать их контролируемому высвобождению в организме человека. Технология эмульгирования достаточно изучена на примере таких пищевых продуктов, как молоко и молочные продукты, майонез, напитки, десерты и т. д. [1; 2; 3].

Эмульсионные системы были в основном разработаны для улучшения растворимости и повышения биодоступности липофильных соединений при включении их в функциональные пищевые продукты [4]. Несмотря на то, что существует много других подходов (использование липосом, мицелл, гидрогелей и других нанодисперсий, которые улучшают диспергируемость в воде, биодоступность и химическую стабильность липофильных соединений), эмульгирование имеет исключительные преимущества, особенно в пищевой промышленности [5; 6]. Исходя из вышеизложенного, производство эмульсионных пищевых продуктов, являющихся системой доставки функционального пищевого продукта (ФПИ), можно рассматривать как перспективное направление развития пищевой промышленности.

Существенным фактором, который необходимо учитывать перед формированием эмульсии для идеальной инкапсуляции и контролируемого высвобождения биологически активных веществ, является выбор 1) масляной фазы и 2) подходящего эмульгатора.

Масляная фаза действует как носитель для липофильных активных веществ – ароматизаторов, питательных веществ, витаминов, красителей и т. д. В качестве масляной фазы следует рассматривать масла с высоким содержанием полиненасы-

щенных триглицеридов, в том числе масла, содержащие ω -3 жирные кислоты, так как они характеризуются функциональными свойствами.

Кроме выполнения двух указанных выше основных требований, необходимо учитывать стабильность эмульсии. Чем выше стабильность эмульсии, тем длительнее срок хранения. Стабильная эмульсия помогает поддерживать как физико-химические свойства ФПИ при более длительном хранении [7], так и поведение эмульсии с целью достижения контролируемого их высвобождения¹.

Проведенные ранее исследования получения эмульсий с помощью ультразвуковой гомогенизации подтверждают простоту и эффективность данного метода. Также установлено, что применение ультразвука является более эффективным методом по сравнению с другими механическими методами с точки зрения тонкости эмульсии и высокой энергоэффективности [8–13]. Исследования долгосрочной стабильности эмульсий под воздействием различных факторов ранее не проводились.

Целью исследования явилась разработка эмульсионной системы – соусов с улучшенными характеристиками стабильности для увеличения их сохраняемости.

Стабильность эмульсии – важный параметр, на который могут повлиять изменения, происходящие в ее составе, а также внешние факторы. Представляется важным выбрать наилучшие технологические параметры, которые будут способствовать высокой стабильности соусов в условиях энергоэффективности.

Материалы и методы исследования

В исследовании использовались растительные масла промышленного производства:

- оливковое масло (производитель – Filippo Berio Extra Virgin, Виа Монтрамино, Массароса, Италия);
- масло виноградной косточки (производитель – Monini, Италия)

¹Патент РФ 2580129 С2. МПК: А23D 7/005; А23L 27/60. Новый способ получения стабилизированной пищевой эмульсии масло-в-воде, не содержащей пищевых добавок: / У. Штруфферт, П. Левандовский, П. Вердейе; патентообладатель: Бунге ЗРт. Заявка № 2013138630/13; заявлено: 03.02.2012; опубликовано: 10.04.2016. Бюл. № 10.

- тыквенное (производитель – ООО «Агросель-пром-Р», Москва, Россия);
- поверхностно-активное вещество Tween 80 (Polysorbate 80) (производитель – ООО «Сибтехнофарм», Новосибирск, Россия);
- свежевыжатые соки лимона и грейпфрута;
- горчица столовая – ТУ 9169-005-53904500-04;
- чеснок – ГОСТ 33562-2015;
- соль поваренная пищевая – по ГОСТ Р 51574-2018).

Процесс гомогенизации эмульсионных соусов осуществляли на ультразвуковом гомогенизаторе Sonics, модель VCX 750 (Sonics & Materials, Inc., USA).

Первоначально готовили эмульсии, содержащие ПАВ – Tween 80, 0,5–1,5 %, сок (грейпфрута или лимона) и растительное масло (тыквенное, оливковое или масло виноградной косточки). Полученные эмульсии подвергали ультразвуковой обработке высокой интенсивности при рабочей частоте 20 кГц и амплитуде 40–70 % с использованием ультразвукового гомогенизатора мощностью 750 Вт, оснащенного зондом диаметром 13 мм. Далее в подготовленные эмульсии вводились вкусоароматические ингредиенты (чеснок, горчица, соль).

Получены и исследованы три модельных образца эмульсионных соусов:

- *модельный образец № 1* – приготовлен на основе оливкового масла и сока грейпфрута;
- *модельный образец № 2* – в качестве основных ингредиентов включал тыквенное масло и сок лимона;
- *модельный образец № 3* – содержал масло виноградной косточки и сок лимона.

Соотношение масла и сока в рецептурах модельных образцов соусов составляло 2 : 1.

Приготовленные соусы хранили в темном месте при температуре 2–4 °С. В процессе исследования варьировались время обработки ультразвуком и амплитуда мощности для исследования влияния условий кавитации на качество и физико-химические свойства соусов.

Размер капель дисперсной фазы определяли микроскопически с помощью оптического микроскопа Ломо Полам Л 213 М сразу после приготовления соуса, а также на 3; 7; 14; 21 и 28-е сут хранения.

Для оценки стойкости эмульсии пробы образцов центрифугировались с помощью высокоскоростной лабораторной центрифуги LC-04A Agmed в течение 5 мин со скоростью вращения 1500 об/мин. Затем пробы с образцами помещались в кипящую воду, выдерживались 3 мин и снова подвергались центрифугированию в течение 5 мин со скоростью вращения 1500 об/мин согласно стандартной методике (ГОСТ Р 53590-

2009). Оценивание разделения фаз и расчет объема неразрушенной эмульсии производили по следующей формуле:

$$X = 10V,$$

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

Стойкость модельных образцов соусов определяли непосредственно после их получения, а также через 3; 7; 14; 21 и 28 сут хранения.

Органолептические свойства соусов оценивали по таким показателям, как внешний вид, консистенция, цвет, вкус и запах в соответствии с ГОСТ 31986-2012, ГОСТ 32691-2014, ГОСТ ISO 5492-2014, ГОСТ Р 53161.

Исследования проводились в трехкратной повторности.

Полученные результаты обработаны с применением стандартных методов статистического, корреляционного анализа (пакет прикладных программ MS Excel). Результаты представлены в виде средних значений, а также стандартного отклонения.

Результаты исследования и их обсуждение

Ниже представлены результаты исследований влияния различных концентраций поверхностно-активного вещества, вида масла и технологических параметров гомогенизации на тонкость и стойкость эмульсии.

Размер капель дисперсной фазы в эмульсии очень важен для определения оптических, а также физико-химических свойств (например, таких как ее стойкость).

Полученные в ходе исследования изображения были обработаны с применением программных средств; на основе результатов построена диаграмма распределения размеров капель дисперсной фазы в эмульсионных соусах. Средний размер капель дисперсной фазы, полученных путем варьирования а) концентрации поверхностно-активного вещества, вида масла и сока и б) параметров обработки ультразвуком, находился в диапазоне от 6,1 мкм до 7,7 мкм (рис. 1, 2).

При фиксированных условиях концентрации масла и времени обработки ультразвуком увеличение уровней поверхностно-активного вещества с 0,5 % до 1,5 % привело к значительному уменьшению размеров капель дисперсной фазы. Вид масла не оказывал существенного влияния на размер капель дисперсной фазы при использовании эмульгаторов. Продолжительность обработки эмульсии ультразвуком до определенного момента напрямую влияет на изменение размера капель. Однако по истечении 10 мин размер капель менялся незначительно (рис. 2).

Рис. 1. Размер и распределение капель дисперсной фазы в эмульсии в зависимости от:
а) концентрации ПАВ; б) вида основных ингредиентов; в) продолжительности обработки ультразвуком

Fig. 1. Size and Droplets Distribution of the Dispersed Phase in the Emulsion Depending On:
a) Surfactants Concentration; b) Main Ingredients Type; c) Ultrasound Treatment Duration

Рис. 2. Размер капель дисперсной фазы в эмульсионных соусах в зависимости от продолжительности ультразвуковой гомогенизации: а) 3 мин; б) 6 мин; в) 9 мин

Fig. 2. Droplets Size of the Dispersed Phase in Emulsion Sauces, Depending on the Ultrasonic Homogenization Duration:
a) 3 min; b) 6 min; c) 9 min

Стойкость эмульсии повышалась после определенного времени обработки ультразвуком в зависимости от других параметров процесса (рис. 3). При увеличении продолжительности обработки ультразвуком вероятность слияния капель дисперсной фазы снижается. Кроме того, эффект кавитации способствует равномерному распределению капель дисперсной фазы по размерам. Исследования показали, что при увеличении продолжительности обработки ультразвуком диапазон распределения капель дисперсной фазы по размерам уменьшился.

Для достижения высокой степени диспергирования масляной фазы в водной фазе и водной фазы в масляной необходима энергия для разрушения границы раздела масло-вода и вода-масло. С помощью ультразвуковой кавитации силы сдвига приводят к разрушению крупных капель на более мелкие. Для определения степени влияния мощности ультразвука на размер капель варьировались количество и амплитуда мощности с 40 до 70 % с шагом 10 %. Было замечено, что размер капель уменьшался с увеличением мощности (рис. 3а). Минимальный размер капель был получен при амплитуде 50 % и мощности 600 Вт после 10 мин обработки ультразвуком. Кроме того, стойкость эмульсии также увеличилась из-за высокого рассеяния энергии при данной амплитуде. При данных параметрах эмульсия становилась полностью стабильной даже через 3 мин обработки ультразвуком.

Важным показателем эмульсий, применяемых в качестве основы для производства пищевых продуктов, является их стойкость. Для определения стойкости эмульсий в процессе хранения проводили исследования их кинетической стабильности. Известно, что под воздействием центробежной силы и высоких температур увеличивается броуновское движение капель эмульсии,

что приводит к ускорению процесса коалесценции. У физически стабильной эмульсии данные процессы не наблюдаются.

Исследования показали кинетическую стабильность модельных образцов соусов – отсутствие седиментации и значительного изменения размеров капель дисперсной фазы на протяжении всего периода хранения (рис. 4).

Рис. 4. Динамика стойкости эмульсии модельных образцов соусов в процессе хранения
Fig. 4. Emulsion Stability Dynamics of Model Sauces Samples during Storage

Использование эмульгатора и ультразвуковой кавитации при указанных выше оптимальных технологических параметрах позволило сформировать тонкодисперсную структуру и кинетическую стабильность эмульсионных соусов. Модельные образцы соусов, приготовленные по параметрам, отличным от оптимальных, характеризовались эффектом седиментации, увеличением размера капель под воздействием центробежной силы.

а)

б)

Рис. 3. Зависимости размера капель дисперсной фазы и стойкости эмульсии от технологических параметров:
а) размера капель дисперсной фазы от мощности и продолжительности обработки;
б) стойкости эмульсии от мощности и продолжительности обработки

Fig. 3. Dependences of the Droplets Size of Dispersed Phase and Emulsion Stability on the Technological Parameters:
а) Droplets Size of the Dispersed Phase on the Power and Duration of Processing;
б) Emulsion Stability on the Power and Duration of Processing

Оценку качества модельных образцов соусов проводили по разработанной балльной шкале, отражающей следующие показатели: внешний вид, вкус, запах, цвет и консистенция. Полученные соусы характеризовались высокими значениями показателей качества на протяжении всего периода хранения (рис. 5).

Рис. 5. Профилограммы органолептических показателей модельных образцов эмульсионных соусов:
а) после изготовления; б) на 28-е сутки хранения

Fig. 5. Profilograms of Model Samples Organoleptic Parameters of Emulsion Sauces:
a) after Manufacture; b) 28 Days of Storage

На данном этапе исследования ограничились 28 сутками хранения, поскольку необходимо было провести исследования физико-химических изменений, происходящих в соусах под воздействием ультразвуковой обработки, вызванных тем, что кавитационные эффекты могут инициировать гидролиз жиров из-за наличия посторонних свободных радикалов, образующихся во время ультразвуковой обработки, а также исследования микробиологических показателей, являющихся ограничением для использования соусов в пищу при несоответствии их значений предъявляемым требованиям.

Выводы

Определены оптимальные технологические параметры получения стабильных эмульсионных систем – соусов, приготовленных на основе оливкового, тыквенного масел, масла виноградной косточки, сока лимона и сока грейпфрута с использованием поверхностно-активного вещества Tween 80 (Polysorbate 80).

Установлено, что амплитуда колебаний 50 % является наиболее эффективной, поскольку полученный размер капель при данном значении был самым низким; оптимальное время обработки – 10 мин при мощности ультразвукового воздействия 600 Вт. Оптимальное количество вносимого ПАВ – 1 %. Такие технологические параметры позволяют получить эмульсии с максимально однородным распределением капель дисперсной фазы, средний диаметр которых находится в пределах от 6,1 мкм до 7,7 мкм. Вид масла существенного влияния на параметры эмульсии не оказывал.

Исследования подтвердили высокую стойкость эмульсионных соусов в течение 28 сут, которую определяли с помощью центрифугирования и испытаний на термическую нагрузку. Размер капель не изменился после анализа кинетической стабильности эмульсии.

Полученные эмульсионные соусы могут быть внедрены в производство при проведении дополнительных физико-химических и микробиологических исследований.

Библиографический список

1. McClements, D.J. Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques, Second Edition (2nd ed.). CRC Press: Boca Raton. 2004. 632 p. eBook ISBN 9780429123894. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420039436>.
2. Антипова Л.В., Фаустова Э.В., Успенская М.Е., Сторублевцев С.А. Эмульсии в технологии производства пищевых продуктов // Успехи современного естествознания. 2012. № 6. С. 129.

Bibliography

1. McClements, D.J. Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques, Second Edition (2nd ed.). CRC Press: Boca Raton. 2004. 632 p. eBook ISBN 9780429123894. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420039436>.
2. Antipova, L.V.; Faustova, E.V.; Uspenskaya, M.E.; Storublevcev, S.A. Emul'sii v Tekhnologii Proizvodstva Pishchevyh Produktov [Emulsions in Food Production Technology]. Uspekhi Sovremennogo Estestvoznaniya. 2012. No. 6. Pp. 129.

3. Hélder, D.S.; Miguel, A.C.; António, A.V. Influence of Surfactant and Processing Conditions in the Stability of Oil-in-water Nanoemulsions. *Journal of Food Engineering*. 2015. Vol. 167. Part B. Pp. 89–98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.07.037>.
4. Acosta, E. Bioavailability of Nanoparticles in Nutrient and Nutra-ceutical Delivery. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2009. Vol. 14. Iss. 1. Pp. 3–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2008.01.002>.
5. Кочеткова А.А. Пищевые эмульсии и эмульгаторы: некоторые научные обобщения и практические подробности // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. 2002. № 2. С. 8–13.
6. Баронов В.И., Куленко В.Г., Фиалкова Е.А. Вихревая гомогенизация как возможность получения качественных пищевых эмульсий // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2015. № 1 (10). С. 19–20.
7. Феофилактова О.В. Системный подход к моделированию эмульсионных функциональных пищевых продуктов высокой биодоступности // Индустрия питания | Food Industry. 2020. Т. 5, № 4. С. 45–51. DOI: <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2020-5-4-7>.
8. Shanmugam, A.; Ashokkumar, M. Ultrasonic Preparation of Stable Flax Seed Oil Emulsions in Dairy Systems – Physicochemical Characterization. *Food Hydrocolloids*. 2014. Vol. 39. Pp. 151–162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.01.006>.
9. Krasulya, O.; Potoroko, I.; Tsurulnichenko, L.; Khmelev, S.; Bogush, V.; Anandan, S. Sonochemical Effects on Food Emulsions. *Agronomy Research*. 2018. Vol. 16. Spec. Iss. 2. Pp. 1396–1404. DOI: <http://dx.doi.org/10.15159/ar.18.101>.
10. Alzorqi, I.; Ketabchi, M.R.; Sudheer, S.; Manickam, S. Optimization of Ultrasound Induced Emulsification on the Formulation of Palm-Olein Based Nanoemulsions for the Incorporation of Antioxidant β -D-glucan Polysaccharides. *Ultrason Sonochem*. 2016. Vol. 31. Pp. 71–84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.12.004>.
11. Красуля О.Н., Богущ В.И., Хмелев С.С., Потороко И.Ю., Цирульниченко Л.А., Канина К.А., Ющина Е.А., Анандан С., Сивашанмугам П. Сонохимическое воздействие на пищевые эмульсии // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2017. Т. 5, № 2. С. 38–48. DOI: <https://doi.org/10.14529/food170206>.
12. Капустин С.В., Красуля О.Н. Применение ультразвуковой кавитации в пищевой промышленности // Интерактивная наука. 2016. № 2. С. 101–103. DOI: <https://doi.org/10.21661/r-18916>.
13. Кюрегян Г.П., Комаров Н.В., Кюрегян О.Д. Применение кавитационного эффекта при производстве эмульсий длительного хранения для различных отраслей промышленности // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2015. № 1–2. С. 29–32.
3. Hélder, D.S.; Miguel, A.C.; António, A.V. Influence of Surfactant and Processing Conditions in the Stability of Oil-in-water Nanoemulsions. *Journal of Food Engineering*. 2015. Vol. 167. Part B. Pp. 89–98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.07.037>.
4. Acosta, E. Bioavailability of Nanoparticles in Nutrient and Nutra-ceutical Delivery. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2009. Vol. 14. Iss. 1. Pp. 3–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2008.01.002>.
5. Kochetkova, A.A. Pishchevye Emul'sii i Emul'gatory: Nekotorye Nauchnye Obobshcheniya i Prakticheskie Podrobnosti [Food Emulsions and Emulsifiers: Some Scientific Generalizations and Practical Details]. *Pishchevye Ingredienty: Syr'e i Dobavki*. 2002. No. 2. Pp. 8–13.
6. Baronov, V.I.; Kulenko, V.G.; Fialkova, E.A. Vihrevaya Gomogenizatsiya kak Vozmozhnost' Polucheniya Kachestvennyh Pishchevyh Emul'sij [Vortex Homogenization as a Possibility of Obtaining High-Quality Food Emulsions]. *Ekonomika. Innovacii. Upravlenie Kachestvom*. 2015. No.1 (10). Pp. 19–20.
7. Feofilaktova, O.V. Sistemnyj Podhod k Modelirovaniyu Emul'sionnyh Funkcional'nyh Pishchevyh Produktov Vysokoj Biodostupnosti [Systematic Approach to Modeling Emulsion Functional Food Products of High Bioavailability]. *Industriya Pitaniya [Food Industry]*. 2020. Vol. 5. No. 4. Pp. 45–51. DOI: <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2020-5-4-7>.
8. Shanmugam, A.; Ashokkumar, M. Ultrasonic Preparation of Stable Flax Seed Oil Emulsions in Dairy Systems – Physicochemical Characterization. *Food Hydrocolloids*. 2014. Vol. 39. Pp. 151–162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.01.006>.
9. Krasulya, O.; Potoroko, I.; Tsurulnichenko, L.; Khmelev, S.; Bogush, V.; Anandan, S. Sonochemical Effects on Food Emulsions. *Agronomy Research*. 2018. Vol. 16. Spec. Iss. 2. Pp. 1396–1404. DOI: <http://dx.doi.org/10.15159/ar.18.101>.
10. Alzorqi, I.; Ketabchi, M.R.; Sudheer, S.; Manickam, S. Optimization of Ultrasound Induced Emulsification on the Formulation of Palm-Olein Based Nanoemulsions for the Incorporation of Antioxidant β -D-glucan Polysaccharides. *Ultrason Sonochem*. 2016. Vol. 31. Pp. 71–84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.12.004>.
11. Krasulya, O.N.; Bogush, V.I.; Hmelev, S.S.; Potoroko, I.Yu.; Cirul'nichenko, L.A.; Kanina, K.A.; Yushchina, E.A.; Anandan, S.; Sivashanmugam, P. Sonohimicheskoe Vozdejstvie na Pishchevye Emul'sii [Sonochemical Effect on Food Emulsions]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Pishchevye i Biotehnologii*. 2017. Vol. 5. No. 2. Pp. 38–48. DOI: <https://doi.org/10.14529/food170206>.
12. Kapustin, S.V.; Krasulya, O.N. Primenenie Ul'trazvukovoj Kavitatsii v Pishchevoj Promyshlennosti [Application of Ultrasonic Cavitation in the Food Industry]. *Interaktivnaya Nauka*. 2016. No. 2. Pp. 101–103. DOI: <https://doi.org/10.21661/r-18916>.
13. Kyuregyan, G.P.; Komarov, N.V.; Kyuregyan, O.D. Primenenie Kavitacionnogo Effekta pri Proizvodstve Emul'sij Dlitel'nogo Hraneniya dlya Razlichnyh Otrasley Promyshlennosti [Cavitation Effect Application in the Production of Long-Term Storage Emulsions for Various Industries]. *Vestnik Vserossijskogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta ZHirov*. 2015. No.1–2. Pp. 29–32.

Информация об авторах / Information about Authors

**Феофилактова
Ольга Владимировна**

Feofilaktova,
Olga Vladimirovna

Тел./Phone: +7 (343) 283-11-70

E-mail: feofiov@usue.ru

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии питания

Уральский государственный экономический университет

620144, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45

Candidate of Technical Science, Associate Professor, Associate Professor of the Food Technology Department

Ural State University of Economics

620144, Russian Federation, Ekaterinburg, 8 March/Narodnoy Voli St., 62/45

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1210-0845>

**Заворохина
Наталья Валерьевна**

Zavorokhina,
Natalia Valerievna

Тел./Phone: +7 (343) 221-17-70

E-mail: degustator@olympus.ru

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии питания

Уральский государственный экономический университет

620144, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45

Doctor of Technical Science, Associate Professor, Professor of the Food Technology Department

Ural State University of Economics

620144, Russian Federation, Ekaterinburg, 8 March/Narodnoy Voli St., 62/45

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5458-8565>

**Лабетский
Владислав Владимирович**

Labetskiy,
Vladislav Vladimirovich

Тел./Phone: +7 (343) 283-11-70

E-mail: vladislav.labetskiy@mail.ru

Аспирант кафедры технологии питания

Уральский государственный экономический университет

620144, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45

Post-Graduate Student of the Food Technology Department

Ural State University of Economics

620144, Russian Federation, Ekaterinburg, 8 March/Narodnoy Voli St., 62/45

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9240-3314>