

УДК 544.773.32

DOI: 10.46548/21vek-2022-1158-0013

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОЙ ЭМУЛЬСИИ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ПИХТЫ И КЕДРА**

© Автор(ы) 2022

ORCID: 0000-0001-6463-8036

**ГУРДА Мария Дмитриевна**, аспирант*Национальный исследовательский университет ИТМО**(197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, дом 49, литера А, e-mail: marusia-gurda@mail.ru)*

ORCID: 0000-0002-6736-2749

**ОМЕЛЯНЧУК Ольга Николаевна**, аспирант*Национальный исследовательский университет ИТМО**(197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, дом 49, литера А, e-mail: olua\_bad13@mail.ru)*

**Аннотация.** Интерес к ультразвуковой обработке основан на полезных свойствах данного вида воздействия на пищевые продукты. Например, обеззараживание, эмульгирование, интенсификация некоторых технологических процессов и так далее. Данные свойства можно объяснить факторами ультразвуковых колебаний: кавитационным эффектом, воздействием на сырье разрушающими силами, наличием микропотоков и, как следствие, повышением проницаемости сырья. При производстве молочной продукции – в частности цельного, обезжиренного, стуженного и сухого молока, кисломолочных продуктов, некоторых видов сыров, сливок и сметаны – применяется ультразвуковая гомогенизация. Данный вид обработки сырья также применяется и для обработки других жидкостей в пищевом производстве. Ультразвуковая обработка также используется в фармацевтической и косметической промышленности. Различные кремы, суспензии и эмульсии производят с применением УЗ-обработки. Генераторы, ванны и другое ультразвуковое оборудование позволяет смешивать «несмешивающиеся» жидкости, например, масло и воду, и получать коллоидные растворы, суспензии и эмульсии. По всему миру ведутся исследования на тему получения и изучения свойств данных растворов. Свойства эфирных масел пихты и кедра очень многообразны. Основные из них – это антибактериальные, противовоспалительные, противогрибковые и противовирусные. Сегодня очень много исследований ведется о противораковых свойствах данных масел. Также эфирные масла пихты и кедра способствуют ускорению метаболизма и уменьшению стресса.

**Ключевые слова:** эмульсия, эфирные масла, эфирное масло пихты, эфирное масло кедра, ультразвуковая обработка, наноэмульсия, стабильность эмульсии, эмульгирующие вещества.

**USING ULTRASONIC PROCESSING TO OBTAIN A STABLE EMULSION OF FIR AND CEDAR ESSENTIAL OILS**

© The Author(s) 2022

**GURDA Maria Dmitrievna**, postgraduate student**OMELYANCHUK Olga Nikolaevna**, postgraduate student*ITMO University**(197101, Russia, St. Petersburg, Kronverksky prospect, 49, letter A, e-mails: marusia-gurda@mail.ru, olua\_bad13@mail.ru)*

**Abstract.** Interest in ultrasonic processing is based on the beneficial properties of this type of impact on food products. For example, disinfection, emulsification, intensification of some technological processes, and so on. These properties can be explained by the factors of ultrasonic vibrations: the cavitation effect, the effect of destructive forces on the raw material, the presence of microflows and, as a result, the increase in the permeability of the raw material. In the production of dairy products – in particular whole, skimmed, condensed and powdered milk, fermented milk products, some types of cheeses, cream and sour cream - ultrasonic homogenization is used. This type of processing of raw materials is also used for processing other liquids in food production. Ultrasonic processing is also used in the pharmaceutical and cosmetic industries. Various creams, suspensions and emulsions are produced using ultrasonic processing. Generators, baths and other ultrasonic equipment make it possible to mix "immiscible" liquids, such as oil and water, and obtain colloidal solutions, suspensions and emulsions. All over the world, research is underway to obtain and study the properties of these solutions. The properties of essential oils of fir and cedar are very diverse. The main ones are antibacterial, anti-inflammatory, antifungal and antiviral. Today, a lot of research is being done on the anti-cancer properties of these oils. Also, essential oils of fir and cedar help to speed up metabolism and reduce stress.

**Keywords:** emulsion, essential oils, fir essential oil, cedar essential oil, ultrasonic treatment, nanoemulsion, emulsion stability, emulsifying agents.

**Для цитирования:** Гурда М.Д. Использование ультразвуковой обработки для получения стабильной эмульсии эфирных масел пихты и кедра / М.Д. Гурда, О.Н.Омелянчук // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2022. – Т. 11. – № 2(58). – С. 75-82. – DOI: 10.46548/21vek-2022-1158-0013.

**Введение.** В последние годы возрастает интерес к использованию ультразвуковой техники для обработки жидких пищевых продуктов [1], поскольку ультразвуковой гомогенизатор использует ультразвуковые волны высокой интенсивности, нетоксичные, безопасные и экологически чистые для создания разрушительных сил, которые преобразуют несмешивающиеся растворы в эмульсии [2, 3]. В ультразвуковых устройствах возникающий сдвиг в основном обеспечивается кавитацией, определяемой как комбинированное явление образования, роста и имплозивного схлопывания пузырьков в жидкой среде [4]. По сравнению с другими устройствами, ультразвук готовит монодисперсные и более стабильные наноэмульсии без большого количества эмульгаторов, имеет низкие эксплуатационные расходы и также эффективен для уменьшения размера капель [5]. Формирование и размер капель в основном зависят от амплитуды ультразвуковой мощности и времени обработки. Устойчивость к деформации капель также зависит от поверхностной активности эмульгатора и его концентрации в непрерывной фазе [4, 5, 6]. На сегодняшний день исследования, сравнивающие ультразвуковое эмульгирование с диспергированием, показали, что ультразвук конкурентоспособен или даже превосходит с точки зрения размера капель и энергоэффективности. Было обнаружено, что микрофлюидизация более эффективна, чем ультразвук, но менее практична с точки зрения производственных затрат, загрязнения оборудования и асептической обработки. Сравнивая механическое перемешивание с ультразвуком при низкой частоте, было обнаружено, что для заданного желаемого диаметра необходимое количество поверхностно-активного вещества было уменьшено, потребление энергии (из-за потери тепла) было ниже, а ультразвуковые эмульсии были менее полидисперсными и более стабильными [7].

При создании эмульсии необходимо сделать выбор из сотен и тысяч эмульгирующих веществ. Из этого множества исследователи выбирают один или два, которые удовлетворительно эмульгируют выбранные для создания эмульсии ингредиенты [8]. Полиэтиленгликоль 400 – полимер этиленгликоля, пищевая добавка E1521. Применяется в качестве эмульгатора, пеногасителя, растворителя ароматических веществ и загустителя в пищевой промышленности. Часто применяется в фармацевтической промышленности при производстве лекарственных препаратов и биологически активных веществ [9]. *TWEEN 80* – это типичное синтетическое неионогенное поверхностно-активное вещество, широко применяемое в пищевой и полимерной промышленности. Механизм стабилизации заключается в способности поверхностно-активного вещества снижать межфазное натяжение на относительно короткие периоды времени [10]. *TWEEN 80* представляет собой амфифильную молекулу, что означает следующее – при добавлении к смеси масло в воде гидрофильная головка приспосабливается

к водной фазе, а гидрофобный хвост – к масляной фазе. Результатом является уменьшение межфазного натяжения и, следовательно, тенденции к разрушению границ раздела масло/вода. Стабильность эмульсии достигается, когда молекулы поверхностно-активного вещества покрывают всю поверхность раздела фаз масло/вода, улучшая межфазную реологию, препятствуя слипанию и агрегации капель под действием стерического отталкивания [10].

Эфирные масла – это натуральные продукты, полученные из ароматических растений. Дистилляция паром и гидродистилляция – наиболее часто используемые методы экстракции эфирных масел в лабораторных условиях. Они были широко изучены в связи с их потенциалом для применения в пищевой промышленности. Эфирные масла можно использовать в продуктах питания для продления срока хранения, а также уменьшения или замены синтетических добавок. Их эффективность может быть подтверждена антимикробными и антиоксидантными тестами [11]. Как правило, эфирные масла увеличивают стабильность пищевых продуктов во время хранения, подавляя рост порчи и патогенных микроорганизмов и защищая от окисления. Важно знать соединения, ответственные за биологическую активность эфирных масел, и определить пределы их использования, включая их безопасность. Сильно изменчивый состав исходных видов, связанный с различными частями растений и методами экстракции, играет важную роль в изменчивости биологической активности эфирных масел [12]. Эфирные масла широко используются в медицине, парфюмерии, косметической промышленности и в качестве пищевых консервантов. В 19 веке из-за своего аромата и вкуса эфирные масла использовались в качестве лекарств. На сегодняшний день идентифицировано 3000 эфирных масел, и около 300 видов эфирных масел используются в парфюмерии из-за сильного аромата [13]. Хотя эфирные масла оказались многообещающей альтернативой химическим консервантам, они имеют особые ограничения, которые необходимо устранить перед их применением в пищевых системах. Низкая растворимость в воде, высокая летучесть и сильный запах – основные свойства, затрудняющие использование в пищевых продуктах [14].

Эфирное масло пихты обладает свежим древесным и землистым ароматом. Чаще всего данное эфирное масло используется для борьбы с болью в горле, а также с респираторными инфекциями, истощением, мышечными болями и артритом. Данное эфирное масло используется в ароматерапии для улучшения течения респираторных заболеваний – стимулирование кашля для разрыхления, выделения слизи, а также может использоваться как противовоспалительное средство в горле и бронхах. Эфирное масло пихты дополнительно используется при создании косметических продуктов, парфюмерии, масел для ванн, освежителей воздуха, а также ладана [15]. Эфирное масло пихты является эффективным

противораковым средством, что подтверждают многочисленные исследования проведенные во Франции. В рамках исследований масло пихты и альфа-гумулен вызывали зависимость от дозы и времени снижения содержания клеточного глутатиона, а также увеличение производства активных форм кислорода [15].

Эфирное масло кедра, в частности *Cedrus atlantica*, обладает противогрибковыми, противомикробными, противовирусными, моллюскоцидными свойствами [16], также проявляет противовоспалительную активность [17, 18]. По данным исследований *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* и *Bacillus cereus* оказались чувствительными к эфирному маслу кедра [18]. Польза кедрового масла для лечения акне была проверена путем измерения его бактериальной активности в отношении *Propionibacterium acnes* [19]. Кедр издавна используется для лечения выпадения волос, он стимулирует волосяные фолликулы и увеличивает кровообращение в коже головы. Китайские исследования 2016 года показали, что цедрол, один из фитохимических веществ кедрового дерева, очень хорошо стимулирует рост волос [20]. Эфирное масло кедра демонстрируют мощную противораковую активность у животных и раковых клеток человека в пробирках, о чем говорят исследования о действии масла на клетки миелоидного лейкоза человека [21].

**Методология.** Целью данной работы является изучение влияния ультразвуковой обработки на получение стабильной эмульсии эфирных масел пихты и кедра в воде. Выбор эфирных масел основан на их полезных свойствах.

Для приготовления образцов эмульсий использовалось следующее оборудование: ультразвуковая ванна 28-35 (производитель ООО «Град-Технолodge», Россия) и ультразвуковой генератор И-10 (производитель ООО «Ультразвуковая техника – ИНЛАБ», Россия).

Дополнительно перед ультразвуковой обработкой образцы были перемешаны с помощью магнитной

мешалки. Диспергированные образцы эмульсий были приготовлены при помощи лабораторного диспергатора (производитель *Ultra-Turrax, IKA*, Германия).

Микроскопирование образцов проводилось при помощи лабораторного микроскопа *Axio Lab.A1* (производитель *Carl Zeiss*, Германия). Для получения микроскопических картин образцы эмульсий помещали на предметное стекло, затем накрывали покровным стеклом. После помещения предметного стекла на предметный столик микроскопа получали изображение с увеличением  $\times 63$ .

Стабильность образцов эмульсии определялась при помощи центрифугирования при 2500 оборотов в минуту в течение 15 минут. Образцы помещали в центрифужные пробирки объемом 10 мл. После центрифугирования измерялось количество отделившейся жировой фазы. Стабильность эмульсии определялась отношением отделившейся жировой фазы к объему образца эмульсии.

Для определения стабильности образцов эмульсии при помощи критерия индекса (*creaming index – CI*) образцы хранили при температуре 25°C в течение 5 дней. Значение стабильности получали отношением отделившейся жировой фазы к общему объему эмульсии.

**Результаты.** Для исследования влияния обработки в ультразвуковой ванне было приготовлено 16 образцов с двумя типами эмульгатора в различной концентрации (табл.1). Концентрация эфирных масел во всех образцах была 10 % – эфирное масло пихты к эфирному маслу кедра в отношении 1:2. Все образцы обработаны лабораторным диспергатором при 17500 об/мин в течение 5 минут при температуре 25°C. Образцы, подвергавшиеся ультразвуковой обработке, были помещены в ультразвуковую ванну на 40 минут с частотой 35 кГц и мощностью 40 %.

Все данные образцы были промикроскопированы. Полученные микроскопические картинки приведены на рисунках 1–4.

Таблица 1 – Образцы эмульсии для исследования влияния обработки в УЗ-ванне

Эмульгатор	Концентрация эмульгатора, %	Соотношение масла:эмульгатор	УЗ-обработка
ПЭГ (полиэтиленгликоль)	5	1:0,5	-
			+
	10	1:1	-
			+
	20	1:2	-
			+
	30	1:3	-
			+
TWEEN 80	5	1:0,5	-
			+
	10	1:1	-
			+
	20	1:2	-
			+
	30	1:3	-
			+



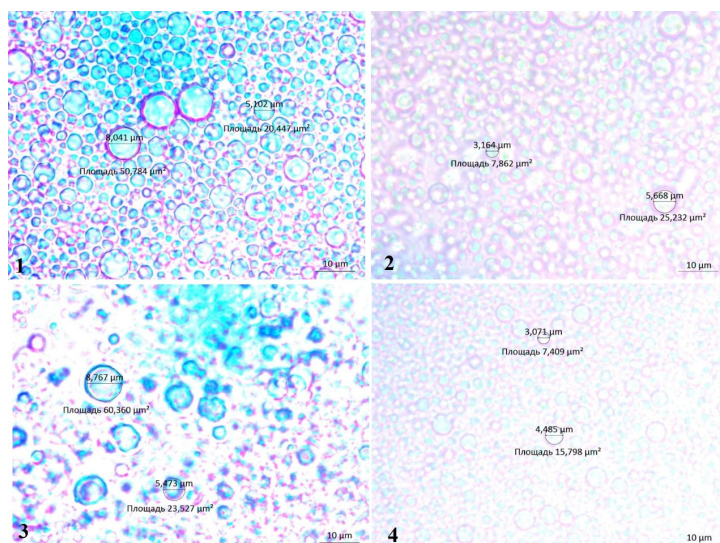


Рисунок 1 – Микроскопические картинки образцов эмульсии с концентрацией эмульгатора 5 %:  
1 – ПАГ без УЗ-обработки, 2 – ПАГ с УЗ-обработкой, 3 – TWEEN 80 без УЗ-обработки, 4 – TWEEN 80 с УЗ-обработкой

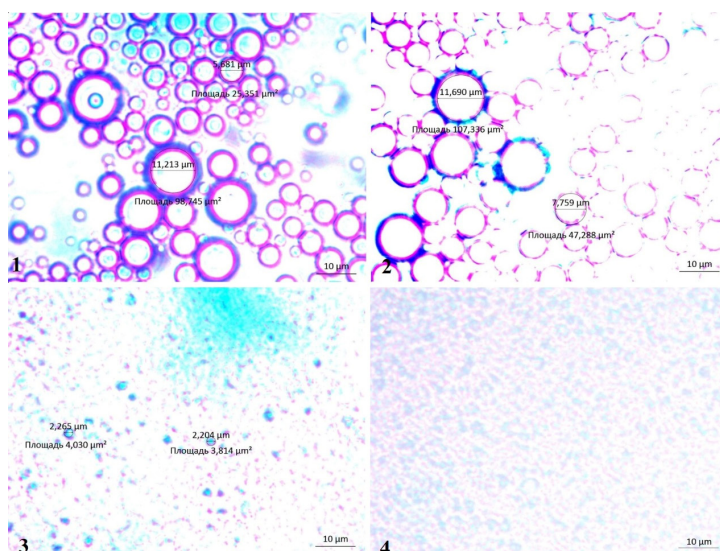


Рисунок 2 – Микроскопические картинки образцов эмульсии с концентрацией эмульгатора 10 %:  
1 – ПАГ без УЗ-обработки, 2 – ПАГ с УЗ-обработкой, 3 – TWEEN 80 без УЗ-обработки, 4 – TWEEN 80 с УЗ-обработкой

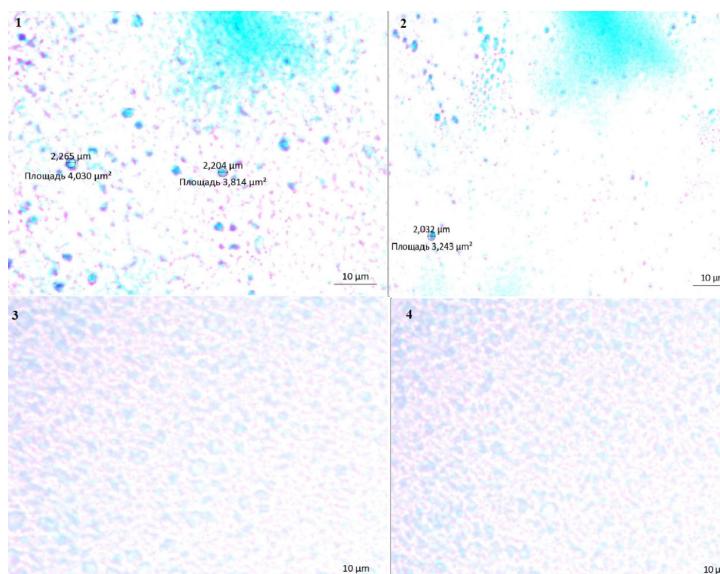


Рисунок 3 – Микроскопические картинки образцов эмульсии с концентрацией эмульгатора 20 %:  
1 – ПАГ без УЗ-обработки, 2 – ПАГ с УЗ-обработкой, 3 – TWEEN 80 без УЗ-обработки, 4 – TWEEN 80 с УЗ-обработкой

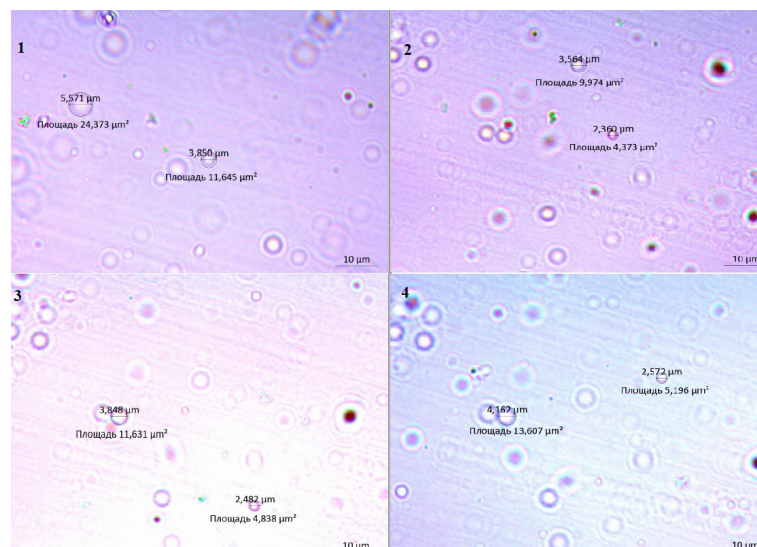


Рисунок 4 – Микроскопические картинки образцов эмульсии с концентрацией эмульгатора 30 %:  
1 – ПЭГ без УЗ-обработки, 2 – ПЭГ с УЗ-обработкой, 3 – TWEEN 80 без УЗ-обработки, 4 – TWEEN 80 с УЗ-обработкой

Из приведенных на рисунке 1 микроскопических картинок, где концентрация эмульгатора равна 5%, видно, что эмульгатор TWEEN 80 лучше стабилизирует эмульсию, так как размер жировых шариков существенно меньше, чем в образцах с поверхностно-активным веществом ПЭГ.

Приведенные на рисунке 2 микроскопические картинки образцов с концентрацией эмульгатора 10% показывают, что эмульгатор TWEEN 80 при увеличении концентрации уменьшает размер жировых шариков полученной эмульсии. Образцы с эмульгатор

ПЭГ также имеют меньший размер шариков в сравнении с образцами с данным поверхностно-активным веществом в меньшей концентрации. Однако они имеют больший размер в отличие от образцов с TWEEN 80.

При микроскопировании всех образцов было подсчитано среднее значение размера жировых шариков. Исходя из полученных значений был построен график зависимости размера жировых шариков от концентрации эмульгатора и наличия или отсутствия ультразвуковой обработки (рис. 5).

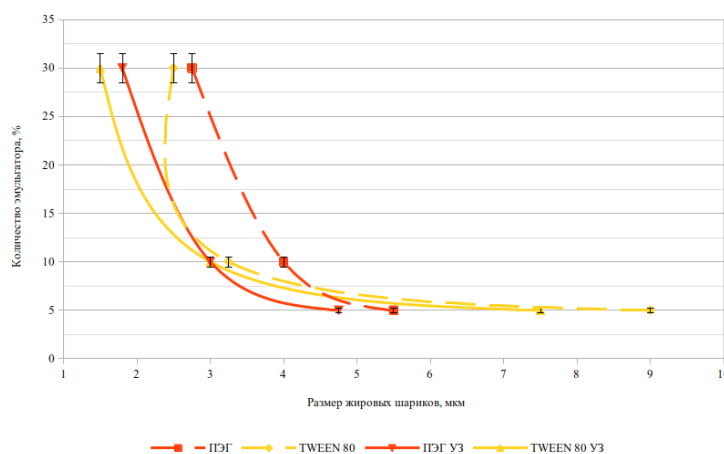


Рисунок 5 – Зависимость размера жировых шариков от количества эмульгатора и наличия УЗ-обработки

Данный график говорит о положительном влиянии эмульгатора TWEEN 80 на размер жировых шариков в сравнении с поверхностно-активным веществом ПЭГ. Ультразвуковая обработка также положительно влияет на размер частиц – при наличии УЗ-обработки размер жировых шариков меньше, чем при диспергировании без ультразвуковой обработки.

Исследование стабильности эмульсии проводилось при помощи критерия индекса (*creaming index*) при температуре хранения образцов 25°C (рис. 6).

Эмульсия более стабильна при использовании

эмульгатора TWEEN 80, чем с эмульгатором ПЭГ, при любой концентрации поверхностно-активного вещества в образце – значения стабильности у образцов с эмульгатором TWEEN 80 меньше, чем у образцов с ПЭГ при каждой из исследуемых концентраций.

Ультразвуковая обработка оказывает положительное влияние на стабильность эмульсии – значения стабильности эмульсии у образцов, прошедших УЗ-обработку, меньше, чем у образцов без нее при всех исследуемых концентрациях эмульгатора.

Для исследования влияния ультразвуковой обработки при помощи ультразвукового генератора было приготовлено 12 образцов с эмульгатором *TWEEN 80* в различной концентрации (табл. 2). Концентрация эфирных масел во всех образцах была 10 % – эфирное масло пихты к эфирному маслу кедр в отношении 1:2. Часть образцов была обработана лабораторным диспергатором при 17500 об/мин в течение 5 минут при температуре 25°C.

Половина продиспергированных образцов была обработана при помощи ультразвукового генератора при частоте 22 кГц и 100% мощности в течение 5 минут. Образцы без диспергирования были перемешаны при помощи магнитной мешалки при 400 об/мин в течение 10 минут и также подвергнуты ультразвуковой обработке при частоте 22 кГц и

100% мощности в течение 5 минут (рис. 7). При ультразвуковой обработке образцы охлаждались при помощи льда.

Полученные образцы отбирались для дальнейшего исследования визуально – чем ближе консистенция и цвет к воде, тем меньше размер частиц в полученном образце. При визуальной оценке полученных образцов наблюдается значительное отличие образцов с концентрацией эмульгатора 20% и 30% – они имеют более прозрачный цвет в сравнении с остальными образцами. Однако образцы после диспергирования образуют пену. Пенообразование – нежелательный процесс при получении эмульсии.

Исследование стабильности эмульсии проводилось при помощи критерия индекса при температуре хранения образцов 4°C и 25°C (рис. 8).

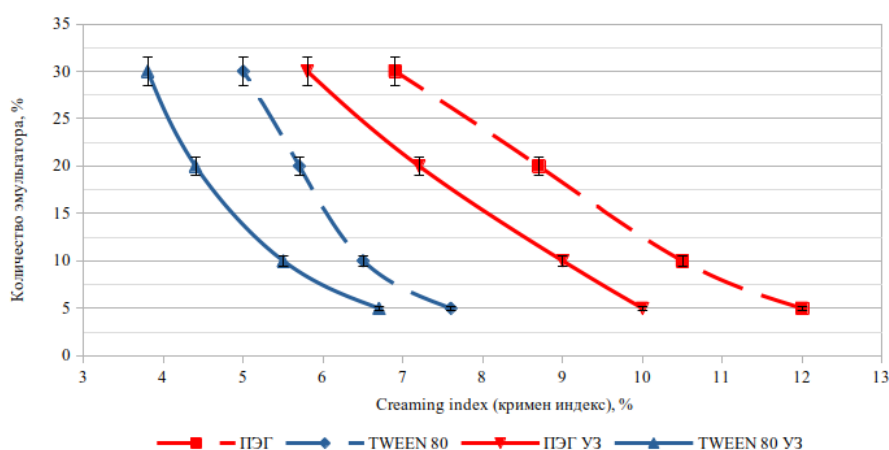


Рисунок 6 – Зависимость стабильности эмульсии от количества эмульгатора и наличия УЗ-обработки

Таблица 2 – Образцы эмульсии для исследования влияния обработки при помощи ультразвукового генератора

Концентрация эмульгатора, %	Соотношение масла:эмульгатор	Диспергирование	Перемешивание	УЗ-обработка
5	1:0,5	+	-	-
		+	-	+
		-	+	+
10	1:1	+	-	-
		+	-	+
		-	+	+
20	1:2	+	-	-
		+	-	+
		-	+	+
30	1:3	+	-	-
		+	-	+
		-	+	+



Рисунок 7 – Исследуемые образцы эмульсии с различной концентрацией эмульгатора после перемешивания при помощи магнитной мешалки и УЗ-обработки



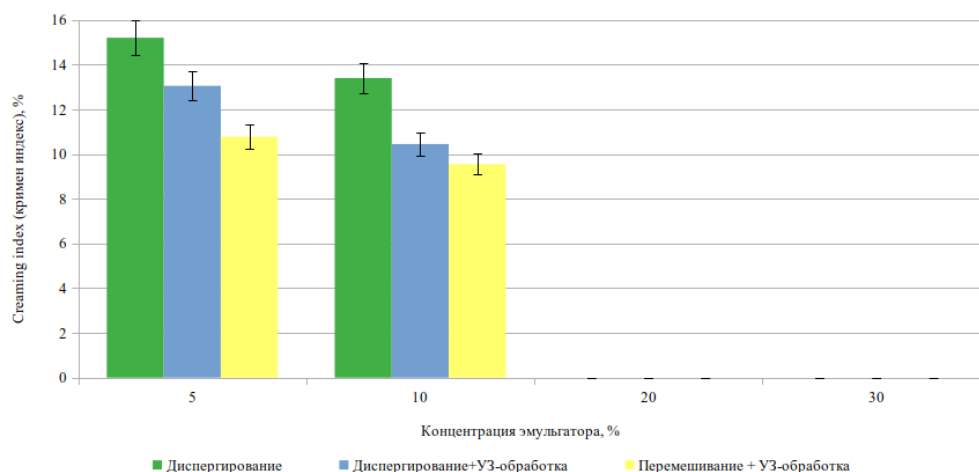


Рисунок 8 – Стабильность образцов эмульсии с различной концентрацией эмульгатора и способом приготовления при хранении

По данным графика видно, что при увеличении концентрации эмульгатора значение кримен индекса уменьшается, что говорит об улучшении стабильности образцов. В образцах с концентрацией 20% и 30% кримен индекс измерить не удалось, что говорит об отличных показателях стабильности при хранении. Однако образцы с концентрацией 30%, хранившиеся при температуре 4°C, затвердели.

**Обсуждение.** Разработанная эмульсия позволяет использовать все ценные вещества эфирных масел пихты и кедр. Продукты с ней могут использоваться для профилактики новообразований в организме человека, улучшения функционирования мышечной системы и отдельных органов, например, печени. При употреблении эфирных масел пихты и кедр улучшается работа нервной системы организма и уменьшается риск психосоматических расстройств.

Ультразвуковая обработка при помощи ультразвуковой ванны не позволяет получить стабильную при хранении эмульсию эфирных масел пихты и кедр типа «масло-в-воде». Оптимальным поверхностно-активным веществом для получения стабильной эмульсии является эмульгатор *TWEEN 80*. Внешний вид и стабильность эмульсии, обработанных при помощи ультразвукового генератора, значительно лучше аналогичных показателей эмульсии, полученной при диспергировании.

**Выводы.** Данная эмульсия может использоваться в пищевой промышленности для улучшения антибактериальной активности в продуктах питания, пролонгирования сроков годности, увеличения пищевой ценности. Также данная эмульсия может найти широкое применение в косметической и фармацевтической промышленности как для пероральных препаратов, так и для трансдермального использования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Paniwnyk L. Applications of ultrasound in processing of liquid foods: A review. // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2017. – № 38. – С. 794–806. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2016.12.025.
2. Ghosh V., Saranya S., Mukherjee A., Chandrasekaran N. Cinnamon Oil Nanoemulsion Formulation by Ultrasonic Emul-

sification: Investigation of Its Bactericidal Activity // *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. – 2013. – № 13(1). – С. 114–122. DOI: 10.1166/jnn.2013.6701.

3. Khatkar A. B., Kaur A., Khatkar S. K., Mehta N. Characterization of heat-stable whey protein: Impact of ultrasound on rheological, thermal, structural and morphological properties // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2018. – № 49. – С. 333–342. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2018.08.026.

4. Sivakumar M., Tang S. Y., Tan K. W. Cavitation technology – A greener processing technique for the generation of pharmaceutical nanoemulsions // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2014. – № 21(6). – С. 2069–2083. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2014.03.025.

5. Lago A. M. T., Neves I. C. O., Oliveira N. L., Botrel D. A., Minim L. A., de Resende J. V. Ultrasound-Assisted Oil-in-Water Nanoemulsion Produced From *Pereskia aculeata* Miller Mucilage // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2019. – № 50. – С. 339–353. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2018.09.036.

6. Leong T. S. H., Wooster T. J., Kentish S. E., Ashokkumar M. Minimising oil droplet size using ultrasonic emulsification // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2009. – № 16(6). – С. 721–727. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2009.02.008.

7. Kentish S., Wooster T. J., Ashokkumar M., Balachandran S., Mawson R., Simons L. The use of ultrasonics for nanoemulsion preparation // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. – 2008. – № 9(2). – С. 170–175. DOI: 10.1016/j.ifset.2007.07.005.

8. ICI Americas. The HLB System: A Time-saving Guide to Emulsifier Selection. – ICI Americas, 1984. – 22 с.

9. Ким М.Е., Степанова Э.Ф., Евсеева С.Б. Сиропы: состав, технология, современное состояние исследований (обзор литературы) // *Фармация и фармакология*. – 2014. – № 3. – С. 7–14.

10. Roldan-Cruz C., Vernon-Carter E. J., Alvarez-Ramirez J. Assessing the stability of Tween 80-based O/W emulsions with cyclic voltammetry and electrical impedance spectroscopy // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2016. – № 511. – С. 145–152. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2016.09.074.

11. Sanders C., Diego M., Fernandez M., Field T., Hernandez-reif M., Roca A. Eeg asymmetry responses to lavender and rosemary aromas in adults and infants // *International Journal of Neuroscience*. – 2002. – № 112(11). – С. 1305–1320. DOI: 10.1080/00207450290158214.

12. Pandey A. K., Singh P., Palni U. T., Tripathi N. N. In vivo evaluation of two essential oil based botanical formulations (EOBBF) for the use against stored product pests, *Aspergillus* and *Callosobruchus* (Coleoptera: Bruchidae) species // *J. Stored Prod. Res.*. – 2014. – № 59. – С. 285–291. DOI: 10.1016/j.jspr.2014.09.001.

13. Байтукалов Т.А., Богословская О.А., Глушенко Н.Н., Орехова О.И., Ольховская И.П. Физико-химические показатели кедрового и льняного масел и создание лекарственных форм на их основе // *Вестник РУДН*. – 2004. – № 4. – С. 253–256.

14. Fernández-López J., Viuda-Martos M. Introduction to the Special Issue: Application of Essential Oils in Food Systems // Foods. – 2018. – № 7(4). – С. 1-4. DOI: 10.3390/foods7040056.
15. Health Benefits of Fir Needle Essential Oil [Электронный ресурс]. – 2019. – URL: <https://www.healthbenefitstimes.com/health-benefits-of-fir-needle-essential-oil/> (дата обращения 10.05.2022).
16. Lahlou M. Composition and Molluscicidal Properties of Essential Oils of Five Moroccan Pinaceae // Pharmaceutical Biology. – 2003. – № 41(3). – С. 207–210. DOI: 10.1076/phbi.41.3.207.15097.
17. Derwich E., Benziene Z., Boukir A. Chemical Composition and In Vitro Antibacterial Activity of the Essential Oil of Cedrus atlantica // International Journal of Agriculture & Biology. – 2010. – № 12(3). – С. 381-385. DOI: 10.1080/0972060X.2015.1137499.
18. Zrira S., Ghanmi M. Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential of Cedrus atlantica (Cedarwood oil) // Journal of Essential Oil Bearing Plants. – 2016. – № 19(5). – С. 1267–1272. DOI: 10.1080/0972060x.2015.1137499.
19. Ferrandiz M., López A., Franco E., Garcia-Garcia D., Ferrnollar D., Balart R. Development and characterization of bioactive alginate microcapsules with cedarwood essential oil // Flavour and Fragrance Journal. – 2017. – № 32(3). – С. 184–190. DOI: 10.1002/ffj.3373.
20. Zhang Y., Han L., Chen S.-S., Guan J., Qu F.-Z., Zhao Y.-Q. Hair growth promoting activity of cedrol isolated from the leaves of Platycladus orientalis // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2016. – № 83. – С. 641–647. DOI: 10.1016/j.biopha.2016.07.022.
21. Zhang Y., Han L., Chen S.-S., Huang X.-F., Chang K.-F., Lee S.-C., Sheu G.-T., Li C.-Y., Weng J.-C., Hsiao C.-Y., Tsai N.-M. Extract Derived from Cedrus atlantica Acts as an Antitumor Agent on Hepatocellular Carcinoma Growth In Vitro and In Vivo // Molecules. – 2020. – № 25(20). – С. 4608. DOI: 10.3390/molecules25204608.

*Статья поступила в редакцию 13.04.2022*

*Статья принята к публикации 20.06.2022*