

# ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛЬНЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ СИСТЕМ ИЗ ВЫСОКОБЕЛКОВОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

А.В. Акинфеева<sup>1</sup>, Е.Ю. Егорова<sup>1</sup>, С.Н. Цыганок<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул,

<sup>2</sup>Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Статья посвящена оценке эффективности применения ультразвука при получении напитков эмульсионной структуры из высокобелкового растительного сырья, в качестве которого авторами рассматриваются жмыхи и мука из масличных семян. В качестве генератора ультразвуковых колебаний в работе применяли прибор серии «Волна» (модель УЗТА-0,4/22-ОМ). При получении растительного аналога молока высокобелковым сырьем служила мятка из ядра кедровых орехов, при получении растительного аналога молочных сливок – мука из жмыха кедровых орехов. Основой для эмульсий выступала деминерализованная вода питьевого качества. Рабочие параметры получения модельных эмульсий – растительных аналогов молока и сливок: температура 70 °С, гидромодуль 1 : 7, продолжительность ультразвуковой обработки 30 с и 60 с, интенсивность ультразвукового воздействия 16 Вт/см<sup>2</sup>. Оценку коллоидной стабильности полученных эмульсий проводили с использованием лабораторной центрифуги ОПн-3.

Эффективность ультразвукового воздействия при получении растительных аналогов молока и питьевых сливок оценивали по результатам исследования модельных эмульсий на содержание сухих веществ (рефрактометрически) и белка (формальное титрование), с учетом степени диспергирования экстрагированного и дополнительно внесенного растительного масла (микроскоп Биолам). Согласно экспериментальным данным, в эмульсиях «растительных сливок» мицеллы диспергированы и распределены в объеме эффективнее (размеры мицелл от 32 мкм до 55 мкм), чем в эмульсиях «растительного молока» (размеры мицелл от 55 до 75 мкм, в зависимости от продолжительности обработки). Результаты исследований могут быть использованы для подбора технологических параметров при промышленном получении растительных аналогов молочных напитков.

*Ключевые слова:* технология, ультразвук, «растительное молоко», «растительные сливки», пищевые коллоидные системы, эмульсия, коллоидная стабильность, размер мицелл.

## ВВЕДЕНИЕ

Создание сложных, но при этом коллоидно-стабильных эмульсий является одной из первостепенных задач для современных предприятий молочной и перерабатывающей отрасли. Прежде всего, основой получения именно молока и молочных напитков являются процессы эмульгирования и гомогенизации.

Наиболее приемлемым способом получения стабильных эмульсионных систем, позволяющим придать им коллоидную устойчивость, ускорить процессы растворения и эмульгирования без применения специализированных пищевых добавок, с позиций минимизации энергозатрат и относительной простоты аппаратной реализации технологии, как в случае восстановления сухих молочных продуктов, так и при получении их аналогов, сегодня считается ультразвуковое воздействие [1, 2].

На множестве примеров из сферы пищевых производств показано, что доминирующими факторами из числа формирующих свойства получаемых пищевых коллоидных систем являются

интенсивность и продолжительность ультразвукового воздействия. Так, исследования микроструктуры коллоидных систем животной природы показывают, что наращивание продолжительности и интенсивности ультразвукового воздействия дает возможность получать тонкодисперсные стабильные эмульсии и суспензии [3]. Стабильность коллоидного состояния пищевых масс, подвергнутых принудительной гомогенизации ультразвуком, находится в обратной зависимости от размеров твердых частиц дисперсной фазы, в эмульсиях – от размеров распределенных в системе капель жира [4].

Несмотря на то, что растительные аналоги молочных продуктов и напитков несколько отличаются от животного молока и сливок по своему коллоидному состоянию, для сохранения приемлемых потребительских свойств и те, и другие должны обладать отличной эмульсионной структурой. Наиболее значимыми характеристиками, обеспечивающими необходимую коллоидную структуру, выступают содержание белков и жира.

Жидкие растительные сливки представляют собой эмульсию на основе растительных жиров, без

использования натурального молока. Как правило, они имеют жирность в пределах 10–23 %, а стабилизация жира достигается использованием специализированных технологических добавок – эмульгаторов и стабилизаторов-загустителей (камедь, крахмал). Сухие растительные сливки производят преимущественно из насыщенных растительных жиров, но также с использованием эмульгаторов и стабилизаторов углеводной или липидной природы.

Закономерным в искусственном создании любых пищевых эмульсий является то, что такие коллоидные системы являются термодинамически неустойчивыми, для них характерен целый ряд механизмов дестабилизации: флокуляция, агрегация, коалесценция, инверсия и разделение фаз [5]. В отличие от эмульсий упрощенного состава «вода + масло», эмульсионные продукты типа растительных аналогов молока и питьевых сливок, как правило, характеризуются определенным содержанием белка. Это важно учитывать, поскольку для таких продуктов ограничительными параметрами технологической обработки, определяющими потребительские свойства готовых напитков, будут и повышение температуры, и повышение интенсивности ультразвукового воздействия.

Высокобелковые масличные жмыхи и производимая из них мука характеризуются высокой пищевой ценностью: они богаты полиненасыщенными жирными кислотами, легкоусвояемыми белками, витаминами группы, макро- и микроэлементами [6, 7]. Следовательно, эти объекты вполне можно рассматривать в качестве потенциального сырья для производства растительных аналогов молока и молочных продуктов. В связи с вышесказанным, целью работы стала сравнительная оценка эффективности применения ультразвуковой обработки при получении эмульсий растительных аналогов молока и сливок из высокобелкового растительного сырья.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Ранее была установлена перспективность получения «растительного молока» и «растительных сливок» из масличного сырья и высокобелковых продуктов его переработки, определены основные параметры обработки модельных сред ультразвуком [8]. Выявленные закономерности использованы для ограничения рабочих режимов ультразвукового воздействия на модельные коллоидные системы в данной работе.

В качестве исходного сырья для получения эмульсий «растительного молока» использовали мятку, приготовленную из ядра кедровых орехов (содержание белка 19,9 %, жира – 64,1 %, усвояемых углеводов ~10 %, пищевых волокон ~3 %), и деминерализованную воду питьевого качества. При получении «растительных сливок» использовали муку

из жмыха кедровых орехов (содержание белка 31 %, жира – не более 20 %, суммарное содержание углеводов – 35 %) и деминерализованную воду питьевого качества.

В отличие от высококрахмалистого мучнистого сырья, для которого максимальная эффективность действия ультразвука проявляется при гидромодуле порядка 1:4 [9], для высокобелковой муки из масличных жмыхов более высокая эффективность обработки ультразвуком наблюдается при гидромодулях от 1:9 до 1:7 [8]. Для получения стабильных эмульсий с применением ультразвукового воздействия интенсивность ультразвукового воздействия должна быть не менее 8 Вт/см<sup>2</sup> [10].

Водоудерживающая способность белков кедрового жмыха и кедровой муки имеет практически максимум уже при температуре 70 °С [7], поэтому для получения эмульсий такой температурный режим можно считать предельно допустимым.

С учетом всего выше сказанного, в представленной работе для получения модельных эмульсий растительных аналогов молока и сливок приняты следующие параметры:

- гидромодуль – 1:7;
- температура – 70 °С;
- интенсивность ультразвукового воздействия – 16 Вт/см<sup>2</sup>;
- продолжительность обработки – 30 и 60 с.

Модельные эмульсии получали с применением аппарата «Волна» (модель УЗТА-0,4/22-ОМ), в термо- и химически стойких стаканах (предварительно стерилизованных в СВЧ-печи), на частоте 22 кГц, при интенсивности ультразвукового воздействия 16 Вт/см<sup>2</sup>, необходимой и достаточной для реализации максимально эффективного режима развитой кавитации в исследуемой среде.

В составе белковых веществ орехов в целом, и ядра кедровых орехов в частности, достаточно высоко содержание глобулиновой и глютелиновой фракций [2], что определяет низкую эффективность экстракции белков из кедровой мятки и жмыха при реализации этого процесса в обычных условиях. Для повышения растворимости белковых веществ в водной фазе модельных систем эмульсий растворяли 1,0±0,1 % хлорида натрия. Установлено, что при включении в состав обрабатываемой рецептурной смеси такого количества поваренной соли несколько повышается и устойчивость полученных эмульсий. Выявленный эффект можно объяснить тем, что соль способствует повышению растворимости общих белков, прежде всего за счет растворения глобулярной фракции. В свою очередь, белки, благодаря высокой поверхностной активности, являются хорошими эмульгаторами и стабилизаторами: они снижают межфазное натяжение и формируют прочный адсорбционный слой, служащий структурно-механическим барьером для коалесценции капель

эмульсии. Осаждение взвешенных частиц при этом также несколько замедляется.

Основным показателем, характеризующим стабильность эмульсии, является размер мицелл [11]. В качестве примера: вязкость молочных сливок тем больше (порядка  $20 \text{ мМ}^2/\text{с}$ ), чем выше в них доля жира и степень его дисперсности. С наличием и размерами мицелл непосредственно связана и вязкость ряда других жиросодержащих продуктов и напитков.

Анализ микроструктуры модельных эмульсий проводили на счетной камере Горяева, с использованием лабораторного микроскопа Биолан ЛОМО С11 с планхроматическим объективом и микрометрическим окуляром. Идентификацию капель жира проводили с использованием биохимического красителя эозина. Дисперсность жировых капель анализировали при увеличении изображения  $\times 45$ .

Результаты исследований показывают, что полученные «молоко» и «сливки» различаются между собой не только по содержанию жира, но и по размерам жировых шариков. В эмульсиях «растительного молока» необходимая жирность обусловлена жиром, экстрагируемым в процессе ультразвуковой обработки из мятки. Для «сливок» же характерна жирность от 10 до 25 % и более вязкая консистенция, что не достижимо как при кратковременной обработке масляной мятки ультразвуковыми волнами, так и в случае использования полуобезжиренного жмыха (в экстрагируемом материале изначально будет не достаточно жира). В этой связи более рациональным следует считать внесение масла в обрабатываемую ультразвуком систему извне: таким образом можно будет не только обеспечить необходимую эффективность диспергирования жировых капель, но и моделировать желаемый жирнокислотный состав получаемых эмульсий.

Сравнение степени диспергирования жира в эмульсиях «растительного молока» и «растительных сливок» показывает, что «молоко» имеет более крупные жировые шарики, которые недостаточно равномерно распределены по объему модельных эмульсий, могут находиться в них в виде скоплений и достаточно крупных капель.

Эмульсионная структура «сливок», в целом, сформирована более мелкими жировыми каплями (табл. 1, табл. 2), сравнительно хорошо распределенными в объеме, – это делает модельные эмульсии более похожими на натуральные коровьи сливки даже по внешнему виду.

**Табл. 1. Влияние продолжительности УЗ обработки на качество эмульсий «растительного молока» и «растительных сливок» (гидромодуль 1:7)**

Время обработки, сек.	Средний размер жировых капель, мкм	
	«растительное молоко»	«растительные сливки»
30	75	55
60	55	32

**Табл. 2. Размер мицелл в эмульсиях «растительных сливок» (60 сек; 16 Вт/см<sup>2</sup>)**

Содержание растительного масла, г / %	Размеры мицелл: пределы, мкм / / средний диаметр, мкм
240+10 / 4,0	10–111 / 55
240+15 / 5,9	22–133 / 75
240+20 / 7,7	10–90 / 45
240+25 / 9,4	8–76 / 32

Как известно, для повышения вязкости жиросодержащих жидкостей необходимо получение мицелл как можно более мелких размеров. Например, у сливок молочного происхождения размер образующих мицеллы жировых шариков варьирует от 1 до 5 мкм. При этом на долю жировых шариков с размером более 2 мкм в молочных сливках приходится более 50 %, и доля мицелл такого размера определяется продолжительностью обработки эмульсий ультразвуком и мощностью установки [12]. Соответственно, чем продолжительнее и интенсивнее обработка, тем более качественно происходит дробление жировых капель.

В нашем случае наличие крупных мицелл и их скоплений в получаемых из высокобелкового растительного сырья эмульсиях может быть обусловлено недостаточной продолжительностью либо недостаточной интенсивностью ультразвукового воздействия. Такое предположение поддерживается и экспериментальными данными, не дающими четкой корреляционной зависимости между количеством внесенного в обрабатываемую систему растительного масла и средним диаметром мицелл в получаемых модельных эмульсиях «растительных сливок» (см. табл. 2). Вероятно, 30–60 с обработки при поддерживаемой интенсивности ультразвука недостаточно для того, чтобы экстрагированный из масляного сырья жир и масло, введенное в коллоидную систему дополнительно (в случае «растительных сливок»), успели не просто раздробиться до капель нужных для поддержания стабильной эмульсии размеров (приблизненных к размерам жировых капель в натуральном коровьем молоке), но и образовать мицеллы с экстрагированными из мятки или жмыха белковыми веществами.

Для оценки коллоидной стабильности модельных эмульсий «растительного молока» и «растительных сливок» использовали лабораторную центрифугу ОПН-3. Центробежное воздействие осуществляли при скорости вращения барабана 3 000 оборотов/мин. У обработанных эмульсий определяли внешний вид, содержание сухих веществ (в %, рефрактометрически), содержание белка (в %, методом формольного титрования) и качество диспергирования жира.

По результатам лабораторного анализа выявлено, что после центробежной обработки эмульсий «растительного молока» в них наблюдается

относительно незначительное уменьшение содержания сухих веществ и белка – не более чем на 10 % от исходного содержания (с 3,9 % до 3,5 %). В «растительных сливках» после обработки в течение 1 минуты также происходит снижение содержания сухих веществ (не более чем на 7,7 % от исходного) и белка (не более чем на 3,8 %), и это снижение примерно соответствует количеству удаленных взвесей, не оказывая существенного влияния на

пищевую ценность и усвояемость получаемого продукта.

Однако более продолжительная обработка на центрифуге эмульсий «растительных сливок», полученных при исследуемых параметрах ультразвуковой обработки, провоцирует слияние жировых капель и существенное отслоение жиродержащей фазы (табл. 3).

Табл. 3. Влияние продолжительности центробежной обработки на качество модельных эмульсий «растительного молока» и «растительных сливок»

Момент исследования	Внешний вид и консистенция	Сухие вещества, %	Белок, %
«растительное молоко», отделенное от остатков мятки декантацией			
0 минут (до обработки)	Однородная жидкость белого цвета, без осадка	3,8	1,0
5 минут обработки	Однородная жидкость белого цвета, без осадка	3,7	1,0
10 минут обработки	Однородная жидкость с едва заметным осадком	3,5	0,95
«растительные сливки» (жирность 9,4 %), отделенные от остатков жмыха декантацией			
0 минут (до обработки)	Однородная жидкость белого цвета, без осадка	5,2	2,6
1 минута обработки	Однородная жидкость белого цвета, без осадка	4,8	2,5
Более 1 минуты обработки	Расслоившаяся аморфно-жидкая система	Анализ нецелесообразен	

В итоге, по окончании центробежной обработки «растительных сливок» наблюдается расслоение их эмульсионной структуры на тонкодисперсный осадок, водную фазу и рыхлую фазу «взбитых сливок».

В промышленных условиях гомогенизация молока при получении этого напитка восстановлением из сухого сырья в условиях ультразвуковой и/или кавитационной обработки протекает селективно: в первую очередь диспергированию подвергаются наиболее крупные жировые капли. При этом стабилизация получаемых эмульсий обеспечивается находящимися в них в растворенном виде белками и дифильными глицеридами жирных кислот. Эти вещества не только снижают межфазное натяжение, но и формируют на поверхности диспергированных жировых шариков достаточно прочный межфазный адсорбционный слой, препятствующий коалесценции капель создаваемой эмульсии и отражающий физико-химическую сущность процесса мицеллообразования.

В смоделированных в данной работе условиях получение эмульсий «растительного молока» и «растительных сливок» протекает при интенсивном физическом воздействии, сопровождающемся распадом капель жира, экстрагированного из используемого растительного сырья – мятки ядра кедровых орехов или молотого кедрового жмыха. При внесении в рецептурную смесь жидкого растительного масла протекающий процесс дополняется процессами диспергирования и мицеллообразования капель внесенного масла. В определенной степени эффективность данных процессов поддерживается моно- и диглицеридами жирных кислот, образующимися в обрабатываемой среде при ультразвуковом воздействии на диспергируемые жировые капли.

В модельных эмульсиях «растительных сливок» средние размеры мицелл варьируют от 32 до 55 мкм, в эмульсиях «растительного молока» – от 55 до 75 мкм. Даже при увеличении времени экспозиции от 30 с до 60 с заданной интенсивности ультразвуковой обработки, очевидно, не достаточно для дробления капель жира до 2–5 мкм, как в молочных сливках.

Как известно, эффективность дробления капель жира в водной фазе в условиях ультразвуковой обработки в значительной степени зависит от эффекта сопутствующей кавитации [13]. В такой же степени кавитация обеспечивает более эффективное дробление на фрагменты белковых и иных растворимых или диспергируемых веществ при обработке ультразвуком [14, 15]. Закономерно, что данные процессы сопровождаются изменением вязкости и других физико-химических характеристик обрабатываемых сред [16]. Дробление жировых шариков в получаемых эмульсиях до меньших размеров будет способствовать не только повышению стабильности эмульсионной структуры, но и повышению пищевой ценности подобных напитков, благодаря улучшению всасываемости (а, соответственно, и усвояемости) входящих в их состав жира и белковых веществ.

Известно, что вязкость молочных сливок тем выше (порядка 20 мм<sup>2</sup>/с), чем более существенны в них содержание жира и дисперсность жировых капель. Средняя вязкость экспериментальных эмульсий «растительных сливок» 9,4 % жирности, определенная капиллярным вискозиметром, составляет 15 мм<sup>2</sup>/с (рис. 1), при этом капли жира относительно равномерно распределены в объеме эмульсии.

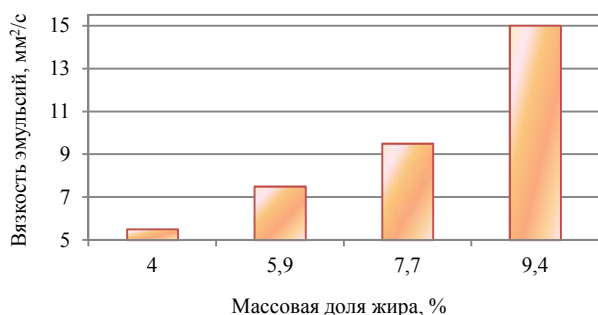


Рис 1. Зависимость вязкости эмульсий «растительных сливок» от массовой доли жира

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, реализация ультразвукового воздействия является эффективным технологическим приемом получения растительных аналогов молока и сливок из высокобелкового растительного сырья: получаемые эмульсии «растительного молока» и «растительных сливок» по внешнему виду подобны молоку и сливкам животного происхождения и после непродолжительной обработки на центрифуге сохраняют свою эмульсионную структуру.

Результаты исследования микроструктуры модельных эмульсий «растительного молока» и «растительных сливок» подтверждают влияние режимов ультразвукового воздействия на размеры жировых капель и образуемых ими мицеллярных структур. Увеличение продолжительности ультразвукового воздействия коррелирует с уменьшением размеров мицелл. Согласно результатам проведенных исследований, диспергирование жира, экстрагированных из обрабатываемого растительного сырья и вносимого в модельную коллоидную систему извне, достаточно эффективно уже при интенсивности ультразвукового воздействия 16 Вт/см<sup>2</sup>.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для подбора технологических параметров при промышленном получении растительных аналогов молочных напитков.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Попова, Н.В. Ультразвуковая кавитация как фактор гомогенизации восстановленного молока-сырья и продуктов на его основе / Н.В. Попова // Вестник ЮУрГУ. Пищевые и биотехнологии. – 2015. – Т. 3. – № 3. – С. 44–54.
2. Егорова, Е.Ю. «Немолочное молоко»: обзор сырья и технологий / Е.Ю. Егорова // Ползуновский вестник. – 2018. – № 3. – С. 25–34.
3. Хвьяля, С.И. Микроструктурный метод определения дисперсности пищевых эмульсионных систем / С.И. Хвьяля, А.А. Семенова, Д.О. Трифонова // Все о мясе. – 2008. – № 2. – С. 13–15.
4. Верболюз, Е.И. Пищевые и белково-жировые эмульсии, обработанные ультразвуком и пульсирующим магнитным полем / Е.Н. Верболюз, Д.С. Распов, Е.Л. Соковнин // Вестник ВГУИТ. – 2017. – Т. 79. – С. 34–39.
5. Aslan, D. The influence of ultrasound on the stability of dairy-

based, emulsifier-free emulsions: rheological and morphological aspect / D. Aslan, M. Dogan // European Food Research and Technology. – 2018. – V. 244. – Iss. 3. – P. 409–421.

6. Бочкарев, М.С. Качество и потенциал пищевого использования жмыхов масличного сырья, перерабатываемого в Алтайском крае / М.С. Бочкарев, Е.Ю. Егорова // Ползуновский вестник. – 2015. – № 4. – Т. 2. – С. 18–22.

7. Егорова, Е.Ю. Биологическая ценность и функционально-технологические свойства жмыха ядра кедрового ореха / Е.Ю. Егорова, Н.В. Баташова, М.С. Бочкарев // Масло-жировая промышленность. – 2007. – № 6. – С. 41–44.

8. Запорожан, Е.А. Применение сонохимических эффектов в технологии кедрового молока / Е.А. Запорожан, Е.Ю. Егорова, С.Н. Цыганок // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях: Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. – Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2018. – С. 305–310.

9. Мартовщук, В.И. Влияние ультразвуковой обработки на эффективность извлечения водой белково-липидных компонентов рисовой муки / В.И. Мартовщук, С.А. Калманович, Е.В. Мартовщук, А.П. Гюлушьян, Л.А. Мхитарьянц // Известия вузов. Пищевая технология. – 2013. – № 5–6. – С. 66–68.

10. Красуля, О.Н. Сонохимическое воздействие на пищевые эмульсии / О.Н. Красуля, В.И. Богуш, С.С. Хмелев [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Пищевые и биотехнологии. – 2017. – Т. 5. – № 2. – С. 38–48.

11. Zahra, A.K. Influence of processing conditions on the physicochemical and sensory properties of sesame milk: a novel nutritional beverage / A.K. Zahra, M. Varidi, M.J. Varidi, H.Pourazarang // LWT – Food Science and Technology. – 2014. – V. 57. – Iss. 1. – P. 299–305.

12. Ультразвуковая обработка молока [Текст]. – Режим доступа: <http://u-sonic.ru/Mnogofunc-UZ-apparats-in-prom-i-shoz/6-primenenie-mnogofunktionalnykh-apparatov-dlya-obrabotki-zhidkikh-sred/6-4-ultrazvukovaya-obrabotka-moloka/>.

13. Liu, L. The influence of air content in water on ultrasonic cavitation field / L. Liu, Y. Yang, P. Liu, W. Tan // Ultrasonics Sonochemistry. – 2014. – V. 21. – Iss. 2. – P. 566–571.

14. Kasoji, S.K. Cavitation enhancing nanodroplets mediate efficient DNA fragmentation in a bench top ultrasonic water bath / S.K. Kasoji, J.K. Tsuruta, P.A. Dayton, S.G. Pattenden, C.N. Jayakody, W.P. Janzen, E.P. Malc, P.A. Mieczkowski // PLoS ONE. – 2015. – V. 10. – Iss. 7. – P. 0133014, DOI: 10.1371.

15. Wu, J. Acoustic emission monitoring for ultrasonic cavitation based dispersion process / J. Wu, S. Zhou, X. Li // Journal of Manufacturing Science and Engineering. Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. – 2013. – V. 135. – Iss. 3. – P. 031013, DOI: 10.1115/1.4024041.

16. Morgunova, A.V. Technology development of protein-fat emulsion and its use in food production / A.V. Morgunova, I.S. Ismailov, N.V. Tregubova, A.P. Marynich, E.A. Grudeva // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – V. 9. – Iss. 6. – P. 658–662.

*Акинфеева Анастасия Владимировна – студентка направления подготовки «Продукты питания из растительного сырья» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: akinfjeeva.ppp@mail.ru.*

*Егорова Елена Юрьевна – д.т.н., доцент, заведующая кафедрой технологии хранения и переработки зерна ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.:(3852) 29-07-55, e-mail: egorovaeyu@mail.ru.*

*Цыганок Сергей Николаевич – к.т.н., доцент кафедры «Методы и средства измерений и автоматизации» Бийского технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: grey@bti.sechna.ru.*

# INFLUENCE OF ULTRASONIC TREATMENT ON CHARACTERISTICS OF MODEL EMULSION SYSTEMS FROM HIGH-PROTEIN VEGETABLE RAW MATERIALS

A.V. Akinfeeva<sup>1</sup>, E.Yu. Egorova<sup>1</sup>, S.N. Tsyganok<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

<sup>2</sup>Biysk Technological Institute (branch) of the Altai State Technical University

The article is devoted to assessing the usage effectiveness of ultrasonic vibrations at preparation of emulsion structure drinks from high-protein vegetable raw materials (oilcake and flour from oilseeds). The ultrasonic technological device «Volna» (model USTA-0.4/22 – OM) has used as ultrasonic vibrations generator. The high-protein raw material was peppermint from the kernel of pine nuts at obtaining a vegetable analogue of milk. Flour from cake of pine nuts was used at obtaining a vegetable analogue of milk cream. The basis for emulsions was demineralized water of drinking quality. The operating parameters for obtaining model emulsions - vegetable analogues of milk and cream: temperature 70 ° C, hydraulic module 1:7, processing time 30 and 60 seconds, the intensity of ultrasonic exposure is 16 W/cm<sup>2</sup>. Evaluation of the colloidal stability of the emulsions was performed using an OPn-3 laboratory centrifuge.

The effectiveness of ultrasound in obtaining vegetable analogues of milk and drinking cream was evaluated according to the results of a study of model emulsions for the content of dry substances (refractometric) and protein (formol titration), taking into account the degree of dispersion of the extracted and additionally made vegetable oil (Biolam LOMO C11 microscope). According to experimental data, micelles are dispersed and distributed more efficiently in the emulsions of “vegetable cream” (micelle sizes from 32 μm to 55 μm) than in emulsions of “vegetable milk” (micelle sizes from 55 to 75 μm, depending on the processing time) . The research results can be used to select technological parameters in the industrial production of plant analogues of milk drinks.

*Key index: technology, ultrasound, "vegetable milk", "vegetable cream", food colloidal systems, emulsion, colloidal stability, micelle size*

## REFERENCES

1. Popova, N.V. Ultrasonic cavitation as a factor of homogenization of reconstituted raw milk and products based on it / N.V. Popova // Bulletin of SUSU. Food and biotechnology. - 2015. - T. 3. - No. 3. - S. 44–54.
2. Egorova, E.Yu. “Non-dairy milk”: a review of raw materials and technologies / E.Yu. Egorova // Polzunovsky Bulletin. - 2018. - No. 3. - S. 25–34.
3. Khvylya, S.I. Microstructural method for determining the dispersion of food emulsion systems / S.I. Khvylyya, A.A. Semenova, D.O. Trifonova // All about meat. - 2008. - No. 2. - S. 13-15.
4. Verbolose, E.I. Food and protein-fat emulsions treated with ultrasound and a pulsating magnetic field / E.N. Ver-Bolos, D.S. Raspopov, E.L. Sokovnin // Bulletin of the Voronezh State University. - 2017. - T. 79. - S. 34–39.
5. Aslan, D. The influence of ultrasound on the stability of dairy-based, emulsifier-free emulsions: rheological and morphological aspect / D. Aslan, M. Dogan // European Food Research and Technology. – 2018. – V. 244. – Iss. 3. – P. 409–421.
6. Bochkarev, M.S. The quality and potential food use of oilcake oilseeds processed in the Altai Territory / M.S. Bochkarev, E.Yu. Egorova // Polzunovsky Bulletin. - 2015. - No. 4. - T. 2. - S. 18–22.
7. Egorova, E.Yu. Biological value and functional and technological properties of the cake of the kernel of pine nuts / E.Yu. Egorova, N.V. Batashova, M.S. Bochkarev // Oil and fat industry. - 2007. - No. 6. - S. 41–44.
8. Zaporozhan, EA The use of sonochemical effects in the technology of cedar milk / E.A. Zaporozhan, E.Yu. Egorova, S.N. Gypsy // Measurement, Automation and Modeling in Industry and Scientific Research: Materials of the XIII All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists with International Participation. - Biysk: Publishing House of Altai State Technical University, 2018. - S. 305-310.
9. Martovschuk, V.I. The influence of ultrasonic treatment on the efficiency of water extraction of protein-lipid components of rice flour / V.I. Martovschuk, S.A. Kalmanovich, E.V. Martovschuk, A.P. Gyulushanyan, L.A. Mkhitaryants // University News. Food technology. - 2013. - No. 5-6. - S. 66–68.
10. Krasulya, O.N. Sonochemical effect on food emulsions / O.N. Krasulya, V.I. Bogush, S.S. Khmelev [et al.] // Vestnik YuUr-GU. Food and biotechnology. - 2017. - T. 5. - No. 2. - S. 38–48.
11. Zahra, A.K. Influence of processing conditions on the physicochemical and sensory properties of sesame milk: a novel nutritional beverage / A.K. Zahra, M. Varidi, M.J. Varidi, H.Pourazarang // LWT – Food Science and Technology. – 2014. – V. 57. – Iss. 1. – P. 299–305.
12. Ultrasonic processing of milk [Text]. - Access mode: // <http://u-sonic.ru/Mnogofunc-UZ-apparats-in-prom-i-shoz/6-primenienie-mnogofunktionalnykh-apparatov-dlya-obrabotki-zhidkikh-sred/6-4-ultrazvukovaya-obrabotka-moloka/>.
13. Liu, L. The influence of air content in water on ultrasonic cavitation field / L. Liu, Y. Yang, P. Liu, W. Tan // Ultrasonics Sonochemistry. – 2014. – V. 21. – Iss. 2. – P. 566–571.
14. Kasoji, S.K. Cavitation enhancing nanodropletsmediate efficient DNA fragmentation in a bench top ultrasonic water bath / S.K. Kasoji, J.K. Tsuruta, P.A. Dayton, S.G. Pattenden, C.N. Jayakody, W.P. Janzen, E.P. Malc, P.A. Mieczkowski // PLoS ONE. – 2015. – V. 10. – Iss. 7. – P. 0133014, DOI: 10.1371.
15. Wu, J. Acoustic emission monitoring for ultrasonic cavitation based dispersion process / J. Wu, S. Zhou, X. Li // Journal of Manufacturing Science and Engineering. Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. – 2013. – V. 135. – Iss. 3. – P. 031013, DOI: 10.1115/1.4024041.
16. Morgunova, A.V. Technology development of protein-fat emulsion and its use in food production / A.V. Morgunova, I.S. Ismailov, N.V. Tregubova, A.P. Marynich, E.A. Grudeva // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – V. 9. – Iss. 6. – P.

658–662.

*Anastasiya Vladimirovna Akinfeeva – student of the third year of the direction of preparation Food products from vegetable raw materials Polzunov Altai State Technical University, e-mail: akinfeeva.ppp@mail.ru*

*Elena Yurjevna Egorova – Dr. Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Department of technology of storage and grain processing, Institute for Biotechnology, Food and Chemical Engineering, Polzunov Altai State Technical University, 46, Leninast., Barnaul, 656038, Russia, e-mail: egorovaeyu@mail.ru*

*Tsyganok Sergey Nikolaevich – associate professor at the char of methods and means of measurement and automation, Biysk Technological Institute, (3854)432570, e-mail: grey@bti.secna.ru.*