

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ЙОГУРТОВ

И.Ю. Потороко, Д.Г. Ускова, В.В. Ботвинникова, И.В. Калинина

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Все чаще кисломолочные напитки ассоциируются у потребителей с «полезными продуктами», однако в последнее время большинство кисломолочных напитков, реализуемых населению, не способны обеспечить заявленные полезные свойства. Для решения данной проблемы предложено применение акустического воздействия ультразвука, инициируемого с помощью аппарата ультразвукового технологического модель УЗТА-О,4/22-ОМ (частота механических колебаний $(22 \pm 1,65)$ кГц). Основными факторами, определяющими потребительские свойства, были приняты структурно-механические характеристики и накопление минорного биологически активного вещества – кефирана. Ультразвуковое воздействие осуществлялось на этапе подготовки молочного сырья в двух режимах мощности 190 и 240 Вт в течение 3 минут. В ходе исследования были получены результаты, подтверждающие использование ультразвукового воздействия (УЗВ) при производстве йогуртовых продуктов как нового подхода, позволяющего обеспечить потребителей функциональной продукцией высокого качества. Так, применение УЗВ в режиме 3 мин при 180 Вт мощности снизило отделение сыворотки от сгустка на 20 %, что согласуется с визуальными наблюдениями. Вязкость в исследуемых образцах йогуртов варьируется в диапазонах: 13,31...15,02 mPas для образцов при УЗВ в режиме 3 мин при 180 Вт мощности и 4,09...4,79 mPas для образцов йогуртов при УЗВ в режиме 3 мин при 240 Вт мощности. Установлено, что УЗВ стимулирует накопление кефирана на 5...30 %, а наиболее интенсивно при режиме УЗВ 3 мин при 240 Вт мощности. Данные, полученные в ходе работы, дают основание для использования УЗВ в технологии йогуртовых продуктов как нового подхода, который позволяет обеспечить потребителей функциональной продукцией высокого качества.

Ключевые слова: функциональные продукты питания, потребительские свойства, пищевая ценность, качество, ультразвуковое воздействие, полисахарид кефиран.

Введение

В мировом научном сообществе наблюдается рост интереса к инновационным подходам в технологиях пищевых производств нацеленных, прежде всего на интенсификацию технологических процессов. Вместе с тем значительную долю в ассортиментном предложении на потребительском рынке занимает сегмент продукции, ориентированной для здорового питания. Такие продукты позиционируются как функциональные, способствующие сохранению здоровья, предотвращающие ряд заболеваний и увеличивающие продолжительность жизни [4, 7, 8].

Особое место в этом ряду занимает молочная продукция, среди которой выделяют кисломолочные продукты – это «живые продукты», содержащие в составе молочнокислые бактерии, подавляющие рост и развитие болезнетворных и гнилостных микроорганизмов в организме человека. Кисломолочные продукты не только благоприятно влияют на

нормальную микрофлору кишечника, но и выполняют функции обеспечения организма необходимыми эссенциальными и биологически активными веществами.

В технологии производства функциональных молочных продуктов и исследования их свойств значительный вклад внесли отечественные ученые: А.Г. Храмцов, В.Д. Харитонов, З.С. Зобкова, Н.А. Тихомирова, Л.А. Забодалова, И.А. Смирнова, Д.М. Захарова и другие.

В настоящее время разработаны новые технологии производства йогурта, направленные на: повышение пищевой и биологической ценности продукта, расширение диапазона профилактических свойств, при сохранении традиционных органолептических показателей йогурта [1–3].

К минорным БАВ кисломолочных продуктам, полученным на основе заквасок молочнокислых бактерий, можно отнести кефиран. Кефиран – это экзополисахарид, который

производится некоторыми молочнокислыми бактериями, состоит из остатков глюкозы и галактозы (рис. 1) примерно в равном соотношении (1:1).

Известно, что кефиран влияет на реологические свойства кисломолочного продукта, выполняет функции стабилизатора, эмульгатора и вдагоудерживающей системы. Кефиран обладает иммуномодулирующим, противовоспалительным, противоопухолевым, противовоспалительным, противоастматическим, ранозаживляющим действием. Он способствует снижению кровяного давления и уровня холестерина в крови за счет связывания гепатоэнтерально циркулирующего холестерина в кишечнике. Обладает ингибирующим действием в отношении патогенных микроорганизмов рода *Salmonella*, *Helicobacter*, *Shigella*, *Staphylococcus*, и *Escherichiacoli* [12–14, 16].

Экстракция данного минорного БАВ в промышленных масштабах и последующее его применение в технологии молочных продуктов представляется весьма сложной и дорогостоящей, поэтому интерес представляют более простые в техническом отношении методы. В настоящее время существуют решения биосинтеза кефирана с использованием определенных штаммов, выделенных из кефирных грибков, при культивировании на питательной среде заданного состава [9, 15].

Одним из перспективных подходов к решению различных технологических задач в пищевой отрасли является ультразвуковое кавитационное воздействие на гетерогенные пищевые среды с жидкой фазой. Возможности использования ультразвука различной мощности и применимости его в технологиях пищевых производств представлены в работах А.Г. Галстяна, С.Д. Шестакова, О.Н. Красули,

И.Ю. Потороко, М. Ashokkumar, Bogdan Zisu, Jian-Yong Wu, K.S. Suslick, F. Grieser и других ученых.

Применение ультразвуковых кавитационных технологий, по сравнению с известными физическими способами, имеет ряд существенных преимуществ, обусловленных совокупностью специфических эффектов, которые оказывают комплексное действие, направленное на интенсификацию технологического процесса формирования потребительских свойств. Установлено, что в результате кавитационных процессов внутри жидкости возникают определенные эффекты:

- сильные акустические сигналы на частоте, равной половине частоты ультразвука, вызвавшего кавитацию;
- ускорение протекающих химических реакций либо инициирование новых;
- интенсивные микропотоки и ударные волны, которые ведут к механическим перемешиваниям внутренних слоев жидкости;
- разрыв химических связей макромолекул;
- ультразвуковое свечение и различные биологические эффекты [8, 11].

Цель исследования: установление влияния акустических эффектов ультразвуковой кавитации на накопление полисахарида кефирана в йогуртах, как фактора определяющего их потребительские свойства и пищевую ценность.

Материалы и методы исследования

В качестве акустического источника упругих колебаний использовался аппарат ультразвуковой технологической «Волна» модель УЗТА-О,4/22-ОМ (частота механических колебаний $(22 \pm 1,65)$ кГц).

При изучении воздействия ультразвуко-

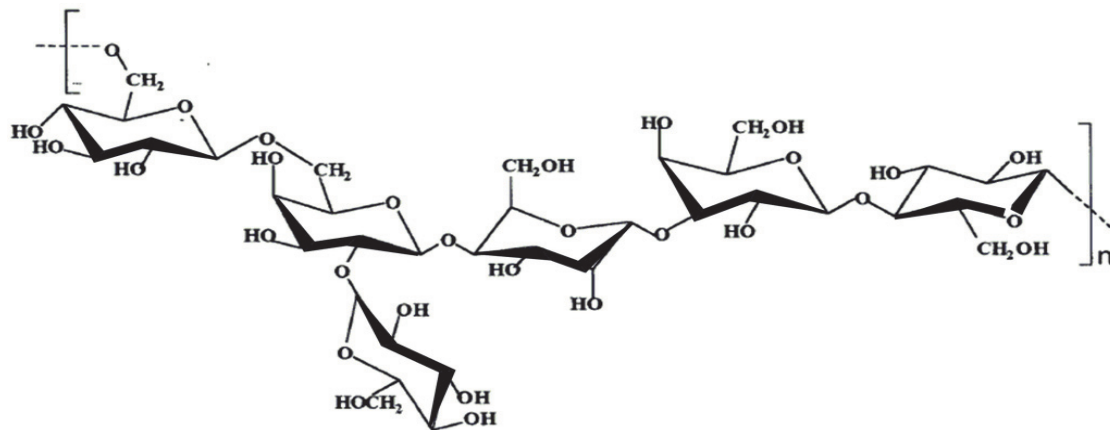


Рис. 1. Химическая структура кефирана

вой кавитации на содержание кефирана использовали обработанное в разных режимах восстановленное молоко-сырье, на основе которого были получены йогуртовые продукты. Для заквашивания продукта применялась заквасочная культура прямого внесения LYOBAC YOYO 28 компании «MOFIN ALCE GROUP», Италия. В состав используемой закваски входят: *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. В процессе сквашивания главную роль играют *Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus*, обеспечивающие высокую вязкость продукту. Наличие *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* улучшает и ускоряет процесс сквашивания, уменьшая вероятность развития посторонней микрофлоры. Придают продукту очень густую консистенцию с мягким, сливочным вкусом и ароматом.

Для каждого из объектов исследования были установлены разные условия ультразвуковой обработки по вариации мощности и продолжительности воздействия.

Контроль – йогурт на восстановленном по традиционной технологии молоко-сырье: сухое молоко добавляется в воду температурой 38...45 °С, перемешивается и выдерживается в течение 3 часов.

Образец 1 – йогурт на восстановленном молоко-сырье, с применением воды, предварительно обработанной ультразвуком частотой 240 Вт, в течение 3 минут (режим 1) (условное обозначение 240-3).

Образец 2 – йогурт на восстановленном молоко-сырье, с применением воды, предварительно обработанной ультразвуком частотой 180 Вт, в течение 3 минут (режим 2) (условное обозначение 180-3) [5].

Исследование проводилось по комплексу органолептических и физико-химических показателей:

– титруемую кислотность молочного сырья и продуктов переработки определяли титрометрическим методом с применением индикатора фенолфталеина (ГОСТ 3624);

– активную кислотность определяли потенциометрически с помощью рН-метров: рН-150, WTW рН/Cond 340I и стеклянного электрода ЭСЛ-15-11 в паре с хлорсеребряным ЭВЛ-1М4 (по ГОСТ 26781);

– динамическая вязкость изучалась посредством определения предельного напряжения сдвига, на вискозиметре ротационном Brookfield DV-III Ultra. Диапазон вязкости

определяли от 1 mPas до 6×10⁶ mPas, диапазон скоростей – 0,01...250 об/мин;

– определение степени синерезиса кисломолочных напитков устанавливается путем измерения количества сыворотки, выделившейся за 1 час свободного фильтрования 100 см³ продукта;

– количественное определение полисахарида (кефирана) по методике согласно патенту RU 2437092 C1. Метод основан на получении раствора, с последующим осаждением полисахарида спиртом или ацетоном при центрифугировании, промывание осадка и полный гидролиз полисахарида с последующей нейтрализацией гидроксидом натрия и определение содержания полисахарида по градуировочному графику.

Массу полисахарида в исследуемом продукте находят по уравнению регрессии градуировочного графика для глюкозы:

$$m = 66,238 \cdot A + 58,661, \quad (1)$$

где m – масса полисахарида (глюкозный эквивалент), мкг; A – значение оптической плотности.

Результаты и их обсуждение

Исследуемые образцы йогуртов имели явные различия по органолептическим показателям, что указывало на влияние акустического воздействия УЗ на качество йогуртовых сгустков, полученных при внесении заквасок при соблюдении традиционных технологий получения продукта (скашивание в течение 8 часов при температуре 40 °С). Ультразвуковое воздействие упрочило сгусток, так, образцы йогуртов, полученные по модифицированным технологиям, имели однородный сгусток без признаков отделения сыворотки, даже после сдвига части продукта шпателем. Результаты оценки по показателю «вкус и запах» лежат в зоне приемлемых значений, однако имеют отличия по выраженности и характерности.

Для оценки структурно-механических и синергетических свойств образовавшихся кислотных сгустков оценивали показатели вязкость и степень синерезиса (рис. 2).

Структурно-механические свойства йогуртовых сгустков (влагоудерживающая способность, синергетические свойства) зависят в большей степени от технологических свойств молочного сырья, режимов тепловой и механической обработки.

Переход коллоидной системы молока из свобододисперсного состояния (золя) в свобододисперсное (гель) обусловлено кислотной

Прикладная биохимия и биотехнологии

коагуляцией казеина и гелеобразованием [6, 17]. По данным П.А. Ребиндера, в коагуляционных структурах частицы удерживаются межмолекулярными силами (силами Ван-дер-Ваальса–Лондона). Между частицами остаются тонкие прослойки дисперсной среды, что придает структуре эластичность и пластичность. Для них характерны тиксотропия и синерезис [8].

Применение ультразвуковой обработки на этапе подготовки молочного сырья к сквашиванию повлияло на устойчивость сгустка к самопроизвольному уплотнению структуры. Исследование динамики отделения сыворотки от сгустка (рис. 3) при оценке способности к синерезису показало, что отделение сыворотки проходило с разной скоростью, особенно это проявилось через 15 минут наблюдений.

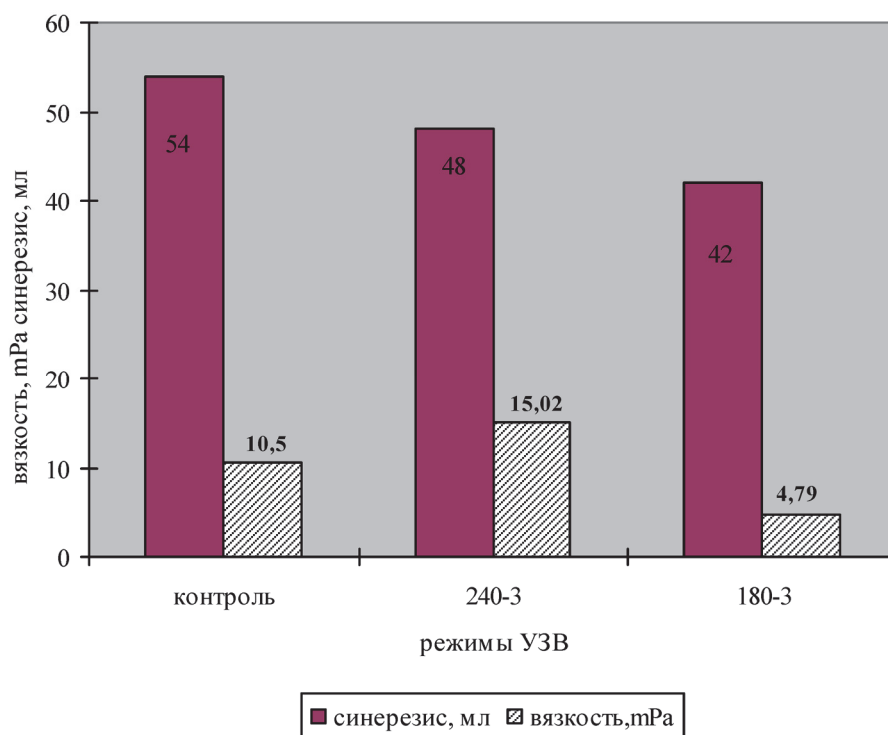


Рис. 2. Соотношение показателей вязкости и синерезиса йогуртовых сгустков при различных режимах УЗВ

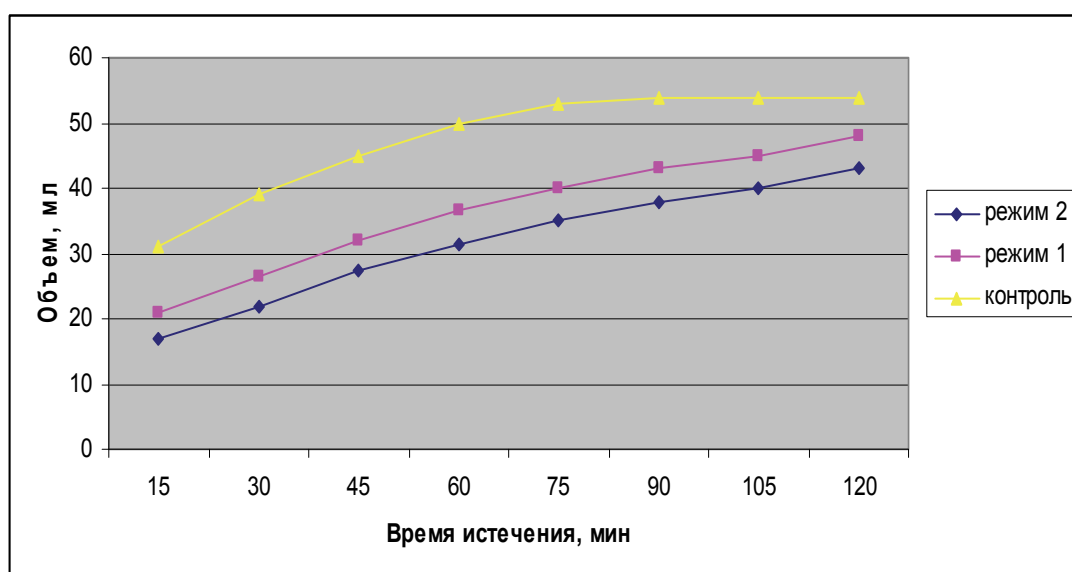


Рис. 3. Динамика синерезиса сгустков йогуртов при различных режимах УЗВ и без УЗВ (контроль)

Сгусток контрольного образца слабо удерживал сыворотку, через 15 минут объем истечения составил 31 мл.

В следующие периоды наблюдений объем истечения находился в диапазоне от 8 до 2 мл. Наименьший объем отделившейся сыворотки был у образцов йогуртов, полученных на основе восстановленного при режиме ультразвуковой обработке 180-3. Так, применение УЗВ в режиме 3 мин при 180 Вт мощности снизило отделение сыворотки от сгустка на 20 %, что согласуется с визуальными наблюдениями.

Истинно растворенные соли и лактоза, а также сывороточные белки оказывают лишь незначительное влияние на вязкость молока-сырья. При повышении pH среды ее вязкость увеличивается, поскольку набухают мицеллы казеина. С возрастанием объемной доли

фракций вязкость снижается, что, возможно, обусловлено увеличением концентрации составных частей молока и изменением гидродинамического объема за счет гидратации или изменения структуры частиц. Вязкость молока зависит в основном от дисперсности мицелл казеина и жировых шариков, степени их гидратации и агрегирования. По мнению Горбатовой К.К., сывороточные белки и лактоза незначительно влияют на вязкость молока. Решающее значение, по мнению А. Тепел, имеют объемная доля фракции диспергированных и растворенных составных частей молока [3, 8]. В связи с чем определение показателя вязкости может в некоторой степени объяснить влияние ультразвукового воздействия на влагоудерживающую способность белковых сгустков. Значения показателей вязкости в исследуемых образцах йогуртов (рис. 4)

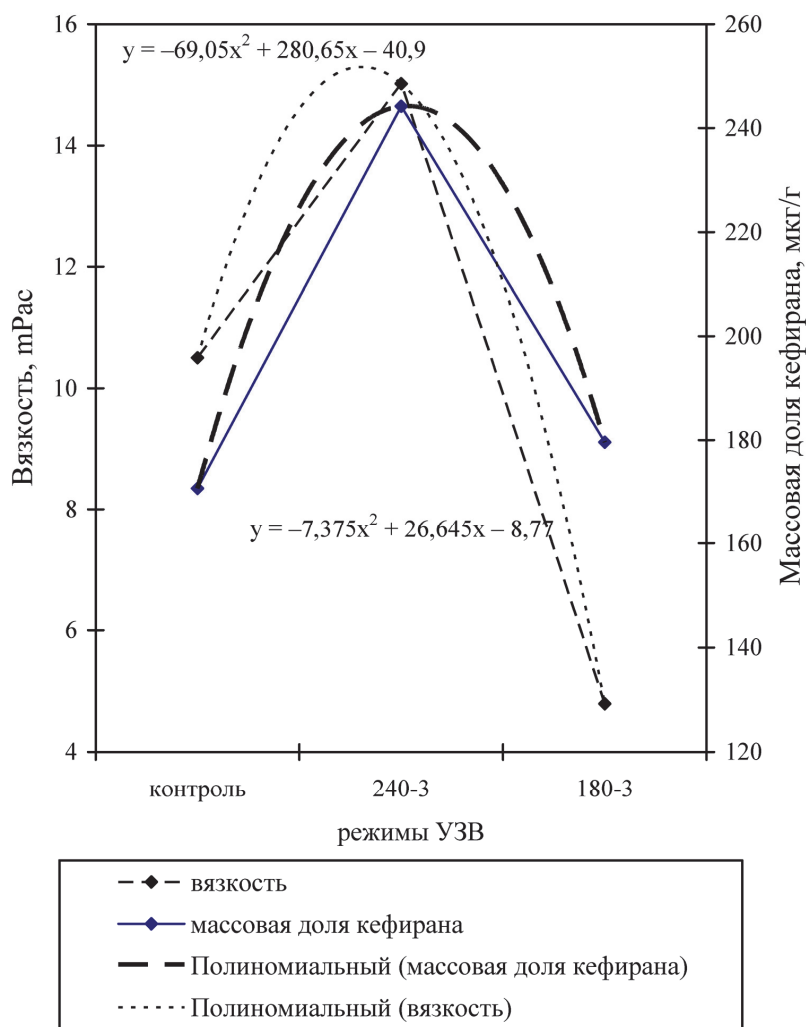


Рис. 4. Показатели вязкости сгустков и массовой доли кефирана йогуртов при УЗВ и без обработки (контроль)

варьируется в диапазонах: контрольные образцы (без УЗ обработки) – 9,33...10,5 mPas; образцы йогуртов УЗВ режим 1 – 13,31...15,02 mPas; образцы йогуртов УЗВ режим 2 – 4,09...4,79 mPas. Таким образом полученные данные позволяют говорить об увеличении постоянной вязкости йогуртов, обработанных УЗ в режиме 1 и снижении при обработке УЗ в режиме 2. Однако снижение вязкости при втором режиме УЗВ в совокупности с высокой влагоудерживающей способности сгустка обеспечивает хорошие органолептические характеристики продукта, возможно за счет накопления ЭПС микробного происхождения.

Для дальнейшей работы в направлении создания йогурта с выраженным функциональным действием необходимо определить оптимальные условия накопления бактериальных полисахаридов (кефирана). Соотношение показателя вязкости сгустков и массовой доли кефирана в образцах йогуртов при различных режимах УЗВ представлено на рис. 4.

ЭПС кефиран синтезируется на поверхности наружной мембраны клетки, причем образует когезионно связанный слой в виде полисахаридной капсулы, обеспечивая поверхности клетки гидрофильные свойства. В работе Правдивцевой М.И. доказана биологическая активность ЭПС бактерий рода *Lactobacillus* и перспективы их использования. На реологические свойства йогуртов влияют экзополисахариды (ЭПС) микробного происхождения, их способность формировать гели зависят от молекулярной массы полимера и соотношения углеводных мономеров. Соотношение этих мономеров в бактериальных ЭПС варьирует в зависимости от вида (штамма) и условий культивирования бактерий.

При использовании ультразвукового воздействия для восстановления молока-сырья наблюдается увеличение массовой доли кефирана. Так, при использовании режима 1 его содержание увеличивается на 73,5 мкг/г (на 30 %) по сравнению с контролем. При УЗВ в режиме 2 замечено менее значительное возрастание массовой доли кефирана: в среднем на 8,9 мкг/г (на 5%) по отношению к контролю.

Заключение

В процессе исследования было доказано, что применение акустических эффектов УЗ в модернизации технологии восстановленных продуктов переработки молока обеспечивает

повышение их качества, улучшение функциональных свойств продукта.

Данные, полученные в ходе работы, дают основание для использования УЗВ в технологии йогуртовых продуктов, как новый подход, который позволяет обеспечить потребителей функциональной продукцией высокого качества.

Учитывая технические возможности настольки режимов воздействия аппарата, оптимальным режимом УЗВ можно считать следующие параметры воздействия в технологии йогуртов, полученных на основе восстановленного молока:

- для максимального продуцирования кефирана в йогуртах режим УЗВ мощность 240 длительность воздействия 3 минуты;
- для показателя вязкость йогуртов мощность 240 длительность воздействия 3 минуты.

Литература

1. Арсеньева, Т.П. Основные вещества для обогащения продуктов питания / Т.П. Арсеньева, И.В. Баранова // Пищевая промышленность. – 2007. – № 1. – С. 7.
2. Артюхова, С.И. Кисломолочные десертные продукты для функционального питания / С.И. Артюхова, А.А. Макшеев. – Омск: Омский научный вестник, 2007. – 77 с.
3. Горбатова, К.К. Химия и физика молока: учебник для вузов / К.К. Горбатова. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.
4. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 года № 120 // Российская газета. – Федеральный выпуск № 5100(21). – 3 февраля 2010 г.
5. Потороко, И.Ю. Системный подход в технологии водоподготовки для пищевых продуктов / И.Ю. Потороко, Р.И. Фаткуллин, Л.А. Цирульниченко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2013. – Т. 7, № 3. – С. 153–158.
6. Ребиндер, П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика / П.А. Ребиндер. – М.: Наука, 1978. – 371 с.
7. Роцупкина, Н.В. Функциональные ингредиенты для молкосодержащих продуктов и спредов / В.Н. Роцупкина, А. Тихонова // Сыроделие и маслоделие. – 2011. – № 2. – С. 50–51.

8. Тёпел, А. Химия и физика молока / А.Тёпел; пер. с нем. под ред. канд. техн. наук, доц. С.А. Фильчаковой. – СПб.: Профессия, 2012. – 832 с.
9. Технический регламент ТС 033/2013. О безопасности молока и молочной продукции. – <http://docs.cntd.ru/document/499050562>
10. Хмелев, В.Н. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве: научная монография / В.Н. Хмелев, О.В. Попова. – Барнаул: Изд. АлмГТУ, 1997. – 160 с.
11. Cheirsilp B., Shimizu H., Shioya S. Modelling and optimization of environmental conditions for kefir production by *Lactobacillus kefirifaciens* // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2001, Vol. 57. – P. 639–646.
12. Fox, P.F. Milk proteins: molecular, colloidal and functional properties/ P.F. Fox, D.M. Mulvihill// *J. Dairy Res.* – 1982. – V. 49. – № 4. – P. 679–693.
13. Lahey, R. Sonofusion technology revisited / R. Lahey, R. Taleyarkhan and R. Nigmatulin // *Nuclear Eng. and Design.* – 2007. – V. 237. – P. 1571–1585.
14. Maeda H., Zhu X., Mitsuoka T. Effects of an exopolysaccharide (kefiran) from *Lactobacillus kefirifaciens* on blood glucose in KKAY mice and constipation in SD rats induced by low-fiber diet // *Bioscience Microflora*, 2004, Vol. 23, № 4. – P. 149–153.
15. Rodrigues K.L. et al. Antimicrobial and healing activity of kefir and kefiran extract // *International Journal of Antimicrobial Agents*, 2005, Vol. 25. – P. 404–408.
16. Shiomi M. Et al. Antitumor activity in mice of orally administered polysaccharide from kefir grain // *Jpn. J. Med. Sci. Biol.*, 1982, Vol. 35, № 2. – P. 75–80.
17. Sweetsur A.W. Effect of homogenization on the heat stability of milk/ A.W. Sweetsur, D.D. Murr // *J. Dairy Res.* – 1983. – V. 50. – № 3. – P. 291–308.
18. Yokoi H., Watanabe T. Optimum culture conditions for production of kefiran by *Lactobacillus sp. KPB-167B* isolated from kefir grains // *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 1992, Vol. 74, № 5. – P. 327–329.

Потороко Ирина Юрьевна. Доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), irina_potoroko@mail.ru

Ускова Дарья Геннадьевна Аспирант кафедры «Пищевые и биотехнологии» высшей медико-биологической школы, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), twins.23@mail.ru

Ботвинникова Валентина Викторовна. Старший преподаватель кафедры «Пищевые и биотехнологии» высшей медико-биологической школы, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), valens_b@mail.ru

Калинина Ирина Валерьевна. Кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), 9747567@mail.ru

Поступила в редакцию 14 июня 2016 г.

THE INFLUENCE OF ACOUSTIC EFFECT OF ULTRASOUND ON THE FORMATION OF CONSUMER PROPERTIES OF YOGHURTS

I.Yu. Potoroko, D.G. Uskova, V.V. Botvinnikova, I.V. Kalinina

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Today fermented milk drinks are associated with “healthy products”, but the majority of fermented milk drinks can't ensure the declared useful properties. To solve this problem it's suggested to use the acoustic effect of ultrasound initiated with the help of an UZTA-O.4/22-OM ultrasonic technological apparatus (vibration frequency (22 ± 1.65) kHz). The structure mechanical characteristics and accumulation of a minor biologically active substance, i.e. kefiran are accepted as main factors which specify consumer properties. The ultrasonic effect was applied while preparing milk raw materials in two power modes 190 and 240 W during 3 minutes. In the course of research studies the authors have obtained the results which confirm the use of ultrasonic exposure (UE) when producing yoghurt products as a new approach, which enables one to provide consumers with functional products of high quality. The application of UE during 3 minutes at 180 W reduced the whey separation from a clot by 20 %, which agrees with visual observance. The viscosity in the examined samples of yoghurts varies in the ranges: 13.31...15.02 mPas for samples in case of UE during 3 minutes at 180 W and 4.09...4.79 mPas for the yoghurt samples in case of UE during 3 minutes at 240 W. It's determined that UE stimulates kefiran accumulation by 5...30 %, and more intensively in case of UE during 3 minutes at 240 W. The data obtained in the course of studies give grounds for the use of UE in the technology of yoghurt products as a new approach, which provides consumers with functional high-quality products.

Keywords: functional food, consumer properties, nutritional values, quality, ultrasonic exposure, polysaccharide, kefiran.

References

1. Arsen'eva T.P., Baranova I.V. [Main substances for enrichment of food products]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2007, no. 1, p. 7. (in Russ.)
2. Artyukhova S.I., Maksheev A.A. *Kislomolochnye desertnye produkty dlya funktsional'nogo pitaniya* [Fermented-milk desserts for functional nutrition]. Omsk, Omskiy nauchnyy vestnik [Omsk Scientific Bulletin], 2007. 77 p.
3. Gorbatova K.K. *Khimiya i fizika moloka* [Chemistry and physics of milk]. St. Petersburg, 2004. 288 p.
4. *Doktrina prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 30 yanvarya 2010 goda № 120* [Food Security Doctrine of the Russian Federation, Decree of the President of the Russian Federation of January 30, 2010 No. 120]. Rossiyskaya gazeta. Federal'nyy vypusk № 5100(21). – 3 February 2010.
5. Potoroko I.Yu., Fatkullin R.I., Tsiurulnichenko L.A. The system approach to water treatment technology for food production. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2013, vol. 7, no. 3, pp. 153–158. (in Russ.)
6. Rebinder P.A. *Poverkhnostnye yavleniya v dispersnykh sistemakh. Fiziko-khimicheskaya mekhanika* [Surface phenomena in disperse systems. Physical and chemical mechanics]. Moscow, 1978. 371 p.
7. Roshchupkina N.V., Tikhonova A. [Functional ingredients for milk-containing products and spread]. *Syrodellie i maslodellie* [Cheese and butter manufacturing], 2011, no. 2, pp. 50–51. (in Russ.)
8. Tepel A. *Khimiya i fizika moloka* [Chemistry and physics of milk]. Transl. from German. St. Petersburg, 2012. 832 p.
9. *Tekhnicheskii reglament TS 033/2013. O bezopasnosti moloka i molochnoy produktii* [Technical regulation TC 033/2013. On safety of milk and dairy products]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/499050562>
10. Khmelev V.N., Popova O.V. *Mnogofunktsional'nye ul'trazvukovye apparaty i ikh primeneniye v uslovnyakh malykh proizvodstv, sel'skom i domashnem khozyaystve* [Multifunctional ultrasonic apparatus and their use in the context of small business, agricultural sector and household]. Barnaul, 1997. 160 p.

11. Cheirsilp B., Shimizu H., Shioya S. Modelling and optimization of environmental conditions for kefir production by *Lactobacillus kefirianofaciens*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2001, vol. 57, pp. 639–646. DOI: 10.1007/s00253-001-0846-y
12. Fox P.F., Mulvihill D.M. Milk proteins: molecular, colloidal and functional properties. *J. Dairy Res.*, 1982, vol. 49, no. 4, pp. 679–693. DOI: 10.1017/s0022029900022822
13. Lahey R., Taleyarkhan R. and Nigmatulin R. Sonofusion technology revisited. *Nuclear Eng. and Design*, 2007, vol. 237, pp. 1571–1585. DOI: 10.1016/j.nucengdes.2006.12.014
14. Maeda H., Zhu X., Mitsuoka T. Effects of an exopolysaccharide (kefiran) from *Lactobacillus kefirianofaciens* on blood glucose in KKAy mice and constipation in SD rats induced by low-fiber diet. *Bioscience Microflora*, 2004, vol. 23, no. 4, pp. 149–153. DOI: /10.12938/bifidus.23.149
15. Rodrigues K.L. et al. Antimicrobial and healing activity of kefir and kefiran extract. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 2005, vol. 25, pp. 404–408. DOI: /10.1016/j.ijantimicag.2004.09.020
16. Shiomi M. et al. Antitumor activity in mice of orally administered polysaccharide from kefir grain. *Jpn. J. Med. Sci. Biol.*, 1982, vol. 35, no. 2, pp. 75–80. DOI: 10.7883/yoken1952.35.75
17. Sweetsur A.W., Murr D.D. Effect of homogenization on the heat stability of milk. *J. Dairy Res.*, 1983, vol. 50, no. 3, pp. 291–308. DOI: 10.1017/s0022029900023128
18. Yokoi H., Watanabe T. Optimum culture conditions for production of kefiran by *Lactobacillus* sp. KPB-167B isolated from kefir grains. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 1992, vol. 74, no. 5, pp. 327–329. DOI: 10.1016/0922-338x(92)90069-7

Irina Yu. Potoroko, Doctor of Sciences (Engineering), professor of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, irina_potoroko@mail.ru

Dar'ya G. Uskova, Postgraduate student of the Department of Food and Biotechnology, Higher School of Medicine and Biology, South Ural State University, Chelyabinsk, twins.23@mail.ru

Valentina V. Botvinnikova, Senior lecturer of the Department of Food and Biotechnology, Higher School of Biology and Medicine, South Ural State University, Chelyabinsk, valens_b@mail.ru

Irina V. Kalinina, Candidate of Sciences (Engineering), associate professor of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, 9747567@mail.ru

Received 14 June 2016

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Исследование влияния акустического воздействия ультразвука на формирование потребительских свойств йогуртов / И.Ю. Потороко, Д.Г. Ускова, В.В. Ботвинникова, И.В. Калинина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2016. – Т. 4, № 3. – С. 13–21. DOI: 10.14529/food160302

FOR CITATION

Potoroko I.Yu., Uskova D.G., Botvinnikov V.V., Kalinina I.V. The Influence of Acoustic Effect of Ultrasound on the Formation of Consumer Properties of Yoghurts On Visco-Plastic Characteristics of Heterogeneous Compositions in the Process of their Mixing. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2016, vol. 4, no. 3, pp. 13–21. (in Russ.) DOI: 10.14529/food160302