

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ

DOI: 10.24143/2073-5529-2019-1-129-135

УДК 637 56

ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ С ДОБАВЛЕНИЕМ БЕЛКОВО-ЖИРОВОЙ ЭМУЛЬСИИ, ОБРАБОТАННОЙ УЛЬТРАЗВУКОМ И МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ, К ОКИСЛИТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССАМ ПРИ ХРАНЕНИИ

Е. И. Верболоз, Д. С. Распопов, Е. А. Шестакова

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики,
Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Проведено исследование результатов применения ультразвуковых колебаний и пульсирующего магнитного поля для улучшения качества и ускорения процесса обработки изделий из рыбы (сосисок, сарделек, колбас из рыбного фарша). Влияние воздействий ультразвука и пульсирующего магнитного поля на устойчивость белково-жировой эмульсии (БЖЭ) к механическим и температурным воздействиям, а также ее стойкость к окислительным процессам, увеличивающую сроки хранения рыбных фаршевых изделий, изготовленных с добавкой БЖЭ, позволили разработать технологию ряда колбас и сосисок. Вязкость БЖЭ, полученной с применением магнитного ультразвука и пульсирующего магнитного поля, повышается до консистенции сметаны при дисперсности жировых шариков 4–30 мкм. Такие густые эмульсии, не разжижающиеся во время тепловой обработки изделий из рыбных фаршей, позволяют заметно повысить качество рыбных колбасных изделий, на 32–38 % увеличить срок хранения готовой продукции за счет высокой стойкости к окислительным процессам. Современные пьезоэлектрические ультразвуковые установки, как и неодимовые магниты, отличаются низким энергопотреблением и небольшими размерами, легко встраиваются в линии непрерывного изготовления рыбных фаршей. Добавление БЖЭ, приготовленных с использованием ультразвука и магнитного поля постоянных неодимовых магнитов, позволяет повысить водосвязывающую способность фарша, что ведет к увеличению выхода продукции и снижению ее себестоимости.

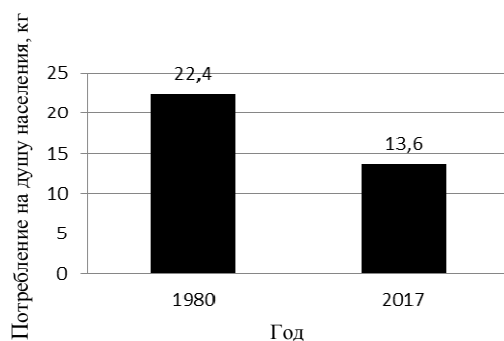
Ключевые слова: рыбные колбасные изделия, рыбный фарш, белково-жировая эмульсия, сыворотка, подсолнечные фосфатиды, ультразвук, магнитное поле, рыбные сосиски.

Для цитирования: Верболоз Е. И., Распопов Д. С., Шестакова Е. А. Технология повышения стойкости рыбной продукции с добавлением белково-жировой эмульсии, обработанной ультразвуком и магнитным полем, к окислительным процессам при хранении // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 1. С. 129–135. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-1-129-135.

Введение

Рыба и морепродукты являются одними из важнейших продуктов питания жителей России. Рыба содержит меньше холестерина, чем мясо, а также большое количество полиненасыщенных жирных кислот (Омега-3 и Омега-6), необходимых для мозга человека и способствующих оптимальному функционированию кровеносной системы.

В настоящее время отмечено значительное снижение потребления рыбных продуктов питания населением России по сравнению с предыдущими годами, обусловленное уменьшением рыбных уловов и, как следствие, сокращением производства рыбных пищевых продуктов (рис.). Причинами такой тенденции являются высокие цены, низкое качество продукции и ее ограниченный ассортимент [1]. Таким образом, для производителей актуальной проблемой становится расширение ассортимента рыбной продукции и улучшение ее качества.



Потребление на душу населения рыбы и морепродуктов в России

Технология приготовления рыбных полуфабрикатов

В настоящее время у потребителей большим спросом пользуются полуфабрикаты и продукты, готовые к употреблению в пищу. В этой связи особый интерес представляют продукты в виде рыбных колбасных изделий, изготовленные из промысловых рыб в свежем, охлажденном или мороженом виде, и в виде рыбного фарша. Колбасные продукты, изготовленные из мяса рыбы, лишены костей, поэтому находят широкое применение в детском питании. Данные продукты отличаются большим сроком годности при хранении в определенных условиях [2–4].

В основном для приготовления колбас применяют мороженую рыбу, отвечающую по своему качеству первому сорту и характеризующуюся высокой эластичностью мяса. Средней эластичностью обладает мясо рыб белого цвета, хотя у трески, минтая и камбалы этот показатель ниже средней нормы и приближается к таковому у рыб с красным мясом, отличающимся низкой эластичностью. Высокой эластичностью отличается мясо некоторых видов акул и скатов. С учетом этого показателя в производственных условиях комбинируют мясо разных видов рыб [4].

Вспомогательное сырье, используемое при приготовлении рыбных колбасных изделий, повышает питательную ценность продукта и улучшает его вкусовые качества. Это шпик, обезжиренное и цельное сухое молоко, яйца, крахмал, соя, поваренная соль, пряности, сахар и др.

Включение в рецептуру колбас яиц способствует повышению пищевой ценности и эластичности изделий, а добавление сухого молока, кроме улучшения питательности колбас, способствует защите белков основного сырья от тепловой денатурации.

Крахмал добавляют при составлении колбасной смеси в количестве около 5 % в сухом виде или в виде суспензии, причем картофельный крахмал обеспечивает лучшую эластичность, чем пшеничный.

Шпик добавляют в колбасы в количестве до 20 % для улучшения качества продукта и придания ему внешнего вида, близкого к мясным колбасам. Кроме шпика в рецептуры колбас могут быть включены и другие жиры и масла (бараний жир, подсолнечное масло, соевое или хлопковое масло).

Для придания колбасным изделиям приятного вкуса и аромата используют различные пряности (кориандр, мускатный орех, душистый, красный и черный перец, тмин, корицу, кардамон, лавровый лист и др.). Применять их удобнее в виде экстрактов, которые содержат больше ароматических веществ и свободны от микроорганизмов. С целью повышения биологической ценности колбас добавляют сою, богатую незаменимыми аминокислотами. Для уменьшения жесткости мяса рыбы применяют различные углеводы, фосфаты, консерванты, стабилизаторы окраски колбасных изделий.

Цель исследования – показать влияние созданной с применением ультразвука и магнитного поля мелкодисперсной, устойчивой к расслоению эмульсии (БЖЭ) на основе очищенных фосфатидов на качество рыбных сосисок и других колбасных изделий, а также на их себестоимость.

Применение ультразвука и магнитного поля позволяет частично разрушить волокна мышечной и соединительной ткани, при этом химические процессы в полученных изделиях ускоряются и создаются благоприятные условия для ферментации [5–7]. Установлено, что

посол с применением ультразвука позволяет получить нежное мясо без предварительного внутримышечного шприцевания, а значит, готовый продукт без повреждения тканей. Нами предложено использование в рецептурах рыбных колбас и сосисок эмульсий, приготовленных с применением ультразвука и магнитных полей.

Максимальная концентрация эмульсий, получаемых с помощью ультразвука без применения стабилизирующих веществ, обычно не превышает 15 % (максимальная концентрация эмульсий, получаемых механическим взбиванием, меньше 15 %). А применение стабилизаторов (эмульгаторов), например пищевых подсолнечных фосфатидов, позволяет получать эмульсии с концентрацией более 50 %. Эта зависимость характерна в основном для эмульсий типа «вода – масло», которые менее устойчивы к расслоению.

Получение на экспериментальных установках кафедры процессов и аппаратов пищевой промышленности Университета информационных технологий, механики и оптики белково-жировых эмульсий (БЖЭ) позволяет использовать их при производстве колбасных изделий, добавляя их в фарш колбасных изделий взамен жира-сырца [8].

Добавление в фарш БЖЭ позволяет увеличить его водосвязывающую способность, следовательно, повысить выход продукции и улучшить ее качество [7]. Используемые в этом случае эмульсии должны быть высококонцентрированными, поэтому при их получении необходимо использовать мощные стабилизирующие вещества с длинными молекулами, придающими эмульсиям высокую устойчивость [8, 10]. Поэтому наиболее доступным и эффективным эмульгирующим и стабилизирующим веществом являются пищевые фосфатиды в смеси с растительным маслом и добавлением обезжиренной молочной сыворотки.

Процесс обработки БЖЭ проводится в специально изготовленном ультразвуковом аппарате непрерывного действия при постоянном перемешивании, что позволяет применять повышенную удельную интенсивность обработки ультразвуком (до 10 Вт/см²) и пульсирующее магнитное поле, исключая перегрев ингредиентов выше 20–30 °С и их деструкцию [8]. Установленные на концентраторе четыре неодимовых магнита с коэрцитивной силой 1,2 Тл приводились в движение с амплитудой 30 мкм частотой 22 ± 1,65 кГц. Затем эмульсия охлаждалась до +4–6 °С и хранилась до 6 месяцев в таре без доступа воздуха и освещения.

Вязкость эмульсии, полученной путем действия ультразвука и пульсирующего магнитного поля, повысилась до консистенции сметаны при дисперсности жировых шариков 4–30 мкм. Применение такой эмульсии, химически связанной с белками, способствует эффективному насыщению ей рыбного фарша. При этом отдельные капельки подсолнечного масла, покрытые молекулами сыворотки и воды, попадают в пространство между белковыми молекулами, срачиваются с ними и остаются внутри мышц рыбы или фарша и после снятия ультразвукового воздействия. Из анализа литературных источников [2] следует, что добавление в рацион питания больных людей колбас и подобных им изделий, содержащих БЖЭ, оказывает положительный эффект при лечении печени и желчного пузыря. Добавление в фарш высокодисперсной соленой БЖЭ позволяет получить продукт высокого качества из дефростированного рыбного сырья без предварительной выдержки в рассоле. Эмульсия, полученная с применением ультразвука, позволяет вводить соль и специи в 1,3–2 раза меньшем количестве, чем без его применения [3, 9]. Введенные БЖЭ позволяют сохранять качество и свежесть изделий из фаршевых систем на 30–32 % дольше, чем при посоле без ультразвука. Таким образом, применение качественных нанозэмульсий, полученных с помощью ультразвука и магнитного поля, дает положительные результаты.

Важным фактором стабильности структурно-механических свойств эмульсии является соотношение белка, фосфатидов, растительного жира и воды.

Нами было уточнено количество и качество добавляемых в смесь пищевых подсолнечных фосфатидов, полученных и очищенных в результате специальной обработки ультразвуком и магнитным полем.

Для выбора оптимального соотношения компонентов БЖЭ, предназначенных для применения в производстве рыбных колбас и других изделий, были изучены функционально-технологические свойства эмульсий, кратковременно обработанных на магнитно-ультразвуковой установке непрерывного действия.

Методом подбора компонентов БЖЭ был разработан наиболее эффективный состав БЖЭ. Соотношение воды (сыворотки), белка, жира, фосфатидов в ней составило 5 : 1,7 : 3 : 2. Важно,

что в результате обработки этой смеси ультразвуком и пульсирующим магнитным полем происходит интенсивное измельчение ее на микрокапсулы примерно одинакового размера, не слипающиеся длительное время (до 6 месяцев при +40 °С).

Известно, что замена части основного рыбного сырья БЖЭ увеличивает объем выпускаемой продукции, снижает ее себестоимость и позволяет рационально использовать сырье.

Материалы и методы исследования

Были подобраны и использованы образцы рыбного фарша двух составов. В качестве контрольного образца были выбраны рыбные сосиски «Лососевые», для изготовления которых использован фарш горбуши и минтая по ТУ 9266-01458182773-06. В опытный образец, сосиски «Диетические», кроме основного сырья вводили разработанную нами БЖЭ в количестве 35 % к массе фарша. Для определения оптимальной дозы БЖЭ в рыбном фарше были рассмотрены его основные свойства (устойчивость при тепловой обработке, влагосвязывающая способность и др.). Физико-химические и органолептические показатели полученной эмульсии оценивались согласно стандартным методам [4].

Результаты исследований и их обсуждение

Экспериментально были определены физико-химические показатели рыбного фарша с добавкой БЖЭ. Установлено, что замена фарша БЖЭ в количестве 35 % увеличивает количество связанной влаги на 12–15 % и, следовательно, выход готовых изделий. Добавляемая эмульсия имеет консистенцию сметаны 25 % жирности, при этом важно, что она практически не имеет посторонних запахов и нейтральна на вкус. Важно, что при тепловой обработке рыбных колбас БЖЭ не разжижается и практически не имеет потерь в массе. Белково-жировая эмульсия повышает упругость и прочность структуры колбас после варки.

Для приготовления рыбных сосисок «Диетические» с применением БЖЭ в фарш добавляется подготовленная эмульсия, поступающая после длительного хранения. Анализ качественных характеристик рыбных сосисок «Лососевые» и «Диетические», состав которых представлен в таблице, показал, что сосиски «Диетические» обладают достаточно высокой пищевой ценностью.

Качественные характеристики рыбных сосисок «Лососевые» и «Диетические»

Показатель	Сосиски рыбные «Лососевые»	Сосиски рыбные «Диетические»
Массовая доля, %:		
воды;	65,0 ± 0,2	65,0 ± 0,2
сыворотки молочной;	–	50,6 ± 0,3
белка;	11,0 ± 0,1	17,5 ± 0,1
хлорида натрия	1,7 ± 0,1	1,4 ± 0,1
Масло растительное	–	28,0 ± 0,1
Жиры	19,00	10,00
Углеводы	1,00	1,00
Стабилизаторы и вкусовые добавки	2,3	0,5
Фосфатиды	–	2,0
Энергетическая ценность	219,00 ккал	320,00 ккал

Состав сосисок «Лососевые»: рыбный фарш, посолочная смесь (соль, фиксатор окраски (нитрит натрия)), вода питьевая, стабилизаторы (пирофосфат натрия, полифосфат натрия)), ароматизаторы, антиокислители (изоаскорбат натрия, лимонная кислота), клетчатка пшеничная или мука соевая, сахар, краситель (кармин).

Состав сосисок «Диетические»: рыбный фарш, посолочная смесь (соль, фиксатор окраски (нитрит натрия)), вода питьевая, антиокислители (лимонная кислота), краситель (кармин), БЖЭ.

Использование БЖЭ в качестве основной добавки при изготовлении рыбных колбас значительно увеличивает водосвязывающую способность фаршей. Это связано с тем, что в БЖЭ, под воздействием мощного магнитного поля и ультразвука, большая часть воды прочно удерживается вокруг сольватных оболочек жировых шариков. При введении эмульсии в фарш в куттере и смешивании ее с рыбным фаршем образуется сложная комплексная система «белок – вода – жир», характеризующаяся высокой устойчивостью к разрушению даже при тепловой обработке. Здесь удержание воды является следствием присоединения ее мышечной ткани в присутствии

БЖЭ. При сближении частиц фарша с жировыми шариками, окруженными защитными оболочками воды с достаточной упругостью и механической прочностью, вода не успевает выдавиться. В итоге процентное отношение связанной влаги в фарше увеличивается, что значительно улучшает качество готового продукта. Введение активированных ультразвуком и магнитным полем БЖЭ при изготовлении сосисок и сарделек позволяет уменьшить выдержку мяса рыбы в посоле и применять в колбасном производстве более полезные растительные жиры. Введение в рыбный фарш растительного жира в виде мелкодисперсной БЖЭ позволяет равномерно распределить его в массе готового изделия и снизить потери при термической обработке. Применение растительного масла в качестве жирового сырья позволяет существенно повысить содержание жирорастворимых витаминов А и D, отказаться от использования (или снизить количество) эмульгирующих смесей на основе метилцеллюлозы и других пищевых добавок, которые создают прочную коллоидную систему «вода – жир». Улучшение качества продуктов на основе рыбного фарша подтверждено экспериментально. Добавление БЖЭ, имеющей в своем составе пищевые фосфолипиды в виде полидисперсной системы, увеличивает стойкость рыбных колбасных изделий к окислительным процессам и обеспечивает на 32–38 % более длительный срок хранения готовой продукции.

В ходе органолептической оценки заключили, что опытные партии колбасных изделий отличались сочностью, нежностью консистенции, хорошим вкусом и высоким связыванием влаги.

Заключение

Таким образом, установлена возможность использования рыбного сырья с добавлением белково-жировых эмульсий для производства более качественных сосисок, которые отличаются повышенной пищевой ценностью и хорошими потребительскими свойствами, повышенным выходом. Разработанная технология позволяет обогатить состав готовых изделий по некоторым показателям пищевой ценности и их органолептической оценке. Разработаны рецептуры рыбных изделий с 35 % заменой фарша на белково-жировые эмульсии. Применение белково-жировых эмульсий является гарантированным средством снижения потерь влаги при тепловой обработке. Полученные изделия отличались высокими органолептическими показателями, а также дольше хранились без использования химических добавок. Добавление белково-жировых эмульсий взамен 35 % фарша позволяет снизить себестоимость 1 т рыбных изделий на 12–18 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берестова А. В., Зинюхин Г. Б., Межуева Л. В. Особенности технологии пищевых масложировых эмульсий функционального назначения // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2014. № 1 (162). С. 150–155.
2. Шестаков С. Д. Эмульсии в хлебопекарном производстве: виды, применение, теоретические аспекты и современное оборудование // Хлебопечение России. 1996. № 2. С. 20–22.
3. McClements D. J. Food emulsions: principles, practices, and techniques. CRC Press, 2015. 714 p.
4. Салаватулина Р. М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве. СПб.: ГИОРД, 2005. 248 с.
5. Фаткуллин Р. И., Попова Н. В. Использование ультразвукового воздействия как фактора интенсификации процесса диспергирования в пищевых производствах // Вестн. Южно-Урал. гос. ун-та. Сер.: Пищевые и биотехнологии. 2015. Т. 3. № 4. С. 41–47.
6. Krasulya O., Bogush V. I., Trishina V., Potoroko I., Khmelev S., Sivashanmugam P., Ananda S. Impact of acoustic cavitation on food emulsions // Ultrasonics sonochemistry. 2016. V. 30. P. 98–102.
7. Верболоз Е. И., Распопов Д. С., Соковнин Е. Л. Пищевые белково-жировые эмульсии, обработанные ультразвуком и пульсирующим магнитным полем // Вестн. Воронеж. гос. ун-та инженер. технологий. 2017. Т. 79. № 1 (71). С. 34–39.
8. Шестакова Е. А., Верболоз Е. И. Магнито-акустическая интенсификация процесса очистки фосфатидного концентрата // Вестн. Воронеж. гос. ун-та инженер. технологий. 2017. Т. 79. № 2 (72). С. 24–29.
9. Шестаков С. Д. Энергетическое состояние воды и ее связываемость биополимерами пищевого сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. № 4. С. 35–37.
10. Пат. РФ № 2422198. Способ сонохимической обработки водных растворов для гидратации биополимеров / Богуш В. И., Красуля О. Н., Шестаков С. Д.; опубл. 29.06.2010.

Статья поступила в редакцию 17.12.2018

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Верболов Елена Игоревна – Россия, 197101, Санкт-Петербург; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики; д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры процессов и аппаратов пищевой промышленности; elenaverboloz@mail.ru.

Распопов Дмитрий Сергеевич – Россия, 197101, Санкт-Петербург; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики; аспирант кафедры процессов и аппаратов пищевой промышленности; Dimasraspopov@mail.ru.

Шестакова Екатерина Александровна – Россия, 197101, Санкт-Петербург; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики; аспирант кафедры процессов и аппаратов пищевой промышленности; katty_eash@mail.ru.



TECHNOLOGY OF INCREASING THE FISH PRODUCTS RESISTANCE TO OXIDATIVE PROCESSES UNDER STORAGE USING PROTEIN-FAT EMULSION EFFECTED BY ULTRASOUND AND MAGNETIC FIELD

E. I. Verboloz, D. S. Raspopov, E. A. Shestakova

*Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies,
Mechanics and Optics,
Saint-Petersburg, Russian Federation*

Abstract. The article analyzes the research results of using ultrasound oscillations and pulsing magnetic field in order to increase the quality and fasten processing the fish products (sausages, wieners and salami made from minced fish meat). Influence of ultrasound and pulsating magnetic field on resistibility of protein-in-oil emulsion to mechanical and temperature effects, as well as its resistibility to oxidation extend storage terms for minced fish products enriched with protein in-oil emulsions and help to develop the technology for making salami and sausages. Viscosity of protein in-oil emulsion made using magnetic ultrasound and oscillating magnetic field condenses to cream consistency, dispersion of fat balls reaches 4-30 mkm. Such thick emulsions that don't dilute during thermal processing of minced fish products help to raise the quality of fish sausages, to prolong storage terms of ready-made product by 32-38% due to high resistivity to oxidation. The modern piezoelectric ultrasound installations as well as neodymium magnets have small sizes and low power consumption, can be easily integrated in the permanent production lines of minced fish products. Addition of protein-in-oil emulsions prepared using ultrasound and magnetic field of constant neodymium magnets allows to increase liquid trapping of minced fish, which results in greater product yield and low costs.

Key words: fish sausage, minced fish, protein-in-oil emulsions, whey, sunflower phosphatides, ultrasound, magnetic field, fish sausages.

For citation: Verboloz E. I., Raspopov D. S., Shestakova E. A. Technology of increasing the fish products resistance to oxidative processes under storage using protein-fat emulsion effected by ultrasound and magnetic field. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2019;1:129-135. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2019-1-129-135.

REFERENCES

1. Berestova A. V., Ziniukhin G. B., Mezhueva L. V. Osobennosti tekhnologii pishchevykh maslozhirnykh emul'sii funktsional'nogo naznacheniia [Characteristics of technology of food fat-and-oil emulsions of functional purpose]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, no. 1 (162), pp. 150-155.
2. Shestakov S. D. Emul'sii v khlebopekarnom proizvodstve: vidy, primeneniye, teoreticheskie aspekty i sovremennoye oborudovanie [Emulsions in bread baking: types, application, theoretical aspects and modern equipment]. *Khlebopechenie Rossii*, 1996, no. 2, pp. 20-22.
3. McClements D. J. *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. CRC Press, 2015. 714 p.

4. Salavatulina R. M. *Ratsional'noe ispol'zovanie syr'ia v kolbasnom proizvodstve* [Rational use of raw materials in sausage production]. Saint-Petersburg, GIOR Publ., 2005. 248 p.
5. Fatkullin R. I., Popova N. V. Ispol'zovanie ul'trazvukovogo vozdeistviia kak faktora intensivatsii protsessa dispergirovaniia v pishchevykh proizvodstvakh [Use of ultrasonic effect as a factor of intensification of dispersion in food production]. *Vestnik Iuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii*, 2015, vol. 3, no. 4, pp. 41-47.
6. Krasulya O., Krasulya O., Bogush V. I., Trishina V., Potoroko I., Khmelev S., Sivashanmugam P., Ananda S. Impact of acoustic cavitation on food emulsions. *Ultrasonics sonochemistry*, 2016, vol. 30, pp. 98-102.
7. Verboloz E. I., Raspopov D. S., Sokovnin E. L. Pishchevye belkovo-zhirovye emul'sii, obrabotannye ul'trazvukom i pul'siruiushchim magnitnym polem [Food protein-in-oil emulsions processed by ultrasound and pulsating magnetic field]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*, 2017, vol. 79, no. 1 (71), pp. 34-39.
8. Shestakova E. A., Verboloz E. I. Magnito-akusticheskaia intensivatsiia protsessa oчитki fosfatidnogo kontsentrata [Magnetic acoustic intensification of phosphatidic concentrate purification]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*, 2017, vol. 79, no. 2 (72), pp. 24-29.
9. Shestakov S. D. Energeticheskoe sostoianie vody i ee sviazyvaemost' biopolimerami pishchevogo syr'ia [Energy state of water and its binding by polymers of food raw materials]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyria*, 2003, no. 4, pp. 35-37.
10. Bogush V. I., Krasulya O. N., Shestakov S. D. *Sposob sonokhimicheskoi obrabotki vodnykh rastvorov dlia gidratatsii biopolimerov* [Method of sonochemical treatment of water solutions for biopolymer hydration]. Patent RF, no. 2422198, 29.06.2010.

The article submitted to the editors 17.12.2018

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Verboloz Elena Igorevna – Russia, 197101, Saint-Petersburg; Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Processes and Devices of Food Productions; elenaverboloz@mail.ru.

Raspopov Dmitry Sergeevich – Russia, 197101, Saint-Petersburg; Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics; Postgraduate Student of the Department of Processes and Devices of Food Productions; Dimasraspopov@mail.ru.

Shestakova Ekaterina Aleksandrovna – Russia, 197101, Saint-Petersburg; Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics; Postgraduate Student of the Department of Processes and Devices of Food Productions; katya_eash@mail.ru.

