ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-65-71
УДК 637.1: 661.182

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Изучение эффективности действия антибактериального препарата для хранения кисломолочных продуктов

С. А. Сухих[1,*], А. А. Лукин[2], Ю. В. Голубцова[2]

[1] *ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», 236016, Россия, г. Калининград, ул. А. Невского, 14*

[2] *ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6*

**e-mail: stas-asp@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 15.07.2018
Дата принятия в печать: 20.09.2018

© С. А. Сухих, А. А. Лукин, Ю. В. Голубцова, 2018

Аннотация. Вследствие того, что существующие методы дезинфекции тары для кисломолочных продуктов не обладают достаточной эффективностью, в качестве дезинфицирующего раствора использовался антимикробный препарат на основе наночастиц серебра, меди и цинка. В данной работе изучались свойства антибактериального препарата с целью доказательства его эффективности при обработке тары для увеличения продолжительности хранения кисломолочных продуктов. Наночастицы серебра для антимикробного препарата получались с размерами от 1 до 10 нм. Наноразмерные частицы меди для антимикробного препарата получались методом электрического взрыва. Установлено, что массовая доля действующего вещества (активных металлов) в антибактериальном препарате составляла 50,1 %, массовая доля воды составляла 11,2 %, массовая доля водорода перекиси составляла 1,0 %. Для оценки эффективности действия антибактериального препарата проводился анализ микробиологических свойств кисломолочного продукта (творога) на ООО ИНПЦ «Иннотех». Творог упаковывали по 50 г в заранее обработанную погружением в антибактериальный препарат полиэтиленовую тару и оставляли на хранение при регламентируемой температуре –4 ± 1 °С. Оценка качества и микробиологического состояния творога проводилась на 3, 5, 7, 9, 11, 13 сутки, что обосновано условиями эксперимента и нормативной документацией. Установлено, что продукт после хранения в таре, обработанной антибактериальным препаратом, не содержал патогенных бактерий, а именно *L. monocytogenes*, бактерий рода сальмонелл, бактерий группы кишечной палочки и стафилоккоков, дрожжей, плесеней и жизнеспособных микробных клеток. Доказано, что исследуемый образец сохранял свои потребительские свойства в течение 13 суток, т.к. контрольный образец на 7 сутки был уже непригоден к употреблению. Таким образом, при использовании исследуемого антибактериального препарата для обработки тары для хранения кисломолочных продуктов удалось повысить срок хранения кисломолочного продукта более чем на 5 суток (по сравнению с контролем).

Ключевые слова. Кисломолочные продукты, полиэтиленовая тара, антибактериальный препарат, коллоидный раствор, наночастицы

Для цитирования: Сухих, С. А. Изучение эффективности действия антибактериального препарата для хранения кисломолочных продуктов / С. А. Сухих, А. А. Лукин, Ю. В. Голубцова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 65–71. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-65-71.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Efficacy of Antimicrobials in Fermented Milk Storage

S.A. Sukhikh[1,*], A.A. Lukin[2], Yu.V. Golubtsova[2]

[1] *Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia*

[2] *Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia*

**e-mail: stas-asp@mail.ru*

Received: July 15, 2018
Accepted: September 20, 2018

© S.A. Sukhikh, A.A. Lukin, Yu.V. Golubtsova, 2018

Abstract. The existing methods of disinfection of containers for fermented milk products proved to be ineffective. The present research featured an antimicrobial preparation based on silver, copper, and zinc nanoparticles as a disinfectant solution. The authors studied the properties of the antimicrobial in order to prove its effectiveness in processing containers to increase the shelf-life of fermented milk products. The size of the silver nanoparticles ranged from 1 to 10 nm. The nanoscale particles of copper were obtained by the method

of electric explosion. It was established that the mass fraction of the active substance (active metals) in the antimicrobial was 50.1%; the mass fraction of water was 11.2%; the mass fraction of hydrogen peroxide was 1.0%. To assess the ability of the antimicrobial to increase shelf-life of fermented milk products, the authors analyzed the microbiological properties of cottage cheese. The 50-gram samples were packed in pre-treated polyethylene containers that had been cleaned with the antimicrobial. After that the samples were left for storage at minus 4 ± 1°C. The quality and the microbiological state of the cottage cheese was evaluated on days 3, 5, 7, 9, 11, and 13, which was justified by the experimental conditions and regulatory documentation. Eventually, it was established that the product contained no pathogenic bacteria, such as *L. monocytogenes*, *Salmonella*, *E. coli*, staphylococci, yeast, molds or any viable microbial cells. It was proved that the test sample retained its consumer properties for 13 days, while the control sample was found unusable by day 7. Thus, by using the antimicrobial, it was possible to increase the shelf life of the dairy product by more than 5 days.

Keywords. Fermented milk products, plastic packaging, antibacterial drug, antimicrobial, colloidal solution, nanoparticles

For citation: Sukhikh S.A, Lukin A.A., and Golubtsova Yu.V. Efficacy of Antimicrobials in Fermented Milk Storage. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 65–71. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-65-71.

Введение

Качество выпускаемой молочными предприятиями продукции в значительной мере определяется качеством мойки и дезинфекции технологического оборудования, тары, инвентаря, с которыми соприкасаются молоко и молочные продукты [1]. Обеззараживание тары предусматривает ее полное или частичное освобождение от микробиологического загрязнения [2].

Дезинфекция горячей водой не всегда обеспечивает необходимую температуру прогрева тары для кисломолочных продуктов. Горячие виды дезинфекции неприемлемы, когда тару необходимо сразу использовать в производстве под охлажденный продукт.

Свет губительно действует на микроорганизмы и может использоваться для обеззараживания тары для кисломолочных продуктов [3, 4]. Наибольшей бактерицидностью обладают лучи с короткой волной и сильным фотохимическим действием (ультрафиолетовая часть спектра). Высокое бактерицидное действие ультрафиолетовых лучей широко используют для обеззараживания тары для кисломолочных продуктов, холодильных камер на предприятиях молочной промышленности. Для этого применяют бактерицидные увиолевые лампы разной мощности [5].

К химическим способам обеззараживания тары для кисломолочных продуктов относят дезинфекцию, с применением разнообразных дезинфектантов с помощью распылительных аэрозольных технологий [6] или погружных жидкостных технологий [6].

В современной производственной практике существует реальная потребность совершенствования дезинфекционных и стерилизационных технологий, основанных на общих принципах научной дезинфектологии. Основными требованиями, предъявляемыми к современным средствам обеззараживания от микробиологических агентов, являются сочетание высокого уровня безопасности, эффективности и универсальности [7].

Целью работы являлось изучение эффективности антибактериального препарата для погружной обработки полиэтиленовой тары в процессе хранения кисломолочных продуктов.

Объекты и методы исследования

Исследования были проведены в период с 2016 по 2018 гг. на базе кафедры «Бионанотехнология» научно-исследовательского института биотехнологии. Использовалось аналитическое оборудование научно-образовательного Центра коллективного пользования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет».

На разных этапах работы объектами и материалами исследования явились:

– творог по ГОСТ 31453-2013;
– антимикробный препарат, состоящий из следующих компонентов: синтезированный согласно методике [8, 9] коллоидный раствор серебра (50 %), синтезированный коллоидный раствор наночастиц меди (25 %), наноразмерные частицы оксида цинка (25 %);
– серебро азотнокислое по ГОСТ 1277-75;
– физиологический раствор;
– хлорид натрия по ГОСТ 4233-77;
– гидроксид натрия по ГОСТ Р 55064-2012;
– цинк уксуснокислый 2-водный по ГОСТ 5823-78;
– изопропиловый спирт по ГОСТ 9805-84;
– тест-пластины для проведения микробиологического контроля: 3M™ Petrifilm™ Aerobic Count Plate (AC), 3M™ Petrifilm™ E. coli and Coliform Count Plate (EC), 3M™ Petrifilm™ Staph Exspress Count Plate (STX) + 3M™ Petrifilm™ Staph Exspress Disk (3M™ Health Care, США);

Другие использованные отечественные и импортные химические реактивы имели степень чистоты не ниже х.ч.

С целью оценки микробиологических свойств творога определяли общую бактериальную обсемененность с применением косвенного метода. Стандартными методиками проводили определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов и бактерий группы кишечных палочек (по ГОСТ 9225–84 и по ГОСТ 25102–90). Идентификацию микроорганизмов проводили методом сопоставления макроскопических и микроскопических признаков исследуемой культуры. Микроскопирование осуществляли, используя прямой микроскоп AxioScope A1 (Carl Ziess AG, Германия) и инвертированный микроскоп AxioVert A1 (Carl Ziess AG, Германия).

Наноразмерные частицы серебра для проведения исследований получали химическим синтезом с применением азотнокислого серебра

(AGM-синтез) [9]. Наночастицы металла составляли от 1 до 10 нм.

Наноразмерные частицы меди для проведения исследований получали методом электрического взрыва проводников (длина проводника 80 мм, диаметр – 0,3 мм) в среде аргона в присутствии ионов водорода (массовая доля 10 %). Условия проведения эксперимента: давление 1,50 × 10^5 Па, зарядное напряжение емкостного накопителя – 24 кВ. Далее проводили медленное окисление наночастиц меди воздухом, выступающего в роли стабилизатора согласно разработанной методике. Размер наночастиц в среднем составил от 30 до 60 нм. По форме наночастицы напоминали сферу, удельная поверхность которых/которой составила в среднем 8,7 $м^2$/г [10, 11].

Коллоидный раствор меди готовили с добавлением водного раствора хлорида натрия (массовая доля 9 %) и дистиллированной воды [12, 13]. Для этого порошок наночастиц меди взвешивали на аналитических весах (10 мг) ViBRAHT (ShinkoDenshi, Japan, (точность ± 0,0001 г)), добавляли в предварительно приготовленную среду для диспергирования, затем суспензию перемешивали с применением гомогенизатора в течение 30 сек с последующей обработкой на ультразвуковом гомогенизаторе в течение 60 сек. Начальная концентрация наночастиц в коллоидных растворах достигала 10 мг/л. Затем готовили суспензии коллоидных раствор меди с концентрацией: 2; 4; 6, 8 и 10 мкг/мл на основе физиологического раствора [14, 15].

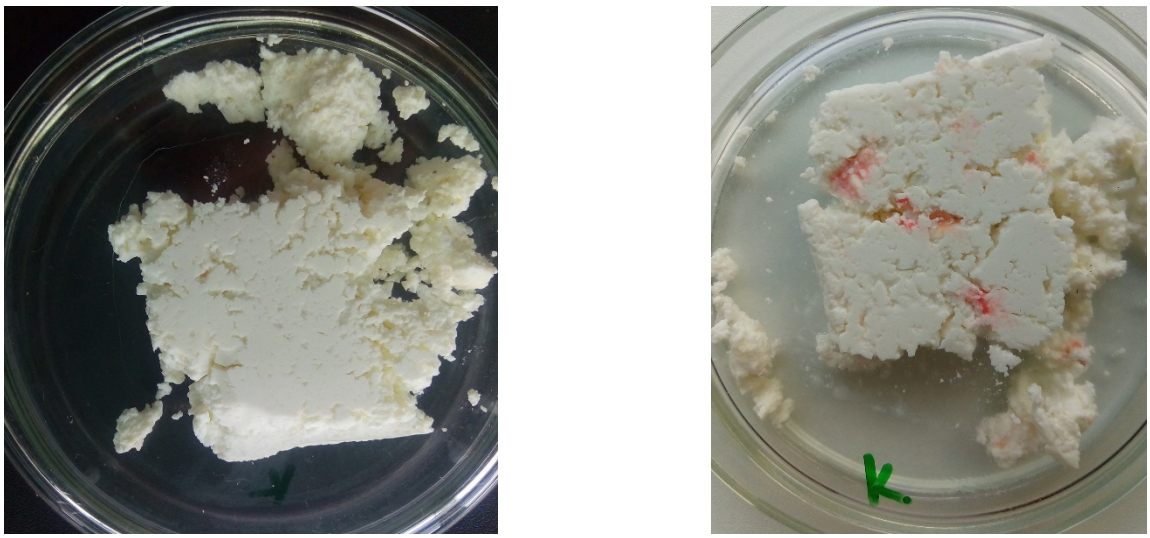
Наноразмерные частицы цинка получали щелочным гидролизом в среде изопропилового спирта. Для этого приготовленные растворы гидроксида натрия и уксуснокислого цинка смешивали и выдерживали в течение двух суток при температуре 60 °С [16, 17]. Во время выдерживания постоянно интенсивно смешивали растворы для образования устойчивой взвеси. Получившийся коллоид не расслаивается во времени и является устойчивым.

Для выявления и определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, колиформных бактерий (БГКП), бактерий семейства *Enterobacteriaceae, E. Coli*,

Таблица 1 – Оценка основных показателей кисломолочного продукта, хранившегося в таре обработанной антибактериальным препаратом и контроль на 3, 5, 7 сутки

Table 1 – Evaluation of the main indicators of the fermented milk product stored in containers treated with the antimicrobial and its control on day 3, 5, and 7

Наименование показателя	72 часа		120 часов		168 часов	
	Контроль	Проба	Контроль	Проба	Контроль	Проба
Консистенция и внешний вид	Мягкая, рассыпчатая, однородных размеров		Мягкая, рассыпчатая, мажущая частично	Мягкая, рассыпчатая, однородная	Мягкая, комкующая, мажущая частично	Мягкая, рассыпчатая, однородная
Вкус и запах	Чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов				Слабая горечь, выраженный посторонний привкус	Чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов
Цвет	Белый, равномерный по всей массе				Белый с кремовым оттенком	Белый, равномерный по всей массе
Массовая доля белка, %	16,8 ± 0,2	16,8 ± 0,2	16,7 ± 0,2	16,8 ± 0,2	16,7 ± 0,2	16,8 ± 0,2
Массовая доля влаги, %	25,71 ± 0,14	25,57 ± 0,10	25,71 ± 0,14	25,64 ± 0,16	30,11 ± 0,50	26,3 ± 0,20
Кислотность, °Т	180 ± 0,11	180 ± 0,11	192 ± 1,1	181 ± 1,1	227 ± 1,1	182 ± 1,0
КМАФАнМ, КОЕ/г	1 × 10^5	1 × 10^5	1 × 10^6	1 × 10^6	1 × 10^6	1 × 10^6
БГКП (колиформы)	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
S. aureus	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Дрожжи (Др), плесень (Пл), КОЕ/$см^3$	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Др 1 × 10^2	Не обнаружено
Количество молочнокислых микроорганизмов КОЕ в 1 г	2 × 10^8	1 × 10^9	2 × 10^8	1 × 10^9	1 × 10^9	1 × 10^9



(а) (б)

Рисунок 1 – Контрольная проба: (а) хранение 24 ч; (б) хранение более 168 ч

Figure 1 – Control sample: (a) after 24 hours; (b) after more than 168 hours

стафилококков (*S. aureus*), дрожжей и плесневых грибов используют петрифильмы (3M™ Petrifilm™), представляющие собой тест-пластины, которые состоят из подложки и покрывающей прозрачной пленки. Тест содержит питательную среду, водорастворимый гель, хромогенные субстраты, позволяющие выявить специфические биохимические активности соответствующих микроорганизмов, а также индикаторы, которые окрашивают колонии в характерный цвет (согласно методике [18]).

Результаты и их обсуждение

Результаты определения основных компонентов антибактериального препарата для увеличения продолжительности хранения кисломолочных продуктов показывают, что массовая доля действующего вещества (наночастиц серебра, меди и цинка) составляет 50,1 %, массовая доля воды составляет 11,2 %, массовая доля водорода перекиси составляет 1,0 %.

Для оценки эффективности действия антибактериального препарата с целью увеличения продолжительности хранения кисломолочных продуктов проводили анализ микробиологических свойств творога на ООО ИНПЦ «Иннотех». Творог изготавливали при соблюдении стерильных условий

Таблица 2 – Оценка основных показателей кисломолочного продукта, хранившегося в таре обработанной антибактериальным препаратом и контроль на 9, 11, 13 сутки

Table 2 – Evaluation of the main indicators of the fermented milk product stored in containers treated with the antimicrobial and control on days 9, 11, and 13

Наименование показателя	Проба		
	9 суток	11 суток	13 суток
Консистенция и внешний вид	Мягкая, рассыпчатая, однородная		Ослизлая консистенция, мягкая
Вкус и запах	Чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	Чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	Слабый кисловатый вкус
Цвет	Белый, равномерный по всей массе	Белый, равномерный по всей массе	Белый с серо-желтым оттенком
Массовая доля белка, %	16,7 ± 0,2	16,7 ± 0,3	15,4 ± 0,5
Массовая доля влаги, %	26,8 ± 0,2	27,0 ± 0,2	29,0 ± 0,7
Кислотность, °Т	185 ± 1,0	190 ± 1,0	218 ± 1,0
КМАФАнМ, КОЕ/г	1×10^6	1×10^6	1×10^7
БГКП (коли-формы)	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
S. aureus	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Дрожжи (Др), плесень (Пл), КОЕ/см^3	Не обнаружено	Не обнаружено	Др 1×10^1
Количество молочнокислых микроорганизмов КОЕ в 1 г	1×10^8	1×10^8	1×10^6

по ГОСТ 52096-2003 «Творог. Технические условия». Готовый творог упаковывали по 50 г в заранее обработанную погружением в антибактериальный раствор полиэтиленовую тару и оставляли на хранение при температуре –4 ± 1 °С. Контрольная проба хранилась при таких же условиях [19]. Оценку качества и микробиологического состояния проводили на 3, 5, 7, 9, 11, 13 сутки (период обоснован условиями опыта и в соответствии с МУК 4.2.1847-04 [20]). Результаты исследования представлены в таблице 1.

На 5 сутки хранения контрольный образец приобрел частично мажущую консистенцию. Другие показатели остаются в пределах нормы, как и у экспериментальной пробы. Согласно санитарным требованиям продукт годен к употреблению.

По истечению 7 суток контрольный образец не отвечает требованиям по органолептическим показателям. Консистенция приобрела мажущую структуру, появился несвойственный продукту запах, кислотность приближается к предельному уровню. По микробиологическим показателям: количество полезных молочнокислых микроорганизмов уменьшилось, но были обнаружены дрожжи, что не допускается (ГОСТ 31453-2013). На рисунке 1 представлен образец контроля первоначальный и на 7 сутки.

Далее, исследованиям подвергали только экспериментальные образцы на 9, 11, 13 сутки (табл. 2).

Результаты изучения динамики хранения кисломолочного продукта после обработки тары антибактериальным аппаратом на основе наночастиц серебра, меди и цинка показали, что исследуемый образец сохранил свои потребительские свойства в течение 13 суток, в отличие от контрольного образца.

Выводы

Установлено, что исследуемый образец творога сохранял свои потребительские свойства в течение 13 суток, тогда как контрольный образец на 7 сутки был уже непригоден к употреблению. Таким образом, при использовании исследуемого антибактериального препарата для обработки тары для хранения кисломолочных продуктов удалось повысить срок хранения кисломолочного продукта более чем на 5 суток.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Weese, J. S. Assessment of laboratory and biosafety practices associated with bacterial culture in veterinary clinics / J. S. Weese, J. F. Prescott // Journal of the American Veterinary Medical Association. – 2009. – Vol. 234, no. 3. – P. 252–258.

2. Комплексное исследование акустической коагуляции мелкодисперсного аэрозоля / В. Н. Хмелев, А. В. Шалунов, Р. Н. Голых [и др.] // Ползуновский вестник. – 2010. – № 3. – С. 303–309.

3. Р 4.2.2643–10. Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности: руководство. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. – 615 с.

4. Игуменщев, П. А. Применение наноструктурированных биоцидов серии «ВЕЛТ» на объектах ветнадзора / П. А. Игуменщев, М. С. Жирихина // Дезинфекция. Антисептика. – 2011. – № 1. – С. 42–47.

5. Грязнева, Т. Н. Перспективные инновационные проекты в ветеринарии / Т. Н. Грязнева, П. А. Игуменщев, М. С. Жирихина // Ветеринарная медицина. – 2011. – № 2. – С. 21–24.

6. Mechanical strength of bone allografts subjected to chemical sterilization and other terminal processing methods / M. M. Mikhael, P. M. Huddleston, M. E. Zobitz [et al.] // Journal of Biomechanics. – 2008. – Vol. 41, № 13. – P. 2816–2820. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.012.

7. Афиногенов, Г. Е. Чашечный метод оценки эффективности дезинфектантов и антисептиков / Г. Е. Афиногенов. – СПб. : Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова. – 2000. – С. 5–7.

8. Rozalyonok, T. A. A comparative study of antimicrobial activity of silver clusters against various microorganisms / T. A. Rozalyonok, Yu. Yu. Sidorin // Science Evolution. – 2016. – Vol. 1, № 2. – P. 85–91.

9. Розалёнок, Т. А. Сравнительная оценка биоцидных композиций на основе кластерного серебра / Т. А. Розалёнок // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю. А. Овчинникова. – 2016. – Т. 12, № 2. – С. 5–11.

10. Naber, J. Switching to sodium hypocholorite disinfection 11 Water Environment & Technology / J. Naber // Alexandria. – 2003. – Vol. 15, № 9. – P. 100.

11. Kimman, T. G. Evidence–based biosafety: a review of principles and effectiveness of microbiological containment measures / T. G. Kimman, E. Smit, M. R. Klein // Clinical Microbiology Reviews. – 2008. – Vol. 21, № 3. – P. 403–425. DOI: https://doi.org/10.1128/CMR.00014-08.

12. Розалёнок, Т. А. Использование кластерных композитов для придания пищевой упаковке антимикробных свойств / Т. А. Розалёнок, Ю. Ю. Сидорин // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2016. – Т. 39, № 4. – С. 84–88.

13. Розалёнок, Т. А. Экологичные биоциды на основе композитов кластерного серебра для обработки бумаги/картона / Т. А. Розалёнок // Сборник трудов Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии» / Кемеровский Государственный Университет. – Кемерово, 2018. – С. 490–494.

14. Патент 95224 Российская Федерация МПК: А 01 М 19 00. Устройство для дератизации / А. Г. Возмилов, Н. Г. Бахтырева, П. М. Михайлов [и др.] заявитель и патентообладатель Тюменская государственная сельскохозяйственная академия. – № 2010105726/22; заявл. 17.02.2010; опубл. 27.06.2010, Бюл. № 18.

15. Каштанов, А. В. Изучение фунгицидной активности метацида / А. В. Каштанов // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2003. – № 115. – С. 237–241.

16. McDonnell, G. Antiseptics and Disinfectants: Activity, Action and Resistance / G. Mcdonnell, A. D. Russell // Clinical Microbiology Reviews. – 1999. – Vol. 12, № 1. – P. 147–179.

17. Мяленко, Д. М. Совершенствование технологии расфасовки молочной продукции путем обеззараживания потребительской тары импульсным ультрафиолетовым излучением : автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.04 / Мяленко Дмитрий Михайлович. – М., 2009. – 177 с.

18. МУК 4.2.2884–11. Методы микробиологического контроля объектов окружающей среды и пищевых продуктов с использованием петрифильмов: методические указания. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии, 2011. – 24 с.

19. Corrosion inhibition of iron in acidic solutions by alkyl quaternary ammonium halides: Correlation between inhibition efficiency and molecular structure / L. Niu, H. Zhang, F. Wei [et al.] // Applied Surface Science. – 2005. – Vol. 252, №. 5. – P. 1634–1642. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2005.02.134.

20. МУК 4.2.1847–04. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов: методические указания. – М., 2004.

References

1. Weese J.S. and Prescott J.F. Assessment of laboratory and biosafety practices associated with bacterial culture in veterinary clinics. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 2009, vol. 234, no. 3, pp. 252–258.

2. Khmelev V.N., Shalunov A.B., Golykh R.N., and Shalunova K.V. Kompleksnoe issledovanie akusticheskoy koagulyatsii melkodispersnogo aehrozolya [Complex study of acoustic coagulation of fine aerosol]. *Polzunovsky vestnik*, 2010, no. 3, pp. 303–309. (In Russ.).

3. R 4.2.2643–10. Metody laboratornykh issledovaniy i ispytaniy dezinfektsionnykh sredstv dlya otsenki ikh ehffektivnosti i bezopasnosti: rukovodstvo [R 4.2.2643–10. A guide to the methods of laboratory research and testing of disinfectants to assess their effectiveness and safety]. Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology Publ., 2011. 615 p.

4. Igumenshchev P.A. and Zhirikhina M.S. Primenenie nanostrukturirovannykh biotsidov serii “VELT” na ob″ektakh vetnadzora [Application of nanostructured biocides of the VELT series on veterinary inspection sites]. *Dezinfektsiya. Antiseptika* [Disinfection. Antiseptic], 2011, no. 1, pp. 42–47. (In Russ.).

5. Gryazneva T.N., Igumenshchev P.A., and Zhirikhina M.S. Perspektivnye innovatsionnye proekty v veterinarii [Promising innovative projects in veterinary medicine]. *Veterinary medicine*, 2011, no. 2, pp. 21–24. (In Russ.).

6. Mikhae M.M., Huddleston P.M., Zobitz M.E., et al. Mechanical strength of bone allografts subjected to chemical sterilization and other terminal processing methods. *Journal of Biomechanics*, 2008, vol. 41, no. 13, pp. 2816–2820. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.012.

7. Afinogenov G.E. *Chashechnyy metod otsenki ehffektivnosti dezinfektantov i antiseptikov* [Cup method for evaluating the effectiveness of disinfectants and antiseptics]. St. Petersburg: I.P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University Publ., 2000. 5–7 p. (In Russ.).

8. Rozalyonok T.A. and Sidorin Yu.Yu. A comparative study of antimicrobial activity of silver clusters against various microorganisms. *Science Evolution*, 2016, vol. 1, no. 2, pp. 85–91.

9. Rozalyonok T.A. Comparative assessment of biocidal compositions on the basis of cluster silver. *Yu.A. Ovchinnikov bulletin of biotechnology and physical and chemical biology*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 5–11. (In Russ.).

10. Naber J. Switching to sodium hypocholorite disinfection 11 Water Environment & Technology. *Alexandria*, 2003, vol. 15, no. 9, pp. 100.

11. Kimman T.G., Smit E., and Klein M.R. Evidence–based biosafety: a review of principles and effectiveness of microbiological containment measures. *Clinical Microbiology Reviews*, 2008, vol. 21, no. 3, pp. 403–425. DOI: https://doi.org/10.1128/CMR.00014-08.

12. Rozalyonok T.A. and Sidorin Yu.Yu. The use of cluster composites to give food packaging antimicrobial properties. *Technology and merchandising of the innovative foodstuff*, 2016, vol. 39, no. 4, pp. 84–88. (In Russ.).

13. Rozalyonok T.A. Ehkologichnye biotsidy na osnove kompozitov klasternogo serebra dlya obrabotki bumagi/kartona [Eco-friendly biocides based on composites of cluster silver for paper and cardboard processing]. *Sbornik trudov Mezhdunarodnogo simpoziuma “Innovatsii v pishchevoy biotekhnologii”* [Collected Works of the International Symposium “Innovations in Food Biotechnology”]. Kemerovo, 2018, pp. 490–494.

14. Vozmilov A.G., Bakhtyreva N.G., Mikhaylov P.M., et al. *Ustroystvo dlya deratizatsii* [Device for disinfestation]. Patent RF, no. 95224, 2010.

15. Kashtanov A.V. Izuchenie fungitsidnoy aktivnosti metatsida. Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ehkologii [Study of the fungicidal activity of metacid. Problems of veterinary sanitation, hygiene, and ecology]. *Problemy Veterinarnoi Sanitarii, Gigieny i Ecologii*, 2003, no. 115, pp. 237–241. (In Russ.).

16. McDonnell G. and Russell A.D. Antiseptics and Disinfectants: Activity, Action and Resistance. *Clinical Microbiology Reviews*, 1999, vol. 12, no. 1, pp. 147–179.

17. Myalenko D.M. *Sovershenstvovanie tekhnologii rasfasovki molochnoy produktsii putem obezzarazhivaniya potrebitel'skoy tary impul'snym ul'trafioletovym izlucheniem*. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Improving the technology of dairy products packaging by disinfecting consumer packaging with pulsed ultraviolet radiation. Cand. eng. sci. thesis]. Moscow, 2009. 177 p.

18. MUK 4.2.2884–11. Metody mikrobiologicheskogo kontrolya ob"ektov okruzhayushchey sredy i pishchevykh produktov s ispol'zovaniem petrifil'mov: metodicheskie ukazaniya [MUK 4.2.2884-11. Methods of microbiological control of environmental objects and food by using petrilofilms: guidelines]. Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology Publ., 2011. 24 p.

19. Niu L., Zhang H., Wei F., et al. Corrosion inhibition of iron in acidic solutions by alkyl quaternary ammonium halides: Correlation between inhibition efficiency and molecular structure. *Applied Surface Science*, 2005, vol. 252, no. 5, pp. 1634–1642. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2005.02.134.

20. MUK 4.2.1847–04. Metody kontrolya. Biologicheskie i mikrobiologicheskie faktory. Sanitarno-ehpidemiologicheskaya otsenka obosnovaniya srokov godnosti i usloviy khraneniya pishchevykh produktov: metodicheskie ukazaniya [MUK 4.2.1847-04. Control methods. Biological and microbiological factors. Sanitary-epidemiological assessment of the justification of shelf-life and storage conditions of food products: guidelines]. Moscow, 2004.

Сухих Станислав Алексеевич
канд. тех. наук, доцент, старший научный сотрудник института живых систем, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», 236016, г. Калининград, ул. А. Невского, 14, тел: +7 (960) 903-62-81, e-mail: stas-asp@mail.ru
http://orcid.org/0000-0001-7910-8388

Stanislav A. Sukhikh
Cand.Sci.(Eng.), Associate professor, Senior Researcher of the Institute of Living Systems, Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia, phone: +7 (960) 903-62-81, e-mail: stas-asp@mail.ru
http://orcid.org/0000-0001-7910-8388

Лукин Андрей Андреевич
аспирант кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Andrey A. Lukin
Postgraduate Student of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

Голубцова Юлия Владимировна
д-р техн. наук, доцент кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Yuliya V. Golubtsova
Dr.Sci.(Eng.), Associate professor of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia