

Актуальные проблемы развития пищевых и биотехнологий

УДК 663.03

DOI: 10.14529/food210301

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРИКЛАДНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

А.И. Попова¹, А.И. Панаит², О.А. Суворов^{1,2},
А.Л. Кузнецов², Л.Г. Ипатова², А.Г. Погорелов²

¹ Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва, Россия

² Институт теоретической и экспериментальной биофизики Российской академии наук, г. Пущино, Россия

В настоящее время обеспечение качества и биологической безопасности продукции общественного питания приобретает особую актуальность. Высокоэффективная электрохимически активированная вода (ЭХА-вода) и ЭХАВ-альбумин может применяться как в качестве технологического вспомогательного средства для продовольственного сырья животного происхождения, так и готовой продукции. При лабораторно-производственных испытаниях методом органолептического (внешний вид, консистенция, цвет и вид на разрезе, запах и вкус), физико-химического (массовая доля белка, жира, влаги), микробиологического (КМАФАнМ, БГКП, *Listeria monocytogene*, *Salmonella*) анализа были исследованы следующие образцы. Образец № 1: контрольный образец, приготовленный по традиционной рецептуре с использованием питьевой воды, ГОСТ Р 51232-98; образец № 2: опытный образец, приготовленный с использованием электрохимически активированной питьевой воды (катодной) ОВП, +34 мВ (установка «Изумруд»); образец № 3: опытный образец, приготовленный с использованием питьевой воды (ГОСТ Р 51232-98) и электрохимически активированной питьевой воды (катодной), ОВП +34 мВ (установка «Изумруд»), в соотношении 50/50. В работе, на примере мясных рубленых полуфабрикатов, показано обеспечение их биологической безопасности и пролонгация срока годности. Определено, что срок годности образцов, приготовленных с использованием электрохимически активированной питьевой воды, может достигать 18 суток, по сравнению с традиционной технологией (15 суток), с учетом коэффициента резерва – 1,3 согласно нормативному документу МУК 4.2.1847-04. Развитие научных исследований, направленных на минимизацию биологических рисков и предотвращение биологических угроз, является важным при реализации положений Федерального закона от 30 декабря 2020 года № 492-ФЗ «О биологической безопасности в Российской Федерации».

Ключевые слова: электрохимически активированная вода, биологическая безопасность, мясные рубленые полуфабрикаты, срок годности, католит, биологические риски, окислительно-восстановительный потенциал, хранение, питание, пищевое сырье.

Введение

Индустрия питания – одно из важнейших направлений деятельности человека, определяющее состояние здоровья населения и последующих поколений [1]. Обеспечение безопасности продовольственного сырья и продукции является сегодня важнейшей задачей пищевого производства. – Главными возможными причинами микробной контаминации на предприятиях мясной промышленности являются несоблюдение температурных режимов производства и попадание в продукцию с поверхности упаковки или рук персонала, с ленты конвейера, с водой.

Так, по итогам проведенных АНО «Российская система качества» (РОСКАЧЕСТВО) исследований в колбасной продукции 20 известных торговых марок было выявлено наличие сульфитредуцирующих кластридий и превышение показателя общей микробной контаминации, что согласно требованиям ТР ТС 034/2013 недопустимо. Эти микроорганизмы являются возбудителями ботулизма и могут вырабатывать токсины, которые не деактивируются при тепловой обработке [2]. По количеству КМАФАнМ судят о возможном загрязнении продукта микроорганизмами и/или несоблюдении условий хранения про-

дукта, что связано с некачественной дезинфекцией, ненадлежащей гигиеной персонала на производстве или на каком-то из участков товаропроводящей цепи (транспортировка, хранение, реализация, доставка продукта), а также с несоблюдением температурных режимов хранения [2, 3].

На актуальность исследования указывает его соответствие стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года (утвержденной Правительством РФ от 29 июня 2016 года № 1364-р), которая ориентирована на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний, стимулирование развития производства и обращения на рынке пищевой продукции надлежащего качества.

Электрохимически активированные растворы (ЭХА-растворы) применяются как безопасное дезинфицирующее средство [3–5] в различных отраслях: в сфере здравоохранения [6, 7], для обеззараживания транспорта [8], при производстве меховых материалов [9], для дезинфекции оборудования в молочной промышленности [10], для обеззараживания свежих фруктов и овощей [11], для аэрозольной дезинфекции на свиноводческих фермах [12] и на пищевых предприятиях [13].

ЭХА-растворы приобретают популярность в последние десятилетия как новое дезинфицирующее и технологическое вспомогательное средство в индустрии питания. Выявлена бактерицидная активность ЭХА-воды против *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* и *Listeria monocytogenes* на поверхностях овощей, сырой рыбы, курицы и говядины [14, 15]. Показано влияние комбинации слабокислой ЭХА-воды и fumarовой кислоты на уменьшение количества патогенов пищевого происхождения и продление срока хранения охлажденной свинины [16], влияние комбинированной предварительной обработки слабокислой ЭХА-водой и растительным биоконсервантом на качество и срок хранения бомбейской утки [17]. Выявлена эффективность ЭХА-воды в качестве средства предварительной обработки для снижения загрязнения *Listeria monocytogenes* атлантического лосося холодного копчения [18]. Показана эффективность в борьбе с микроорганизмами при мытье ЭХА-водой грибов после сбора [19], фруктов и овощей, в частности, краснокочанной капусты, свежих листьев шпината [20, 21, 22]. Установлен противомикробный

потенциал аэрозолей ЭХА-воды при снижении микробной бионагрузки на свежие пищевые продукты, хранящиеся при пониженных температурах [23, 24], и очищенные яйца [25].

При обработке некоторых видов пищевого сырья и полуфабрикатов с осторожностью следует применять ЭХА-растворы, в которых активными веществами являются соединения активного хлора (хлорноватистая кислота, гипохлорит-ион). С целью предотвращения их взаимодействия с белками, фосфолипидами и другими нутриентами используют растворы с минимальной концентрацией хлорактивных веществ или выбирают минимально время экспозиции, обеспечивающие соблюдение норм микробиологической безопасности.

Для исключения контакта хлорактивных активными веществами с пищевым сырьем в настоящем исследовании был сделан акцент на очистке и обеззараживании используемой в технологическом процессе воды. Выбранная для этой цели многоступенчатая водоподготовка, реализованная в установке «Изумруд», включала последовательность стадий очистки:

1. Обработка воды в анодной камере электрохимического реактора с целью уничтожения микроорганизмов и микробных токсинов, окислительной деструкции органических соединений, придания воде свойств активного переносчика кислорода.

2. Отделение во флотационном реакторе части анодно обработанной воды вместе со скоагулированными частицами органического материала, прилипшими к пузырькам кислорода или озона. Флотационный реактор выполняет функцию не только сепаратора для отделения скоагулированных органических частиц, но также реактора смешения, где происходит замедление протока воды и соответствующее увеличение времени воздействия высокоактивных оксидантов, образовавшихся в процессе анодной обработки воды, на микроорганизмы и микробные токсины.

3. Обработка воды в каталитическом реакторе с целью превращения возможного небольшого количества хлорсодержащих оксидантов, образовавшихся во время анодной обработки воды, в пероксиды и гидропероксиды.

4. Обработка воды в катодной камере электрохимического реактора с целью перевода ионов тяжелых металлов в нераствори-

мые гидроксиды и придания воде свойств антиоксиданта [26].

Исходя из выбранной стратегии, направленной на повышение биологической безопасности выбранного объекта исследования с акцентом на очистку и электрохимическую активацию используемой воды, была сформулирована цель работы – изучение влияния ЭХА-воды на органолептические и микробиологические показатели качества, сохранность макронутриентов и срок годности охлажденных мясных рубленых полуфабрикатов.

Целью настоящего исследования является разработка новой технологии на основе ЭХА-воды, повышающей безопасность и обеспечивающую пролонгацию срока годности продуктов питания животного происхождения.

Объекты и методы исследования

Для проведения исследований контаминации мясных рубленых полуфабрикатов в качестве объектов использовали колбаски для жарки. Органолептическую оценку (внешний вид, консистенцию, цвет и вид на разрезе, запах и вкус) на соответствие ГОСТ 9959-2015 проводила дегустационная комиссия. Массовую долю белка в образцах определяли по ГОСТ 25011-2017, п. 6, массовую долю жира – по ГОСТ 23042-2015, массовую долю влаги – по ГОСТ 33319-2015.

Микробиологические показатели определяли стандартными методами: количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) – по ГОСТ 10444.15-94. Бактерии группы кишечной палочки (БГКП) – по ГОСТ 31747-2012, *Listeria monocytogenes* – по ГОСТ 32031-2012, *Salmonella* – по ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002).

Для получения ЭХА-воды применяли подключенную к городскому водопроводу установку «Изумруд» (Россия), которая включает систему фильтров и проточный электрохимический модуль ПЭМ-3. Вода из трубопровода фильтруется через систему фильтров, затем поступает в ПЭМ, где проходит последовательно через анодную камеру модуля, реакционно-флотационный реактор, гетерофазный каталитический реактор и катодную камеру модуля. Технология электрохимической активации также насыщает воду полезными для здоровья человека антиоксидантами [26].

Перечень технологического оборудования, используемого в работе для производства мясных рубленых полуфабрикатов и проведения органолептического, физико-химического и микробиологического анализа, приведен в табл. 1.

Для производства мясных рубленых по-

Таблица 1
Оборудование, используемое при производстве мясных рубленых полуфабрикатов и для целей проведения органолептического, физико-химического и микробиологического анализа

№ п/п	Наименование оборудования	Тип оборудования	Страна производитель
Оборудование для производства мясных рубленых полуфабрикатов			
1	HANDTMANN VF-608 plus	Вакуумный наполнитель	Германия
2	TSA 875	Автоматический трейсилер	Украина
3	Установка «Изумруд»	Проточный водоочиститель с функцией снижения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП)	Россия
Оборудование для проведения органолептического, физико-химического и микробиологического анализа, погрешность полученных результатов не более 5 %			
4	FoodScan 2 Lab	Анализатор пищевых продуктов	Дания
5	UNICO 1201	Спектрофотометр	Россия
6	Mettler Toledo PB-602 S	Весы неавтоматического действия	Швейцария
7	Dosimat 775	Дозирующее устройство	Швейцария
8	A&D HR-250AZG	Весы неавтоматического действия	Япония
9	Adventurer AR 5120 OHAUS	Весы лабораторные электронные	Швейцария

луфабрикатов использовали сырье согласно ГОСТ 31778-2012, ГОСТ 34306-2017, ГОСТ Р 51574-2018, ГОСТ 33562-2015. Свинину измельчали, при замешивании фарша после добавления специй вносили воду в количестве 10 % от массы фарша согласно рецептуре, после чего сразу набивали в оболочку (свиную череву), формируя колбаски длиной 110 мм.

Готовили три вида образцов: № 1: контрольный образец, приготовленный по традиционной рецептуре с использованием питьевой воды, ГОСТ Р 51232-98, ОВП +205 мВ; № 2: опытный образец, приготовленный с использованием питьевой воды (ГОСТ Р 51232-98) и питьевой ЭХА-воды с ОВП +114 мВ (установка «Изумруд», Россия), в соотношении 50/50; № 3: опытный образец, приготовленный с использованием питьевой ЭХА-воды, ОВП +34 мВ (установка «Изумруд», Россия) хранение образцов осуществлялось при соблюдении температурного режима 4–8 °С.

Результаты и их обсуждение

Сравнительный анализ органолептических показателей качества контрольного и опытных образцов показал их соответствие требованиям нормативных документов. Консистенция у образцов № 1 и № 3 – упругая, образца № 2 – мягкая. После термической обработки вид на разрезе у образцов № 1 и № 3 представлял собой рубленую мясную массу с включениями измельченной соединительной и жировой ткани; цвет прожаренного мяса серый. Образец № 2 – рубленая мясная масса с включениями измельченной соединительной

и жировой ткани; цвет недопрожаренного мяса (имеются светло-розовые включения). Запах и вкус у всех трех образцов – свойственные данному наименованию полуфабриката, с учетом используемых рецептурных компонентов, без посторонних привкуса и запаха.

Результаты влияния ЭХА-воды на массовую долю белка, жира и влаги приведены на рис. 1, эксперимент проводился в трехкратной повторности, погрешность полученных результатов составляла не более 5 %.

Выявленные незначительные различия значений контрольного и экспериментальных образцов находятся в пределах погрешности методов, что указывает на сохранение содержания основных макроэлементов и влаги после использования электрохимически обработанной воды. Так, массовая доля белка варьировала в пределах от 15,64 % у образца № 3 до 16,01 % у образца № 1. Максимальное значение жира наблюдалось в образце № 3 (17,12 %), минимальное – в образце № 2 (15,34 %). Содержание влаги также практически не изменилось: 64,42 % отмечали у образца № 2, а наименьшее значение, равное 64,13 % – у образца № 3.

Для обеспечения биологической безопасности и пролонгации сроков годности охлажденных мясных рубленых полуфабрикатов было проведено микробиологическое исследование. Нормируемые по ТР ТС 021/2011 значения содержания микроорганизмов в мясной продукции приведены в табл. 2.

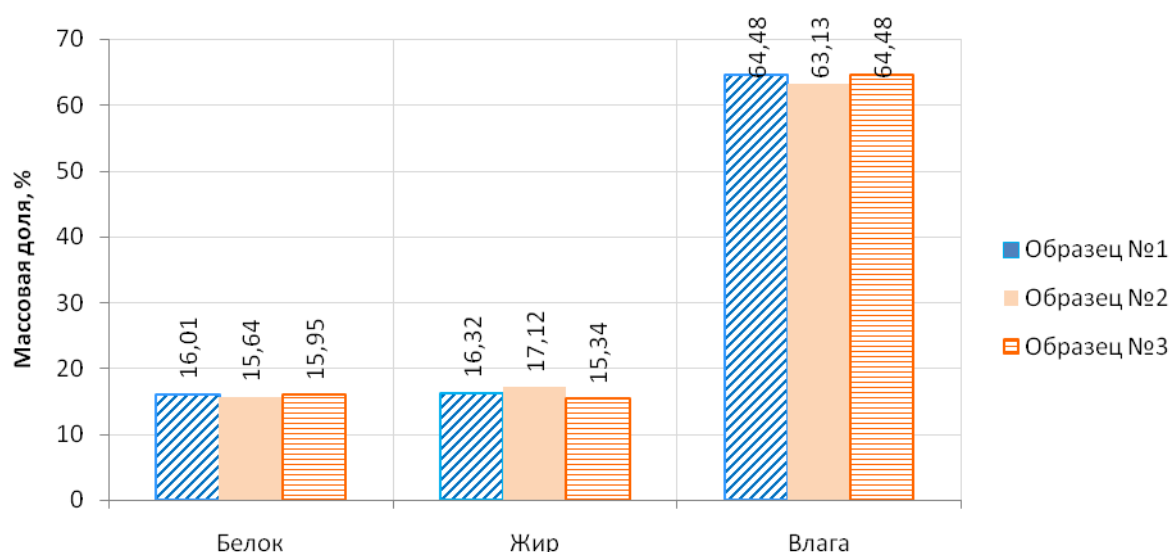


Рис. 1. Влияние способа обработки воды на массовую долю белка, жира и влаги

Таблица 2
Микробиологические показатели нормативы безопасности мясной продукции

Показатели	Норма
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$5,0 \times 10^6$
БКГП (колиформы), не допускаются в массе продукта (г/см ³)	0,0001
<i>Listeria monocytogenes</i> , не допускаются в массе продукта (г)	25,0
<i>Salmonella</i> , не допускаются в массе продукта (г)	25,0

Наличия БКГП (колиформы), *Listeria monocytogenes* и *Salmonella* не выявлено ни в одном образце.

Результаты влияния ЭХА-воды на КМАФАнМ и продолжительность хранения мясных рубленых полуфабрикатов приведены в табл. 3 и проиллюстрированы на рис. 2.

Из таблицы видно, что контрольный образец № 1, приготовленный с применением водопроводной воды, к 18-м суткам хранения характеризуется критическим уровнем микробной контаминации – $4,9 \times 10^6$ КОЕ/см³. В условиях эксперимента срок годности контрольного образца не превышает 15 суток. Образец № 2, приготовленный с использованием ЭХА-воды, к 18-м суткам хранения демонстрирует на порядок меньший уровень контаминации – $2,6 \times 10^5$ КОЕ/см³. Совместное использование водопроводной и ЭХА-воды приводит к промежуточному значению показателя КМАФАнМ, равному $2,0 \times 10^6$ КОЕ/см³.

Таким образом, многоступенчатая очистка, обеззараживание и электрохимическая активация водопроводной воды позволяют без применения технологических вспомогательных средств снизить уровень микробной контаминации образцов рубленого мясного фар-

Таблица 3
Влияние ЭХА-воды на показатель КМАФАнМ и продолжительность хранения мясных рубленых полуфабрикатов, КОЕ/см³

Наименование образца	Показатели КМАФАнМ (КОЕ/см ³) при продолжительности хранения (сут)			
	0	10	15	18
Образец № 1	$2,0 \times 10^3$	$2,0 \times 10^4$	$1,8 \times 10^5$	$4,9 \times 10^6$
Образец № 2	$3,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^4$	$7,0 \times 10^4$	$2,6 \times 10^5$
Образец № 3	$2,0 \times 10^3$	$8,2 \times 10^3$	$1,4 \times 10^5$	$2,0 \times 10^6$

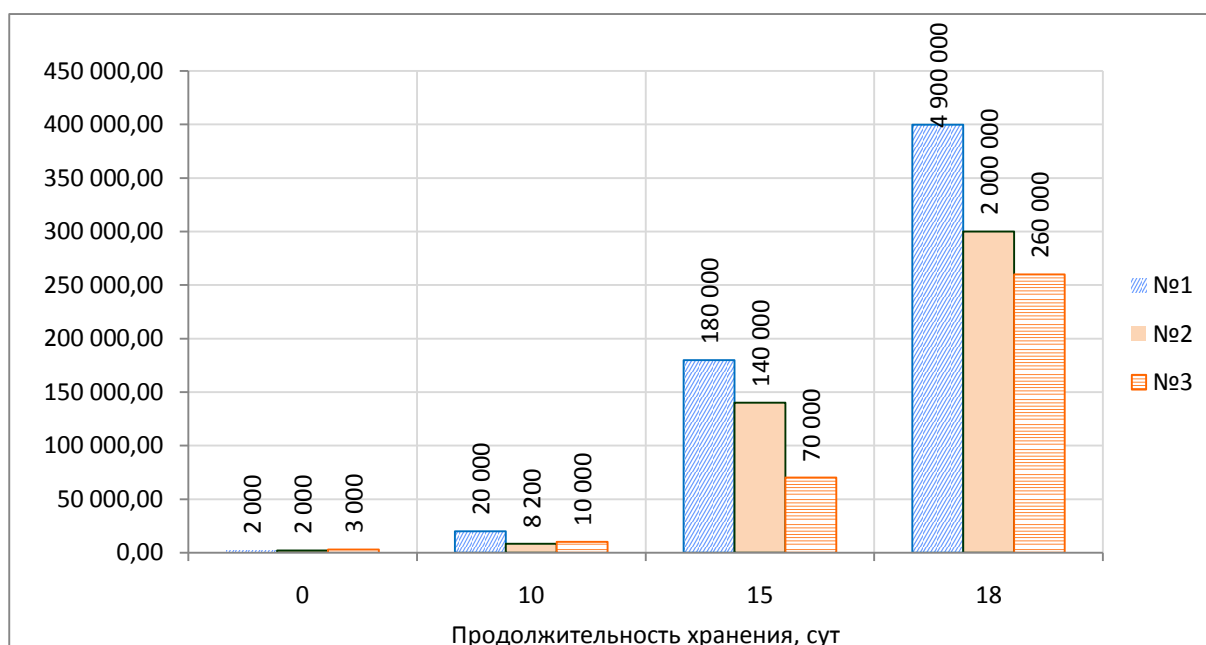


Рис. 2. Влияние ЭХА-воды на КМАФАнМ (КОЕ/см³) и продолжительность хранения мясных рубленых полуфабрикатов в течение 18 суток

ша при сохранении влажности, массовой доли белка и жира. На основании выполненных исследований установлено, что срок годности образцов, приготовленных с использованием электрохимически активированной воды, может достигать 18 суток, по сравнению с традиционной технологией (15 суток), с учетом коэффициента резерва – 1,3 (максимальный срок хранения увеличился до 23 суток). согласно МУК 4.2.1847-04 при обеспечении микробиологической безопасности образцов. Пролонгация срока годности составила 3 суток (с 15 до 18 суток).

Выводы

Полученные результаты показали, что применение ЭХА-воды обеспечивало микро-

биологическую безопасность и пролонгировало срока годности охлажденных мясных рубленых полуфабрикатов. Предложен альтернативный способ применения электрохимически активированной воды на примере охлажденных мясных рубленых полуфабрикатов. Пролонгация срока годности составила 3 суток с учётом увеличения максимального срока хранения учтённого в коэффициенте резерва 1,3 (с 15 до 18 суток). Таким образом, при производстве продуктов общественного питания может быть использован эффективный метод «зеленой» технологии на основе ЭХА-воды.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 20-16-00019).

Литература/References

1. Гаджиева С.Р., Алиева Т.И., Абдуллаев Р.А., Валиева З.Т. Проблемы безопасности пищевых продуктов // Молодой ученый. 2014. Апрель. № 4(63). С. 417. [Gadzhieva S.R., Alieva T.I., Abdullaev R.A., Valieva Z.T. Problemy` bezopasnosti pishhevy`kh produktov. *Molodoj uchenyj* [Young Scientist]. 2014 April;4(63):417. (in Russ.)]
2. Семенова А., Иванова О. Роскачество. Детали исследования. <https://rskrf.ru/ratings/produkty-pitaniya/sosiski-slivochnye> [Semenova A., Ivanova O. *Roskachestvo. Detali issledovaniya*. 29.04.2021. Available at: <https://rskrf.ru/ratings/produkty-pitaniya/sosiski-slivochnye>]
3. Cheng K.-C., Dev S.R.S., Bialka K.L., Demirci A. Electrolyzed oxidizing water for microbial decontamination of food. *Microbial Decontamination in the Food Industry*. Elsevier; 2012;563–91. DOI: 10.1533/9780857095756.3.563.
4. Gil M.I., Gómez-López V.M., Hung Y.-C., Allende A. Potential of Electrolyzed Water as an Alternative Disinfectant Agent in the Fresh-Cut Industry. *Food and Bioprocess Technology*. Springer Science and Business Media LLC; 2015 Mar 12;8(6):1336–48. DOI: 10.1007/s11947-014-1444-1.
5. Rahman S., Khan I., Oh D.-H. Electrolyzed Water as a Novel Sanitizer in the Food Industry: Current Trends and Future Perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Wiley; 2016 Feb 25;15(3):471–90. DOI: 10.1111/1541-4337.12200.
6. Thorn R.M.S., Lee S.W.H., Robinson G.M., Greenman J., Reynolds D.M. Electrochemically activated solutions: evidence for antimicrobial efficacy and applications in healthcare environments. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*. Springer Science and Business Media LLC; 2011 Aug 2;31(5):641–53. DOI: 10.1007/s10096-011-1369-9.
7. Pintaric R., Matela J., Pintaric S. Suitability of electrolyzed oxidizing water for the disinfection of hard surfaces and equipment in radiology. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. Springer Science and Business Media LLC; 2015 Jan 28;13(1). DOI: 10.1186/s40201-015-0160-8.
8. Ni L., Zheng W., Zhang Q., Cao W., Li B. Application of slightly acidic electrolyzed water for decontamination of stainless steel surfaces in animal transport vehicles. *Preventive Veterinary Medicine*. Elsevier BV; 2016 Oct;133:42–51. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2016.09.010.
9. Danylkovych A.G., Lishchuk V.I., Romaniuk O.O. Use of electrochemically activated aqueous solutions in the manufacture of fur materials. *Springer Plus*. Springer Science and Business Media LLC; 2016 Feb 29;5(1). DOI: 10.1186/s40064-016-1784-6.
10. Jiménez-Pichardo R., Regalado C., Castaño-Tostado E., Meas-Vong Y., Santos-Cruz J., García-Almendárez B.E. Evaluation of electrolyzed water as cleaning and disinfection agent on stainless steel as a model surface in the dairy industry. *Food Control*. Elsevier BV; 2016 Feb;60:320–8. DOI: 10.1016/j.foodcont.2015.08.011.

11. Feliziani E., Lichter A., Smilanick J.L., Ippolito A. Disinfecting agents for controlling fruit and vegetable diseases after harvest. *Postharvest Biology and Technology*. Elsevier BV; 2016 Dec;122:53–69. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2016.04.016
12. Tenzin S., Ogunniyi A.D., Khazandi M., Ferro S., Bartsch J., Crabb S., et al. Decontamination of aerosolised bacteria from a pig farm environment using a pH neutral electrochemically activated solution (Ecas4 anolyte). Moore G, editor. *PLOS ONE*. Public Library of Science (PLoS); 2019 Sep 25;14(9):e0222765. DOI: 10.1371/journal.pone.0222765.
13. Athayde D.R., Flores D.R.M., Silva J.S., Silva M.S., Genro A.L.G., Wagner R., Campagnol P.C.B., Menezes C.R., Cichoski A.J. Characteristics and use of electrolyzed water in food industries. *International Food Research Journal* 25(1): 11–16 (February 2018). Available at: [http://www.ifrj.upm.edu.my/25 %20\(01\) %202018/\(2\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/25%20(01)%202018/(2).pdf)
14. Abadias M., Usall J., Oliveira M., Alegre I., Viñas I. Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally-processed vegetables. *International Journal of Food Microbiology*. Elsevier BV; 2008 Mar;123(1-2):151–8. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.008.
15. Al-Holy M.A., Rasco B.A. The bactericidal activity of acidic electrolyzed oxidizing water against Escherichia coli O157:H7, Salmonella Typhimurium, and Listeria monocytogenes on raw fish, chicken and beef surfaces. *Food Control*. Elsevier BV; 2015 Aug;54:317–21. DOI: 10.1016/j.foodcont.2015.02.017.
16. Mansur A.R., Tango C.N., Kim G-H., Oh D-H. Combined effects of slightly acidic electrolyzed water and fumaric acid on the reduction of foodborne pathogens and shelf life extension of fresh pork. *Food Control*. Elsevier BV; 2015 Jan;47:277–84. DOI: 10.1016/j.foodcont.2014.07.019
17. Chen J., Xu B., Deng S., Huang Y. Effect of Combined Pretreatment with Slightly Acidic Electrolyzed Water and Botanic Biopreservative on Quality and Shelf Life of Bombay Duck (*Harpadon nehereus*). *Journal of Food Quality*. Wiley;2015 Dec 22;39(2):116–25. DOI: 10.1111/jfq.12182
18. Ghorban Shiroodi S., Ovissipour M., Ross C.F., Rasco B.A. Efficacy of electrolyzed oxidizing water as a pretreatment method for reducing Listeria monocytogenes contamination in cold-smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Control*. Elsevier BV; 2016 Feb;60:401–7. DOI: 10.1016/j.foodcont.2015.08.020
19. Aday M.S. Application of electrolyzed water for improving postharvest quality of mushroom. *LWT – Food Science and Technology*. Elsevier BV; 2016 May;68:44–51. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.12.014
20. Pinto L., Baruzzi F., Ippolito A. Recent advances to control spoilage microorganisms in washing water of fruits and vegetables: the use of electrolyzed water. *Acta Horticulturae. International Society for Horticultural Science (ISHS)*; 2016 Nov;(1144):379–84. DOI: 10.17660/acta-hortic.2016.1144.72
21. Chen X., Xue S.J., Shi J., Kostrzynska M., Tang J., Guévremont E., et al. Red cabbage washing with acidic electrolysed water: effects on microbial quality and physicochemical properties. *Food Quality and Safety*. Oxford University Press (OUP); 2018 Nov 10;2(4):229–37. DOI: 10.1093/fqsafe/fyy023
22. Ogunniyi A.D., Dandie C.E., Brunetti G., Drigo B., Aler S., Hall B., et al. Neutral electrolyzed oxidizing water is effective for pre-harvest decontamination of fresh produce. *Food Microbiology*. Elsevier BV; 2021 Feb; 93:103610. DOI: 10.1016/j.fm.2020.103610
23. Thorn R.M.S., Pendred J., Reynolds D.M. Assessing the antimicrobial potential of aerosolised electrochemically activated solutions (ECAS) for reducing the microbial bio-burden on fresh food produce held under cooled or cold storage conditions. *Food Microbiology*. Elsevier BV; 2017 Dec; 68:41–50. DOI: 10.1016/j.fm.2017.06.018
24. Sheng X., Shu D., Tang X., Zang Y. Effects of slightly acidic electrolyzed water on the microbial quality and shelf life extension of beef during refrigeration. *Food Science & Nutrition*. Wiley; 2018 Sep 8;6(7):1975–81. DOI: 10.1002/fsn3.779
25. Zang Y.T., Bing S., Li Y.J., Shu D.Q., Huang A.M., Wu H.X., et al. Efficacy of slightly acidic electrolyzed water on the microbial safety and shelf life of shelled eggs. *Poultry Science*. Elsevier BV; 2019 Nov;98(11):5932–9. DOI: 10.3382/ps/pez373

26. Бахир В.М. Электрохимическая активация. М.: Вива-Стар, 2014. 511 с. [Bahir V.M. *Elektrokhimicheskaya aktivatsiya* [Electrochemical activation]. Moscow, 2014. 511 p.]

Попова Алена Игоревна, магистр кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств (г. Москва), alenka-prots@mail.ru

Панайт Артём Игоревич, младший научный сотрудник лаборатории функциональной микроскопии биоструктур, Институт теоретической и экспериментальной биофизики Российской академии наук (г. Пущино), panait-artem@rambler.ru

Суворов Олег Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств (г. Москва); сотрудник лаборатории функциональной микроскопии биоструктур, Институт теоретической и экспериментальной биофизики Российской академии наук (г. Пущино), SuvorovOA@ya.ru

Кузнецов Александр Львович, кандидат технических наук, сотрудник лаборатории функциональной микроскопии биоструктур, Институт теоретической и экспериментальной биофизики Российской академии наук (г. Пущино), a.l.kuznetsov@bk.ru

Ипатова Лариса Григорьевна, доктор технических наук, сотрудник лаборатории функциональной микроскопии биоструктур, Институт теоретической и экспериментальной биофизики Российской академии наук (г. Пущино), larissa_ipatova@bk.ru

Погорелов Александр Григорьевич, доктор биологических наук, заведующий лабораторией функциональной микроскопии биоструктур, Институт теоретической и экспериментальной биофизики Российской академии наук, (г. Пущино), agpogorelov@rambler.ru

Поступила в редакцию 5 июня 2021 г.

DOI: 10.14529/food210301

APPLICATION OF ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED WATER TO IMPROVE BIOLOGICAL SAFETY IN APPLIED BIOTECHNOLOGY

A.I. Popova¹, A.I. Panait², O.A. Suvorov^{1,2}, A.L. Kuznetsov², L.G. Ipatova², A.G. Pogorelov²

¹ *Moscow State University of Food Production, Moscow, Russian Federation*

² *Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow region, Russian Federation*

Currently, ensuring the quality and biological safety of public catering products is of particular relevance. Electrochemically activated water (ECA-water) and solutions can be used as a technological aid for processing food raw materials of animal origin and finished products. In laboratory and production tests by methods of organoleptic (appearance, consistency, color and sectional view, smell and taste), physicochemical (mass fraction of protein, fat, moisture), microbiological (KMAFAnM, BGKP, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*) analysis. Sample No. 1: a control sample prepared according to a traditional recipe using drinking water, GOST R 51232-98; sample No. 2: a prototype prepared using electrochemically activated drinking water (cathode) ORP, +34 mV (installation "Emerald"); Sample No. 3: a prototype prepared using drinking water (GOST R 51232-98) and electrochemically activated drinking water (cathode), ORP +34 mV (Emerald installation), in a ratio of 50/50. In the work, on the example of minced meat semi-finished products, it is shown to ensure their biological safety and prolongation of the shelf life. It is determined that the shelf life of samples prepared using electrochemically activated drinking water can reach 18 days, compared with traditional technology (15 days), taking into account the reserve coefficient –

1.3 according to the regulatory document MUC 4.2.1847-04. The development of scientific research aimed at minimizing biological risks and preventing biological threats is important when implementing the provisions of Federal Law No. 492-FZ of December 30, 2020 "On Biological Safety in the Russian Federation".

Keywords: electrochemically activated water, biological safety, minced meat semi-finished products, shelf life, catholyte, biological risks, redox potential, storage, nutrition, food raw materials.

Alyona I. Popova, Master's Student, Department of food Industry, hotel business and service, Moscow State University of Food Production (Moscow), alenka-prots@mail.ru

Artyom I. Panait, Junior Researcher, Laboratory of functional microscopy of biostructures, Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Moscow region), panait-artem@rambler.ru

Oleg A. Suvorov, Ph.D, Associate Professor, Department of food Industry, hotel business and service, Moscow State University of Food Production (Moscow); Employee, Laboratory of functional microscopy of biostructures, Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Moscow region), SuvorovOA@ya.ru

Alexander L. Kuznetsov, Ph.D, Employee, Laboratory of functional microscopy of biostructures, Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Moscow region), a.l.kuznetsov@bk.ru

Larisa G. Ipatova, Ph.D, Employee, Laboratory of functional microscopy of biostructures, Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Moscow region), larissa_ipatova@bk.ru

Alexander G. Pogorelov, Ph.D, Head, Laboratory of functional microscopy of biostructures, Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Moscow region), agpogorelov@rambler.ru

Received June 5, 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Использование электрохимически активированной воды для повышения биологической безопасности в прикладной биотехнологии / А.И. Попова, А.И. Панаит, О.А. Суворов и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2021. – Т. 9, № 3. – С. 5–13. DOI: 10.14529/food210301

FOR CITATION

Popova A.I., Panait A.I., Suvorov O.A., Kuznetsov A.L., Ipatova L.G., Pogorelov A.G. Application of Electrochemically Activated Water to Improve Biological Safety in Applied Biotechnology. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2021, vol. 9, no. 3, pp. 5–13. (in Russ.) DOI: 10.14529/food210301