

# Формирование биобезопасности и экологизация производственной среды пищевых производств при использовании анолита

А. Л. Кузнецов<sup>1</sup>, А. С. Пучкова<sup>2</sup>, Е. Ю. Князев<sup>2</sup>, О. А. Суворов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Акционерное общество «345 механический завод», г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Российский биотехнологический университет, г. Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Введение:** Электрохимически активированные водные растворы широко применяются в медицинских учреждениях, животноводстве, а также на крупных пищевых перерабатывающих производствах в качестве безопасного средства для обработки продовольственного сырья, оборудования, гастремкостей и поверхностей производственных помещений предприятий общественного питания.

**Цель** данного обзора состоит в изучении возможности применения электрохимически активированных водных растворов в качестве безопасных и экологичных средств для обработки объектов производственной среды для исключения рисков контаминации микроорганизмами.

**Материалы и методы:** Объектами исследования выступили поверхности производственной среды: стол, весы, нож, слайсер, гастремкость. В качестве пищевых продуктов, не проходящих тепловую обработку, были выбраны плоды сладкого перца сорта «Авангард». В качестве средства для обработки был выбран электрохимически активированный водный раствор хлоркислородных и гидропероксидных соединений с концентрацией активных веществ  $0,5 \pm 0,05$  г/л (Анолит АНК-СУПЕР). Микробиологические исследования проводились с использованием питательной среды XLD Агар и петрифильмов. Оценка эффективности обработки поверхностей проводились микробиологические исследования с определением БГКП и КМАФАнМ. Для достижения допустимых количеств микроорганизмов с целью возможности подсчёта использовали метод десятикратных разведений. Концентрацию остаточного активного хлора определяли с использованием йодометрического метода, для определения фактических концентраций рабочих растворов.

**Результаты:** Использование неразбавленного дезинфицирующего средства с концентрацией  $0,5 \pm 0,05$  г/л подтвердило эффективность применения электрохимически активированных растворов в отношении БГКП, значительное снижение содержания КМАФАнМ относительно контрольных образцов при условии подбора концентрации дезинфицирующего средства и длительность обработки в зависимости от объекта. Полученные данные предварительных экспериментов характеризуют возможности использования сниженных концентраций рабочего раствора (не менее  $0,05 \pm 0,005$  г/л по активному хлору), однако не подтверждают возможность полноценного применения использованных концентраций ввиду отсутствия количественных данных о степени заражения исходных поверхностей.

**Вывод:** Подтверждена эффективность дезинфицирующих средств на основе электрохимически активированных растворов против бактерий группы кишечной палочки (БГКП), снижение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ). Определены показатели наименьших концентраций и времени контакта при стабильном достижении дезинфицирующего эффекта. Продemonстрировано, что применение ЭХАР обеспечивает биологическую безопасность обработанных производственных объектов и поверхности термически не обрабатываемых пищевых продуктов. Предложен альтернативный способ применения ЭХАР как универсального экологичного средства.

**Ключевые слова:** электрохимически активированные растворы (ЭХАР); бактерии группы кишечной палочки (БГКП); количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ); безопасность

## Корреспонденция:

Кузнецов Александр Львович,  
АО «345 механический завод».  
143903, Россия, Московская область, г. Балашиха,  
ш. Энтузиастов, Западная промзона тер., д 7.  
E-mail: a.l.kuznetsov@bk.ru

## Конфликт интересов:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**Поступила:** 03.01.2023

**Принята:** 03.01.2023

**Опубликована:** 30.09.2023

**Copyright:** © 2023 Авторы



Для цитирования: Кузнецов, А.Л., Пучкова, А.С., Князев, Е.Ю., & Суворов, О.А. (2023). Формирование биобезопасности и экологизация производственной среды пищевых производств при использовании анолита. *FOOD METAENGINEERING*, 1(2), 11-20. <https://doi.org/10.37442/fme.2023.2.8>

# Formation of Biosafety and Greening of the Production Environment of Food Production with Application of Anolyte

Alexander L. Kuznetsov<sup>1</sup>, Anastasia S. Kapranova<sup>2</sup>, Evgeny Yu. Knyazev<sup>2</sup>, Oleg A. Suvorov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 345 Mechanical plant, Balashikha, Moscow region, Russia

<sup>2</sup> Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**Introduction:** Research on the analysis of lactose-free and low-lactose dairy products is primarily presented in the context of studying specific microorganisms or starter cultures and their functioning in conditions of limited lactose content. However, the synthesis of accumulated data has not been adequately highlighted.

**Purpose:** To systematize and critically analyze scientific research focusing on the specifics of dairy products with reduced lactose levels, emphasizing comparative studies of standard dairy products and their low-lactose or lactose-free modifications. Particular attention is paid to dairy products that include microorganisms found in the kefir grain consortium.

**Materials and Methods:** The objects of study were surfaces in the production environment: table, scales, knife, slicer, and gastronorm container. As food products not undergoing heat treatment, sweet pepper fruits of the 'Avangard' variety were selected. An electrochemically activated aqueous solution of chloro-oxygen and hydroperoxide compounds with a concentration of active substances of  $0.5 \pm 0.05$  g/l (Anolyte ANK-SUPER) was chosen as the treatment agent. Microbiological studies were conducted using XLD Agar and Petrifilms. The effectiveness of surface treatment was evaluated by microbiological research, determining the presence of coliforms and mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms. To achieve acceptable quantities of microorganisms for possible counting, a method of tenfold dilutions was used. The concentration of residual active chlorine was determined using the iodometric method to establish the actual concentrations of the working solutions.

**Results:** The use of undiluted disinfectant with a concentration of  $0.5 \pm 0.05$  g/l confirmed the effectiveness of electrochemically activated solutions against coliforms, showing a significant reduction in the content of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms compared to control samples, provided the concentration of the disinfectant and the duration of treatment were appropriately chosen depending on the object. Preliminary experimental data characterize the possibilities of using reduced concentrations of the working solution (not less than  $0.05 \pm 0.005$  g/l in active chlorine), but do not confirm the possibility of full-scale application of the used concentrations due to the lack of quantitative data on the degree of contamination of the original surfaces.

**Conclusion:** The effectiveness of disinfectants based on electrochemically activated solutions against *Escherichia coli* group bacteria (coliforms) and the reduction in the number of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms (mesophilic count) have been confirmed. The indicators of the lowest concentrations and contact time for consistent achievement of the disinfecting effect have been determined. It has been demonstrated that the use of EHAS ensures the biosafety of treated production objects and surfaces of thermally untreated food products. An alternative method of using EHAS as a universal ecological agent is proposed.

**Keywords:** Electrochemically activated solutions (EHAS); *Escherichia coli* group bacteria (coliforms); Mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms (mesophilic count), safety

## Correspondence:

Kuznetsov Alexander Lvovich,  
JSC «345 MZ»,  
143900, Moscow region, Balashikha,  
Western industrial zone,  
sh. Enthusiasts 7.  
E-mail: a.l.kuznetsov@bk.ru

## Conflict of interest:

The authors report the absence of a conflict of interest.

**Received:** 03.01.2023

**Accepted:** 01.03.2023

**Published:** 30.09.2023

**Copyright:** © 2023 The Authors



**To cite:** Kuznetsov, A.L., Kapranova, A.S., Knyazev, E.Y., & Suvorov, O.A. (2023). Formation of biosafety and greening of the production environment of food production with application of anolyte. *FOOD METAENGINEERING*, 1(2), 11-20. <https://doi.org/10.37442/fme.2023.2.8>

## ВВЕДЕНИЕ

Безопасность пищевых продуктов должна быть обеспечена на каждом этапе послеуборочной обработки, включая транспортировку, обработку, мытье сырья, очистку посуды и поверхностей производственных помещений. Гипохлорит натрия в настоящее время является одним из наиболее распространенным дезинфицирующих средств, используемых на производстве. Однако имеет ряд недостатков, среди которых высокие концентрации и необходимость разведения до рабочих растворов, агрессивный pH среды и резкий запах, влияющий на органолептические качества пищевых продуктов. Электрохимически активированные растворы (ЭХАР) с нейтральным pH и концентрацией активного хлора не более 500 мг/л, известные как Анолит.

Концепция электрохимической активации (ЭХА) или электролизной воды изначально была разработана в России (Бахир, 2014), где она использовалась в качестве обеззараживания, регенерации и дезинфекции воды в медицинских учреждениях. С 1980-х годов данные растворы также использовались в Японии. Одним из первых способов применений была стерилизация медицинских инструментов в медицинских учреждениях. Позже результаты были адаптированы и использованы в различных областях, таких как сельское хозяйство, а именно животноводство (Аронов, 2012), но использование электролизной воды было ограничено коротким сроком хранения. С последними улучшениями в технологиях и благодаря появлению более совершенного оборудования ЭХАР приобрели популярность в качестве дезинфицирующего средства в пищевой промышленности (Pshenko, 2019).

## Антимикробная активность ЭХАР на предприятии общественного питания

ЭХАР приобретает все большую популярность в качестве дезинфицирующего средства в пищевой промышленности многих стран (Бывальцев, 2008, Горбачева, 2020, Сокол, 2019). При электролизе, разбавленный раствор поваренной соли диссоциирует на 2 фракции, католит и анолит с диаметрально противоположными окислительно-восстановительными потенциалами. Получаемый по таким технологиям анолит обладает окислительно-восстановительным потенциалом от +500 до +1100 мВ и содержанием активного хлора от 10 до 90 ppm (Еканина, 2021).

Поскольку очистка и дезинфекция являются важными элементами гигиенической практики на предприятии по переработке пищевых продуктов, выбор дезинфицирующих средств, применяемых в пищевой промышленности, чаще всего включает соединения хлора, органические кислоты, тринатрийфосфат, йодофоры, и четвертичные аммониевые соединения (Маркова, 2020, Миклис, 2022, Некрасова, 2020). Соединения хлора часто являются наиболее эффективными, хотя они могут быть более едкими и раздражающими, чем альтернативы, такие как соединения йода и четвертичного аммония. Химические вещества также используются для дезактивации определенных продуктов питания. В США дезактивация противомикробными препаратами была разрешена для туш, но такие обработки не разрешены в настоящее время в Европе (Huang, 2011, Stefanello, 2020). Некоторые из этих процедур были признанными неприемлемыми из-за химических остаточных следов, высокой стоимости, ограниченной эффективности или изменения цвета продуктов (Прокопенко, 2020).

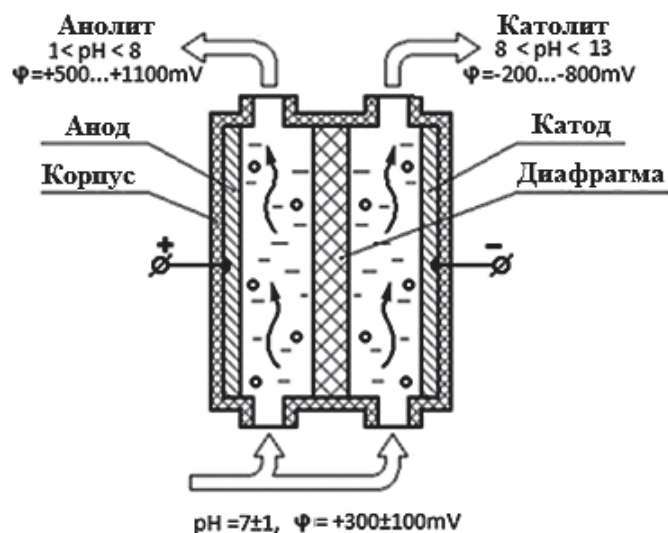
В настоящее время ЭХАР в качестве дезинфицирующего средства в пищевой промышленности используются для сокращения или устранения бактериальных популяций на пищевых продуктах, поверхностях обработки пищевых продуктов, и непродовольственных контактных поверхностях (Гомбоев, 2008, Han, 2021). Так, например, Министерство здравоохранения, труда и благосостояния Японии утвердили ЭХАР в качестве пищевой добавки. Специальные генераторы ЭХАР также были одобрены для использования в пищевой промышленности Агентства по охране окружающей среды США (Jiménez-Pichardo, 2016, Chen, 2022).

Ранее исследователями были проведены исследования влияния ЭХАР на безопасность яиц и продления их срока годности (Zang, 2019), на мясные продукты (Savchenko, 2021), на разрушение бактериальных биопленок (Погорелов, 2019), на гидропонные субстраты для микрозелени (Погорелова, 2020), ягоды (Alexander, 2012) и на многие другие объекты.

ЭХАР является продуктом электролиза растворов солей NaCl или KCl-MgCl<sub>2</sub> в электролизере, внутри которого между анодом и катодом установлена разделительная диафрагма. Принцип производства показан на Рисунке 1. Напряжение между электродами обычно устанавливается на уровне от 9 до 10 В (Бахир, 2014). Во время электролиза NaCl, растворенный в деионизированной воде, диссоциирует на отрицательно заряжен-

Рисунок 1

### Принцип получения электрохимически активированных растворов (Suvorov, 2018)



ный хлор ( $\text{Cl}$ ) и положительно заряженный натрий ( $\text{Na}$ ). В то же время образуются гидроксид ( $\text{OH}$ ) и ионы водорода ( $\text{H}$ ). Отрицательно заряженные ионы, такие как  $\text{Cl}$ , и  $\text{OH}$  движутся к аноду, отдавая электроны и превращаясь в газообразный кислород ( $\text{O}_2$ ), газообразный хлор ( $\text{Cl}_2$ ), ион гипохлорита ( $\text{OCl}$ ), хлорноватистая кислота ( $\text{HOCl}$ ) и соляная кислота, и положительно заряженные ионы, такие как  $\text{H}$  и  $\text{Na}$ , переходят в катод для поглощения электронов и превращения в газообразный водород ( $\text{H}_2$ ) и гидроксид натрия ( $\text{NaOH}$ ) (Рисунок 1).

Имеющие множество названий ЭХАР запатентованы во множестве стран, включая Россию, Китай, Японию и США (Kitanovski, 2018, Pshenko, 2019, Kim, 2012). ЭХАР на примере анолита отличается универсальностью, высокой эффективностью, помогает экономить время и ресурсы за счёт сокращения этапов обработки и отсутствия необходимости повторной мойки, а также безопасен для окружающей среды (Попова, 2021).

### Пищевые отравления, связанные с микроорганизмами в общественном питании

Пищевые отравления считаются одной из наиболее распространенных причин заболеваний и смерти в развивающихся странах. Большинство сообщений о пищевых

отравлениях связано с бактериальным загрязнением, вызванными грамотрицательными микроорганизмами такими как: *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas* и грамположительными: *Staphylococcus aureus* и *Bacillus cereus*<sup>1</sup> (Liu, 2020).

Когда пища готовится в больших масштабах, с ней контактирует большое количество персонала, проходит значительный период контакта с воздушной средой производственной среды и тем самым увеличиваются шансы заражения микроорганизмами, находящимися на поверхностях производственных объектов. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) заявляет, что миллионы человек страдают от диареи, главным образом из-за употребления загрязненной пищи и питьевой воды (Tenzin, 2019).

Пищевые продукты могут быть загрязнены токсичными металлами, пестицидами и бактериальными инфекциями. Бактерии, вирусы, паразиты и грибы являются причиной многих пищевых заболеваний (Gellynck, 2008).

Актуальность исследования заключается в том, что быстрое увеличение объемов потребления минимально обработанных или свежесрезанных фруктов и овощей требует обеспечения микробиологической безопасности. Проблемы безопасности пищевых продуктов, процессов приготовления и рост числа вспышек болезней, связанных с качеством продукции, стимулировали разработку новых подходов и методов обеспечения уничтожения патогенных организмов на пищевых продуктах и поверхностях в зонах общественного питания.

Основные тренды изучения в данной области исследования направлены на поиск режимов обработки, обеспечивающих качественное обеззараживание, расширение области обрабатываемых объектов, экологизации и уменьшения количества потребляемых ресурсов. Поэтому в процессе формирования биобезопасности важен поиск наиболее качественных, безопасных и экологических методов обработки производственной среды. Новизна исследований заключается в исследовании свойств электрохимически активированных водных растворов применительно к объектам производственной среды с повышенным риском контаминации микроорганизмами.

<sup>1</sup> Просеков, А.Ю., Солдатова, Л.С., Разумникова, И.С., & Козлова, О.В. (2018). *Общая биология и микробиология*. Проспект Науки.



Цель исследования состоит в изучении возможности применения электрохимически активированных водных растворов в качестве безопасных и экологичных средств для обработки объектов производственной среды для исключения рисков контаминации микроорганизмами. Для достижения поставленной цели необходимо было сформировать ответы на главные исследовательские вопросы, среди которых определение объектов риска заражения и способов обработки, а также выполнить предварительные эксперименты.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

### **Материалы**

В качестве объектов исследования были выбраны поверхности производственной среды, наиболее часто контактирующие с пищевыми продуктами: стол, весы, нож, слайсер, гастроемкость. Данные поверхности при недостаточной степени обработки являются потенциальными источниками микробиологического заражения не проходящих тепловую обработку пищевых продуктов. В качестве пищевых продуктов, не проходящих тепловую обработку, были выбраны плоды сладкого перца сорта «Авангард», которые благодаря своим вкусовым качествам употребляются в салатах в сыром виде.

В качестве средства для обработки был выбран электрохимически активированный водный раствор хлоркислородных и гидропероксидных соединений с концентрацией активных веществ  $0,5 \pm 0,05$  г/л (Анолит АНК-СУПЕР).

Микробиологические исследования были проведены с использованием питательной среды XLD Agar и петрифильмов 3M Petrifilm.

### **Методы**

Для оценки эффективности обработки проводили микробиологические исследования с определением: бактерий группы кишечной палочки (БГКП) и количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ). Для достижения допустимых количеств микроорганизмов с целью возможности подсчёта использовали метод десятикратных разведений.

Концентрацию остаточного активного хлора определяли с использованием йодометрического метода, для

определения фактических концентраций рабочих растворов.

### **Оборудование**

Для проведения исследований было использовано оборудование российского производства: термостат электрический суховоздушный ТС-1/80 СПУ; стерилизатор паровой ГК-10-1-ТЗМОИ; ламинарный шкаф.

### **Процедура исследования**

Поверхности производственной среды: стол, весы, нож, слайсер, гастроемкость были искусственно загрязнены с использованием продуктов не прошедших предварительную обработку. Обработку поверхностей и образцов растительного сырья производили методом орошения с использованием электрохимически активированных водных растворов хлоркислородных и гидропероксидных соединений, со стандартной концентрацией  $0,5 \pm 0,05$  г/л и пониженной разбавлением дистиллированной водой до  $0,05 \pm 0,005$  г/л при температуре  $20^\circ\text{C}$ , с выдержкой не менее 10 минут. В качестве нейтрализатора применялся 0,5% раствор тиосульфата натрия.

Были выполнены 5 одинаковых смывов с поверхностей производственной среды в трех случаях и трёх повторностях. В первом, когда оборудование не было обработано, а вымыто водой без дополнительных средств. Во втором, когда поверхности были обработаны дезинфицирующим средством с пониженной до  $0,05 \pm 0,005$  г/л концентрацией. Третий, когда поверхности были обработаны со стандартной концентрацией  $0,5 \pm 0,05$  г/л. Аналогичную обработку прошли образцы плодоовощной продукции. Для образцов из растительного сырья использовали измельчитель. Для исключения контаминации всё используемое оборудование дезинфицировалось перед каждым последующим экспериментом согласно инструкции, прилагаемой к дезсредству.

Подготовку проб пищевых продуктов проводили по ГОСТ 26669 и другим действующим нормативным документам применительно к анализируемым видам образцов. Взятие смывов осуществляли согласно требованиям МР 4.2.0220-20 с использованием стерильных одноразовых тупферов. Ввиду проведения предварительных экспериментов время обеззараживания поверхностей по п. 3.2.6.7 МР 4.2.0220-20 приняли 10 минут, что соответствует предписанному интервалу от 5 до 120 мин.

Для приготовления стерильной питательной среды и чашек Петри использовался автоклав при температуре 120 °С, с выдержкой 20 минут; петрифилмы использовались готовые к использованию. После выполнения посевов все чашки и петрифилмы выдерживались в термостате 24 часа при температуре 37 °С, после осуществлялся подсчёт.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Входящие в состав электрохимически активированного водного раствора метастабильные соединения при близком к нейтральному pH 6,3–6,5 и преобладающими химическими составляющими являются высоко-биоцидные соединения хлорноватистой кислоты (HOCl) с положительным окислительно-восстановительным потенциалом (более + 500 мВ). Обработка поверхностей в помещениях общественного питания (производстве) ЭХАР, привело к снижению роста микроорганизмов в отличие от дезинфицирующего средства, выбранного предприятием или при обработке обычной водой.

### Исследование рабочих поверхностей после проведения обработок

Результаты эксперимента со смывами с производственных поверхностей представлены на Рисунках 2–4, где смыв с стола — 1, смыв с весов — 2, смыв с ножа — 3, смыв с слайсера — 4, смыв с гастроемкости — 5.

По результатам эксперимента, представленным на Рисунке 2, как и ожидалось, видимая на первый взгляд чистота поверхностей, обработанных водой, содержала отдельные БГКП. Их наличие объясняется намеренным заражением и невозможностью смыть без дополнительных средств воздействия.

Использование даже небольшого количества дезинфицирующего средства с концентрацией  $0,05 \pm 0,005$  г/л обеспечило практически полное обеззараживание, кроме сложного технологического устройства в виде слайсера. Изменение цвета 4го образца вызвано наличием отдельных БГКП, которые могли остаться в полостях. Полученные данные характеризуют возможности использования сниженных концентраций рабочего раствора, однако не подтверждают возможность полноценного применения использованных концентраций ввиду отсутствия количественных данных о степени заражения исходных поверхностей.

Использование неразбавленного дезинфицирующего средства с концентрацией  $0,5 \pm 0,05$  г/л обеспечило полное обеззараживание, что подтвердило эффективность применения электрохимически активированных растворов в отношении БГКП. Однако, по результатам экспериментов можно сделать вывод, что требуется проводить подбор параметров, а точнее концентрации дезинфицирующего средства и длительность обработки в зависимости от объекта.

Рисунок 2

Смывы, полученные с поверхностей, обработанных водой

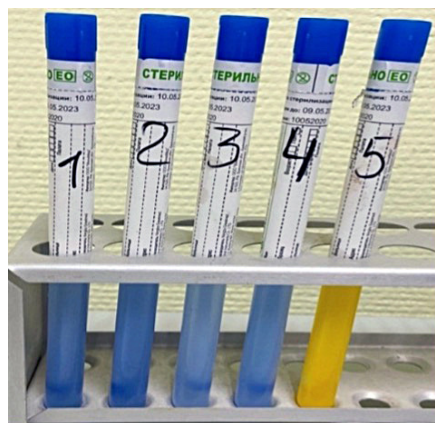


Рисунок 3

Смывы, полученные с поверхностей, обработанных дез. средством с конц.  $0,05 \pm 0,005$  г/л при температуре 20 °С

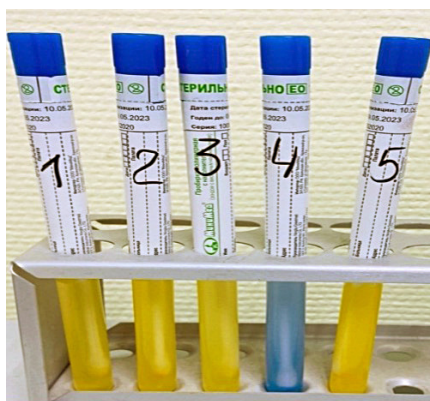
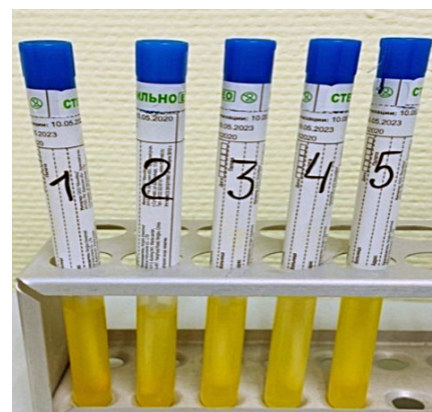


Рисунок 4

Смывы, полученные с поверхностей, обработанных дез. средством с конц.  $0,5 \pm 0,05$  г/л при температуре 20 °С



А. Л. Кузнецов, А. С. Пучкова, Е. Ю. Князев, О. А. Суворов

## Исследование пищевых продуктов после проведения обработок

Результаты эксперимента со смывами с плодов сладкого перца сорта «Авангард», которые благодаря своим вкусовым качествам употребляются в салатах в сыром виде. После каждой обработки исследуемый материал гомогенизировали, и полученный субстрат вносили на готовую питательную среду (петрифильм) и чашки Петри на определение БГКП и КМАФАнМ, результаты наглядно представлены на Рисунках 5–7.

Безреагентная мойка плодоовощной продукции водой совершенно не справляется с функцией обработки продуктов питания потенциально зараженных с повышенным содержанием КМАФАнМ, о чём свидетельству-

ет обильный рост общего микробного числа, а также наличие не допустимых в продуктах питания БГКП.

Дезинфицирующее средство при концентрациях 50 мг/л проявило эффективность по отношению образцов промытых водой, что отчетливо видно на Рисунке 6, который показывает значительное уменьшение КМАФАнМ и наличие всего 1 КОЕ БГКП, что также недопустимо в реальных условиях.

На третьем этапе эксперимента при концентрациях 500 мг/л была показана и доказана эффективность в отношении БГКП и общего микробного числа (Рисунок 7).

В процессе выполнения работ не рассматривалась вторая фракция электрохимического процесса — католит, так как по данным проведенных исследований он обла-

Рисунок 5

**Выявление значительного количества БГКП и КМАФАнМ на исследуемом образце, обработанном обычной водой с выдержкой 10 минут**

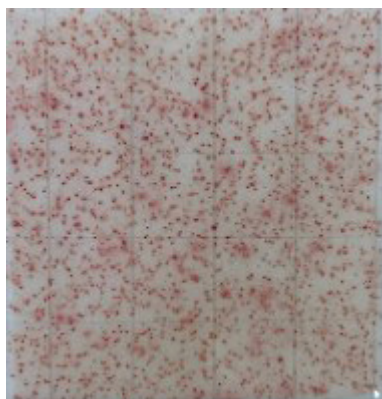
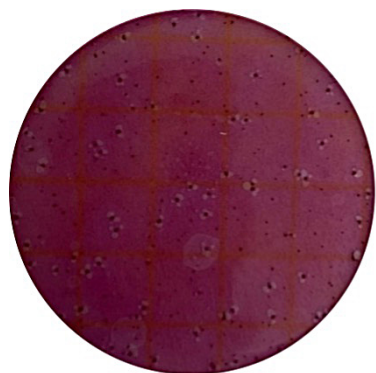


Рисунок 6

**Выявление 1 КОЕ БГКП и значительное уменьшение общего микробного числа, на исследуемом образце, обработанном дез. средством с конц.  $0,05 \pm 0,005$  г/л при температуре  $20^\circ\text{C}$ , с выдержкой 10 минут**

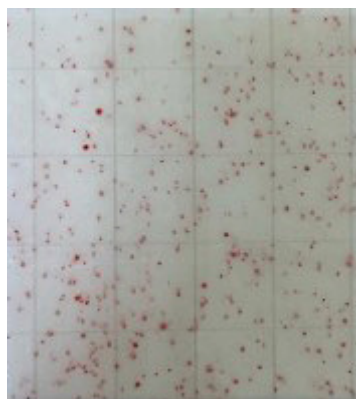
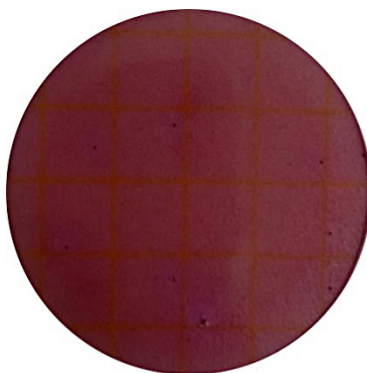
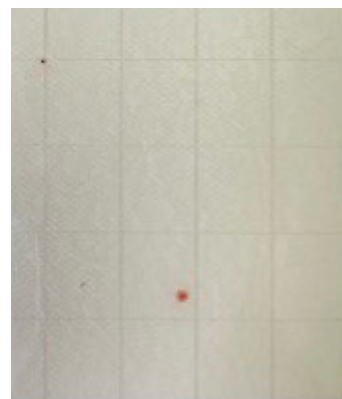


Рисунок 7

**Отсутствие БГКМ и обнаружение всего 2 КОЕ КМАФАнМ на исследуемом образце, обработанном дез. средством с конц.  $0,5 \pm 0,05$  г/л при температуре  $20^\circ\text{C}$ , с выдержкой 10 минут**





дает противоположной способностью за счёт пониженного ОВП (Гомбоев, 2008, Попова, 2021, Сокол, 2021).

## ВЫВОД

Применение ЭХАР методом орошения обеспечивало биологическую безопасность обработанных производственных объектов и поверхности термически не обрабатываемых пищевых продуктов. В результате проведенных исследований подтверждена эффективность дезинфицирующих средств на основе электрохимически активированных растворов против бактерий группы кишечной палочки (БГКП), снижение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) при концентрациях 500 мг/л и экспозиции 10 минут. Кроме того, среди возможных перспектив исследования можно назвать определение наименьших концентраций и времени контакта при стабильном достижении дезинфицирующего эффекта. Полученные результаты показали, что применение ЭХАР обеспечивало биологическую безопасность обработанных производственных объектов и поверхности термически не обрабатываемых пищевых продуктов.

Предложен альтернативный способ применения ЭХАР как универсального экологичного средства. Универсальность заключается в использовании одного вида реагента для обеззараживания производственной среды и плодоовощной продукции. Таким образом, на производствах общественного питания возможно реализовать эффективный метод «зеленой» технологии на основе ЭХАР.

## АВТОРСКИЙ ВКЛАД

**Кузнецов Александр Львович:** написание-рецензирование и редактирование рукописи.

**Пучкова Анастасия Сергеевна:** визуализация, проведение исследования.

**Князев Евгений Юрьевич:** курирование данных, написание — подготовка черновика рукописи.

**Суворов Олег Александрович:** научное руководство исследованием, концептуализация, разработка методологии исследования, работа с программным обеспечением.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Аронов, В.М. (2012). Обоснование комплексного применения электрохимически активированного раствора для дезинфекции и дезинсекции в птицеводстве. *Ветеринария*, 1, 17–20.
- Aronov, V. M. (2012). Justification for the comprehensive use of electrochemically activated solution for disinfection and disinfestation in poultry farming. *Veterinary Science*, 1, 17–20. (In Russ.)
- Бахир, В.М. (2014). *Электрохимическая активация. Изобретения, техника, технология*. ВИВА — СТАР.
- Bakhr, V. M. (2014). *Electrochemical Activation. Inventions, Engineering, Technology*. VIVA - STAR. (In Russ.)
- Бывальцев, А.И., Магомедов, Г.О., & Бывальцев, В.А. (2008). Свойства активированной воды и ее использование в пищевой промышленности. *Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья*, (7), 49–53.
- Byvaltsev, A. I., Magomedov, G. O., & Byvaltsev, V. A. (2008). Properties of activated water and its use in the food industry. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*, (7), 49–53. (In Russ.)
- Гомбоев, Д. Д., & Данилова, А. А. (2008). Пребиотическое действие катодной фракции электрохимически активированных растворов поваренной соли при экспериментальном дисбиозе. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*, 4(184), 85–90.
- Gomboev, D. D., & Danilova, A. A. (2008). Prebiotic effect of the cathode fraction of electrochemically activated solutions of table salt in experimental dysbiosis. *Siberian Bulletin of Agricultural Science*, 4(184), 85–90. (In Russ.)
- Горбачева, М. В., Тарасов, В. Е., Сапожникова, А. И., & Калманович, С. А. (2020). Вытапливание жира в электрохимически активированной водной среде: технологические аспекты, безопасность и качество готового продукта. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 82(1), 169–177.
- Gorbacheva, M. V., Tarasov, V. E., Sapozhnikova, A. I., & Kalmanovich, S. A. (2020). Rendering fat in an electrochemically activated aqueous environment: technological aspects, safety, and quality of the final product. *Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies*, 82(1), 169–177. (In Russ.)



- Еканина, С.В., Королёва, Т.А., Помазанов, В.В., Марданлы, С.Г., Киселева, В.А., Рогожникова, Е.П., & Николаева, Н.П. (2021). Исследование влияния электрохимического воздействия на воду и водные субстанции биологически активных веществ на их противовирусные свойства. *Известия ГТТУ. Медицина, фармация*, 1, 17–26.
- Ekanina, S. V., Korolyova, T. A., Pomazanov, V. V., Mardanly, S. G., Kiseleva, V. A., Rogozhnikova, E. P., & Nikolaeva, N. P. (2021). Study of the effect of electrochemical impact on water and aqueous substances of biologically active substances on their antiviral properties. *GGTU News. Medicine, Pharmacy*, 1, 17–26. (In Russ.)
- Маркова, В.А., Попова, А.И., & Суворов, О.А. (2020). Высокоэффективные электрохимические технологии повышения безопасности продуктов животного происхождения. *Научные исследования XXI века*, 6(8), 36–44.
- Markova, V. A., Popova, A. I., & Suvorov, O. A. (2020). Highly effective electrochemical technologies for increasing the safety of animal products. *Scientific Research of the 21st Century*, 6(8), 36–44. (In Russ.)
- Миклис, Н. И., & Бурак, И. И. (2022). Эффективность профилактической аэрозольной дезинфекции помещений анолитом нейтральным. *Медицинский журнал*, 3(81), 10–17.
- Miklis, N. I., & Burak, I. I. (2022). Effectiveness of preventive aerosol disinfection of premises with neutral anolyte. *Medical Journal*, 3(81), 10–17. (In Russ.)
- Некрасова, Л. П., Михайлова, Р. И., & Рыжова, И. Н. (2020). Влияние электрохимической обработки на физико-химические свойства воды. *Гигиена и санитария*, 99(9), 904–910.
- Nekrasova, L. P., Mikhailova, R. I., & Ryzhova, I. N. (2020). The effect of electrochemical treatment on the physicochemical properties of water. *Hygiene and Sanitation*, 99(9), 904–910. (In Russ.)
- Погорелов, А.Г., Кузнецов, А.Л., Погорелова, В.Н., Суворов, О.А., Панайт, А.И., & Погорелова, М.А. (2019). Разрушение бактериальной пленки электрохимически активированным водным раствором. *Биофизика*, 4, 734–739. <https://doi.org/10.1134/S0006302919040124>
- Pogorelov, A. G., Kuznetsov, A. L., Pogorelova, V. N., Suvorov, O. A., Panait, A. I., & Pogorelova, M. A. (2019). Destruction of bacterial film by electrochemically activated aqueous solution. *Biophysics*, 4, 734–739. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S0006302919040124>
- Погорелова, М.А., Суворов, О.А., Кузнецов, А.Л., Панайт, А.И., & Погорелов, А.Г. (2020). Актуальные проблемы безопасного обеззараживания гидропонных субстратов агропромышленных комплексов. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*, 8(1), 12–21.
- Pogorelova, M. A., Suvorov, O. A., Kuznetsov, A. L., Panait, A. I., & Pogorelov, A. G. (2020). Current problems of safe disinfection of hydroponic substrates in agro-industrial complexes. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies*, 8(1), 12–21. (In Russ.)
- Попова, А.И., Панайт, А.И., Суворов, О.А., Кузнецов, А.Л., Ипатова, Л.Г., & Погорелов, А.Г. (2021). Использование электрохимически активированной воды для повышения биологической безопасности в прикладной биотехнологии. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*, 9(3), 5–13.
- Popova, A.I., Panait, A.I., Suvorov, O.A., Kuznetsov, A.L., Ipatova, L.G., & Pogorelov, A.G. (2021). The use of electrochemically activated water to improve biological safety in applied biotechnology. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies*, 9(3), 5–13. (In Russ.)
- Прокопенко, А.А., Ваннер, Н.Э., Куш, И.В., Филипенкова, Г.В., Новикова, С.И., & Бахир В.М. (2020). Технология дезинфекции ветсанобъектов направленными аэрозолями Анолита Перокс. *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*, 3(35), 322–327.
- Prokopenko, A.A., Vanner, N.E., Kush, I.V., Filipenkova, G.V., Novikova, S.I., & Bakhir V.M. (2020). Disinfection technology of veterinary-sanitary facilities with directed aerosols of Anolyte Perox. *Russian Journal of Veterinary Sanitary, Hygiene and Ecology*, 3(35), 322–327. (In Russ.)
- Сокол, Н.В., & Атрощенко, Е.А. (2019). Исследование влияния электрохимически активированной воды на реологические свойства теста и качество хлеба. *Новые технологии*, (1), 170–177.
- Sokol, N.V., & Atroshchenko, E.A. (2019). Study of the influence of electrochemically activated water on the rheological properties of dough and bread quality. *New Technologies*, (1), 170–177. (In Russ.)
- Alexander, E. M. C., Brandao, T. R. S., & Silva, C. L. M. (2012). Assessment of the impact of hydrogen peroxide solutions on microbial loads and quality factors of red bell peppers, strawberries and watercress. *Food Control*, 27, 362–368.
- Chen, B.K., & Wang, C.K. (2022). Electrolyzed Water and Its Pharmacological Activities: A Mini-Review. *Molecules*, 27(4). <https://doi.org/10.3390/molecules27041222>
- Gellynck, X., Messens, W., Halet, D., Grijspeerdt, K., Hartnett, E., & Viaene, J. (2008). Economics of reducing *Campylobacter* at different levels within the Belgian poultry meat chain. *Journal of food protection*, 71(3), 479–485
- Han, R., Liao, X., Ai, C., Ding, T., & Wang, J. (2021). Sequential treatment with slightly acidic electrolyzed water (SAEW) and UVC light-emitting diodes (UVC-LEDs) for decontamination of *Salmonella typhimurium* on lettuce. *Food Control*, 123, 107738.

- Huang, Y.X., & Chen, H. Q. (2011). Effect of organic acids, hydrogen peroxide and mild heat on inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 on baby spinach. *Food Control*, 22, 1178–1183.
- Jiménez-Pichardo, R., Regalado, C., Castaño-Tostado, E., & Santos-Cruz, J. (2016). Evaluation of electrolyzed water as cleaning and disinfection agent on stainless steel as a model surface in the dairy industry. *Food Control*, 60, 320–328. <https://doi.org/60.320-328>. 10.1016/j.foodcont.2015.08.011.
- Kim, C., & Hung, Y.C. (2012). Inactivation of *E.coli* O157:H7 on Blueberries by Electrolyzed Water, Ultraviolet Light, and Ozone. *Journal of Food Science*, 77(4), M206 — M211. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02595.x>.
- Kitanovski, V.D., Vlahova-Vangelova, D.B., Dragoev, S.G., Nikolov, H.N., & Desislav, K.B. (2018) Effect of electrochemically activated anolyte on the shelf-life of cold stored rainbow trout. *Food Science and Applied Biotechnology*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.30721/fsab.2018.v1.i1>
- Liu, Q., Chen, L., Laserna, A.K., He, Y., Feng, X., & Yang, H. (2020). Synergistic action of electrolyzed water and mild heat for enhanced microbial inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 revealed by metabolomics analysis. *Food Control*, 110, 107026.
- Pshenko, E.B., Shestakov, I.Ya., & Shestakov, V.I. (2019). Features of electroactivated water production at a coaxial electrode location. *Siberian Journal of Science and Technology*, 20(1), 119–125.
- Savchenko, A.A., Borisenko, A.A., Borisenko, L.A., Borisenko, A.A., Razinkova, V.G., & Trunova, E.D. (2021). Meat products for the fudnet market. *Modern Science and Innovations*, 4(36), 114–123.
- Stefanello, A., Magrini, L.N., Lemos, J.G., Garcia, M.V., Bernardi, A.O., Cichoski, A.J., & Copetti, M.V. (2020). Comparison of electrolyzed water and multiple chemical sanitizer action against heat-resistant molds (HRM). *International Journal of Food Microbiol*, 335, 108856.
- Suvorov, O. A. (2018). Electrochemical and electrostatic decomposition technologies as a means of improving the efficiency and safety of agricultural and water technologies. *International Journal of Pharmaceutical Research and Allied Sciences*, 7(2), 43–52.
- Tenzin, S., Ogunniyi, A.D., Khazandi, M., Ferro, S., Bartsch, J., & Crabb, S. (2019). Decontamination of aerosolised bacteria from a pig farm environment using a pH neutral electrochemically activated solution (Ecas4 anolyte). *PLOS ONE*, 14(9), e0222765. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222765>
- Zang, Y.T., Bing, S., Li Y.J., Shu, D.Q., Huang, A.M., & Wu, H.X. (2019). Efficacy of slightly acidic electrolyzed water on the microbial safety and shelf life of shelled eggs. *Poultry Science*, 98(11), 5932–9. <https://doi.org/10.3382/ps/pez373>