

УДК 635.63:631.531.027

UDC 635.63:631.531.027

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ
АКТИВИРОВАННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ**

**PRACTICAL APPLICATION OF
ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED
AQUEOUS SOLUTIONS**

Плутахин Геннадий Андреевич
к.б.н., доцент, профессор
Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13
ScopusID: 55102866400

Plutakhin Gennady Andreevitsh
Cand.Biol.Sci., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia
ScopusID: 55102866400

Аидер Мохаммед
д.т.н., профессор
Лавальский университет, Квебек, Канада

Mohammed Aider
Dr.Sci.Tech., professor
Université Laval, Quebec, Canada

Кошчаев Андрей Георгиевич
д.б.н., профессор
Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13

Koshchaev Andreyi Georgievitsh
Dr.Sci.Biol., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Гнатко Елена Николаевна
к.т.н., старший преподаватель
Украинский государственный химико-технологический университет, Днепрпетровск, Украина

Gnatko Elena Nikolaevna
Dr.Sci.Tech., assistant professor
Ukrainian State University of Chemical Engineering, Dnepropetrovsk, Ukraine

В настоящем обзоре освещается применение электроактивированных водных растворов в области пищевой промышленности и биотехнологии

The present review highlights the applications of electro-activated aqueous solutions in biotechnology and the food industry

Ключевые слова: АНОЛИТ, КАТОЛИТ, ЭЛЕКТРОАКТИВАТОР, ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫЕ ВОДНЫЕ РАСТВОРЫ

Keywords: ANOLYTE, CATHOLYTE, ELECTRIC ACTIVATOR, ELECTROACTIVATED WATER SOLUTIONS

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	2
Активация ферментов антиоксидантной системы.....	2
Выпечка пшеничного хлеба с использованием в тестозамешивании электроактивированных водных растворов.....	4
Инактивация дрожжей <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	7
Электрохимическая инактивация бактерий, вирусов и бактериофагов...	8
Биопленки: предотвращение образования и инактивация	9
Орошение тушек сельскохозяйственной птицы.....	10
Инактивация спорообразующих бактерий и токси-	12
Инактивация стафилококкового энтеротоксина.....	14
Использование электроактивации в агропромышленном комплексе	16
Заключение.....	20

Использованная литература..... 20

Введение. Вода играет важную роль в жизни человека и широко используется в технологических процессах [58, 82]. Ее состав и физико-химические свойства определяют эффективность различных производств, поэтому идут поиски экономически оправданных способов повышения ее качества. Особое место среди них занимает электрохимическая активация водных растворов, с помощью которой можно достичь повышения и улучшения качества выпускаемой продукции, уменьшить антропогенную нагрузку на окружающую среду [8, 18, 33, 37, 43, 44]. Такие водные растворы характеризуется высокой физико-химической и биологической активностями [68]. Методы получения и свойства растворов описаны как в научной, так и в учебной литературе [28, 29, 30, 31, 60]. Наибольшее распространение получили католит, анолит и бесконтактно активированные водные растворы. Электроактивация позволяет получать растворы, используемые в пищевой промышленности, биотехнологии, кормопроизводстве, медицине и ветеринарии [3, 4, 5, 13, 36, 38]. В настоящем обзоре обобщены методы применения электроактивированных растворов в этих областях человеческой деятельности.

Активация ферментов антиоксидантной системы. Действие электроактивированных водных растворов на активность антиокислительных ферментов (каталаза, пероксидаза и супероксиддисмутаза человека, полученная из рекомбинантных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, штамм Y2134) было зарегистрировано в модельной биологической системе [2, 14, 34]. В работе использованы эритроциты периферической крови здоровых кроликов породы шиншилла. Эритроциты были осаждены центрифугированием и лизированы в 5 мМ трис-HCl буфере, pH 7,8. Для осаждения гемоглобина к 1 мл лизата добавляли 0,25 мл 96% этилового спирта и 0,15 мл хлороформа, выдерживали 15 мин на ледяной бане, центрифугировали при 10^3 g в течение 15 мин при температуре 4 °C.

Активность каталазы измеряли с помощью реакции взаимодействия остаточных количеств пероксида водорода (H_2O_2) с молибдатом аммония и последующим фотометрическим измерением окрашенного продукта реакции при длине волны 415 нм.

Пероксидазную активность определяли по времени реакции окисления индигокармина пероксидазой, а активность рекомбинантной супероксиддисмутазы способностью конкурировать с нитросиним тетразолием за супероксидные анионы, образующиеся в результате аэробного взаимодействия восстановленной формы НАДН и феназинметасульфата (ФМС).

Электрохимически активированные растворы получали пропусканьем раствора хлористого натрия (1 г/л) через установку «Изумруд», имеющую два последовательно соединенных электролизера с керамической мембраной и обеспечивающую получение растворов с окислительно-восстановительным потенциалом от +200 мВ до – 70 мВ. С помощью рН-метра с платиновым электродом в стандартных условиях постоянно измерялся ОВП.

Авторами показано [2], что преинкубация эритроцитов с различными концентрациями ЭХА растворов в течение 5, 10 и 20-ти минут во всех случаях привела к двухфазному эффекту: быстрое активирование каталазы кролика в зависимости от концентрации электроактивированного раствора и последующее возвращение к прежнему уровню активности или слабое ингибирование (рисунок 1).

В зависимости от ОВП растворов активность ферментов также достигала максимума, а затем снижалась при увеличении концентрации раствора в среде. Анализ данных позволяет в целом заключить, что с повышением ОВП и концентрации ЭХА растворов снижается и необходимое для активации ферментов время инкубации. Однако при высокой концентрации электроактивированных растворов их действие приобретает ингибирующий характер. Эти изменения, вероятно, связаны со способностью элек-

троактивированных растворов генерировать супероксидные радикалы, которые в низких концентрациях активируют антиоксидантные ферменты. Похожие результаты были получены [14, 38].

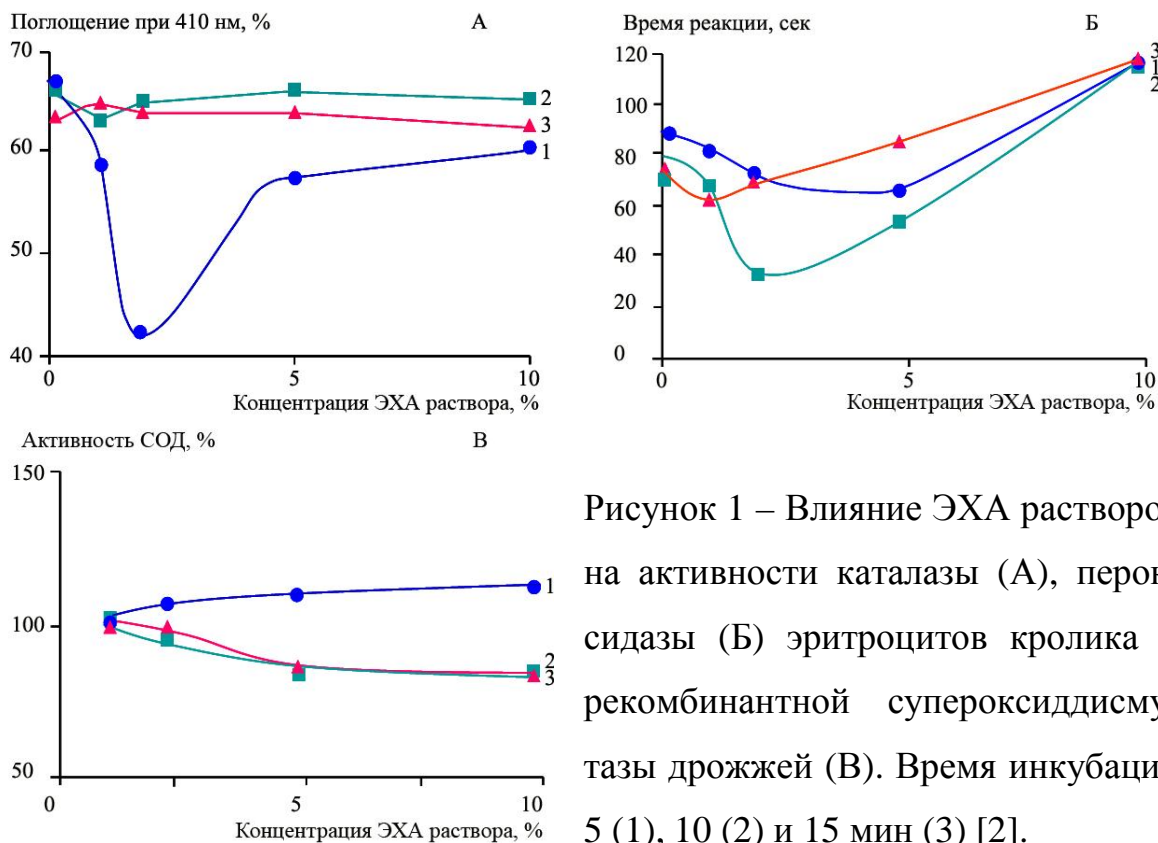


Рисунок 1 – Влияние ЭХА растворов на активности каталазы (А), пероксидазы (Б) эритроцитов кролика и рекомбинантной супероксиддисмутазы дрожжей (В). Время инкубации 5 (1), 10 (2) и 15 мин (3) [2].

Таким образом, во всех случаях действия ЭХА растворов на ферменты антиоксидантной защиты организма отмечены ясные дозозависимые влияния, определяемые величиной ОВП, концентрацией электрохимически активированных растворов в реакционной среде и временем инкубации с эритроцитами.

Выпечка пшеничного хлеба с использованием в тестозамешивании электроактивированных водных растворов. На кафедре биотехнологии, биохимии и биофизики Кубанского государственного аграрного университета (Краснодар) изучили возможность выпечки пшеничного хлеба, используя для активации пекарских сухих дрожжей и замешивания те-

ста электроактивированные водные растворы [16]. Авторы предположили, что качество хлеба зависит от качества ингредиентов и воды. Согласно им, качество воды является ключевым элементом при выпечке хлеба. Существующие стандарты оценка качества воды несовершенны и не учитывают ряд некоторых параметров, которые влияют на биологические функции воды. Редокспотенциал является наиболее важным ее критерием и должен быть отрицательным для питьевой воды. Авторами рассмотрено влияние этого параметра на биологические процессы в живых клетках и их активацию или ингибирование при реактивации пекарских дрожжей и приготовления ферментированного теста.

Вода была активирована с помощью контактного и бесконтактного методов. Воду, активированную бесконтактным методом, получали на учебно-методическом стенде «Изумруд-СИ» (мод. 04u). При контактном методе электроактивация проводилась на учебно-методическом стенде «Изумруд-СИ» (мод. 03u) в проточной камере с керамической мембраной. В разных режимах работы проточной камеры получали анолит, католит, питьевой анолита и питьевой католит. Полученные растворы использовали для активации дрожжей и при замешивании пшеничного теста.

Для активации сухих дрожжей использовали теплые (30 °С) 5% растворы сахара, приготовленные на активированных водных растворах из расчета 30 мл раствора на три стограммовых булочки, активацию проводили в 200 мл стеклянных лабораторных стаканах. За 30 мин. до начала замеса 6 г сухих дрожжей высыпали в сахарные растворы при легком встряхивании сосудов. Интенсивность активации оценивали по уровню раствора в стаканах, который повышался пропорционально выделенному дрожжами углекислому газу. Процесс брожения теста проходил при 30 ± 2 °С и относительной влажности 75-80%. Тесто взвешивали, делили на три равных куска, формовали и отправляли на расстойку. Выпечку проводили при температуре 230 ± 5 °С в течение 20 минут. В тестозамешивании

использовали те же пять типов электроактивированной воды, четыре из которых получали контактным способом, и один бесконтактным. Все типы воды были оценены по минерализации, рН и редокс-потенциалу, их физико-химические характеристики представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики воды, использованной при активации дрожжей и при приготовлении теста

Тип воды	рН	ОВП, мВ	Минерализация, мг/л
Водопроводная (контроль)	7,94	220	470
Бесконтактно активированная	8,0	-110	460
Питьевая католит	8,1	4	483
Питьевая анолит	8,14	67	461
Католит	10,1	-767	8000
Анолит	6,15	905	7800

Водопроводная вода, выступавшая в качестве контроля, имела окислительно-восстановительный потенциал +220 мВ, минерализацию 470 мг/л, рН 7,94. После бесконтактной активации воды ОВП по сравнению контролем становился отрицательным (-110 мВ), рН и минерализация не изменялись. Питьевые католит и анолит имели значения ОВП +4 и +67 мВ, соответственно. Католит и анолит, полученные в проточном электроактиваторе, имели соответственно ОВП -767 и +905 мВ. Их минерализация также была высокой: 8000 и 7800 мг/л. Повышение минерализации произошло в результате добавления в электроактивируемую воду хлористого натрия.

Наибольшую активность показали дрожжи, активированные католиком. Вода, полученная бесконтактным способом, по своей активности немного уступала католиту. Третьим по активности был питьевой католит. Анолит, не смотря на высокий ОВП (+905 mV) и содержание в нем активного хлора, не смог полностью ингибировать процесс активации дрожжей.

Бесконтактно активированная вода и католит имели отрицательные значения ОВП. Однако католит при выпечке показал самый низкий ре-

зультат по качеству полученного хлеба. Авторы предполагают, что в катоде в процессе бурной активации дрожжей в условиях эксперимента они потеряли свою подъемную силу. Из шести полученных образцов хлеба наиболее качественным по большинству показателей был хлеб, выпеченный с использованием бесконтактно активированной воды.

Суммарное значение аминокислотного сора показало, что наибольшей биологической ценностью обладают белки хлеба, выпеченного с использованием электроактивированной воды, полученной бесконтактным методом [15].

Основываясь на полученных результатах, авторы приходят к заключению, что активация дрожжей проходила интенсивнее в электроактивированных растворах, имеющих отрицательный ОВП.

Инактивация дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. В последние десять лет отмечена тенденция к употреблению натуральных продуктов, имеющих короткие сроки хранения [88]. В связи с этим наблюдается заметный интерес к исследованиям по применению энергосберегающих технологий в переработке и хранении пищевых продуктов и по обеспечению их безопасности в процессе хранения и переработки.

Для подавления роста уксуснокислых бактерий, диких дрожжей и плесневых грибов в виноделии к свежесвыдавленному виноградному соку добавляют сернистый газ [64]. О стабилизации полусладкого белого вина инактивацией микроорганизмов электрическим полем низкой интенсивности было сообщено в ряде работ [64, 74, 88].

С этой же целью [88] изучали разрушение и восстановления клеток *Saccharomyces cerevisiae* после обработки их суспензии в электролитической камере. Электроактивацию микробных суспензий (2×10^6 КОЕ/мл) проводили в 0,1 моль/л фосфатном буфере рН 7,1 в постоянном электрическом поле при силе тока 0,5 А, температуре 4 и 20°C в течение 3 час [64]. Оценка жизнестойкости клеток флуоресцентным методом (FUN® 1), и

определением количества микроорганизмов чашечным методом (Heterotrophic Plate Counts) дали значения $4,2 \pm 0,60\%$ и $2,5 \pm 0,98\%$, соответственно. Авторы сообщили, что жизнестойкость клеток при потенциальных летальных повреждениях – явление редкое [63, 78, 88,]. Результаты показали, что метод подсчета колоний дает более низкий результат по сравнению с FUN® 1 и оценкой концентрации АТФ (таблица 2).

Было сделано заключение, что для понимания электроактивации как способа стерилизации необходимы дополнительные исследования. Основываясь уже на этом исследовании, авторы не исключают промышленное применение электроактивации или электролиза в целях обеспечения продовольственной безопасности [88].

Таблица 2 – Влияние инкубации *Saccharomyces cerevisiae* при 20 °С в течение 5 дней на их жизнеспособность до и после электроактивации (полученную флуоресцентным методом и подсчетом колоний на пластине [88]).

Суспензия дрожжей	После электроактивации		После хранения при 20 °С в течении	
	log10 АТФ (фг/м)	log10 N (КОЕ/мл)	log10 АТФ (фг/м ¹)	log10 N (КОЕ/мл)
Контроль	8,18	6,04	8,32	5,06
После электролиза ^a	6,98	4,61	8,69	5,18

^a Условия электролиза: 0,5 А (постоянный ток) 3 час. в 0,1 mol l⁻¹ фосфатном буфере, рН 7,1.

Электрохимическая инактивация бактерий, вирусов и бактериофагов. Об инактивации бактериальных и дрожжевых клеток путем электрохимической обработки в водных суспензиях сообщали ряд исследователей [54, 55, 86, 87, 62]. Как было показано, электрические поля, могут уменьшать количество микроорганизмов пищевых продуктов [81]. Поэтому с целью выявления потенциальных методов дезинфекции идут поиски способов обеззараживания питьевой воды без добавления в нее обычных хлорсодержащих средств [52, 75].

К настоящему времени проведено мало исследований, касающихся эффективности электроактивации в отношении вирусов. В работе [53] оценивали способность бактерий и бактериофагов выживать после воздействия постоянного электрического поля в электрохимической ячейке. Были использованы суспензии *Escherichia coli* и *Pseudomonas aeruginosa*, а также инфицирующие *E. coli* бактериофаги MS2 и PRD1 высокой ($1 \cdot 10^6$ КОЕ) и низкой ($1 \cdot 10^3$ КОЕ) концентраций, которые подвергали воздействию пятью электрическими импульсами с величиной электрического тока 25–350 мА. После экспозиции подсчет бактериофагов методом образования бляшек на газоне *E. coli* показал, что бактериофаги более устойчивы к воздействию поля, чем бактерии при равных условиях эксперимента, и скорость инактивации *E. coli* была 2,1–4,3 раза выше, чем бактериофага MS2.

Это явление полностью можно объяснить образованием пор в мембране бактерий под действием электрического поля (электропорация). В результате этого происходило окисление молекулярных составляющих клеток и вирусов, находящихся в цитоплазме электрохимически генерируемыми окислителями. Авторы также надеются, что полученные результаты позволят применить электроактивацию воды в пищевых технологиях для снижения числа микроорганизмов в воде.

Биопленки: предотвращение образования и инактивация. В природе повсеместно распространены биопленки. Их формируют большинство бактерий в природных, клинических и промышленных условиях, они образуются в условиях текучести на границе раздела двух фаз (жидкость – жидкость, жидкость – воздух и т.д.). Биопленки обнаруживают на твердых субстратах, погруженных в водный раствор, они могут создавать скопления, плавающие на жидких поверхностях. Биопленки представляют собой серьезную проблему для современной пищевой индустрии на перерабатывающих предприятиях как потенциальные источники загрязнения пищевой

продукции, обладая высоким уровнем толерантности к антителам, антибиотикам, антисептикам, дезинфектантам и фагоцитам.

На поверхности пластинок из нержавеющей стали был исследован совокупный инактивирующий эффект щелочных и кислотных электроактивированных водных растворов к биопленкам *Listeria monocytogenes* [42]. Биопленки выращивали в течение 48 час при температуре 25 °С в десятикратно разбавленном соевом бульоне, содержащем смесь пяти штаммов *L. monocytogenes*. Затем пластинки с выросшими на них биопленками обрабатывали кислой или щелочной электроактивированной водой, а также последовательно меняли катодит на анолит. Электроактивированные растворы получали при постоянном электрическом токе силой 14 и 20 А в течение 30, 60 и 120 с.

Обработка только щелочной электроактивированной водой не оказала по сравнению с контролем значительного влияния на рост биопленки *Listeria monocytogenes*. Авторами также было показано, что обработка пластин в течение 30–120 с кислой электроактивированной водой снижала количество жизнеспособных бактериальных популяций в биопленках до 4,3–5,2 log₁₀ КОЕ. Комбинированная обработка щелочной и кислой электроактивированными водами позволила снизить количество микроорганизмов до 0,3 – 1,2 log КОЕ.

При увеличении времени экспозиции в кислой электроактивированной воде популяция значительно снижалась. Существенной разницы между обработками электроактивированной водой, полученной при электрическом токе интенсивностями 14 и 20 А, не было. Авторы пришли к выводу, что совместное последовательное применение щелочной и кислой электроактивированных вод лучше инактивируют биопленки, чем раздельное [42, 57, 66].

Орошение тушек сельскохозяйственной птицы. В птицеводстве для обеспечения безопасности птицеводческой продукции путем умень-

шения микробного и перекрестного загрязнения куриных тушек используется хлорированная вода [77]. В ряде научных исследований было показано, что эффективность хлорирования зависела от концентрации активного хлора. Так, вода с концентрацией хлора от 5 до 200 мг/л оказывала слабое стерилизующее действие на сальмонеллу. Обсемененность куриных тушек снижалась не более чем на 1 log КОЕ на тушку [56].

Для разработки более эффективного метода обеспечения микробиологической безопасности в птицеводстве изучали антибактериальную эффективность электрохимически активированных водных растворов путем орошения ими тушек [90]. Авторы проверили антибактериальную эффективность электрохимически активированного раствора против *Salmonella typhimurium*, которым орошали куриные тушки при 20 °С. Электроактивированный раствор распыляли на куриные тушки под давлением 413 кПа в течение 17 с, затем продукт выдерживали при 48 °С в течение 45 мин.

Электроактивированные водные растворы были получены с помощью проточного электрохимического активатора, состоящего из 8 параллельных электрохимических элементов [44]. Водопроводная вода была минерализована посредством хлористого натрия с концентрацией 3 г/л. Активацию проводили постоянным электрическим током, при напряжении 30 В. Общая концентрация оксидантов в электроактивированном анолите составила 300 мг/л свободного хлора при рН 6,5.

Обработку проводили анолитом разной концентрации по традиционной технологии обработки тушек птицы хлорированной водой [85]. Орошение электроактивированным раствором с концентрацией свободного хлора 50 мг/л снижало концентрацию сальмонеллы до 1,39 log₁₀ КОЕ на тушку. Повторная обработка этим же раствором доводила концентрацию *Salmonella typhimurium* до 0,86 log₁₀ КОЕ на тушку. Авторы также показали, что дополнительное орошение тушек ледяным электроактивированным раствором с концентрацией хлора 50 мг/мл не снижало обсемененности

сальмонеллой. Авторы приходят к выводу, что необходимы еще и дополнительные исследования для оценки влияния орошения анолитом на органолептические и физико-химические свойства полученного куриного мяса [90].

Фабрицио с соавт. сообщили, что количество пищевых патогенов в клеточных суспензиях или на поверхности клеток может быть уменьшено путем их погружения в электроактивированную кислую фракцию воды [48]. Тушки цыплят-бройлеров, инокулированные *S. typhimurium*, окунали при 4 °С на 45 мин: а) в кислую электроактивированную воду с концентрацией активного хлора 20–50 мг/л и редокс-потенциалом 1150 мВ, рН 2,6; б) щелочную электроактивированную воду с редокс-потенциалом - 795 мВ; в) в раствор хлорной извести; д) в озонированную воду; е) в раствор уксусной кислоты и натрия фосфата, рН 11,6. Остаток популяции бактерий определяли в момент начала эксперимента и после 7-ми суточного хранения в холодильнике в аэробных условиях.

Сразу же после обработки натрийфосфатом и уксусной кислотой популяция *S. typhimurium* снижалась до 1,41 log₁₀, в то время как после кислой электроактивированной воды до 0,86 log₁₀. После 7-ми дней хранения кислая электроактивированная вода, озон и уксусная кислота снижали численность *S. typhimurium* до уровня, который можно было зарегистрировать только после селективного обогащения.

Авторы сообщили, что орошение тушек каждым из использованных растворов не снижало в первый момент численность клеток *S. typhimurium*. После 7-ми суточного хранения уксусная кислота и кислая электроактивированная вода снижали численность клеток *S. typhimurium* до 2,31 и 1,06 log₁₀, соответственно. Авторы пришли к заключению, что электроактивированная вода и последующее хранение тушек птицы в холодильнике уменьшает популяцию *S. typhimurium* на их поверхности.

Инактивация спорообразующих бактерий и токсинов. В пищевой промышленности, особенно в производстве консервов, инактивация бактериальных спор имеет определяющее значение для обеспечения безопасности продукции. Для этого продукты длительного срока хранения стерилизуют.

Грамположительные бактерии, принадлежащие к родам *Bacillus*, *Clostridium* и *Sporosarcina*, легко растут и делятся в богатых питательными веществами средах. Однако, в условиях, когда одно или несколько необходимых питательных веществ отсутствуют или их содержание ограничено, в микроорганизмах начинается процесс спорообразования, в результате чего образуются покоящиеся споры [45, 79, 81]. При благоприятных условиях эти споры прорастают, из них образовавшиеся микроорганизмы синтезируют токсины и изменяют пищевые продукты. Эта способность спящих спор прорасти наблюдается в отсутствие АТФ, НАДФ и запасов богатых энергией соединений, таких как 3-фосфоглицериновая кислота [45, 70].

Традиционно против спорообразующих микроорганизмов используют жидкие и газообразные консерванты, большинство которых дорогостоящи. Учитывая это, изучались альтернативные технологии инактивации спорообразующих микроорганизмов. В качестве возможной альтернативы была предложена инактивация спор *Bacillus anthracis* электрохимически активированным раствором [41]. Такой раствор, имеющий высокий окислительный потенциал, получается путем электролиза водного раствора хлорида натрия или любых других солей. Его окислительные свойства являются результатом электрохимических реакций на границе раздела анод/электролит. Электроактивация раствора осуществлялась путем электролиза раствора поваренной соли, в проточном электролизере, содержащим анод и катод, разделенные полупроницаемой мембраной. В анодной камере производился анолит с окислительными свойствами, в то время как в катодной получали щелочной католит.

Анолит имеет высокий ОВП в диапазоне от +400 до +1200 мВ и кислую реакцию в пределах рН 1,5-3. Обычно анолит с такими характеристиками применяют как противомикробное средство. Католит характеризуется восстановительным редокс-потенциалом от -80 до -900 мВ и рН 7-12 и может быть использован в качестве моющего средства [71, 72, 73, 80].

Авторы работы [80] исследовали пять электроактивированных водных растворов с разными концентрациями свободного хлора и значениями окислительно-восстановительными потенциалами. В этих электроактивированных солевых растворах суспендировали *Bacillus anthracis* и их споры, инкубировали в течение 30 мин. Электроактивированные растворы содержали активный хлор в концентрациях от 305 до 464 мг/л, ОВП анолита был в пределах от +826 до +1000 мВ. В качестве положительного контроля авторы использовали 5% раствор гипохлорита кальция. Обработка всеми использованными электроактивированными растворами и 5% гипохлоритом кальция привели к уменьшению количества как самих *B. anthracis*, так и их спор более чем на 7 log₁₀ КОЕ. На основании полученных результатов авторы пришли к выводу, что электроактивированный раствор, содержащий минимальное количество свободного хлора в концентрации 300 мг/л с ОВП +800 мВ, способен инактивировать спор *B. anthracis*, находящийся в виде суспензии. Аналогичное действие оказывал 5% раствор гипохлорита кальция. По результатам данного исследования делается вывод о том, что для обеспечения безопасности продукции пищевой промышленности вместо термической обработки можно использовать анолит [80].

Инактивация стафилококкового энтеротоксина. Продовольственная безопасность является одним из главных приоритетов развития пищевой промышленности и общественного питания. Пищевые отравления могут быть двух типов и вызываются потреблением продуктов, содержащих токсины, а также продуктов, содержащих инфекционные патогены.

В случае пищевого отравления токсины могут производиться бактериями или находиться в самих в пищевых продуктах, например, в некоторых грибах. Токсины также могут быть небиологического происхождения, но непосредственно влияющие на биологические реакции, протекающие в организме. Симптомы, связанные с пищевым отравлением, проявляются в виде тошноты и рвоты. В некоторых случаях последствия оказываются летальными.

Токсины бывают различного происхождения. Два самых известных бактериальных токсина в продуктах питания продуцируются *Staphylococcus aureus* и *Clostridium botulinum*. Некоторые токсины, такие как микотоксины, даже в небольших концентрациях действуют продолжительное время [9, 10, 39]. Другая проблема, связанная с токсинами, вызывающими пищевые отравления, – их устойчивость к высокой температуре, что не позволяет избавиться от них при термической обработке продуктов.

Стафилококковые энтеротоксины – это белки с молекулярной массой 27 – 30 кДа. На сегодняшний день обнаружены, по крайней мере, восемь стафилококковых энтеротоксинов, среди которых наиболее опасный и устойчивый стафилококковый энтеротоксин А, отличающийся высокой степенью термостабильности и устойчивостью к химическим воздействиям – к кислотам и щелочам [67, 83]. Чтобы вызвать у людей пищевые отравления достаточно 200 нг стафилококкового энтеротоксина. Токсин при концентрации 0,4 до 0,8 нг/мл может вызывать заболевание в течение 3-5 часов после потребления загрязненных продуктов питания. Таким образом, очень важно найти способ инактивации стафилококкового энтеротоксина [49, 67].

Для инактивации стафилококкового энтеротоксина использовали электроактивированные водные растворы, полученные в электроактиваторе с неселективной мембраной путем электролиза 0,1% раствора хлористого натрия [67]. Авторы использовали постоянный электрический ток

напряжения 9 и 11 В. После электролиза анолит имел рН 2,5-2,8, редокспотенциал +1180 мВ, минерализацию 36,3 мг/мл, концентрацию активного хлора по гипохлориту натрия эквивалентную 0,67 мМ. Сильно щелочной акатолит при рН 11,6-12,0 имел окислительно-восстановительный потенциал около -880 мВ.

Так как электроактивированные растворы обычно не очень стабильны, и их бактерицидный эффект наиболее высок в первые часы после электролиза, дезинфицирующие свойства анолита и католита были протестированы авторами сразу после электроактивации раствора хлористого натрия. Фиксированные количества стафилококкового энтеротоксина смешивали с анолитом в различных соотношениях [67]. Оценку эффективности инактивации при времени реакции 30 мин проводили несколькими методами: обращенно-фазовой латексной агглютинацией, иммуноанализом, электрофорезом в полиакриламидном геле и аминокислотным анализом. Экспозиция 70 нг (что соответствует 2,6 пМ) стафилококкового энтеротоксина в 25 мкл PBS, разбавленного 10-тикратно раствором анолита, привела к отсутствию иммунореакции между энтеротоксином и специфическими к нему антителами. Электрофоретический анализ показал, что раствор анолита вызывал фрагментирование стафилококкового энтеротоксина, а состав аминокислот изменился: полностью отсутствовали такие аминокислоты, как метионин, тирозин, изолейцин, аспарагиновая кислота. Было отмечено, что стафилококковый энтеротоксин, экскретируемый культурой в питательный бульон, также разрушался в электроактивированном водном растворе с высоким положительным окислительно-восстановительным потенциалом.

Таким образом, анолит может быть использован для обеспечения безопасности пищевых продуктов в пищевой промышленности [67].

Использование электроактивации в агропромышленном комплексе. Активированная вода находит широкое применение для создания

экологически чистых, высокоэффективных и безопасных технологий для различных отраслей производства [15, 17, 21, 22, 24, 25, 27]. При этом не требуется дефицитных материалов для приготовления воды [9,10, 23, 26].

Была изучена эффективность применения электроактивированных водных растворов в приготовлении силоса. Для этого в эксперименте силос обрабатывался анолитом [7]. Силос, полученный традиционным способом и силос, консервированный анолитом, скармливали бычкам.

После 10-ти дневной корректировки бычков контрольной групп кормили 147 суток тем же кормом, что и в предыдущий период. В кормовой рацион опытной группы входил силос, обработанный анолитом, полученным путем электроактивации раствора хлористого натрия. Среднесуточные приросты массы тела были 1040 и 1120 г у контрольной и опытной групп, соответственно.

Силос, консервированный электроактивированным раствором хлористого натрия, незначительно увеличил переваримость бычками сырой клетчатки и безазотистых веществ. Однако, уменьшилась переваримость общего сухого вещества, сырого протеина и жира. Биодоступность азота у бычков контрольной и опытной групп была 32,3 и 35,47%, соответственно. Авторы установили, что у контрольных и экспериментальных бычков метаболизируется 72,9-67,6 мДж энергии, и 712,0 и 783,2 г/кг сырого протеина, соответственно [17].

В консервированном силосе значительно возросли кормовые единицы, чему свидетельствует рост показателя с 0,22 до 0,29. Консервированный силос значительно отличался и по содержанию органических кислот. В нем отсутствовали масляная кислота, доля же молочной кислоты составляла 2,21% на 1 кг натурального вещества, а уксусной – 0,85%. В необработанном активированной водой силосе на долю молочной кислоты приходилось 1,6%, уксусной – 0,5% и масляной – 0,02% на 1 кг натурального вещества [17].

Был проведен в сочетании с другими условиями подбор электрических параметров при электроактивации икры рыбок *Danio rerio* (вид пресноводных рыб семейства карповых (*Cyprinidae*)) [50, 84]. Исследования были направлены на увеличение оплодотворимости икры в начальный момент овуляции и спустя 1 или 2 часа после нее. Теоретической основой исследования была гипотезе активации ооцитов млекопитающих последовательностью электрических импульсов. В результате этого облегчалась внутрицитоплазматическая инъекция сперматозоида [58, 59], или получение партеногенетических диплоидных клеток эмбрионов [61], подобное пересадке ядра соматической клетки в яйцеклетку [47, 76]. Для трансплантации ядер проводили электроактивацию икры японской рыбы *Oryzias latipes* [51, 89]. Было показано, что пересадка соматического ядра способна индуцировать развитие эмбриона при активации только водой [46, 50, 65, 84]. Авторы также обнаружили, что при трансплантации ядер в *Danio rerio* могут быть получены некоторые преимущества дополнительной активацией икры электрическими импульсами.

Электроактивацию проводили в электролизной ячейке, визуализацию формы электрических импульсов осуществляли осциллографом. Были выбраны 5-20 неактивированных икринок, культивируемых в растворе Хэнкса. Икринки переносили в импульсную ячейку, содержащую воду в качестве электроактивируемой среды. На электроды ячейки с икрой подавались прямоугольные электрические импульсы, затем икринки инкубировали в чашке Петри при температуре 28,5 °С в электролизном растворе. Контрольную группу помещали в обычную воду. После 1 часа инкубации определяли функциональную активность икринок. Эффективность электроактивации оценивали по количеству не начавшихся делиться хотя бы один раз икринок согласно [69].

Электроактивацию проводили в следующих режимах [напряжение электрического поля (V) × число импульсов]: 2,76×1, 2,76×2, 2,76×3,

5,40×1, 5,40×2, 5,40×3 [84]. Наилучшие результаты (32% активных икринок) были получены в режиме 5,40×3. В другом эксперименте время электрообработки составило 20 мин, при этом подавалась последовательность одного или трех одинаковых электрических импульсов в течение 10 мин. Были также использованы прямоугольные импульсы длительностью 20 мкс при напряжениях 2,7 и 5,4 В.

Авторы также сообщили, что количество импульсов, подаваемых на электроды электролизной ячейки, оказывало отрицательное действие на скорость повреждения и лизис икринок [84]. Только 20-ти минутная обработка тремя последовательными импульсами при напряжении 2,7 В показала существенную разницу между опытной и контрольной группами – 43% и 18% яиц были оплодотворены, соответственно. Из этого авторы пришли к выводу об эффективном стимулирующем действии электроактивации на икру рыбок *Danio rerio*.

Проточное электроактивирующее устройство было успешно использовано для экстракции и последующего осаждения белка из подсолнечного шрота [1, 6, 11, 12, 32, 35]. Электроактивация была применена в целях создания оптимальных условий для извлечения белка в катодном отсеке активатора, в котором вода защелачивалась до рН 11. После экстракции раствор белка пропускали через анодную камеру, в котором снижение рН приводило к осаждению белков при достижении ими изоэлектрической точки (\cong рН 4,5). В результате достигалась экстракция 34% белкового вещества от сухой массы шрота. В контрольном эксперименте, где для достижения необходимых значений рН для экстракции и осаждения использовали NaOH и HCl, масса белка была незначительно выше – 39%. По мнению авторов, технология электроактивация для извлечения белка из семян подсолнечника шрот может быть оптимизирована подбором параметров режима электроактивации. К ним относятся скорость потока рас-

твора через электроактиватор, площадь электродов и размер частиц подсолнечного шрота. Этими же авторами осуществлялись получение из сока люцерны путем его электроактивации витаминно-белкового концентрата, экстракция и осаждение белков гороха, казеина молока [19, 20, 29, 33].

Электроактивацию успешно применяли для экстракции кислым анолитом пектина из яблочных выжимок и свекловичного жома, электрокоагуляции свекловичного пектина. Это позволило избежать содержания кислотного хозяйства на предприятии и значительно уменьшить объем в технологическом процессе этилового спирта [40].

Заключение. Анализируя литературные данные, можно сделать вывод о широком использовании электроактивации воды и водных растворов в технологических процессах и медицине, в физико-химических и биологических реакциях. В практическом плане электроактивированная вода и водные растворы служат мощными инструментами, используемыми для обеспечения продовольственной безопасности, сокращение применения привычных и дорогих методов дезинфекции.

Список литературы

1. Безотходная переработка подсолнечного шрота / А. Г. Кощаев, Г. А. Плутахин, Г. В. Фисенко, А. И. Петренко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 3. – С. 66–68.
2. Влияние электроактивированных растворов на ферменты антиоксидантной системы / Подколзин А. А., Донцов В. И., Чернилевский В. Е., Мегреладзе А. Г., Мракаева О. Ш., Жукова Е. А. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2001. – Т. 131(1). – С. 66–68.
3. Жолобова И. С. Мясная продуктивность и качество мяса перепелов после применения натрия гипохлорита / И. С. Жолобова, А. В. Лунева, Ю. А. Лысенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 41 (1). – С. 146–150.
4. Жолобова И. С. Эффективность использования активированных растворов хлоридов при лечении собак с хирургическими заболеваниями / И. С. Жолобова, А. Г. Кощаев, А. В. Лунева // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 36 (1). – С. 270–272.
5. Жолобова И. С. Лечение актиномикоза крупного рогатого скота натрия гипохлоритом / И. С. Жолобова, А. Г. Кощаев, Н. В. Сазонова // Сборник научных трудов

World по материалам международной научно-практической конференции. – 2009. – Т. 17. – № 2. – С. 38-39.

6. Кощаев А. Г. Биотехнология получения и консервирования сока люцерны и испытания коагулята на птице / А. Г. Кощаев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2006. – № 3. – С. 222-234.

7. Консервирование силоса электроактивированным раствором хлористого натрия / Л. И. Зинченко, А. Д. Соловьев, А. С. Фролова, И. Н. Кусакин, А. Д. Соловьев, А. А. Драгунов // Зоотехния. – 1989. – № 8. – С. 36–38.

8. Коптев А. П. Системы водоподготовки промышленных предприятий. Способы активации водных растворов: учебное пособие / А.П. Коптев, А. П. Морозов, Е.Г. Семенец. – Магнитогорск: МГТУ, 2002. – 76 с.

9. Кощаев А. Г. Естественная контаминация зернофуража и комбикормов для птицеводства микотоксинами / А. Г. Кощаев, И. Н. Хмара, И. В. Хмара // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 3. – № 42. – С. 82–88.

10. Кощаев А. Г. Фармакологическое действие натрия гипохлорит на организм перепелов / А. Г. Кощаев, А. В. Лунева, Ю. А. Лысенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 06(090). – С. 166-180.

11. Кощаев А. Г. Биотехнологические и физиолого-биохимические аспекты получения, консервирования и использования коагулята из сока люцерны при выращивании цыплят-бройлеров: дис. ... канд биол. наук: 06.02.05 Краснодар, 2000.

12. Кощаев А. Г. Биотехнология производства и применение функциональных кормовых добавок для птицы: дис. ... доктора биол. наук: 16.00.04 Краснодар, 2008.

13. Кузьминова Е. В. Нормализация функции печени у крупного рогатого скота / Е. В. Кузьминова, И. С. Жолобова, А. Г. Зафириди // Ветеринарная патология. – 2006. – № 2. – С. 140–142.

14. Макац В. Г. Старения и долголетия: Теория и практика биоактивации / В. Г. Макац, А. А. Подколзин, В. И. Донцов. Винница, 1996. – 253 с.

15. Марков С. А. Применение электроактивированных растворов хлоридов для обеззараживания кормов / С. А. Марков, С. Б. Хусид, И. С. Жолобова // Сборник научных трудов World по материалам международной научно-практической конференции. – 2009. – Т. 2(17). – С. 40–41.

16. Набок М. Выпечка пшеничного хлеба с использованием в тестозамешивании электроактивированных водных растворов / М. Набок, Г. Плутахин // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2009. – №9. – С. 38–41.

17. Оськин С. В. Применение электроактивированных растворов в сельском хозяйстве / С. В. Оськин, Д. С. Гребцов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 8. – С. 26-26.

18. Пастухов В. И. Комбинационное рассеяние света электроактивированной водой / В. И. Пастухов, В. П. Морозов // Оптика и спектроскопия. – 2000. – Т. 88(1). – С. 41-44.

19. Пат. 2195836, Российская Федерация, МПК7 А 23 К 1/00, 1/12, А 23 J 1/14. Способ получения белкового концентрата / А. И. Петенко, О. П. Татарчук, А. Г. Кощаев. заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ». Опубл. 10.01.03.

20. Пат. 2201101, Российская Федерация, МПК7 А 23 К 1/14. Способ обработки грубых кормов / А. Г. Кощаев, А. И. Петенко, О. П. Татарчук. заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ». Опубл. 30.05.2001.

21. Пат. 2218811, Российская Федерация, МПК7 А 23 К 1/14. Способ изготовления белкового концентрата из подсолнечного шрота / А. И. Петенко, О. П. Татарчук,

А. Г. Кощаев, Г. А. Плутахин. заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ». Оpubл. 20.12.03.

22. Пат. 2233597, Российская Федерация, МПК7 А 23 К 1/14. Способ получения кормовой добавки из сока растений / А. Г. Кощаев, А. И. Петенко, Г. А. Плутахин. Оpubл. 10.08.04, бюл. № 22.

23. Пат. 2266682, Российская Федерация, МПК А 23 К 1/16. Способ получения кормовой добавки из отрубей / А. Г. Кощаев, А. И. Петенко, О. В. Кощаева. заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ». Оpubл. 27.12.05.

24. Пат. 2268612, Российская Федерация, МПК А 23 К 1/14. Способ получения белковой добавки из гороха / А. Г. Кощаев, Г. А. Плутахин, А. И. Петенко, О. В. Кощаева, В. В. Ткачев. заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ». Оpubл. 27.01.06.

25. Пат. 2268613, Российская Федерация, МПК А 23 К 1/14. Способ получения белковой добавки из шрота / А. Г. Кощаев, Г. А. Плутахин, А. И. Петенко, О. В. Кощаева, В. В. Ткачев. заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ». Оpubл. 27.01.06.

26. Пат. 2276941, Российская Федерация, МПК А 23 L 1/20. Способ обработки семян сои / А. Г. Кощаев. заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ». Оpubл. 27.05.06.

27. Патент 2171035, Российская Федерация, МПК7 А 23 К 1/14. Способ получения кормовой добавки из сока растений / А. Г. Кощаев, А. И. Петенко, Г. А. Плутахин. Оpubл. 20.02.01, бюл. № 21.

28. Петрушанко И. Ю. Неравновесные состояния электрохимически активированной воды и ее биологической активности / И. Ю. Петрушанко, В. И. Лобышев // Биофизика. – 2001. – Т. 46(3). – С. 389–401.

29. Петрушанко И. Ю. Физико-химические свойства водных растворов, полученных в мембранном электролизере / И. Ю. Петрушанко, В. И. Лобышев// Биофизика, 2004. – Т. 49(1). – С. 22–31.

30. Плутахин Г. А. Биофизика, 2-е изд., перераб. и доп.: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев. – СПб: Издательство «Лань», 2012. – 240 с.

31. Плутахин Г. А. Биофизика: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев. – Краснодар: ФГОУ ВПО «Кубанский гос. аграрный ун-т», 2010. – 264 с.

32. Плутахин Г. А. Получение белкового изолята из подсолнечного шрота с помощью электроактиватора / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев, А. И. Петенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 6. – С. 38–39.

33. Плутахин Г. А. Электротермическое осаждение белков растительного сока / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев, А. И. Петенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – № 8. – С. 20.

34. Подколзин А. А. Синдром хронической усталости: новых диагностических и терапевтических подходов // А. А. Подколзин, В. И. Донцов, И. Н. Мороз, 1997.

35. Получение кормового белкового изолята из подсолнечного шрота / А. Г. Кощаев, Г. А. Плутахин, Г. В. Фисенко, А. И. Петенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – Т. 1. – № 18. – С. 141-145.

36. Сергунина Л. А. Эффективный метод электролиза для обеззараживания питьевой воде / Л. А. Сергунина // Гигиена и санитария. – 1968. – Т. 33(4). – С. 16–21.

37. Плутахин Г.А. Теоретические основы электрохимической обработки водных растворов / Г.А. Плутахин, М. Аидер, А.Г. Кощаев, Е.Н. Гнатко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного универ-

ситета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №08(092). – IDA [article ID]: 0921308035. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/35.pdf>, 1,438 у.п.л.

38. Хасанов Р. С. Использование электрохимически активированных систем (ЭХАС) в составе комплексной терапии гнойных ран и ожогов: автореф. дис. ... канд мед. наук. Москва, 1986.

39. Хмара И. В. Особенности сезонной контаминации микотоксинами зернового сырья и комбикормов в Краснодарском крае / И. В. Хмара, А. Г. Кощяев // Ветеринария Кубани. – 2013. – № 2. – С. 20–22.

40. Электрокоагуляция свекловичного пектина и его свойства / Р. И. Шаззо, А. М. Богус, А. Д. Ачмиз, Г. А. Купин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – №12 – С. 50–52.

41. A preliminary assessment of *Bacillus anthracis* spore inactivation using an electrochemically activated solution (ECASOLTM) / J. V. Rogers, G. R. Ducatte, Y. W. Choi, P. C. Early // Letters in Applied Microbiology. – 2006. – V. 43. – P. 482–488.

42. Ayebah B. Enhancing the bactericidal effect of electrolyzed water on *Listeria monocytogenes* biofilms formed on stainless steel / B. Ayebah, Y. C. Hung, J. F. Frank. // Journal of Food Protection. – 2005. – V. 68. – P. 1375–1380.

43. Bahir V. Electrochemical activation: A strategy for creation of environmentally benign technologies / V. Bahir // Activated Water Moscow. – 1996. – V 1. – P. 1–7.

44. Bakhir V. M. Apparatus for electrochemical treatment of water and/or water solutions / V. M. Bakhir, J. G. Zadorozhny, T. Barabush // US Patent 5628888. – 1997.

45. Chander M. Electroactivation of zebrafish (*Danio rerio*) eggs / M. Chander, B. Setlow, P. Setlow // Canadian Journal of Microbiology. – 1998. – V. 44. – P. 759–767.

46. Characterization and in vitro control of MPF activity in zebrafish eggs / K Siripattarapavat, A. Busta, J. P. Steibel, J. Cibelli // Zebrafish. – 2009. – V. 6(1). – P. 97–105.

47. Cloned blastocysts produced by nuclear transfer from somatic cells in cynomolus monkeys (*Macaca fascicularis*) / J. Okahara-Narita, H. Tsuchiya, T. Takada, R. Torii // Primates. – 2007. – V. 48(3). – P. 232–240.

48. Comparison of electrolyzed oxidizing water with various antimicrobial interventions to reduce *Salmonella* species on poultry / K. A. Fabrizio, R. R. Sharma, A. Demirci, C. N. Cutter // Poultry Science. – 2002. – V. 81. – P. 1598–1605.

49. Complete amino acid sequence of staphylococcal enterotoxin A / I. Y. Huang, J. L. Hughes, M. S. Bergdoll, E. J. Schantz // Journal of Biological Chemistry. – 1987. – V. 262. – P. 7006–7013.

50. Definition of three somatic adult cell nuclear transplant methods in zebrafish (*Danio rerio*): before, during and after egg activation by sperm fertilization / M. Perez-Camps, J. Cardona-Costa, M. Francisco-Simao, F. Garcia-Ximenez // Zygote. – 2010. – V. 18. – P. 33–39.

51. Diploidized eggs reprogram adult somatic cell nuclei to pluripotency in nuclear transfer in Medaka fish (*Oryzias latipes*) / E. Bubenshchikova, E. Kaftanovskaya, N. Moto-sugi, T. Fujimoto, K. Arai, M. Kinoshita // Development, Growth and Differentiation. – 2007. – V. 49. – P. 699–709.

52. Disinfection of drinking water by using a novel electrochemical reactor employing carbon-cloth electrodes / T. Matsunaga, S. Naksono, T. Takamuku, J. G. Burgess, N. Nakamura, K. Sode // Applied Environmental Microbiology. – 1992. – V. 58. – P. 686–689.

53. Drees K. P. Comparative electrochemical inactivation of bacteria and bacteriophage / K. P. Drees, M. Abbaszadegan, R. M. Maier // Water Research. – 2003. – V. 37. – P. 2291–2300.

54. Effect of high-voltage electric pulses on yeast cells: factors influencing the killing efficiency / D. Gaskova, K. Sigler, B. Janderova, J. Plasek // *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*. – 1996. – V. 39. – P. 195–202.

55. Effectiveness of electrolyzed acidic water in killing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* on the surfaces of tomatoes / M. L. Bari, Y. Sabina, S. Isobe, T. Uemura, K. Isshiki // *Journal of Food Protection*. – 2003. – V. 66. – P. 542–548.

56. Effects of chlorination of chill water on bacteriologic profile of raw chicken carcasses and giblets / W. O. James, R. L. Brewer, J. C. Prucha, W. O Williams. D. R. Parham // *Journal of the American Veterinary Medical Association*. – 1992. – V. 200. – P. 60–63.

57. Efficacy of electrolyzed water in the inactivation of planktonic and biofilm *Listeria monocytogenes* in the presence of organic matter / B. Ayebah, Y. C. Hung, C. Kim, J. F. Frank // *Journal of Food Protection*. – 2006. – V. 69. – P. 2143–2150.

58. Electrical activation and in vitro development of human oocytes which failed fertilization following intracytoplasmic sperm injection / J. Zhang, A. Blaszczyk, J. Grifo, J. P. Ozil, A. Adler, A. Berkeley // *Fertility and Sterility*. – 1999. – V. 7. – P. 509–512.

59. Electrical activation of oocytes after intracytoplasmic sperm injection: a controlled randomized study / R. Mansour, I. Fahmy, N. A. Tawab, A. Kamal, Y. Eldemery, M. Aboulgar // *Fertility and Sterility*. – 2009. – V. 91(1). – P. 133–139.

60. Electro-activated aqueous solutions: theory and application in the food industry and biotechnology / M. Aider, A. Kastyuchik, E. Gnatko, M. Benali, G. Plutakhin // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. – 2012. – V. 15. – P. 38–49.

61. Escriba M. J. Electroactivation of rabbit oocytes in an hypotonic pulsing medium and parthenogenetic in vitro development without cytochalasin B diploidizing pretreatment/ M. J. Escriba, F. Garcia-Ximenez // *Theriogenology*. – 1999. – V. 51. – P. 963–973.

62. Grahl T. Killing of microorganisms by pulsed electric fields / T. Grahl, H. Markl // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 1996. – V. 45. – P. 148–157.

63. Graumlich T. R. Recovery of thermally injured *Saccharomyces cerevisiae*: Effects of media and storage conditions / T R. Graumlich, K. E. Stevenson // *Journal of Food Science*. – 1978. – V. 43. – P. 1865–1870.

64. Guillou S. Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* in solution by lowamperage electric treatment/ S. Guillou, El. N. Murr // *Journal of Applied Microbiology*. – 2002. – V. 92. – P. 1–6.

65. Huang, H. Protocol for nuclear transplant in zebrafish / H. Huang, B. Ju., K. Lee, S. Lin // *Cloning Stem Cells*. – 2003. – V. 5. – P. 333–337.

66. Inactivation of *Listeria monocytogenes* biofilms by electrolyzed oxidizing water / C. Kim, Y. C. Hung, R. E. Brackett, J. F. Frank // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2001. – V. 25. – P. 91–100.

67. Inactivation of staphylococcal Enterotoxin-A with an electrolyzed anodic solution / T. Suzuki, J. Itakura, M. Watanabe, M. Ohta, Y. Sato, Y. Yamata // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2002. – V. 50. – P. 230–234.

68. Kim C. Roles of oxidation-reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food-related pathogens / C. Kim, Y. C. Hung, R. E. Brackett // *Journal of Food Protection*. – 2000. – V. 63. – P. 19–24.

69. Lee K. W. A wave of free cytosolic calcium traverses zebrafish eggs on activation / K. W. Lee, S. E. Webb, A. L. Miller // *Developmental Biology*. – 1999. – V. 214. – P. 168–180.

70. Loshon C. A. Levels of small molecules in dormant spores of *Sporosarcina* species and comparison with levels in spores of *Bacillus* and *Clostridium* species / C. A. Loshon, P. Setlow // *Canadian Journal of Microbiology*. – 1993. – V. 39. – P. 259–262.

71. Marais J. T. Antimicrobial effectiveness of electro-chemically activated water as an endodontic irrigation solution / J. T. Marais, W. P. Williams // *International Endodontic Journal*. – 2001. – V. 34. – P. 237–243.
72. Marais J. T. Cleaning efficacy of a new root canal irrigation solution: a preliminary evaluation / J. T. Marais // *International Endodontic Journal*. – 2000. – V. 33. – P. 320–325.
73. Marais J. T. Electro-chemically activated water in dental unit water lines / J. T. Marais, V. S. Brozel // *British Dental Journal*. – 1999. – V. 187. – P. 154–158.
74. Mutage des vins blancs moelleux par application dun courant délectrolyse / C. Godet, A. Poulard, S. Guillou, N. Murr // *Revue des Enologues*. – 1999. – V. 93. – P. 33–36.
75. Patermarakis G. Disinfection of water by electrochemical treatment / G. Patermarakis, E. Fountoukidis // *Water Research*. – 1990. – V. 24. – P. 1491–1496.
76. Pig cloning by microinjection of fetal fibroblast nuclei / A. Onishi, M. Iwamoto, T. Akita, S. Mikawa, K. Takeda, T. Awata // *Science*. – 2000. – V. 289. – P. 1188–1890.
77. Sanders D. H. Effect of chlorination in the final washer on bacterial counts of broiler chicken carcasses / D. H. Sanders, C. D. Blackshear // *Poultry Science*. – 1971. – V. 50. – P. 215–219.
78. Schenberg-Frascino A. Lethal and mutagenic effects of elevated temperature on haploid yeast: II. Recovery from thermolesions / A. Schenberg-Frascino // *Molecular and General Genetics*. – 1972. – V. 117. – P. 239–253.
79. Setlow P. Mechanisms which contribute to the long-term survival of spores of *Bacillus* species / P. Setlow // *Journal of Applied Bacteriology*. – 1994. – V. 76. – P. 49–60.
80. Solovyeva A. M. Cleaning effectiveness of root canal irrigation with electrochemically activated anolyte and catholyte solutions: a pilot study / A. M. Solovyeva, P. M. H. Dummer // *International Endodontic Journal*. – 2000. – V. 33. – P. 494–504.
81. Standardization of a method to determine the efficacy of sanitizers in inactivating human pathogenic microorganisms on raw fruits and vegetables / L. R. Beuchat, J. M. Farber, E. H. Garrett, L. J. Harris, M. E. Parish, T. V. Suslow // *Journal of Food Protection*. – 2001. – V. 64(7). – P. 1079–1084.
82. Stewart K. M. Physical Properties of Water / K. M. Stewart // *Encyclopedia of Inland Waters*. – 2009. – P. 148–154.
83. Su Y. C. Identification and purification of a new staphylococcal enterotoxin / Y. C. Su, A. C. L. Wong // *H. Applied Environmental Microbiology*. – 1995. – V. 61. – P. 1438–1443.
84. The enzymatic activity of phosphoglycerate mutase from gram-positive endospore-forming bacteria requires Mn^{2+} and is pH sensitive / J. Cardona-Costa, M. Perez-Camps, F. Garcia-Ximenez // *Spanish Journal of Agricultural Research*. – 2011. – V. 9(1). – P. 59–65.
85. Thomson J. E. Chlorine acid, and heat treatment to eliminate *Salmonella* on broiler carcasses / J. E. Thomson, N. A. Cox, J. S. Bailey Poultry // *Science*. – 1976. – V. 55. – P. 1513–1517.
86. Tokuda H. Application of direct current to protect bioreactor against contamination / H. Tokuda, K. Nakanishi // *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. – 1995. – V. 59(4). – P. 753–755.
87. Velizarov S. Electric and magnetic fields in microbial biotechnology: possibilities, limitations, and perspectives / S. Velizarov // *Electro and Magnetobiology*. – 1999. – V. 18(2). – P. 185–212.
88. Viability of *Saccharomyces cerevisiae* cells exposed to low-amperage electrolysis as assessed by staining procedure and ATP content / S. Guillou, V. Besnard, El. N. Murr, M. Federighi // *International Journal of Food Microbiology*. – 2003. – V. 88. – P. 85–89.

89. Wakamatsu Y. Novel method for the nuclear transfer of adult somatic cells in medaka fish (*Oryzias latipes*): use of diploidized eggs as recipients / Y. Wakamatsu // Development, Growth & Differentiation. – 2008. – V. 50. – P. 427–436.

90. Yang Z. Antibacterial efficacy of electrochemically activated solution for poultry spraying and chilling / Z. Yang, Y. Li, M. F. Slavik // Journal of Food Science. – 1999. – V. 64(3). – P. 469–472.

References

1. Bezothodnaja pererabotka podsolnechnogo shrota / A. G. Koshhaev, G. A. Plutahin, G. V. Fisenko, A. I. Petrenko // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ja. – 2008. – № 3. – S. 66–68.
2. Vlijanie jelektroaktivirovannyh rastvorov na fermenty antioksidantnoj sistemy / Podkolzin A. A., Doncov V. I., Chernilevskij V. E., Megreladze A. G., Mra-kaeva O. Sh., Zhukova E. A. // Bjulleten' jeksperimental'noj biologii i mediciny. – 2001. – T. 131(1). – S. 66–68.
3. Zholobova I. S. Mjasnaja produktivnost' i kachestvo mjasa perepelov posle primenija natrija gipohlorita / I. S. Zholobova, A. V. Luneva, Ju. A. Lysenko // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – T. 41 (1). – S. 146–150.
4. Zholobova I. S. Jeffektivnost' ispol'zovanija aktivirovannyh rastvorov hloridov pri lechenii sobak s hirurgicheskimi zabolevanijami / I. S. Zholobova, A. G. Koshhaev, A. V. Luneva // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – T. 36 (1). – S. 270–272.
5. Zholobova I. S. Lechenie aktinomikoza krupnogo rogatogo skota natrija gipohloritom / I. S. Zholobova, A. G. Koshhaev, N. V. Sazonova // Sbornik nauchnyh trudov Sworld po materialam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – 2009. – T. 17. – № 2. – S. 38–39.
6. Koshhaev A. G. Biotehnologija poluchenija i konservirovanija soka ljucerny i ispytaniya koaguljata na ptice / A. G. Koshhaev // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2006. – № 3. – S. 222–234.
7. Konservirovanie silosa jelektroaktivirovannym rastvorom hloristogo na-trija / L. I. Zinchenko, A. D. Solov'ev, A. S. Frolova, I. N. Kusakin, A. D. Solov'ev, A. A. Dragunov // Zootehnija. – 1989. – № 8. – S. 36–38.
8. Koptev A. P. Sistemy vodopodgotovki promyshlennyh predpriyatij. Sposoby aktivacii vodnyh rastvorov: uchebnoe posobie / A.P. Koptev, A. P. Morozov, E.G. Semenc. – Magnitogorsk: MGTU, 2002. – 76 s.
9. Koshhaev A. G. Estestvennaja kontaminacija zernofurazha i kombikormov dlja pticevodstva miktoksinami / A. G. Koshhaev, I. N. Hmara, I. V. Hmara // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – T. 3. – № 42. – S. 82–88.
10. Koshhaev A. G. Farmakologicheskoe dejstvie natrija gipohlorit na organizm perepelov / A. G. Koshhaev, A. V. Luneva, Ju. A. Lysenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 06(090). – S. 166–180.
11. Koshhaev A. G. Biotehnologicheskie i fiziologo-biohimicheskie aspekty poluchenija, konservirovanija i ispol'zovanija koaguljata iz soka ljucerny pri vyrashhivanii cypjat-brojlerov: dis. ... kand biol. nauk: 06.02.05 Krasnodar, 2000.
12. Koshhaev A. G. Biotehnologija proizvodstva i primenenie funkcional'nyh kormovyh dobavok dlja pticy: dis. ... doktora biol. nauk: 16.00.04 Krasnodar, 2008.
13. Kuz'minova E. V. Normalizacija funkcii pecheni u krupnogo rogatogo skota / E. V. Kuz'minova, I. S. Zholobova, A. G. Zafiridi // Veterinarnaja patologija. – 2006. – № 2. – S. 140–142.

14. Makac V. G. Starenija i dolgoletija: Teorija i praktika bioaktivacii / V. G. Makac, A. A. Podkolzin, V. I. Doncov. Vinnica, 1996. – 253 s.
15. Markov S. A. Primenenie jelektrivirovannyh rastvorov hloridov dlja obezrazhivaniya kormov / S. A. Markov, S. B. Husid, I. S. Zholobova // Sbornik nauchnyh trudov Sworld po materialam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – 2009. – T. 2(17). – S. 40–41.
16. Nabok M. Vypechka pshenichnogo hleba s ispol'zovaniem v testozameshivanii jelektrivirovannyh vodnyh rastvorov / M. Nabok, G. Plutahin // Hlibopekars'ka i konditers'ka promislovist' Ukraïni. – 2009. – №9. – S. 38–41.
17. Os'kin S. V. Primenenie jelektrivirovannyh rastvorov v sel'skom ho-zhajstve / S. V. Os'kin, D. S. Grebcov // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo ho-zhajstva. – 2007. – № 8. – S. 26-26.
18. Pastuhov V. I. Kombinacionnoe rassejanie sveta jelektrivirovannoj vo-doj / V. I. Pastuhov, V. P. Morozov // Optika i spektroskopija. – 2000. – T. 88(1). – S. 41-44.
19. Pat. 2195836, Rossijskaja Federacija, MPK7 A 23 K 1/00, 1/12, A 23 J 1/14. Sposob poluchenija belkovogo koncentrata / A. I. Petenko, O. P. Tatarhuk, A. G. Koshhaev. zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO «Kubanskij GAU». Opubl. 10.01.03.
20. Pat. 2201101, Rossijskaja Federacija, MPK7 A 23 K 1/14. Sposob obrabotki grubnyh kormov / A. G. Koshhaev, A. I. Petenko, O. P. Tatarhuk. zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO «Kubanskij GAU». Opubl. 30.05.2001.
21. Pat. 2218811, Rossijskaja Federacija, MPK7 A 23 K 1/14. Sposob izgotovlenija belkovogo koncentrata iz podsolnechnogo shrota / A. I. Petenko, O. P. Tatarhuk, A. G. Koshhaev, G. A. Plutahin. zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO «Kubanskij GAU». Opubl. 20.12.03.
22. Pat. 2233597, Rossijskaja Federacija, MPK7 A 23 K 1/14. Sposob poluchenija kormovoj dobavki iz soka rastenij / A. G. Koshhaev, A. I. Petenko, G. A. Plutahin. Opubl. 10.08.04, bjul. № 22.
23. Pat. 2266682, Rossijskaja Federacija, MPK A 23 K 1/16. Sposob poluchenija kormovoj dobavki iz otrubej / A. G. Koshhaev, A. I. Petenko, O. V. Koshhaeva. zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO «Kubanskij GAU». Opubl. 27.12.05.
24. Pat. 2268612, Rossijskaja Federacija, MPK A 23 K 1/14. Sposob poluchenija belkovoj dobavki iz goroha / A. G. Koshhaev, G. A. Plutahin, A. I. Petenko, O. V. Koshhaeva, V. V. Tkachev. zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO «Kubanskij GAU». Opubl. 27.01.06.
25. Pat. 2268613, Rossijskaja Federacija, MPK A 23 K 1/14. Sposob poluchenija belkovoj dobavki iz shrota / A. G. Koshhaev, G. A. Plutahin, A. I. Petenko, O. V. Koshhaeva, V. V. Tkachev. zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO «Kubanskij GAU». Opubl. 27.01.06.
26. Pat. 2276941, Rossijskaja Federacija, MPK A 23 L 1/20. Sposob obrabotki semjan soi / A. G. Koshhaev. zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO «Kubanskij GAU». Opubl. 27.05.06.
27. Patent 2171035, Rossijskaja Federacija, MPK7 A 23 K 1/14. Sposob poluchenija kormovoj dobavki iz soka rastenij / A. G. Koshhaev, A. I. Petenko, G. A. Plutahin. Opubl. 20.02.01, bjul. № 21.
28. Petrushanko I. Ju. Neravnovesnye sostojanija jelektrivirovannoj vody i ee biologicheskoj aktivnosti / I. Ju. Petrushanko, V. I. Lobyshev // Biofizika. – 2001. – T. 46(3). – S. 389–401.
29. Petrushanko I. Ju. Fiziko-himicheskie svojstva vodnyh rastvorov, poluchennyh v membrannom jelektrivirovanii / I. Ju. Petrushanko, V. I. Lobyshev // Biofizika, 2004. – T. 49(1). – S. 22–31.

30. Plutahin G. A. Biofizika, 2-e izd., pererab. i dop.: uchebnoe posobie dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij / G. A. Plutahin, A. G. Koshhaev. – SPb: Izdatel'-stvo «Lan'», 2012. – 240 s.
31. Plutahin G. A. Biofizika: uchebnoe posobie dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij / G. A. Plutahin, A. G. Koshhaev. – Krasnodar: FGOU VPO «Kubanskij gos. agrarnyj un-t», 2010. – 264 s.
32. Plutahin G. A. Poluchenie belkovogo izoljata iz podsolnechnogo shrota s pomoshh'ju jelektroaktivatora / G. A. Plutahin, A. G. Koshhaev, A. I. Petenko // Hranenie i pererabotka sel'hozsy'r'ja. – 2005. – № 6. – S. 38–39.
33. Plutahin G. A. Jelektrotermicheskoe osazhdenie belkov rastitel'nogo soka / G. A. Plutahin, A. G. Koshhaev, A. I. Petenko // Hranenie i pererabotka sel'hozsy'r'ja. – 2004. – № 8. – S. 20.
34. Podkolzin A. A. Sindrom hronicheskoy ustalosti: novyh diagnosticheskikh i terapevticheskikh podhodov // A. A. Podkolzin, V. I. Doncov, I. N. Moroz, 1997.
35. Poluchenie kormovogo belkovogo izoljata iz podsolnechnogo shrota / A. G. Koshhaev, G. A. Plutahin, G. V. Fisenko, A. I. Petenko // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – T. 1. – № 18. – S. 141-145.
36. Sergunina L. A. Jelektivnyj metod jelektroliza dlja obezzarazhivanija pit'evoj vode / L. A. Sergunina // Gigiena i sanitarija. – 1968. – T. 33(4). – S. 16–21.
37. Plutahin G.A. Teoreticheskie osnovy jelektrohimičeskoy obrabotki vodnyh rastvorov / G.A. Plutahin, M. Aider, A.G. Koshhaev, E.N. Gnatko // Politematičeskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo univer-siteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №08(092). – IDA [article ID]: 0921308035. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/35.pdf>, 1,438 u.p.l.
38. Hasanov R. S. Ispol'zovanie jelektrohimičeski aktivirovannyh sistem (JeHAS) v sostave kompleksnoj terapii gnojnyh ran i ozhogov: avtoref. dis. ... kand med. nauk. Moskva, 1986.
39. Hmara I. V. Osobennosti sezonnoj kontaminacii mikotoksinami zernovogo sy'r'ja i kombikormov v Krasnodarskom krae / I. V. Hmara, A. G. Koshhaev // Veterinarija Kubani. – 2013. – № 2. – S. 20–22.
40. Jelektrokoaguljacija sveklovichnogo pektina i ego svojstva / R. I. Shazzo, A. M. Bogus, A. D. Achmiz, G. A. Kupin // Hranenie i pererabotka sel'hozsy'r'ja. – 2005. – №12 – S. 50–52.
41. A preliminary assessment of Bacillus anthracis spore inactivation using an electrochemically activated solution (ECASOLTM) / J. V. Rogers, G. R. Ducatte, Y. W. Choi, P. C. Early // Letters in Applied Microbiology. – 2006. – V. 43. – P. 482–488.
42. Ayebah B. Enhancing the bactericidal effect of electrolyzed water on Listeria monocytogenes biofilms formed on stainless steel / B. Ayebah, Y. C. Hung, J. F. Frank. // Journal of Food Protection. – 2005. – V. 68. – P. 1375–1380.
43. Bahir V. Electrochemical activation: A strategy for creation of environmentally benign technologies / V. Bahir // Activated Water Moscow. – 1996. – V 1. – P. 1–7.
44. Bakhir V. M. Apparatus for electrochemical treatment of water and/or water solutions / V. M. Bakhir, J. G. Zadorozhny, T. Barabush // US Patent 5628888. – 1997.
45. Chander M. Electroactivation of zebrafish (Danio rerio) eggs / M. Chander, B. Setlow, P. Setlow // Canadian Journal of Microbiology. – 1998. – V. 44. – P. 759–767.
46. Characterization and in vitro control of MPF activity in zebrafish eggs / K Siripattarapavat, A. Busta, J. P. Steibel, J. Cibelli // Zebrafish. – 2009. – V. 6(1). – P. 97–105.

47. Cloned blastocysts produced by nuclear transfer from somatic cells in cynomolus monkeys (*Macaca fascicularis*) / J. Okahara-Narita, H. Tsuchiya, T. Takada, R. Torii // *Primates*. – 2007. – V. 48(3). – P. 232–240.
48. Comparison of electrolyzed oxidizing water with various antimicrobial interventions to reduce *Salmonella* species on poultry / K. A. Fabrizio, R. R. Sharma, A. Demirci, C. N. Cutter // *Poultry Science*. – 2002. – V. 81. – P. 1598–1605.
49. Complete amino acid sequence of staphylococcal enterotoxin A / I. Y. Huang, J. L. Hughes, M. S. Bergdoll, E. J. Schantz // *Journal of Biological Chemistry*. – 1987. – V. 262. – P. 7006–7013.
50. Definition of three somatic adult cell nuclear transplant methods in zebrafish (*Danio rerio*): before, during and after egg activation by sperm fertilization / M. Perez-Camps, J. Cardona-Costa, M. Francisco-Simao, F. Garcia-Ximenez // *Zygote*. – 2010. – V. 18. – P. 33–39.
51. Diploidized eggs reprogram adult somatic cell nuclei to pluripotency in nuclear transfer in Medaka fish (*Oryzias latipes*) / E. Bubenshchikova, E. Kaftanovskaya, N. Moto-sugi, T. Fujimoto, K. Arai, M. Kinoshita // *Development, Growth and Differentiation*. – 2007. – V. 49. – P. 699–709.
52. Disinfection of drinking water by using a novel electrochemical reactor employing carbon-cloth electrodes / T. Matsunaga, S. Naksono, T. Takamuku, J. G. Burgess, N. Nakamura, K. Sode // *Applied Environmental Microbiology*. – 1992. – V. 58. – P. 686–689.
53. Drees K. P. Comparative electrochemical inactivation of bacteria and bacteriophage / K. P. Drees, M. Abbaszadegan, R. M. Maier // *Water Research*. – 2003. – V. 37. – P. 2291–2300.
54. Effect of high-voltage electric pulses on yeast cells: factors influencing the killing efficiency / D. Gaskova, K. Sigler, B. Janderova, J. Plasek // *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*. – 1996. – V. 39. – P. 195–202.
55. Effectiveness of electrolyzed acidic water in killing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* on the surfaces of tomatoes / M. L. Bari, Y. Sabina, S. Isobe, T. Uemura, K. Isshiki // *Journal of Food Protection*. – 2003. – V. 66. – P. 542–548.
56. Effects of chlorination of chill water on bacteriologic profile of raw chicken carcasses and giblets / W. O. James, R. L. Brewer, J. C. Prucha, W. O. Williams, D. R. Parham // *Journal of the American Veterinary Medical Association*. – 1992. – V. 200. – P. 60–63.
57. Efficacy of electrolyzed water in the inactivation of planktonic and biofilm *Listeria monocytogenes* in the presence of organic matter / B. Ayebah, Y. C. Hung, C. Kim, J. F. Frank // *Journal of Food Protection*. – 2006. – V. 69. – P. 2143–2150.
58. Electrical activation and in vitro development of human oocytes which failed fertilization following intracytoplasmic sperm injection / J. Zhang, A. Blaszczyk, J. Grifo, J. P. Ozil, A. Adler, A. Berkeley // *Fertility and Sterility*. – 1999. – V. 7. – P. 509–512.
59. Electrical activation of oocytes after intracytoplasmic sperm injection: a controlled randomized study / R. Mansour, I. Fahmy, N. A. Tawab, A. Kamal, Y. Eldemery, M. Aboulgar // *Fertility and Sterility*. – 2009. – V. 91(1). – P. 133–139.
60. Electro-activated aqueous solutions: theory and application in the food industry and biotechnology / M. Aider, A. Kastyuchik, E. Gnatko, M. Benali, G. Plutakhin // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. – 2012. – V. 15. – P. 38–49.
61. Escriba M. J. Electroactivation of rabbit oocytes in an hypotonic pulsing medium and parthenogenetic in vitro development without cytochalasin B diploidizing pretreatment / M. J. Escriba, F. Garcia-Ximenez // *Theriogenology*. – 1999. – V. 51. – P. 963–973.
62. Grahl T. Killing of microorganisms by pulsed electric fields / T. Grahl, H. Markl // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 1996. – V. 45. – P. 148–157.

63. Graumlich T. R. Recovery of thermally injured *Saccharomyces cerevisiae*: Effects of media and storage conditions / T R. Graumlich, K. E. Stevenson // *Journal of Food Science*. – 1978. – V. 43. – P. 1865–1870.
64. Guillou S. Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* in solution by lowamperage electric treatment/ S. Guillou, El. N. Murr // *Journal of Applied Microbiology*. – 2002. – V. 92. – P. 1–6.
65. Huang, H. Protocol for nuclear transplant in zebrafish / H. Huang, B. Ju., K. Lee, S. Lin // *Cloning Stem Cells*. – 2003. – V. 5. – P. 333–337.
66. Inactivation of *Listeria monocytogenes* biofilms by electrolyzed oxidizing water / C. Kim, Y. C. Hung, R. E. Brackett, J. F. Frank // *Journal of Food Processing and Preservation* – 2001. – V. 25. – P. 91–100.
67. Inactivation of staphylococcal Enterotoxin-A with an electrolyzed anodic solution / T. Suzuki, J. Itakura, M. Watanabe, M. Ohta, Y. Sato, Y. Yamata // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2002. – V. 50. – P. 230–234.
68. Kim C. Roles of oxidation-reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food-related pathogens / C. Kim, Y. C. Hung, R. E. Brackett // *Journal of Food Protection*. – 2000. – V. 63. – P. 19–24.
69. Lee K. W. A wave of free cytosolic calcium traverses zebrafish eggs on activation / K. W. Lee, S. E. Webb, A. L. Miller // *Developmental Biology*. – 1999. – V. 214. – P. 168–180.
70. Loshon C. A. Levels of small molecules in dormant spores of *Sporosarcina* species and comparison with levels in spores of *Bacillus* and *Clostridium* species / C. A. Loshon, P. Setlow // *Canadian Journal of Microbiology*. – 1993. – V. 39. – P. 259–262.
71. Marais J. T. Antimicrobial effectiveness of electro-chemically activated water as an endodontic irrigation solution / J. T. Marais, W. P. Williams // *International Endodontic Journal*. – 2001. – V. 34. – P. 237–243.
72. Marais J. T. Cleaning efficacy of a new root canal irrigation solution: a preliminary evaluation / J. T. Marais // *International Endodontic Journal*. – 2000. – V. 33. – P. 320–325.
73. Marais J. T. Electro-chemically activated water in dental unit water lines / J. T. Marais, V. S. Brozel // *British Dental Journal*. – 1999. – V. 187. – P. 154–158.
74. Mutage des vins blancs moelleux par application dun courant délectrolyse / C. Godet, A. Poulard, S. Guillou, N. Murr // *Revue des Enologues*. – 1999. – V. 93. – P. 33–36.
75. Patermarakis G. Disinfection of water by electrochemical treatment / G. Patermarakis, E. Fountoukidis // *Water Research*. – 1990. – V. 24. – P. 1491–1496.
76. Pig cloning by microinjection of fetal fibroblast nuclei / A. Onishi, M. Iwamoto, T. Akita, S. Mikawa, K. Takeda, T. Awata // *Science*. – 2000. – V. 289. – P. 1188–1890.
77. Sanders D. H. Effect of chlorination in the final washer on bacterial counts of broiler chicken carcasses / D. H. Sanders, C. D. Blackshear // *Poultry Science*. – 1971. – V. 50. – P. 215–219.
78. Schenberg-Frascino A. Lethal and mutagenic effects of elevated temperature on haploid yeast: II. Recovery from thermolesions / A. Schenberg–Frascino // *Molecular and General Genetics*. – 1972. – V. 117. – P. 239–253.
79. Setlow P. Mechanisms which contribute to the long-term survival of spores of *Bacillus* species / P. Setlow // *Journal of Applied Bacteriology*. – 1994. – V. 76. – P. 49–60.
80. Solovyeva A. M. Cleaning effectiveness of root canal irrigation with electro-chemically activated anolyte and catholyte solutions: a pilot study / A. M. Solovyeva, P. M. H. Dummer // *International Endodontic Journal*. – 2000. – V. 33. – P. 494–504.
81. Standardization of a method to determine the efficacy of sanitizers in inactivating human pathogenic microorganisms on raw fruits and vegetables / L. R. Beuchat, J. M. Farber,

- E. H. Garrett, L. J. Harris, M. E. Parish, T. V. Suslow // *Journal of Food Protection*. – 2001. – V. 64(7). – P. 1079–1084.
82. Stewart K. M. Physical Properties of Water / K. M. Stewart // *Encyclopedia of Inland Waters*. – 2009. – P. 148–154.
83. Su Y. C. Identification and purification of a new staphylococcal enterotoxin / Y. C. Su, A. C. L. Wong // *H. Applied Environmental Microbiology*. – 1995. – V. 61. – P. 1438–1443.
84. The enzymatic activity of phosphoglycerate mutase from gram-positive endospore-forming bacteria requires Mn²⁺ and is pH sensitive / J. Cardona-Costa, M. Perez-Camps, F. Garcia-Ximenez // *Spanish Journal of Agricultural Research*. – 2011. – V. 9(1). – P. 59–65.
85. Thomson J. E. Chlorine acid, and heat treatment to eliminate Salmonella on broiler carcasses / J. E. Thomson, N. A. Cox, J. S. Bailey Poultry // *Science*. – 1976. – V. 55. – P. 1513–1517.
86. Tokuda H. Application of direct current to protect bioreactor against contamination / H. Tokuda, K. Nakanishi // *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. – 1995. – V. 59(4). – P. 753–755.
87. Velizarov S. Electric and magnetic fields in microbial biotechnology: possibilities, limitations, and perspectives / S. Velizarov // *Electro and Magnetobiology*. – 1999. – V. 18(2). – P. 185–212.
88. Viability of *Saccharomyces cerevisiae* cells exposed to low-amperage electrolysis as assessed by staining procedure and ATP content / S. Guillou, V. Besnard, El. N. Murr, M. Federighi // *International Journal of Food Microbiology*. – 2003. – V. 88. – P. 85–89.
89. Wakamatsu Y. Novel method for the nuclear transfer of adult somatic cells in medaka fish (*Oryzias latipes*): use of diploidized eggs as recipients / Y. Wakamatsu // *Development, Growth & Differentiation*. – 2008. – V. 50. – P. 427–436.
90. Yang Z. Antibacterial efficacy of electrochemically activated solution for poultry spraying and chilling / Z. Yang, Y. Li, M. F. Slavik // *Journal of Food Science*. – 1999. – V. 64(3). – P. 469–472.