Antibacterial Effect of Mixed Oxidant Solution on Methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA)

Fariba Karimi[1], Ahmad Ahmadi [2], Ghane Zandi[3], Abbas Aghaei[4], Abbas Ahmadi[5], Farid Zandi[6]

1. MSc of Medical Microbiology, Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran ORCID ID: 0009-0008-8573-2978

2. Electrical Engineering Student, Department of Electrical Engineering, Technical Faculty, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. ORCID ID: 0000-0002-0065-6371

3. Ph.D. of Information Technology (IT), Roonak Beautiful Morning Star Company, Growth center, Science and Technology Park of Kurdistan, Kurdistan University, Sanandaj, Iran. ORCID ID: 0000-0003-1920-3564

4. Ph.D of Epidemiology, Social Determinants of Health Research Center, Research Institute for Health Development, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. ORCID ID: 0000-0001-9612-1250

5. Ph.D of Molecular Medicine, Cellular and Molecular Research Center, Research Institute for Health Development, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. ORCID ID: 0000-0002-1643-3500

6. Ph.D of Medical Bacteriology, Medical Laboratory, Shohada Dehgolan Hospital, Kurdistan University of Medical Sciences, Dehgolan, Iran. (Corresponding Author), Tel: +98-910-8570565, Email: zandifarid@gmail.com. Postal cod: 6667145979, ORCID ID: 0000-0003-3053-4460

ABSTRACT

Background and Aim: Nosocomial infections are one of the important causes of annual mortality in the world. Many of these infections caused by drug-resistant bacteria have failed the treatment strategy of such infections. One of the causes of nosocomial infections is methicillin-resistant bacteria (MRSA). Eradication of these, bacteria carrying the drug resistance gene, using disinfectants can reduce nosocomial infections caused by MRSAs and other bacteria carrying the resistance gene. The aim of this study was to investigate antibacterial effect of mixed oxidant solution produced by disinfectant generator on methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) isolates.

Materials and Methods: In this study, tested disinfectant solution was made by Mixed Oxidant Generator. Also, methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) was prepared from 90 clinical samples of teaching hospitals of Kurdistan University of Medical Sciences. Then the samples cultured by swap method. Two phenotypic and genotypic methods were used to confirm staphylococci carrying the mecA gene.

Results: The results show that the Mixed Oxidant solution produced from 2% saline contains the highest concentration of oxidant gradients, so that diluting 1:4 of this solution (Mixed Oxidant solution) eliminates MRSA isolates. In contrast, the Mixed Oxidant produced from 0.1% saline has a low concentration of mixing oxidant gradients, as it was the lowest antibacterial effect to inhibit the growth of MRSAs in direct concentration.

Conclusion: Due to the remarkable effectiveness, health and economic efficiency of the produced oxidant solution, it is recommended as a suitable large-scale disinfectant for various disinfection purposes is recommended.

Keywords: Disinfection, Hypochlorous acid, Mixed oxidant, MRSA, Staphylococcus aureus.

Received: Nov 03, 2023 **Accepted:** Sep 29, 2024

How to cite the article: Fariba Karimi, Ahmad Ahmadi, Ghane Zandi, Abbas Aghaei, Abbas Ahmadi, Farid Zandi. Antibacterial Effect of Mixed Oxidant Solution on Methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA). SJKU 2025;30(4):1-13.

Copyright © 2018 the Author (s). Published by Kurdistan University of Medical Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBYNC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-12]

اثر ضد باکتریایی محلول میکس اکسیدانت (Mixed Oxidant Solution) بر ایزوله‌های استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی‌سیلین (MRSA)

فریبا کریمی[۱]، احمد احمدی[۲]، قانع زندی[۳]، عباس آقائی[۴]، عباس احمدی[۵]، فرید زندی[۶]

۱. کارشناسی ارشد میکروب‌شناسی پزشکی، گروه میکروب‌شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. کد ارکید: ۰۰۰۹-۰۰۰۸-۸۵۷۳-۲۹۷۸

۲. دانشجوی کارشناسی مهندسی برق، گروه مهندسی برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۰۰۶۵-۶۳۷۱

۳. دکترای فناوری اطلاعات، شرکت ستاره زیبای صبح روناک، مرکز رشد، پارک علم و فناوری کردستان، سنندج، دانشگاه کردستان، ایران. کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۳-۱۹۲۰-۳۵۶۴

۴. دکترای تخصصی اپیدمیولوژی، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، پژوهشکده توسعه سلامت، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۱-۹۶۱۲-۱۲۵۰

۵. دکترای تخصصی پزشکی مولکولی، مرکز تحقیقات علوم سلولی و ملکولی، پژوهشکده توسعه سلامت، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران، کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۱-۵۲۰۹-۶۴۳۶

۶. دکترای تخصصی باکتری‌شناسی پزشکی، آزمایشگاه تشخیص طبی، بیمارستان شهداء دهگلان، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، دهگلان، ایران. پست الکترونیک: zandifarid@gmail.com، (نویسنده مسئول) تلفن: ۰۸۷۳۵۱۲۵۶۶۸، کد پستی: ۶۶۶۷۱۴۵۹۷۹، کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۳-۳۰۵۳-۴۴۶۰

چکیده

زمینه و هدف: عفونت‌های بیمارستانی یکی از عوامل مهم مرگ‌ومیر سالیانه در جهان است. بسیاری از این عفونت‌ها که توسط باکتری‌های مقاوم به دارو انجام می‌شود استراتژی درمان این عفونت‌ها را با شکست مواجه کرده است. یکی از عوامل عفونت‌های بیمارستانی باکتری‌های مقاوم به متی‌سیلین (MRSA) می‌باشد. ریشه‌کنی این باکتری‌های حامل ژن مقاومت دارویی با استفاده از ضدعفونی‌کننده‌ها می‌تواند عفونت‌های بیمارستانی ناشی از این باکتری و دیگر باکتری‌های حامل این ژن مقاومت را کاهش دهد. هدف از این مطالعه بررسی اثر آنتی باکتریال محلول میکس اکسیدانت تولید شده به‌وسیله دستگاه مولد این محلول بر روی ایزوله های استافیلوکوک اورئوس مقاوم به متی‌سیلین (MRSA) می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تولید محلول ضدعفونی‌کننده مورد آزمایش با استفاده از دستگاه مولد میکس اکسیدانت (Mixed Oxidant Generator) انجام گرفت. همچنین استافیلوکوک اورئوس مقاوم به متی‌سیلین (MRSA) از ۹۰ نمونه بالینی بیمارستان‌های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی کردستان تهیه و کشت داده شد. به‌منظور تائید استافیلوکوک های حامل ژن mecA از دو روش فنوتیپی و ژنوتیپی استفاده گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که محلول مولتی اکسیدانت تولیدشده از محلول نمکی ۲ درصد حاوی بیشترین غلظت میکس اکسیدانت است به‌طوری‌که تا رقت ۱:۴ نیز موجب عدم رشد MRSA ها گردید. در مقابل محلول میکس اکسیدانت تولیدشده از محلول ۰/۱ درصد دارای غلظت پایین میکس اکسیدانت و همچنین کمترین اثر آنتی باکتریال بوده به‌طوری‌که در غلظت مستقیم باعث کاهش رشد MRSA ها می‌شود.

نتیجه‌گیری: با توجه به اثربخشی فراوان، سلامت و همچنین صرفه اقتصادی محلول میکس اکسیدانت تولیدشده، استفاده از آن به‌عنوان ضدعفونی‌کننده مناسب در مقیاس وسیع جهت اهداف مختلف ضدعفونی و گندزدایی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: استافیلوکوک اورئوس، اسید هیپوکلروس، ضدعفونی، میکس اکسیدانت، MRSA.

وصول مقاله:۱۴۰۲/۰۸/۱۲ اصلاحیه نهایی:۱۴۰۳/۰۷/۰۷ پذیرش:۱۴۰۳/۰۷/۰۸

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-12]

مقدمه

بیش از ۲۰٪ از بیماران بستری در بخش‌های مراقبت ویژه (Intensive Care Units, ICUs) در طول بستری در بیمارستان به یک عفونت مرتبط با مراقبت‌های بهداشتی مبتلا می‌شوند. بسیاری از این عفونت‌ها توسط ارگانیسم‌های مقاوم به چند دارو ایجاد می‌شوند و درنتیجه تعداد آنتی‌بیوتیک‌های موجود برای درمان را محدود می‌کنند (۱). استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی‌سیلین (Methicillin-resistant Staphylococcus aureus, MRSA) یکی از شایع‌ترین عفونت‌های مرتبط با مراقبت‌های بیمارستانی است (۲). ریشه‌کنی باکتری‌های حامل ژن MRSA باعث کاهش عفونت بالینی و جلوگیری از انتقال عفونت می‌شود (۲). بدین منظور فرآیند دکلونیزاسیون (ممانعت از تجمع باکتری) به‌عنوان اقدامی مقرون به‌صرفه و مؤثر برای کاهش عفونت‌های ناشی ازMRSA ها به شمار می‌آید (3). استراتژی ممانعت از تجمع باکتری که فرآیند ضدعفونی کردن یکی از راه‌های آن است، می‌تواند عوامل پاتوژن مرتبط با عفونت‌های سیستمیک، عفونت گلو، عفونت پوست و عفونت‌های دهانی را شامل شود به‌طوری‌که باکتری‌های مرتبط با این نوع عفونت‌ها را از بین ببرد (۴). به‌عنوان‌مثال از عوامل دکلونیزه کننده در بینی که میکروارگانیسم‌های ساکن بینی ازجمله استافیلوکوکها را هدف قرار می‌دهند عبارتند از: موپیروسین (Mupirocin, MUP)، باسیتراسین (Bacitracin, BAC)، رتاپامولین (Retapamulin, Altabax/Altargo) و پویدون ید درحالی‌که عوامل دکلونیزه کننده موضعی شامل کلرهگزیدین گلوکونات (Chlorhexidine Gluconate, CHG)، پودیدون ید (Povidone-iodine, PVP-I)، تریکلوزان (Triclosan, TCS) و هیپوکلریت سدیم (Sodium Hypochlorite, NaOCl) هستند (۴). عوامل دارویی کاملاً کلنی زدا و از بین برنده میکروارگانیسمها تا به امروز MUP و CHG هستند که در پی مقاومت به MUP و کاهش حساسیت دارویی بهCHG، اکتدنیدین (Actinidine, OCT) به‌عنوان یک گزینه جایگزین در نظر گرفته می‌شود (۴). درواقع نگرانی اصلی در مورداستفاده گسترده از عوامل دکلنیزه‌کننده، ایجاد مقاومت دارویی در میکروارگانیسمها است (۴). مطالعات نشان می‌دهد که میزان شیوع مقاومت به MUP در سطح بالا (MRSA MUP (HLR) در سراسر جهان ۱۳/۸٪ و در آسیا ۱۳/۴٪ است. اگرچه یک مطالعه مقطعی آینده‌نگر در سنگاپور در سال ۲۰۱۳ نشان می‌دهد که این رقم ۳۱/۱٪ است (۴). درحالی‌که گزارش‌شده است شیوع CHGRS MRSA در ایالات‌متحده آمریکا پایین است (۰/۶-۱/۶٪) (۵)، مطالعه‌ای در بیمارستان تایوان، افزایش شیوع CHG RS MRSA از ۱/۷٪ در سال ۱۹۹۰ به ۴۶/۷٪ در سال ۲۰۰۵ نشان می‌دهد (۶). همچنین مطالعه Htun و همکاران حساسیت کاهش‌یافته به اکتدنیدین (OCT RS MRSA) را به میزان ۹٪ شیوع در یک شبکه بهداشت و درمان در سنگاپور نشان می‌دهد (حداقل غلظت بازدارندگی (Minimal Inhibitory Concentration, MIC) ≥۲ میکروگرم در میلی‌لیتر) (۷). محلول میکس اکسیدان (Multi-Oxidant Solution یا Mixed-Oxidant Solution) یک نوع محلول ضدعفونی‌کننده و گندزدا است که برای گندزدایی، ضدعفونی کردن و از بین بردن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا با کاربردهای مختلف ازجمله تصفیه آب آشامیدنی، آب صنعتی، تصفیه فاضلاب و پساب، گندزدایی آب استخر و ... مورداستفاده قرار می‌گیرد (۸, ۹). استفاده از محلول میکس اکسیدان برای گندزدایی نسبت به سایر روش‌ها مانند هیپوکلریت سدیم و پرکلرین دارای مزایای مختلفی مانند بالاتر بودن قدرت گندزدایی، دارا بودن مقدار باقی‌مانده در آب و ایمنی بیشتر نسبت به روش‌هایی مانند کلر گازی و ازن‌زنی است (۱۰, ۱۱). فنّاوری تولید محلول میکس اکسیدان حاصل از فرآیند الکترولیز محلول نمک طعام (Nacl) است و مخلوطی از ترکیبات مختلف باقابلیت بالای ضدعفونی‌کنندگی است.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-12]

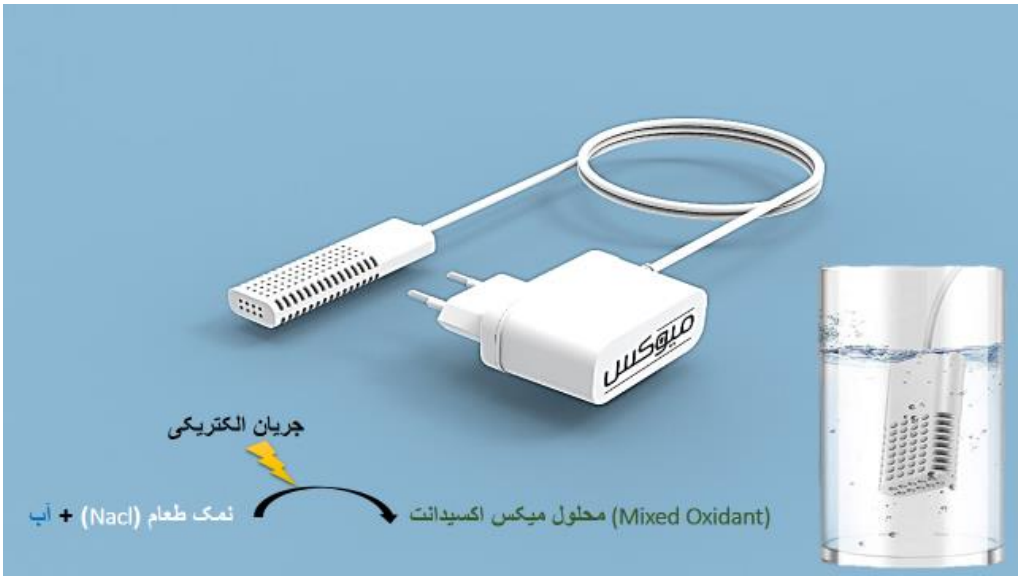
سهم اصلی این مواد گندزدا را ترکیبات کلر آزاد(-ClO، HClO و Cl_2 محلول) و مقادیری از ترکیبات دیگر مانند دی‌اکسید کلر (ClO_2) محلول، ازن محلول (O3)، آب اکسیژنه (H_2O_2) و اکسیژن محلول تشکیل می‌دهد که بسته به میزان pH محلول سهم اسید هیپوکلروس (HClO) از ۶۰ درصد تا ۹۸ درصد در آن به‌عنوان ترکیب اصلی متغیر است (۱۲, ۱۳). امروزه کلرزنی پرکاربردترین روش برای گندزدایی آب آشامیدنی در سراسر جهان است. کلر آزاد به‌طور عمده در دو شکل مختلف وجود دارد، اسید هیپوکلروس (HOCl) و یون هیپوکلریت (OCl^-). HOCl یک مولکول اکسیدان قدرتمند طبیعی است به‌طوری‌که جزئی از پاسخ ایمنی ذاتی انسان بشمار می‌آید. این ترکیب به‌عنوان یک جز فعال‌کننده عمده گلبول‌های سفید شناخته می‌شود و خواص ضد میکروبی بسیار قوی را نشان می‌دهد (۱۴). HOCl را می‌توان با الکترولیز نمک طعام و همچنین مخلوط کردن NaClO و HCl در آب تولید کرد و تولید آن را به میزان اسیدیته ضعیف با pH در حدود ۶ تنظیم کرد. این نوع محلول تولیدشده اسیدی ضعیف حاوی HOCl ازنظر بیولوژیکی بی‌خطر است، اثرات تحریک‌کنندگی ندارد و در مواردی خورندگی بسیار کمی دارد (۱۴). HOCl با استفاده از مکانیسم مهار فرآیندهای بیولوژیکی شامل: رشد باکتری‌ها، تقسیم سلول و سنتز پروتئین، اکسیداسیون آنزیم‌های سولفیدریل و اسیدهای آمینه، کاهش تولید آدنوزین تری فسفات، شکستن DNA و کاهش سنتز DNA، باکتری‌ها را از بین می‌برد. این ترکیب بیولوژیکی دارای یک طیف گسترده ضد میکروبی است به‌طوری‌که عوامل بیماری‌زا مانند باکتری‌ها، مایکوباکتری‌ها، اسپور باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها، جلبک‌ها و پروتوزوئاها را از بین می‌برد. در زمینه پزشکی، از محلول‌های هیپوکلریت رقیق‌شده در آب یا نمک برای شستشوی واژن، مثانه، مجاری ادرار و همچنین کنترل سلامت پای ورزشکاران و پیشگیری از عفونت و ترمیم سوختگی استفاده می‌شود (۱۴). تا به امروز گزارش‌های زیادی از اثرات ضد میکروبی HOCl تولیدشده توسط فرآیند الکترولیز گزارش‌شده است. در مطالعه حاضر ابتدا ویژگی‌های محلول نمکی الکترولیز شده با غلظت‌های مختلف بررسی گردید سپس اثر ضد باکتریایی محلول‌های میکس اکسیدانت تولیدشده با توجه به غلظت محلول مذکور در برابر ایزوله‌های بالینی استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی‌سیلین (MRSA) بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

تهیه محلول میکس اکسیدان (Mixed oxidant solution) و اندازه‌گیری غلظت کلر موجود (Available Chlorine Concentration)

به‌منظور تهیه غلظت‌های ۰/۱ درصد، ۰/۵ درصد، ۱ درصد و ۲ گرم درصد محلول Nacl، به ترتیب ۲ گرم، ۱۰ گرم، ۲۰ گرم و ۴۰ گرم نمک خوراکی (Nacl) به‌وسیله ترازوی دیجیتال آزمایشگاهی وزن گردید و در ۲ لیتر آب شرب خانگی تهیه‌شده از سیستم لوله‌کشی آب شهری حل گردید. سپس محلول‌های نمکی آماده‌شده به‌وسیله دستگاه مولد محلول میکس اکسیدانت میوکس (Portable Model Mixed Oxidant Generator,) به مدت ۷ دقیقه با استفاده از جریان الکتریکی ۵ ولت (V) و ۲ آمپر (A) الکترولیز گردید. این دستگاه از نمونه راکتورهای الکتروشیمیایی بدون غشاء است که به‌وسیله شرکت فناور "ستاره زیبای صبح روناک" در ایران ساخته‌شده است (شکل ۱). در ادامه pH محلول‌های حاصل از الکترولیز و همچنین آب مورداستفاده به‌وسیله معرف pH (ساخته‌شده به‌وسیله شرکت مرک آلمان) اندازه‌گیری شد. همچنین میزان غلظت کلر موجود (ACC) در هریک از محلول‌های Mixed Oxidant و همچنین آب شرب مصرفی به روش تیتراسیون سنجش گردید (۱۵). به‌منظور افزایش دقت و پرهیز از خطاهای احتمالی تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده به‌صورت ۲ مرتبه و در فاصله ۱ ساعت انجام گردید.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-12]



شکل ۱. نمونه دستگاه میوکس (Mixed Oxidant Generator مدل Portable). این دستگاه با استفاده از جریان الکتریکی ۵ ولت (V) و ۲ آمپر (A) محلول نمک طعام (Nacl) را الکترولیز و تبدیل به محلول میکس اکسیدانت (Mixed Oxidant) می‌کند.

ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی محلول میکس اکسیدانت (Mixed Oxidant)

به‌منظور به دست آوردن داده‌های پایه، خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب شرب مصرفی و محلول‌های Mixed Oxidant تولیدشده مورد ارزیابی قرار گرفت. در این راستا پتانسیل اکسایش-کاهش (ORP) و pH با استفاده از (DKK-TOA Co. Ltd, Japan) ، میزان کلرین موجود (ACC) با استفاده از (RC-3F, Kasahara Chemical Instruments Corp, Japan) و همچنین کل ذرات جامد محلول (TDS) با استفاده از (+Aqua Smart Water Tester, Lierda Science and Technology Co. Ltd, China) در غلظت‌های نمکی مختلف الکترولیز شده (محلول‌های ۰/۱ درصد، ۰/۵ درصد، ۱ درصد و ۲ درصد) اندازه‌گیری شد (جدول ۱). تمام اندازه‌گیری‌ها در فاصله ۱ ساعته به مدت ۴ ساعت انجام شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی محلول‌های نمکی الکترولیز شده (Mixed Oxidant): خصوصیات فیزیکوشیمیایی رقت‌های مختلف محلول Nacl مورداستفاده در این مطالعه پس از الکترولیز توسط دستگاه میوکس (MIOX) در جدول زیر نشان داده‌شده است.

پارامترهای فیزیکوشیمیایی	آب شرب مصرفی	محلول ۰/۱ درصد Nacl	محلول ۰/۵ درصد Nacl	محلول ۱ درصد Nacl	محلول ۲ درصد Nacl
pH	۷/۷	۷/۲	۷/۵	۷/۴	۷/۳
ORP (mV)	+۸۵۲	+۸۰۰	+۷۵۰	+۷۳۰	+۸۳۴
ACC (ppm)	۰/۸	۲۰	۴۶	۱۳۰	۱۸۵

تشخیص فنوتیپی سویه‌های استافیلوکوک ارئوس مقاوم به متیسیلین (MRSA)

در مطالعه حاضر ۹۰ نمونه بالینی از کارکنان بخش‌های مختلف و همچنین نمونه‌های بیماران بستری در بخش‌های مختلف بیمارستان (شامل زخم، دست، بینی و سوندهای ادراری) جمع‌آوری شد. تشخیص فنوتیپی سویه‌های

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-12]

MRSAبا استفاده از دیسک آنتی‌بیوتیک سفوکسیتین 30 µgتهیه‌شده از شرکتSigma آمریکا، بر اساس استانداردهای (Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI) سال ۲۰۲۰ ویرایش ۳۰ و به روش دیسک دیفیوژن انجام شد. در این روش از کشت تازه باکتری سوسپانسیونی با کدورت استاندارد نیم مک فارلند (۱/۵ × ۱۰^۸ ml/CFU) در سرم فیزیولوژی تهیه و سپس با استفاده از سواب استریل بر روی محیط کشت مولر هینتون آگار تهیه‌شده از شرکت Merck آلمان به‌صورت چمنی کشت داده شد. در ادامه دیسک آنتی‌بیوتیک سفوکسیتین با درنظرگرفتن فاصله استاندارد بر روی محیط گذاشته شد و پس از ۱۸ تا ۲۴ ساعت انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد هاله عدم رشد باکتری اندازه‌گیری گردید. به‌طوری‌که هاله عدم رشد کمتر از ۲۱ میلی‌متر (۲۱> میلی‌متر) به‌عنوان مقاومت به سفوکسیتین و وجود سویه MRSA در نظر گرفته شد. در این راستا از سویه استاندارد استافیلوکوک ارئوس مقاوم به متیسیلین تهیه‌شده از انستیتو پاستور تهران به‌عنوان سویه کنترل استفاده گردید.

تشخیص مولکولی سویه‌های استافیلوکوک ارئوس مقاوم به متیسیلین (MRSA)

به‌منظور شناسایی ژن mecA جهت تائید تشخیص سویه‌های MRSA به روش مولکولی، از روش واکنش زنجیره پلیمراز (PCR) استفاده گردید. بدین منظور ابتدا باکتری‌های خالص در محیط آگار خوندار (Agar Blood) کشت و در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انکوبه شد. جهت استخراج DNA از روش فنل-کلروفرم و جهت ردیابی ژن mecA از پرایمرهای اختصاصی شامل 5'- TGCTATCCACCCTCAAACAGG-3' Forward و CCA 5'- AACGTTGTAACCACCCCAAGA -3' Revers: تهیه‌شده از شرکت سیناژن استفاده شد (۱۶). واکنش پلی مراز با حجم نهایی ۲۵ میکرولیتر (با استفاده از مستر میکس (Master Mix) شرکت آمپلیکون دانمارک) انجام شد. مخلوط واکنشPCR شامل ۱۲/۵ میکرولیتر از Master Mix، ۱ میکرولیتر (µl) از هر پرایمر، ۵/۵ میکرولیتر (µl) آب مقطر دیونیزه و ۵ میکرولیتر (µl) DNA استخراج‌شده بود (۱۷). واکنش PCRتوسط دستگاه ترموسایکلر مدل (Mastercycler ® Eppendorf) انجام گرفت که برنامه دما و زمان لازم جهت تکثیر ژن mecA شامل: واسرشت (Denaturation) اولیه در ۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ دقیقه، ۴۰ سیکل شامل واسرشت (Denaturation) در ۹۴ درجه سانتی‌گراد، ۲ دقیقه، اتصال(Annealing) در ۵۷ درجه سانتی‌گراد، ۱ دقیقه، طویل شدن در ۷۲ درجه سانتی‌گراد، ۲ دقیقه و نهایتاً طویل شدن (Extension) نهایی در ۷۲ درجه سانتی‌گراد، ۲ دقیقه انجام گرفت. از الکتروفورز ژل آگارز ۲ درصد در بافر TBE برای جداسازی محصولات PCR ژن موردنظر استفاده شد (شکل ۲).

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-12]

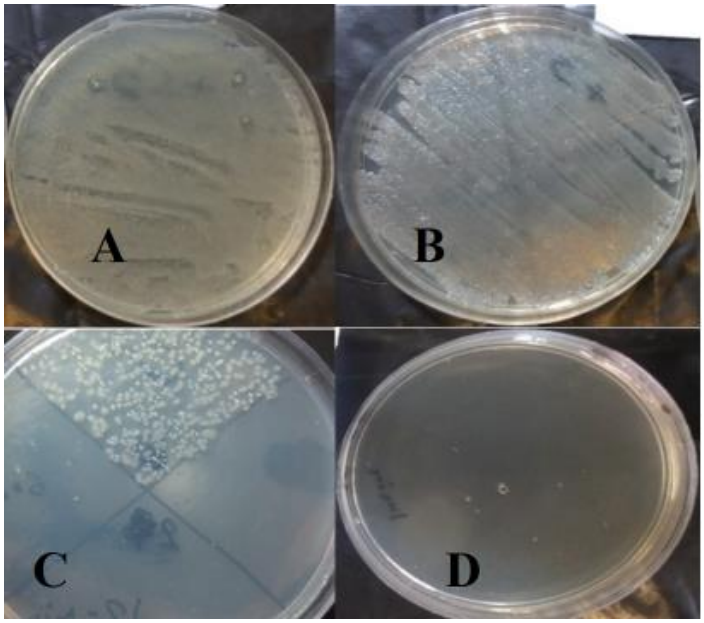
شکل ۲. الکتروفورز محصول PCR روی ژل آگارز. M DNA: سایز مارکر ۵۰ جفت بازی، ستون ۱: نمونه کنترل مثبت ژن mecA

ارزیابی اثر ضد باکتریایی محلول میکس اکسیدانت (Mixed Oxidant)

در ادامه روش اجرایی بر اساس استاندارد اروپایی (EN 1040: 2005 CSN EN) که برای ارزیابی فعالیت ضد باکتریایی محلول‌های شیمیایی ضدعفونی‌کننده استفاده می‌شود، انتخاب شد (۱۸). بدین‌صورت که از باکتری‌های آماده‌شده در شرایط آزمایشگاه در ابتدا با استفاده از محلول (PBS فسفات بافر سالین) با pH= ۷ معادل کدورت محلول نیم مک فارلند (۱/۵ × $۱۰^{۸}$ ml/CFU) لوله استاندارد تهیه شد. این کدورت با قرار دادن لوله در دستگاه اسپکتوفتومتری تائید شد به طوری که در طول‌موج ۶۰۰ نانومتر(nm) جذب نوری (OD) ۰/۱ را نشان داد. سپس به مقدار ۴۵۰ میکرو لیتر (µl) از هر یک از چهار محلول الکترولیز شده Mixed Oxidant با غلظت‌های مختلف در ظروف جداگانه آماده شد. ۵۰ میکرو لیتر (µl) از سوسپانسیون نیم مک فارلند تهیه‌شده از باکتری را جداگانه به هر ظرف اضافه نموده و بعد از زمان‌های ۱ دقیقه، ۲ دقیقه و ۵ دقیقه به‌طور مساوی به میزان ۱۰۰ میکرو لیتر از محلول‌های فوق را به محیط‌های کشت مولر هینتون آگار در جای مخصوص خود تلقیح شدند و بلافاصله در پلیتها پخش گردید. در ادامه از ۴ پلیت متفاوت برای چهار زمان متفاوت استفاده شد و کلیه آزمون‌های فوق چهار نوبت تکرار شدند. برای تهیه نمونه شاهد، ۴۵۰ میکرو لیتر (µl) از محلول بالاترین غلظت نمکی (۲ گرم درصد) را با ۵۰ میکرو لیتر (µl) سوسپانسیون باکتری تهیه‌شده مخلوط گردید و ۱۰۰ میکرو لیتر (µl) از آن به پلیت مولر هینتون آگار تلقیح شد همچنین ۴۵۰ میکرولیتر (µl) از الکل ۷۰ درصد به‌عنوان کنترل مثبت با ۵۰ میکرولیتر سوسپانسیون باکتری تهیه‌شده مخلوط گردید و پس از ۵ دقیقه ۱۰۰ میکرولیتر از آن به پلیت مولر هینتون آگار منتقل شد. با رقیق‌سازی مواد و بررسی رقتهای مختلف چهار محلول Mixed Oxidant، حداقل غلظتی که از رشد باکتری جلوگیری می‌کند (MIC) موردبررسی قرار گرفت. محاسبه MIC به روش رقتهای متوالی (Serial Dilution) انجام گرفت. به‌این‌ترتیب که از محلول‌های Mixed Oxidant موردنظر در لوله‌های متوالی غلظت‌های متوالی تهیه و سپس غلظت‌های متفاوت بر باکتری تأثیر داده شد و حداقل غلظت مهارکنندگی محاسبه گردید .از محلول‌های Mixed Oxidant موردبررسی با روش رقتهای متوالی (Serial Dilution) در لوله‌های متفاوت، رقتهای ۱، ۱:۲، ۱:۴، ۱:۸ از چهار محلول Mixed Oxidant تهیه شد و در ادامه طبق روش انتخاب‌شده اول بر اساس استاندارد اروپایی (EN

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-12]

1040: 2005 CSN EN) سوسپانسیون باکتری با کدورت $۱/۵\times۱۰^{۸}$ ml/CFU در مواجه با محلول‌های مذکور زمان۲ دقیقه قرار گرفت، سپس در پلیتهای متفاوت از محیط کشت مولر هینتون قرار داده شد و در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت انکوبه گردید. در ادامه کلنی باکتری‌ها شمارش شدند و فعالیت ضد باکتریایی در واحد تشکیل کلنی (ml/CFU) بیان گردید. کاهش Unit Forming Colony (CFU) در مقایسه با نمونه کنترل به‌عنوان اثربخشی محلول Mixed Oxidant در نظر گرفته شد. طبق این روش آستانه حساسیت باکتری به محلول Mixed Oxidant، $۱۰^{۳}$ CFU/ml بود. درصورتی‌که پلیتهای باکتری مجاور شده با محلول Mixed Oxidant دارای ۱۰≤ ml/CFU بود، به‌عنوان عدم رشد باکتری چهار محلول الکترولیز شده محسوب و اثر آنتی باکتریال ماده تائید گردید (شکل ۳).



شکل ۳. تصاویر اثر ضد باکتریایی محلول میکس اکسیدانت (Mixed Oxidant) بر روی باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی سلین (MRSA). (A) رشد کامل باکتری در مواجه با غلظت نمک ۲ درصد (نمونه شاهد). (B) کنترل مثبت بدون اثر محلول Mixed Oxidant (رشد کامل باکتری). (C) کاهش رشد باکتری. (D) عدم رشد باکتری

تحلیل آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. در قسمت آمار توصیفی از آماره‌های فراوانی، میانه و میانگین و انحراف معیار میانگین برای گزارش یافته‌ها استفاده گردید. در قسمت آمار تحلیلی از آزمون‌های مجذور کای یا دقیق فیشر و همچنین تی مستقل یا معادل ناپارامتریک آن من ویتنی استفاده شد. داده‌های به‌دست‌آمده از این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16.0 (SPSS Inc, Chicago) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

در تحقیق حاضر عملکرد چهار محلول Mixed Oxidant با منشأ غلظت نمکی متفاوت بر ایزوله‌های MRSA در زمان ۲ دقیقه کاملاً تائید شد. به‌طوری‌که در زمان مذکور که محلول Mixed Oxidant مورد آزمایش قرار گرفتند، در هیچ پلیتی رشد باکتری مشاهده نشده و تعداد کلنی کانت (colony count) صفر محاسبه گردید. آزمایش‌ها چهار بار تکرار و در هر تکرار، میزان رشد باکتریایی در زمان۲ دقیقه محاسبه شد. نتایج این مطالعه

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-12]

نشان می‌دهد که محلول‌های الکترولیز شده ۰/۵ درصد Nacl (رقت ۱)، محلول‌های ۱ درصد Nacl (رقتهای ۱، ۱:۲)، محلول‌های ۲ درصد Nacl (رقتهای ۱، ۱:۲، ۱:۴) موجب عدم رشد کامل ایزوله‌های MRSA می‌شود. از طرفی محلول‌های الکترولیز شده ۰/۱ درصد Nacl (رقت ۱)، ۰/۵ درصد Nacl (رقتهای ۱:۲، ۱:۴)، ۱ درصد Nacl (رقتهای ۱:۴، ۱:۸) و ۲ درصد Nacl (رقت ۱:۸) موجب کاهش بار باکتریایی و کاهش تعداد کلنی ایزوله‌های MRSA گردید. همچنین نتایج نشان می‌دهد محلول‌های الکترولیز شده ۰/۱ درصد Nacl (رقتهای ۱:۲، ۱:۴ و ۱:۸) و ۰/۵ درصد Nacl (رقت ۱:۸) فاقد اثر آنتی باکتریال هستند. نتایج حاصل در جدول (۲) نشان داده‌شده است.

جدول ۲. اثر آنتی باکتریال محلول Mixed Oxidant (MIOX): اثر ضد باکتریایی چهار رقت مختلف محلول میکس اکسدانت (MIOX) بر روی استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی سلین (MRSA) نشان داده‌شده است.

اثر آنتی باکتریال	زمان مواجهه میکروبی (دقیقه)	زمان الکترولیز (دقیقه)	رقتهای پس از الکترولیز (محلولMixed Oxidant)	غلظت محلول نمکی (Nacl)
کاهش رشد	۲	۷	۱	محلول ۰/۱ درصد Nacl
رشد			۱:۲	
رشد			۱:۴	
رشد			۱:۸	
عدم رشد	۲	۷	۱	محلول ۰/۵ درصد Nacl
کاهش رشد			۱:۲	
کاهش رشد			۱:۴	
رشد			۱:۸	
عدم رشد	۲	۷	۱	محلول۱ درصد Nacl
عدم رشد			۱:۲	
کاهش رشد			۱:۴	
کاهش رشد			۱:۸	
عدم رشد	۲	۷	۱	محلول ۲ درصد Nacl
عدم رشد			۱:۲	
عدم رشد			۱:۴	
کاهش رشد			۱:۸	

بحث

انتقال باکتری‌های بیماری‌زا به‌ویژه باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک مانندMRSA ها اغلب عامل اصلی شیوع عفونت‌های بیمارستانی و مراکز درمانی هستند (۱۹). پیشگیری از انتشار استافیلوکوکوس از فردی به فرد دیگر دشوار است به‌طوری‌که این موضوع در محیط‌های درمانی و بیمارستانی به‌واسطه وجود کارکنان درمانی به‌عنوان عوامل بالقوه انتقال اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (۲۰). استریل کردن کارکنان بیمارستانی و محیط آن می‌تواند خطر آلودگی و انتقال باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک را به حداقل برساند (۲۱). در این راستا استفاده از مواد ضدعفونی‌کننده جهت کنترل آلودگی‌های میکروبی محیطی و دست‌ها به‌عنوان عامل اولیه انتقال میکروبی و همچنین یکی از مهمترین حلقه‌ها در زنجیره انتقال عامل عفونت است به‌طوری‌که این اقدام موجب کاهش خطر انتقال عفونت و استفاده کمتر از آنتی‌بیوتیک‌ها و حفظ تأثیر آن‌ها و جلوگیری از مقاومت‌های دارویی جدید می‌شود (۲۲, ۲۳). درنتیجه

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-12]

استفاده از این ضدعفونی‌کننده‌ها مرگ‌ومیر به‌شدت کاهش‌یافته است به‌طوری‌که این موضوع نیز موجب کاهش چشمگیر هزینه‌ها شده است (۲۴) باوجوداینکه استفاده از ضدعفونی‌کننده‌ها یک راه مهم جهت کاهش خطر انتقال عفونت است اما انتخاب مواد ضدعفونی‌کننده مناسب توسط مراکز درمانی به‌طور تصادفی و همچنین فنون استفاده درست از انواع ضدعفونی‌کننده‌ها ضعیف است تا جایی که نیاز به آموزش و تحقیقات بیشتر در این زمینه احساس می‌شود (۲۵). در یک مطالعه HyunjuSon و همکاران در سال ۲۰۰۵ اثر ضد باکتریایی محلول Mixed Oxidant را بررسی کردند، در این تحقیق مشخص شد که این محلول قابلیت بالایی در از بین بردن باکتری‌ها دارد. این مطالعه محلول Mixed Oxidant را به‌عنوان جایگزین قوی برای انواع محلول‌های ضدعفونی‌کننده پیشنهاد می‌کند (۲۶). Ken Pernezny و همکاران در سال ۲۰۰۵ اثر ضد باکتریایی محلول Mixed Oxidant را بر روی باکتری‌های آلوده‌کننده سبزی‌ها بررسی کردند. این تحقیق نشان می‌دهد محلول مذکور به‌طور معنی‌دار و فراوان موجب کاهش این باکتری‌ها می‌شود (۲۷). در سال ۲۰۰۳ Sasahara T و همکاران اثر محلول Mixed Oxidant را به‌عنوان ضدعفونی‌کننده بالقوه بر روی تک‌یاخته انگلی کریپتوسپوریدیوم پاروم بررسی کردند. در این مطالعه اووسیتهای این تک‌یاخته در معرض غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر (۵ ppm) محلول Mixed Oxidant قرار گرفتند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که محلول مذکور قابلیت از بین بردن این تک‌یاخته انگلی را دارد (۱۰). در رابطه با باکتری MRSA که مهمترین عامل بیماری‌زای منتقله از طریق محیط‌های بیمارستانی و درمانی است، باید ماده ضدعفونی‌کننده‌ای را ایده آل دانست که قابلیت حذف کامل این باکتری را داشته باشد، از طرفی چنین ماده ضدعفونی‌کننده‌ای نباید مستعد مقاومت دارویی باشد. طی نتایج حاصل از مطالعه حاضر محلول Mixed Oxidant در حداقل زمان استفاده (۱ تا ۲ دقیقه)، قابلیت میکروب‌کشی بالایی در از بین بردن این باکتری را دارد، بدین معنی که این محلول سالم و طبیعی ازلحاظ قدرت باکتریسیدال در غلظت‌های ارائه‌شده، در زمان موردبررسی این مطالعه (۱ تا ۲ دقیقه) بسیار قوی عمل می‌کند. در بحث انتخاب مواد ضدعفونی‌کننده برتر، فاکتورهای دیگری جهت مقایسه و برتری مواد دارای اهمیت است که ازجمله آن‌ها به‌صرفه اقتصادی، قابلیت دسترسی، قابلیت استفاده گسترده و وسیع لطیف، سازگاری با بدن، دوستدار محیط‌زیست بودن و ماندگاری اثر آنتی باکتریال ماده ضدعفونی‌کننده می‌توان اشاره کرد. در ادامه بررسی‌های آزمایشگاهی این مطالعه مشخص شد که محلول Mixed Oxidant تولیدشده توسط دستگاه میوکس به‌مراتب غلیظ‌تر از کمترین غلظت لازم جهت حذف باکتری‌های MRSA است به‌طوری‌که الکترولیز محلول نمکی ۰/۵ درصد (با غلظت مستقیم)، محلول نمکی ۱ درصد (با رقت ۱:۲) و محلول نمکی ۲ درصد (با رقت ۱:۴) مانع از رشد کامل باکتری‌های MRSA گردید. تأثیر محلول Mixed Oxidant در رقتهای مذکور از این حیث به سایر محلول‌های ضدعفونی برتری دارد زیرا می‌توان بر اساس نیاز و در محل، حجم زیادی از این محلول ضدعفونی‌کننده را تولید کرد. ازلحاظ مقرون‌به‌صرفه بودن و همچنین با توجه به شرایط اقتصادی و سیاست‌های بهداشتی کشور مبنی بر کاهش واردات و خودکفایی، استفاده از مواد تولید داخل به نمونه‌های مشابه خارجی دارای ارجحیت است. ازآنجایی‌که محلول Mixed Oxidantو همچنین دستگاه مولد این محلول(میوکس) تولید داخل کشور هستند و قیمت به‌مراتب کمتری در مقایسه با نمونه‌های خارجی دارند، لذا می‌توان این محصول را برتر از سایر محصولات مورداستفاده دانست. قابل‌ذکر است که اهمیت موضوع زمانی بیشتر می‌شود که بدانیم کیفیت محلول Mixed Oxidant و دستگاه مولد این محلول به‌مراتب بیشتر از نمونه‌های خارجی است، به‌طوری‌که این محصول تولید داخل به‌خوبی از عهده

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-12]

حذف انواع آلودگی‌های میکروبی ازجمله باکتری MRSA برمی‌آید. مطالعات زیادی در رابطه با اثر محلول Mixed Oxidant به‌عنوان ضدعفونی‌کننده بر روی انواع باکتری‌ها و ویروس‌ها انجام‌شده است که قابلیت این محلول را به‌عنوان یک ضدعفونی‌کننده قوی نشان می‌دهد (۲۸, ۲۹, ۳۰). در مطالعه حاضر برای اولین بار قابلیت محلول Mixed Oxidant در پاک‌سازی باکتری‌های مقاوم به دارو بررسی شد و در این راستا با توجه به اهمیت باکتری MRSA این باکتری به‌عنوان عامل میکروبی انتخاب گردید. بااین‌وجود عوامل مختلف بیماری‌زا مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها وجود دارند که می‌توانند عامل عفونت در محیط‌های درمانی و کلینیکی باشند. اضافه بر این، بسیاری از این عوامل فرصت‌طلب بوده و در میزبان حساس، قادر به ایجاد بیماری هستند. بر این اساس، کنترل آلودگی در محیط‌های حساس درمانی با تعداد بالای بیمار به‌صورت روزانه از اولویت و اهمیت ویژه برخوردار است. علیرغم نتایج قابل‌قبول به‌دست‌آمده از محصولات ضد میکروبی مختلف و باوجوداینکه زنجیره انتقال عفونت در موارد مختلفی قطع می‌شود، اما با توجه به تغییر سوشهای متداول عفونت‌زا در محیط‌های درمانی در طول زمان و پیدایش گونه‌های بسیار مقاوم و درعین‌حال بیماری‌زا، نگرانی در مورد ایجاد مقاومت در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها و مواد ضدعفونی‌کننده همواره احساس می‌شود.

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از محلول Mixed Oxidant می‌تواند به حذف و قطع زنجیره انتقال باکتری‌های MRSA کمک کند. لذا انجام مطالعات متعدد برای بررسی اثرات این محلول به‌عنوان ضدعفونی‌کننده بر روی دیگر باکتری‌های مقاوم به دارو نیز ضرورت دارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پروپوزال تحقیقاتی شرکت فناور " ستاره زیبای صبح روناک " واقع در پارک علم و فناوری کردستان با کد اخلاق IR.MUK.REC.1402.033 استخراج‌شده است و نویسندگان بر خود فرض می‌دانند از پارک علم و فناوری کردستان و دانشگاه علوم پزشکی کردستان بابت همکاری و حمایت‌هایشان صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

1.Climo MW, Sepkowitz KA, Zuccotti G, Fraser VJ, Warren DK, Perl TM, et al. The effect of daily bathing with chlorhexidine on the acquisition of methicillin-resistant Staphylococcus aureus, vancomycin-resistant Enterococcus, and healthcare-associated bloodstream infections: results of a quasi-experimental multicenter trial. Critical care medicine. 2009;37(6):1858-65.
2.Kluytmans J, Wertheim H. Nasal carriage of Staphylococcus aureus and prevention of nosocomial infections. Infection. 2005;33(1):3-8.
3.Septimus EJ, Schweizer ML. Decolonization in prevention of health care-associated infections. Clinical microbiology reviews. 2016;29(2):201-22.
4.Zheng S, Chung S, Sim H, Chlebicka T, Chan Y, Lim T, et al. Impact of formulary interventions on the minimum inhibitory concentration of methicillin-resistant Staphylococcus aureus to mupirocin, chlorhexidine, and octenidine in a Singapore tertiary institution. European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases. 2020:1-7.
5.Schlett CD, Millar EV, Crawford KB, Cui T, Lanier JB, Tribble DR, Ellis MW. Prevalence of chlorhexidine-resistant methicillin-resistant Staphylococcus aureus following prolonged exposure. Antimicrobial agents and chemotherapy. 2014;58(8):4404-10.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-12]

6.Wang J-T, Sheng W-H, Wang J-L, Chen D, Chen M-L, Chen Y-C, Chang S-C. Longitudinal analysis of chlorhexidine susceptibilities of nosocomial methicillin-resistant Staphylococcus aureus isolates at a teaching hospital in Taiwan. Journal of antimicrobial chemotherapy. 2008;62(3):514-7.
7.Htun H, Hon P, Holden M, Ang B, Chow A. Chlorhexidine and octenidine use, carriage of qac genes, and reduced antiseptic susceptibility in methicillin-resistant Staphylococcus aureus isolates from a healthcare network. Clinical Microbiology and Infection. 2019;25(9):1154. e1-e7.
8.Torres-Rosales E, Rivera-Garcia A, Rosario-Perez PJ, Ramirez-Orejel JC, Paez-Esquiliano D, Martinez-Vidal S, et al. Application of Neutral Electrolyzed Water on pork chops and its impact on meat quality. Scientific Reports. 2020;10(1):1-10.
9.Hopkins DZ, Parisi MA, Dawson PL, Northcutt JK. Surface Decontamination of Fresh, Whole Peaches (Prunus persica) Using Sodium Hypochlorite or Acidified Electrolyzed Water Solutions. International Journal of Fruit Science. 2020;9(6):1-11.
10.Sasahara T, Aoki M, Sekiguchi T, Takahashi A, Satoh Y, Kitasato H, Inoue M. Effect of the mixed-oxidant solution on infectivity of Cryptosporidium parvum oocysts in a neonatal mouse model. Kansenshogaku zasshi The Journal of the Japanese Association for Infectious Diseases. 2003;77(2):75-82.
11.Stewart WJ, Santillanes MR, Schwarz K, Sanchez J, Showalter GC, Lee K. Electrolytic on-site generator. Google Patents; 2019.
12.Von Broembsen D. Mixed Oxidant Electrolytic Cell. Google Patents; 2012.
13.Boal A. On-site generation of disinfectants. National Environmental Services Center. 2009; 9(1):32-47.
14.Rahman MH, Bajgai J, Fadriquela A, Kim C-S, Lee K-J. Characteristics and Anti-bacterial Effects of Mineral Supplement-Hypochlorous Acid Water on Human Pathogenic Bacteria. 2019; 7(1):15-24.
15.Saberi EA, Farhad-Mollashahi N, Saberi M. Difference between the actual and labeled concentrations of several domestic brands of sodium hypochlorite. Iranian Endodontic Journal. 2019;14(2):139-43.
16.Vandana K, Singh J, Chiranjay M, Bairy I. Inducible clindamycin resistance in Staphylococcus aureus: Reason for treatment failure. Journal of global infectious diseases. 2009;1(1):76.
17.Sedaghat H, Esfahani BN, Mobasherizadeh S, Jazi AS, Halaji M, Sadeghi P, et al. Phenotypic and genotypic characterization of macrolide resistance among Staphylococcus aureus isolates in Isfahan, Iran. Iranian journal of microbiology. 2017;9(5):264.
18.Vitt A, Sofrata A, Slizen V, Sugars R, Gustafsson A, Gudkova E, et al. Antimicrobial activity of polyhexamethylene guanidine phosphate in comparison to chlorhexidine using the quantitative suspension method. Annals of clinical microbiology and antimicrobials. 2015;14(1):36.
19.Guo Y, Song G, Sun M, Wang J, Wang Y. Prevalence and therapies of antibiotic-resistance in Staphylococcus aureus. Frontiers in cellular and infection microbiology. 2020;10:107.
20.Adeiza SS, Onaolapo JA, Olayinka BO. Prevalence, risk-factors, and antimicrobial susceptibility profile of methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) obtained from nares of patients and staff of Sokoto state-owned hospitals in Nigeria. GMS Hygiene and Infection Control. 2020;15(6):20-29.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-12]

21.Aljamali NM, Jawad AM, Alfatlawi IO, Jawd SM. Review on Hospital Bacteria (Causes, Infections, Prevention). infection. 2020;11:16.
22.Lu M-C, Chen P-L, Huang D-J, Liang C-K, Hsu C-S, Liu W-T. Disinfection efficiency of hospital infectious disease wards with chlorine dioxide and hypochlorous acid. Aerobiologia. 2021;37(1):29-38.
23.Maillard J-Y, Bloomfield SF, Courvalin P, Essack SY, Gandra S, Gerba CP, et al. Reducing antibiotic prescribing and addressing the global problem of antibiotic resistance by targeted hygiene in the home and everyday life settings: a position paper. American journal of infection control. 2020; 9(7):17-25.
24.Mermel LA, Jefferson J, Blanchard K, Parenteau S, Mathis B, Chapin K, Machan JT. Reducing Clostridium difficile incidence, colectomies, and mortality in the hospital setting: a successful multidisciplinary approach. The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety. 2013;39(7):298-AP5.
25.Boyce JM, Pittet D. Guideline for hand hygiene in health-care settings: recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. American journal of infection control. 2002;30(8):S1-S46.
26.Son H, Cho M, Kim J, Oh B, Chung H, Yoon J. Enhanced disinfection efficiency of mechanically mixed oxidants with free chlorine. Water Research. 2005;39(4):721-7.
27.Pernezny K, Raid RN, Havranek N, Sanchez J. Toxicity of mixed-oxidant electrolyzed oxidizing water to in vitro and leaf surface populations of vegetable bacterial pathogens and control of bacterial diseases in the greenhouse. Crop Protection. 2005;24(8):748-55.
28.Monnin A, Lee J, Pascall MA. Efficacy of neutral electrolyzed water for sanitization of cutting boards used in the preparation of foods. Journal of Food Engineering. 2012;110(4):541-6.
29.Stewart M, Bogusz A, Hunter J, Devanny I, Yip B, Reid D, et al. Evaluating use of neutral electrolyzed water for cleaning near-patient surfaces. infection control and hospital epidemiology. 2014;10(4).
30.Tamaki S, Bui VN, Ngo LH, Ogawa H, Imai K. Virucidal effect of acidic electrolyzed water and neutral electrolyzed water on avian influenza viruses. Archives of virology. 2014;159(3):405-12.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-12]