Improving the Antibacterial and Biofilm properties of Urinary Catheters by Using Green Tea and Ziziphora Extracts

Akhlaghi-Ardekani N[1], Mohebbi-Kalhori D[2*], Samimi A[3], Karazhyan R[4]

[1]Ph.D. student, Chemical Engineering Department, Nikbakht Faculty, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
[2]Associate Professor, Faculty member, Chemical Engineering Department, Nikbakht Faculty, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
[3]Professor, Faculty member, Chemical Engineering Department, Nikbakht Faculty, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
[4]Assistant Professor, Food Industry Department, Jahad Daneshgahi Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

Introduction: One of the main causes of urinary infections is the use of urinary catheters. Over time, the overuse of chemical antibiotics has made urinary bacteria become resistant to chemical antibiotic treatments. Therefore, the major challenge in hospitals is preventing urinary infection and finding a suitable replacement for chemical antibiotics. In recent years, researchers have been studying the use of herbal medicines to replace antibiotics.

Methods: In this study, green tea and ziziphora herbal extracts have been used as antibacterial agents for making silicone coated latex Foley catheters antibacterial and antibiofilm agents with inoculation. Various tests such as disc diffusion, broth penetration, contact angle, FE-SEM, AFM, ATR-FTIR, and elasticity were performed.

Results: After inoculation, disc diffusion test was performed on Staphylococcus aureus and Escherichia coli, urinary infection agents, and the antibacterial property of the silicone coated latex catheters was verified. In the penetration broth test, the herbal antibacterial catheters could eliminate the bacteria after 21 days ($P<0.001$). The contact angle test showed an increase in the hydrophilic property of the modified catheter ($p<0.0002$). The mechanical test suggests an increase in Young module. SEM test indicates a decrease in bacteria adherence to the catheter surface. AFM test shows an increase in the roughness of the surface after impregnation. The presence of extracts in catheters was verified by ATR-FTIR.

Conclusion: It can be said from the obtained results that medicinal herbs can be appropriate agents for the inoculation of urinary catheters and the reduction of urinary infections in hospitals. In fact, modified catheters with herbal extracts could eliminate all bacteria. In addition, herbal extracts could be a good replacement for chemical antibiotics. Finally, herbal extracts could increase surface hydrophilicity, prevent bacteria adherence, and they have antibiofilm properties.

Keywords: Antibacterial agent; Foley catheters; Herbal extract; Infectious bacteria; Urinary tract infection

Sadra Med Sci J 2020; 8(4): 381-396.
Received: Jun. 8th, 2020
Accepted: Aug. 21st, 2020

[*]Corresponding Author: **Mohebbi-Kalhori D.** Associate Professor, Faculty member, Chemical Engineering Department, Nikbakht Faculty, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran, davoodmk@eng.usb.ac.ir

مقاله پژوهشی
(Original Article)

مجـــــله علـــــوم پزشکی صدرا
دوره ۸، شماره ۴، پاییز ۱۳۹۹، صفحات ۳۸۱ تا ۳۹۶
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۳۱ تاریخ دریافت: ۹۹/۰۳/۱۹

افزایش خاصیت آنتی باکتریالی و آنتی بیوفیلم کاتترهای ادراری با استفاده از عصاره گیاهان چای سبز و کاکوتی

نجمه اخلاقی اردکانی[۱]، داود محبی کلهری[۲*]، عبدالرضا صمیمی[۳]، رضا کاراژیان[۴]

[۱]دانشجو دکتری، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
[۲]دانشیار، عضو هیئت‌علمی، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
[۳]استاد، عضو هیئت‌علمی، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
[۴]استادیار، گروه کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، جهاد دانشگاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

مقدمه: یکی از دلایل اصلی عفونت‌های ادراری استفاده از کاتترهای ادراری می‌باشد. باگذشت زمان و استفاده بی‌رویه از آنتی‌بیوتیک‌های شیمیایی باکتری‌ها نسبت به درمان شیمیایی مقاوم شده‌اند؛ بنابراین بیشترین چالش بیمارستان‌ها جلوگیری از عفونت ادراری و جایگزین مناسب برای آنتی‌بیوتیک‌های شیمیایی می‌باشد. محققان بر روی گیاهان دارویی به‌عنوان جایگزین مناسب برای آنتی‌بیوتیک‌های شیمیایی پرداخته‌اند.

روش‌ها: در این پژوهش از عصاره گیاهی چای سبز و کاکوتی به‌عنوان عامل آنتی باکتریال برای آنتی باکتریال و آنتی بیوفیلم کردن کاتتر لاتکس پوشش داده‌شده با سیلیکون با روش تلقیح استفاده‌شده است. تست‌های دیسک دیفیوژن، نفوذ در براث، زاویه تماس، FE-SEM، AFM، ATR-FTIR، تست کشش انجام شد.

یافته‌ها: بعد از تلقیح تست دیسک دیفیوژن بر روی باکتری‌های اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس عامل عفونت ادراری انجام شد و خاصیت آنتی باکتریال کاتتر تائید شد. نتایج حاصل از تست نفوذ در براث طی مدت ۲۱ روز ($P<۰/۰۰۱$) نشان‌دهنده کاهش باکتری‌ها طی گذر زمان بوده است. تست زاویه تماس افزایش خاصیت هیدروفیلیکی کاتتر ها بعد از اصلاح نشان داد ($P\leq 0.0002$). تست مکانیکی نشان‌دهنده افزایش مدول یانگ می‌باشد. تست SEM نشان کاهش چسبندگی باکتری بر سطح کاتتر است. تست AFM نشان از افزایش زبری بعد از اصلاح داد. وجود عصاره درون کاتترها به ATR-FTIR تائید شد.

نتیجه‌گیری: از نتایج حاصل می‌توان گفت گیاهان دارویی می‌تواند عامل مناسب برای تلقیح کاتترهای ادراری و کاهش عفونت ادراری در بیمارستان‌ها باشد توانایی از بین بردن باکتری‌ها را دارد. عصاره‌های گیاهی می‌توانند عامل مناسبی برای جایگزینی آنتی‌بیوتیک‌های شیمیایی باشند. همچنین عصاره‌ها خاصیت آب‌دوستی سطح را افزایش داده و مانع چسبندگی باکتری و خاصیت ضد بیوفیلیمی می‌باشد.

واژگان کلیدی: گیاهان دارویی، عامل آنتی باکتریال، عفونت ادراری، باکتری، کاتتر

[*] نویسنده مسئول: **داود محبی کلهری**، دانشیار، عضو هیئت‌علمی، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران،
davoodmk@eng.usb.ac.ir

مقدمه

از مهم‌ترین مشکلات قرون گذشته و حال می‌توان به عفونت‌های بیمارستانی که موجب تحمیل هزینه‌های سنگین بر سیستم بهداشتی و درمانی، طولانی شدن مدت بستری بیمار و افزایش مرگ‌ومیر بیماران اشاره کرد (۱). عفونت ادراری شایع‌ترین نوع عفونت باکتریای است که حدود ۴۰ درصد کل عفونت‌های بیمارستانی را شامل می‌شود (۲, ۳). شایع‌ترین نوع عفونت ادراری به دلیل سوند (کاتتر) ادراری ایجاد می‌شود (۴). کاتترهای ادراری از یک لوله تشکیل‌شده که ازیک‌طرف درون مثانه و از سمت دیگر درون کیسه ادراری قرار دارد (۵). اولین قدم در ایجاد عفونت ادراری تشکیل بیوفیلم روی سطح کاتتر می‌باشد (۶). کاتترهای ادراری پس از قرار دادن در بدن، به‌راحتی بیوفیلم هایی را در سطح داخلی و خارجی خود ایجاد می‌کنند (۷).

باکتری‌ها قادر به رشد تقریباً در هر سطحی هستند و جوامع پیچیده‌ای را تشکیل می‌دهند که به‌عنوان بیوفیلم شناخته می‌شوند (۸). باکتری‌ها به دو شکل مختلف وجود دارند، حالت پلانکتونی (آزاد شناور) و حالت سسیل (چسبیده به سطح) که هر دو از زمان اولین باکتری‌ها روی زمین وجود داشته‌اند و تکامل‌یافته‌اند (۹). تشکیل بیوفیلم یک فرایند پیچیده است که در آن باکتری‌ها از حالت پلانکتونی به حالت سسیل تبدیل می‌شود (۱۰). باکتری‌های بیوفیلم در مقایسه با باکتری‌های پلانکتونی ۱۰۰۰ برابر مقاوم‌تر نسبت به مواد ضد باکتریایی می‌باشند (۱۱). بیوفیلم ها اجتماعات ساختاری میگرواورگانیسم هایی هستند که درون یک ماتریس پلیمری محصورشده‌اند (۱۲). در داخل بیوفیلم تراکم باکتری افزایش‌یافته و تعداد باکتری‌های مقاوم به فشار آنتی‌بیوتیک افزایش میابد در این حالت تبادل ژنتیکی افزایش‌یافته و فرکانس موتاسیون افزایش خواهد یافت (۱۳). این بیوفیلم از باکتری در برابر آنتی‌بیوتیک، آنتی‌بادی‌ها و سیستم دفاعی بدن محافظت می‌کند (۱۴). باکتری‌ها از دو طریق وارد بدن و ایجاد بیوفیلم بر روی کاتتر می‌کند: اولین روش انتقال باکتری در زمان قرار دادن سوند درون بدن از لایه خارجی سوند که از دستگاه گوارش و یا آلودگی دست ایجاد می‌شود (۱۵).

روش دوم برای نفوذ باکتری از انتقال از طریق داخل لوله و انتقال از کیسه تخلیه به درون مثانه می‌باشد (۱۶). پاتوژن های عفونت ادراری به عواملی مانند طول مدت کاتتریزاسیون، فلور طبیعی بدن بیمار یا مراقبت‌های بهداشتی کارکنان دارد (۱۷). باکتری‌های گرم مثبت و منفی هردو باعث عفونت ادراری می‌شود (۱۸). باکتری استافیلوکوکوس اورئوس عامل ۵۰ تا ۶۰ درصد عفونت‌های کاتتری است که این باکتری نسبت به آنتی‌بیوتیک مقاوم شده است (۱۹). اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس از مهم‌ترین باکتری‌هایی که ایجاد بیوفیلم بر روی سطوح کاتتر می‌کنند (۱۹). آنجا که تشکیل بیوفیلم و عفونت‌های مرتبط با بیوفیلم یک مشکل اساسی برای کلیه ایمپلنت‌ها را تشکیل می‌دهد، تلاش‌های زیادی برای اصلاح سطوح به‌منظور به تاخیر انداختن و یا تشکیل نشدن بیوفیلم انجام‌شده است (۲۰). باید روشی یافت که با اصلاح کردن سطح از چسبندگی باکتری‌ها به سوند جلوگیری کرد و رشد باکتری‌ها را مهار کند درنتیجه مانع یا حداقل تشکیل بیوفیلم را به تأخیر بیاندازد (۲۱). اصلاح سطح کاتترها با داروهای ضد باکتریایی و آنتی‌بیوتیکی یک روش امیدوارکننده است که می‌تواند اتصال اولیه سلول‌های پلانکتونی روی سطح کاتتر را مهار کند (۲۲،۲۳). پوشش‌های آنتی‌بیوتیک به‌طور گسترده موردمطالعه قرارگرفته‌اند، اگر نگرانی در مورد مقاومت آنتی‌بیوتیکی باکتریایی منجر به تحقیقات در مورد دیگر پوشش‌های پیشگیرانه شده است (۲۳،۲۴). گیاهان مقاومت طبیعی در برابر بیماری‌های باکتریایی نشان می‌دهند. چنین مقاومت به مکانیسم‌های زیادی بستگی دارد که باهم متفاوت هستند ازجمله: سطح عفونت، سنتز مواد ضد میکروبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مواد ضد میکروبی که تاکنون از گیاهان جداشده‌اند در غلظت‌های بالا فعال هستند (۲۴). به دلیل مقاومت بالای باکتری نسبت به

آنتی‌بیوتیک، محققان به دنبال عامل آ نتی باکتریال گیاهی برای جایگزین کردن آنتی‌بیوتیک شیمیایی می‌باشند. ترکیبات فنولی در عصاره گیاهی دارای خاصیت آنتی باکتریالی می‌باشند (۲۵). مهم‌ترین ترکیب پلی فنولی موجود در برگ‌های چای سبز کاتاچین نام دارد (۲۶). کاکوتی از خانواده نعنا است که مهم‌ترین ماده فنولی موجود در آن‌ها، کارواکرول و تیمول می‌باشد (۲۷). لاتکس معمولاً در کاتترها استفاده می‌شود، بعد از استفاده از لاتکس خاصیت شیمیایی ضعیف، مقاومت ماوراءبنفش، واکنش آلرژیک در بیماران و سطحی خشن و تشکیل بیوفیلم بر روی سطح گزارش شد (۵). مشکل اصلی استفاده از لاتکس، لاتکس آلرژی است که از پاسخ سیستم ایمنی بدن به پروتئین موجود در لاتکس طبیعی ناشی می‌شود (۲۸). در حال حاضر از یک پوشش بر روی لاتکس به‌عنوان محافظ در برابر آلرژی استفاده می‌شود. لاستیک طبیعی با هزینه‌های نسبتاً کم به‌صورت گسترده عرضه می‌شود و دارای طیف وسیعی از خواص مناسب برای ساخت کاتترهای فولی است، به‌راحتی ساخته می‌شود و شکل می‌گیرد بنابراین زمان و هزینه تولید را به حداقل می‌رساند. همچنین دارای خصوصیات فیزیکی عالی است ازجمله مقاومت خوب در برابر ضربه و کشش است (۵, ۲۹). از پوشش سیلیکون معمولاً برای لاتکس استفاده می‌شود (۵). سیلیکون علاوه به اینکه یکی از زیست سازگارترین مواد مصنوعی موجود است، بنابراین سمیت و التهاب بافت را کاهش می‌دهد (۳۰, ۳۱). از طرفی سطح سیلیکون هیدروفوب می‌باشد و باعث چسبندگی باکتری به سطح کاتتر می‌شود (۳۲). دلیل هیدروفوب بودن سیلیکون تکرار گروه $-Si(CH_3)_2-$در ساختار شیمیایی آن می‌باشد (۳۳). اولین تماس باکتری با سطح کاتتر به‌وسیله نیروهای ضعیف آب‌گریز و نیروهای الکترواستاتیک اتفاق میافتد (۱۲). شواهد نشان می‌دهد که کاتترهای آنتی باکتریال که با عامل آنتی باکتریالی پوشانده شده است باکتری را قبل از چسبیدن به سطح و تشکیل بیوفیلم از بین می‌برد (۳۴). در این پژوهش ازکاتتر لاتکسی پوشش داده‌شده با سیلیکون را با عصاره گیاهان چای سبز و کاکوتی پوشش داده‌شده است.

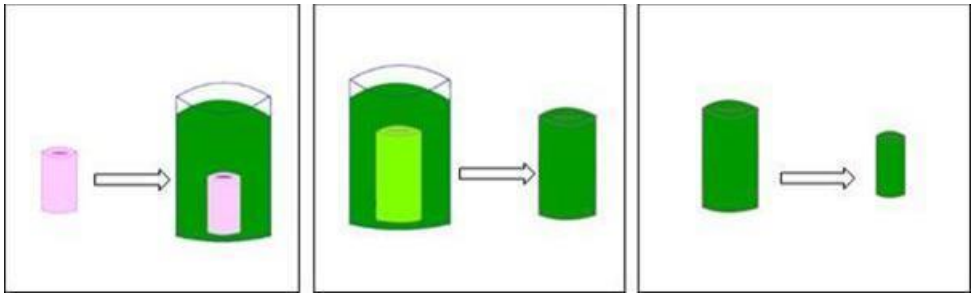
مواد و روش‌ها

۱- عصاره گیری

چای سبز و کاکوتی از انستیتوی علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه گردید. برگ‌های گیاهان را آسیاب کرده و عصاره گیاهان را به روش ماسراسیون (خیساندن) استخراج گردید. بعد از پودر کردن برگ‌ها، آن‌ها را به مدت ۴۸ ساعت درون اتانول ۷۰ درصد خیسانده و روی شیکر قرار می‌دهیم و بعد از فیلتر سلولزی (۰/۴۵ µm) برای استریل عصاره استفاده شد و از روتاری برای تغلیظ استفاده شد و در آون ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک و تراشیده شد (۳۵).

۲- تلقیح کردن پلیمر

یک کاتتر استریل لاتکس پوشش داده شده با سیلیکون (شکل ۱) را به‌اندازه های ۱ سانتی‌متری طولی جدا کرده و عصاره چای سبز و کاکوتی (غلظت‌های عصاره ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ ppm) به‌عنوان عامل آنتی باکتریال به اتانول و کلروفورم اضافه کرده و تکه‌های استریل کاتتر را داخل محلول آماده قرار داده و مدتی می‌ماند در این زمان حجم کاتتر دو برابر خواهد شد. بعد کاتتر را خارج کرده درون هوای اتاق قرار داده تا حجم آن به حالت قبل بازگردد. در این حالت عصاره به درون کاتتر نفوذ کرده است (۳۶).



شکل ۱. مراحل تلقیح پلیمر

۳- تست میکروبی

الف- هاله عدم رشد

تست آنتی بیوگرام برای کاتتر های پوشش داده‌شده با عصاره چای سبز و کاکوتی و کاتترهای پوشش داده نشده انجام شد. در این روش هاله عدم رشد دو باکتری اشرشیاکلی (ATCC 25922) و استافیوکوکوس اورئوس (ATCC 25923) اندازه‌گیری شد. محلول باکتری و محیط کشت نوترینت براث در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد با غلظت ۰/۵ مک فارلند (۱×۱۰^۸CFU/ml) تهیه شد و بعد محلول را به کمک رینگر رقیق کرده و به (CFU/ml) ۱×۱۰^۶ رسانده. به کمک سواپ محلول را بر روی سطح نوترینت آگار پخش کرده و کاتتر پوشش داده‌شده با عصاره چای سبز و کاکوتی و پوشش داده نشده که به‌اندازه ۱ سانتی‌متر جداشده بود روی سطح قرار داده شد، هر باکتری را در انکیباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و در آخر هاله عدم رشد اندازه‌گیری شد (۴).

ب- تست نفوذ به داخل مایع

در این روش $57\ cm^{-1}$ از سوسپانسیون هر دو باکتری (۱×۱۰^۶ CFU/ml) به داخل لوله‌آزمایش حاوی $4\ cm^{-1}$ از محیط کشت نوترینت براث می‌ریزیم. پلیمرهای حاوی عصاره چای سبز و کاکوتی و کاتتر پوشش داده نشده داخل لوله‌آزمایش حاوی سوسپانسیون باکتری اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس (۱×۱۰^۶ CFU/ml) و محیط کشت نوترینت براث، درون انکیباتور ۳۷ درجه سانتی گرد قرار داده‌شده و در روزهای ۱۴ و ۱،۳،۷ بر رو محیط کشت نوترینت آگار کشت داده و تعداد باکتری رشد کرده شمارش شد (۳۷).

۴- خصوصیات شیمیایی

طیف‌سنجی تبدیل فوریه زیر قرمز (ATR – FTIR)

از دستگاه ATR-FTIR برای نشان دادن خصوصیات شیمیایی کاتترهای لاتکسی پوشش داده‌شده با سیلیکون تلقیح داده‌شده با عصاره چای سبز و کاکوتی (۱۰۰،۱۰۰mg/ml) و کاتترهای تلقیح داده نشده موردبررسی قرار گرفت در دامنه طیف $4000\ cm^{-1}$ – ۵۰۰ (۳۸).

۵- خصوصیات فیزیکی

خصوصیات سطحی کاتترها (اندازه‌گیری زاویه تماس)

اندازه‌گیری زاویه تماس با قطره آب (با حجم ۲/۵ میکرو لیتر) توسط میکروسکوپ دیجیتال AM-7013MZT شرکت Dino Light و بزرگنمایی ۴۰ برای تعیین خاصیت آب‌گریزی و آب‌دوستی سطح کاتتر های تلقیح داده‌شده با عصاره چای سبز و کاکوتی و کاتترهای تلقیح داده نشده عکس‌برداری گردید. از نرم‌افزار به‌منظور سنجش زاویه تماس قطره با سطح موردنظر استفاده گردید (۳۹).

۶- میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)

برای نشان دادن توپوگرافی سطح کاتترهای تلقیح داده‌شده با عصاره چای سبز و کاکوتی و تلقیح داده نشده از میکروسکوپ نیروی اتمی استفاده شد. کاتترهای تلقیح داده‌شده و نشده را درون بافر فسفات سالین به مدت ۲۱

روز قرار داده‌شده و هر سه روز بافر تعویض شد در روز آخر بافر دور ریخته شد و تست انجام گرفت (۴۰).

میکروسکوپ الکترونی رویشی نشر میدانی (FE-SEM)

برای نشان دادن تأثیر عصاره گیاهان تلقیح داده‌شده در پلیمر بر چسبندگی باکتری‌ها بر روی سطح پلیمر از میکروسکوپ الکترونی رویشی نشر میدانی استفاده شد (۴۱).

۷- خصوصیات مکانیکی

برای نشان دادن خصوصیات مکانیکی ۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از پلیمرهای تلقیح داده‌شده با عصاره گیاهان چای سبز و کاکوتی و پلیمر تلقیح داده نشده از نیروی کششی استفاده شد. در زمان کارگذاری و خارج کردن کاتتر نیروی کششی به آن‌ها وارد می‌شود بنابراین خصوصیات مکانیکی بعد از اصلاح نباید تغییر کند. تست کشش قیل از قرار دادن پلیمر در بافر فسفات سالین انجام شد. پس از استریلیزاسیون، کاتترها در محلول حاوی بافر فسفات سالین قرار گرفت (بافر فسفات هر سه روز یکبار تجدید می‌شد). کاتترها بعد از یک ماه برداشته می‌شوند و آزمایش کششی برای آن‌ها یک‌بار دیگر انجام شد. سرعت تست کشش در ۱۰۰ میلی‌متر بر دقیقه در نظر گرفته شد (Instron 5985) (۶).

۸- تحلیل آماری

داده‌ها به‌صورت میانگین ($\log_{10}$ CFU/ml) بیان‌شده است. علاوه بر این، از آنالیز واریانس دوطرفه (ANOVA) برای مقایسه کولونی های رشد کرده در پلیمرهای تلقیح داده‌شده با عصاره‌های گیاهی چای سبز و کاکوتی و پلیمرهای تلقیح داده نشده طی ۲۱ روز پرداخته شد و در فاصله اطمینان ۹۵ درصد انتخاب شد. نتایج $P<$ ۰/۰۵معنی‌دار تلقی شد.

یافته ها

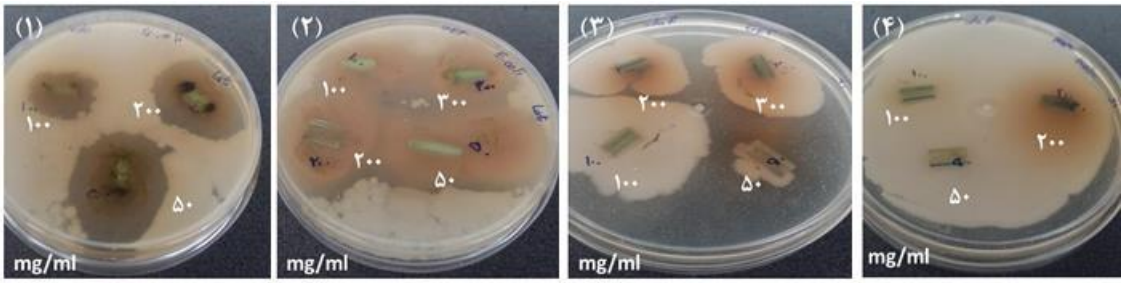
کاتتر تلقیح داده‌شده با عصاره چای سبز (با غلظت ۵۰،۱۰۰،۲۰۰ mg/ml) و عصاره کاکوتی (۲۰۰mg/ml، ۱۰۰، ۵۰) بر روی باکتری عفونت ادراری (استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکلی (هر دو در CFU/ml ۱×۱۰۶)) در محیط کشت نوترینت آگار تست شد و هاله عدم رشد آن‌ها در جدول ۱ و شکل ۱ نشان داده شد. تعداد باکتری رشد کرده درروش رقت در محیط کشت نوترینت براث برای نمونه‌های تلقیح داده‌شده با عصاره چای سبز وکاکوتی و نمونه‌های تلقیح داده نشده به‌عنوان شاهد در روزهای ۲۱ و ۱۴، ۷، ۳، ۱ مطابق شکل ۳ و جدول ۲ و ۳ به دست آمد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Graph Pad Prism 8.0.2 محاسبه و میانگین و انحراف معیار به دست آمد. زبری سطح کاتتر با تلقیح عصاره چای سبز و طیف‌سنجی مادون‌قرمز به ترتیب در شکل های ۵ و ۶ نشان داده شده است.

جدول ۱. قطر هاله عدم رشد کاتترهای حاوی عصاره گیاه چای سبز و کاکوتی بر روی دو باکتری اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس

نوع کاتتر	سویه‌های باکتری (1×10^6 CFU/ml)	غلظت عصارها (mg/ml)		
		۵۰	۱۰۰	۲۰۰
		هاله عدم رشد (mm)		
کاتتر- عصاره چای سبز	اشرشیاکلی	۲/۵	۳	۴
کاتتر- کاکوتی		۲/۵	۳	۳/۵
کاتتر – عصاره چای سبز	استافیلوکوکوس اورئوس	۳	۳	۳
کاتتر – کاکوتی		-	-	-
(-) نبود هاله عدم رشد				

جدول ۲. میانگین±انحراف معیار کلنی‌های تشکیل‌شده باکتری اشرشیاکلی بر روی کاتترهای تلقیح داده‌شده با عصاره گیاهان چای سبز و کاکوتی در مدت ۲۱ روز

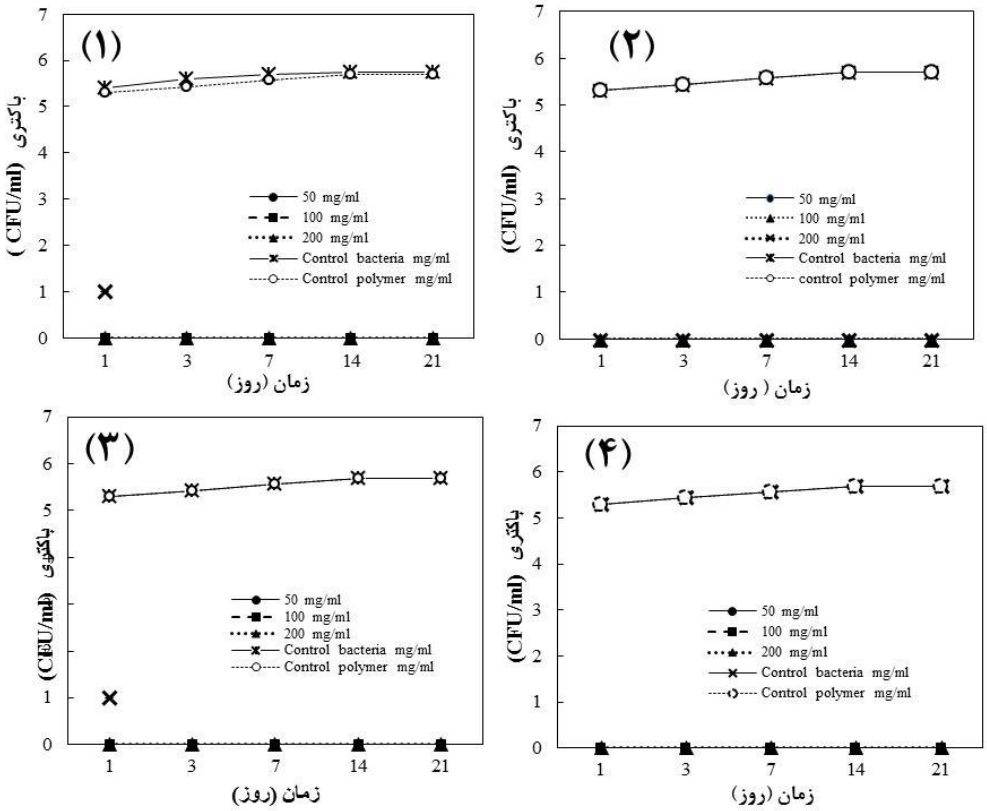
تعداد کلونی باکتری اشرشیاکلی (CFU/ml)										
زمان (روز)	لاتکس – چای سبز (غلظت mg/ml)					لاتکس – کاکوتی (غلظت mg/ml)				
	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	شاهد – باکتری	شاهد – پلیمر	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	شاهد – باکتری	شاهد – پلیمر
۱	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۴۰±۰/۱۰	۵/۴۰±۰/۸۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۴۰±۰/۱۰	۵/۳۰±۰/۰۸
۳	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۶۰±۰/۰۸	۵/۴۳±۰/۰۵	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۶۰±۰/۰۸	۵/۴۳±۰/۰۵
۷	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۷۰±۰/۱۰	۵/۵۰±۰/۰۵	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۷۰±۰/۱۰	۵/۵۶±۰/۰۵
۱۴	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۷۳±۰/۰۵	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۷۳±۰/۰۵	۵/۷۰±۰/۰۰
۲۱	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۷۳±۰/۰۵	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۷۳±۰/۰۵	۵/۷۰±۰/۰۰



شکل ۲. هاله عدم رشد کاتترهای تلقیح داده شده بر روی باکتری اشرشیا کلی (۱)عصاره چای سبز. (۲)عصاره کاکوتی.
هاله عدم رشد کاتترهای تلقیح داده شده بر روی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس (۳) چای سبز. (۴) کاکوتی

جدول ۳. میانگین±انحراف معیار کلنی های تشکیل‌شده باکتری استافیلوکوکوس اورئوس بر روی کاتترهای تلقیح داده‌شده با عصاره گیاهان چای سبز و کاکوتی در مدت ۲۱ روز

تعداد کلونی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس (CFU/ml)										
زمان (روز)	لاتکس – چای سبز (غلظت mg/ml)					لاتکس – کاکوتی (غلظت mg/ml)				
	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	شاهد – باکتری	شاهد – پلیمر	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	شاهد – باکتری	شاهد – پلیمر
۱	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۳۰±۰/۰۸	۵/۳۰±۰/۰۸	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۴۰±۰/۱۰	۵/۳۰±۰/۰۸
۳	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۴۳±۰/۰۵	۵/۴۳±۰/۰۵	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۶۰±۰/۰۸	۵/۴۳±۰/۰۵
۷	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۵۶±۰/۰۵	۵/۵۶±۰/۰۵	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۷۰±۰/۱۰	۵/۵۶±۰/۰۵
۱۴	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۷۰±۰/۰۰	۵/۷۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۷۳±۰/۰۵	۵/۷۰±۰/۰۰
۲۱	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۷۰±۰/۰۰	۵/۷۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۷۳±۰/۰۵	۵/۷۰±۰/۰۰



شکل ۳. میانگین کلنی باکتری در ۲۱ روز: (۱) کاتتر حاوی عصاره چای سبز (با غلظت‌های ۲۰۰ و ۱۰۰،۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) و (۲) کاتتر حاوی عصاره کاکوتی (با غلظت‌های ۲۰۰ و ۱۰۰،۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) بر روی باکتری اشرشیاکلی (P<۰/۰۰۱). میانگین کلنی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس در ۲۱ روز (۳) کاتتر حاوی عصاره چای سبز (با غلظت های ۲۰۰ و ۱۰۰ ، ۵۰ میلی گرم بر میلی لیتر). (۴) کاتتر های حاوی عصاره کاکوتی

بحث

همانظور که در جدول ۱ و شکل ۲ مشاهده می‌کنید کاتترهای حاوی عصاره چای سبز و کاکوتی (تمام غلظت‌ها) جلو رشد باکتری را گرفتند اما کاتتر حاوی عصاره کاکوتی با هیچ غلظتی جلو رشد باکتری را نگرفته و هاله عدم رشد تشکیل نداده است.

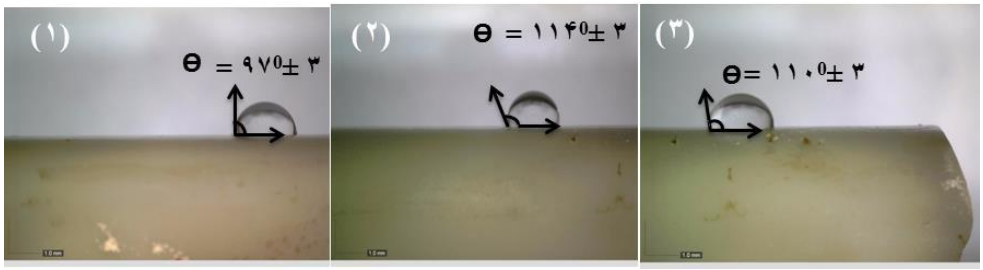
همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده‌شده است در تمام کاتترهای تلقیح داده‌شده با عصاره چای سبز (با غلظت‌های ۲۰۰ و ۵۰،۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) (P<۰/۰۰۱) و کاتترهای تلقیح داده‌شده با عصاره کاکوتی (با غلظت‌های ۲۰۰ و ۵۰،۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) (P<۰/۰۰۱) طی روزهای ۲۱ و ۱،۳،۷،۱۴ توانسته‌اند باکتری‌های اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس عامل عفونت ادراری را از بین ببرد. همان‌طور که مشاهده می‌شود پلیمرهای تلقیح داده نشده باگذشت زمان با افزایش تعداد کلنی باکتری روبرو شده است. عصاره چای سبز حاوی ترکیبات پلی فنولی آروماتیک مثل کاتاچین است که دارای گروه هیدروکسیل می‌باشد (۴۲). عصاره چای سبز دارای خاصیت آنتی باکتریال نسبت به خیلی از میکروارگانیسم‌ها می‌باشد (۴۳). تیمول و کارواکرول دو ترکیب مونوترپن حاوی گروه هیدروکسیل درون عصاره کاکوتی می‌باشد که خاصیت آنتی باکتریالی قوی دارد (۴۴).

در شکل ۴ و جدول ۴ نتایج حاصل از تست زاویه تماس مشاهده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود زاویه تماس پس از تلقیح دادن کاتترها با عصاره گیاهان کاکوتی و چای سبز کاهش پیداکرده است و سطح کاتتر خاصیت هیدروفیلیک پیداکرده است.

همان‌طور که در جدول ۴ و شکل ۴ مشخص است گیاهان خاصیت هیدروفیلیکی را افزایش داده‌اند. اپیگالوکاتاچین گالات مهم‌ترین ترکیب در عصاره چای سبز می‌باشد که طور طبیعی دارای خاصیت هیدروفیلیکی می‌باشد (۴۵). ساختار تیمول و کارواکرول شبیه یکدیگر است با این تفاوت که محل قرار گرفتن گروه هیدروکسیل در آن‌ها باهم متفاوت است. در کارواکرول گروه هیدروکسیل نزدیک گروه متیل می‌باشد. در تیمول گروه هیدروکسیل نزدیک به زنجیر کوتاه ایروپروپیل می‌باشد؛ بنابراین تیمول غیر قطبی ازکارواکرول می‌باشد (۴۴). ممکن است در این تحقیق میزان کارواکرول استخراجی بیشتر باشد.

زبری سطح (شکل ۵) کاتتر با تلقیح عصاره چای سبز افزایش پیدا کرده است. میانگین زبری سطح کاتتر تلقیح داده نشده R= 59.89 nm بوده که در کاتتر تلقیح داده‌شده با عصاره چای سبز میانگین زبری سطح R= 40.22 pm رسیده است.

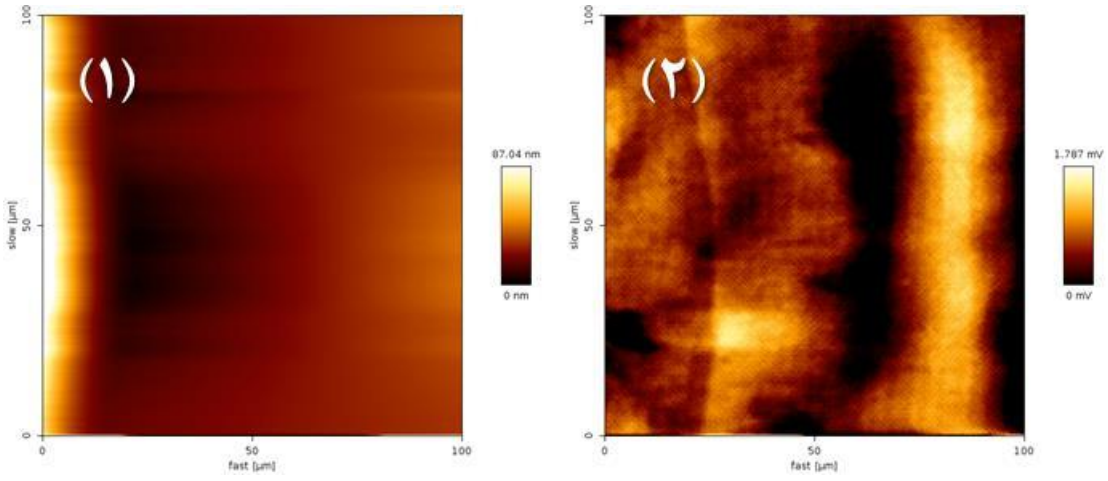
تجزیه‌وتحلیل ATR-FTIR برای نشان داده عصاره نفوذ کرده داخل پلیمر و همچنین خصوصیات شیمیایی کاتترهای تلقیح داده‌شده استفاده شد (شکل ۶).



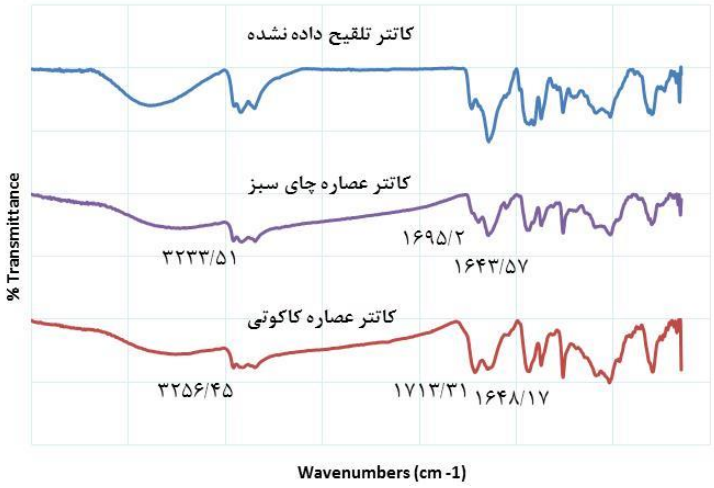
شکل ۴. تصویر قطرات روس سطح: (۱) کاتتر تلقیح داده شده با عصاره چای سبز (P≤0.0002). (۲) کاتتر تلقیح داده نشده (P≤0.0002). (۳) کاتتر تلقیح داده‌شده با عصاره گیاه کاکوتی (P≤0.0002).

جدول ۴. زاویه تماس نمونه‌ها

لاتکس - کاکوتی			لاتکس – چای سبز			لاتکس - شاهد		
mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD	n
۸۸	±۲	۳	۹۴/۳۳	±۲/۸۸۷	۳	۱۱۶	±۲	۳



شکل ۵. نتایج آنالیز میکروسکوپ نیروی اتمی: (۱) کاتتر لاتکسی پوشش داده شده با سیلیکون که با عصاره چای سبز تلقیح شده (۲) کاتتر لاتکسی پوشش داده شده با سیلیکون که تلقیح نشده

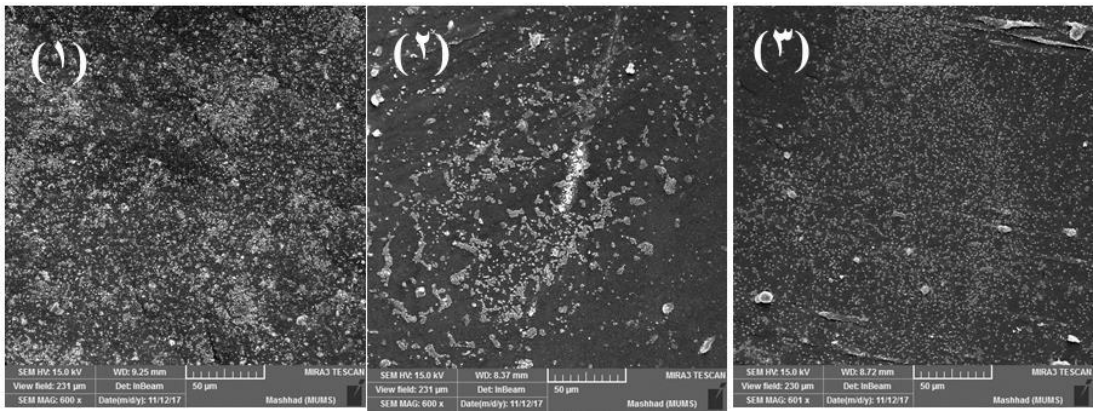


شکل ۶. نتایج طیف‌سنجی مادون‌قرمز تبدیل فوریه

همان‌طور که مشاهده می‌شود در نتایج حاصل از طیف‌سنجی مادون‌قرمز در شکل ۶ نشان داده‌شده است. با توجه به شکل در پیک $۳۲۳۳/۵۱\ cm^{-1}$ در چای سبز و $۳۲۵۶/۴۵cm^{-1}$ در کاکوتی گروه OH پلی فنلی مشاهده‌شده است (۴۶, ۴۷). پیک $۱۶۴۳/۵۷cm^{-1}$ در عصاره چای سبز و پیک $۱۷۱۳/۳۱\ cm^{-1}$ در کاکوتی گروه کربوکسیلیک را نشان می‌دهد (۴۸). در پیک ۱۶۴۳/۵۷ در کاتتر تلقیح داده‌شده با چای سبز و پیک ۱۶۴۸/۱۷ در کاتتر تلقیح داده‌شده با عصاره کاکوتی نشان‌دهنده پیوند C=O مربوط به فلاونوئیدها یا پلی فنول ها و در چای سبز نشان‌دهنده کاتاچین می‌باشد (۴۶).

همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود باکتری بر روی کاتتر تلقیح داده نشده کامل چسبیده است اما در کاتتر تلقیح داده‌شده با عصاره چای سبز این چسبندگی کاهش پیداکرده و در کاتتر تلقیح داده‌شده با عصاره کاکوتی تقریباً باکتری روی سطح وجود ندارد که این نتایج را نتایج حاصل از تست زاویه تماس تائید می‌کند و نشان‌دهنده استخراج کامل و بودن عصاره درون کاتتر و خاصیت هیدروفیلیکی آن‌ها می‌باشد.

همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده‌شده یانگ مدول بعد از تلقیح دادن افزایش پیداکرده است. زمانی که پلیمر شیشه‌ای یا آمورف در تماس با یک حلال ترمودینامیکی



شکل ۷. نتایج میکروسکوپ روبشی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس بر روی کاتترها: (۱) کاتتر تلقیح داده نشده. (۲) کاتتر تلقیح داده‌شده با چای سبز. (۳) کاتتر تلقیح داده‌شده با عصاره کاکوتی.

جدول ۵. تست مکانیکی قبل و بعد از قرار گرفتن در بافر فسفات طی ۲۱ روز

قبل از ۲۱ روز در بافر فسفات			
نمونه‌ها	Young module [Mpa]	Tensile stress [Mpa]	Load [N]
لاتکس - شاهد	۸۷/۹۱۴	۷/۹۲۴	۱۶۵/۶۲
لاتکس – چای سبز	۱۲/۸۳۵	۷/۷۰۱	۱۷۶/۴
لاتکس - کاکوتی	۱۳/۳۲۲	۷/۰۴۵	۱۶۳/۶۶
بعد از ۲۱ روز در بافر فسفات			
لاتکس - شاهد	۸۹/۲۸۵	۶/۳۰۸	۹۸/۹۸
لاتکس – چای سبز	۳۴/۱۲۳	۶/۰۵۷	۱۳۹/۳۶
لاتکس - کاکوتی	۲۰/۳۳	۶/۲۶۲	۱۲۹/۳۶

همساز قرار گیر، حلال نفوذ کرده و پلیمر خاصیت پلاستیکی پیدا می‌کند (۴۹). زمانی که حلال در پلیمر باقی بماند (بعد از غوطه‌وری در حلال)، نقش یک پلاستیکزایر را بازی می‌کند؛ که باعث انعطاف‌پذیری فیلم شده و مدول یانگ افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

استفاده از کاتترهای فولی از جنس لاتکس پوشش داده‌شده با سیلیکون باعث ایجاد عفونت ادراری در بیمارستان‌ها شده است. از طرفی به دلیل مصرف بی‌رویه آنتی‌بیوتیک‌ها باکتری‌ها نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های شیمیایی مقاوم شده‌اند. در این مقاله از داروهای گیاهی به‌عنوان جایگزین آنتی‌بیوتیک‌های شیمیایی برای درمان و جلوگیری از عفونت‌های ادراری استفاده‌شده است.

همان‌طور که در مقاله مشاهده‌شده کاتترهای لاتکس پوشش داده‌شده با سیلیکون بعد از تلقیح دادن با عصاره گیاهان چای سبز و کاکوتی دارای خاصیت انتی باکتریالی بر روی دو باکتری اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس می‌باشد. برای تحقیقات بعدی می‌توان از عصاره گیاهان دیگر استفاده کرد و یا ماده مؤثره گیاه را استخراج کرد و به‌عنوان عامل آنتی باکتریالی از آن استفاده کرد.

تضاد منافع

هیچ گونه تعارض منافع از سوی نویسندگان بیان نشده است.

منابع

1. Darouiche RO, Hampel OZ, Boone TB, Raad II. Antimicrobial activity and durability of a novel antimicrobial-impregnated bladder catheter. International Journal of Antimicrob Agents. 1997;8:243-7. https://doi.org/10.1016/S0924-8579(97)00015-0.

2. Haley RW, Hooton TM, Culver DH, Stanley RC, Emori TG, Hardison CD, etal. Nosocomial infections in US hospitals, 1975–1976: estimated frequency by selected characteristics of patients. The American journal of medicine. 1981;70:947-59. https://doi.org/10.1016/0002-9343(81)90561-1.

3. Abbo L, Hooton T. Antimicrobial stewardship and urinary tract infections. Antibiotics. 2014;3:174-92. https://doi.org/10.3390/antibiotics3020174.

4. Kowalczuk D, Ginalska G, Golus J. Characterization of the developed antimicrobial urological catheters.

International journal of pharmaceutics. 2010;402:175-83. https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2010.10.014.

5. Lawrence E, Turner I. Materials for urinary catheters: a review of their history and development in the UK. Medical engineering & physics. 2005;27:443-53. https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2004.12.013.

6. Tenke P, Mezei T, Bőde I, Köves B. Catheter-associated urinary tract infections. European urology supplements. 2017;16:138-43. http://doi.org/101016/j.eursup.2016.10.001.

7. Donlan RM. Biofilms: microbial life on surfaces. Emerging infectious diseases. 2002;8:881. http://doi.org/10.3201/eid0809.020063.

8. Branda SS, Vik Å, Friedman L, Kolter R. Biofilms: the matrix revisited. Trends in microbiology. 2005;13:20-6. https://doi.org/10.1016/j.tim.2004.11.006.

9. Bjarnsholt T. Introduction to biofilms. Biofilm Infections: Springer; 2011. p. 1-9.

10. Okada M, Sato I, Cho SJ, Iwata H, Nishio T, Dubnau D, et al. Structure of the bacillus subtilis quorum-sensing peptide pheromone comX. Nature chemical biology 2005;1:23-4. https://doi.org/10.1038/nchembio709.

11. Vergidis P, Patel R. Novel approaches to the diagnosis, prevention, and treatment of medical device-associated infections. Infectious disease clinics. 2012;26:173-86. https://doi.org/10.1016/j.idc.2011.09.012.

12. Tenke P, Köves B, Nagy K, Hultgren SJ, Mendling W, Wullt B, et al. Update on biofilm infections in the urinary tract. World journal of urology. 2012;30:51-7. https://doi.org/10.1007/s00345-011-0689-9.

13. Lazãr V, Chifiriuc MC. Architecture and physiology of microbial biofilms. Romanian Archives of Microbiology and Immunology. 2010;69:95-07.

14. Stickler DJ. Bacterial biofilms in patients with indwelling urinary catheters. Nature clinical practice urology. 2008;5:598-08. https://doi.org/10.1038/ncpuro1231.

15. Tannock GW.The bowel microflora: an important source of urinary tract pathogens. World journal of urology. 1999;17:339-44. https://doi.org/10.1007/s003450050158.

16. Stamm WE. Catheter-associated urinary tract infections: epidemiology, pathogenesis, and prevention.The

American journal of medicine.1991;91:S65-S71. https://doi.org/10.1016/0002-9343(91)90345-X.

17. Galiczewski JM. Interventions for the prevention of catheter associated urinary tract infections in intensive care units: an integrative review. Intensive and Critical Care Nursing. 2016;32:1-11. https//:doi.org/10.1016/j.iccn.2015.08.007.

18. Francolini I, Donelli G. Prevention and control of biofilm-based medical-device-related infections. FEMS Immunology & Medical Microbiology. 2010;59:227-38. https://doi.org/10.1111/j.1574-695X.2010.00665.x.

19. Stepanović S, Vuković D, Ješić M, Ranin L. Influence of acetylsalicylic acid (aspirin) on biofilm production by Candida species. Journal of chemotherapy. 2004;16:134-8. https://doi.org/10.1179/joc.2004.16.2.134.

20. Reid G, Habash M, Vachon D, Denstedt J, Riddell J, Beheshti .Oral fluoroquinolone therapy results in drug adsorption on ureteral stents and prevention of biofilm formation. International journal of antimicrobial agents. 2001;17:317-20. https://doi.org/10.1016/S0924-8579(00)00353-8.

21. Sofer M, Denstedt JD. Encrustation of biomaterials in the urinary tract. Current opinion in urology. 2000;10:563-9.

22. Chao Y, Marks LR, Pettigrew MM, Hakansson AP. Streptococcus pneumoniae biofilm formation and dispersion during colonization and disease. Frontiers in cellular and infection microbiology. 2015;4:194. https://doi.org/10.3389/fcimb.2014.00194.

23. Moriarty TF, Zaat SA, Busscher H J. Biomaterials associated infection: immunological aspects and antimicrobial strategies: Springer Science & Business Media; 2012.

24. Srinivasa Reddy P, Jamil K, Madhusudhan P, Anjani G, Das B. Antibacterial activity of isolates from Piper longum and Taxus baccata. Pharmaceutical biology. 2001;39:236-8. https://doi.org/10.1076/phbi.39.3.236.5926.

25. Pietta PG. Flavonoids as antioxidants. Journal of Natural Products. 2000;63:1035-42. https://doi.org/10.1021/np9904509.

26. Johnson R, Bryant S, Huntley AL. Green tea and green tea catechin extracts: an overview of the clinical evidence. Maturitas. 2012;73:280-7. https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2012.08.008.

27. Anzabi Y, Khaki A. Antibacterial activity of ziziphora tenuior lam extract and essential oil against bacteria isolated from urogenital tract infections. Medical Laboratory Journal. 2016;10:54-59. https://doi.org/10.18869/acadpub.mlj.10.6.54.

28. Amr S, Bollinger ME. Latex allergy and occupational asthma in health care workers: adverse outcomes. Environmental health perspectives. 2004;112:378-81.

29. Seidel A. Encyclopedia of polymer science and technology: Wiley; 2014.

30. Daniels CA. Polymers: structure and properties: CRC Press; 1989.

31. Park J, Lakes RS. Biomaterials: an introduction: Springer; Science & Business Media; 2007.

32. Rodrigues L. Van Der Mei H, Banat IM, Teixeira J, Oliveira R. Inhibition of microbial adhesion to silicone rubber treated with biosurfactant from Streptococcus thermophilus A. FEMS Immunology & Medical Microbiolog. 2006;46:107-12. https://doi.org/10.1111/j.1574-695X.2005.00006.x.

33. Lee JN, Park C, Whitesides GM. Solvent compatibility of poly (dimethylsiloxane)-based microfluidic devices. Analytical chemistry. 2003;75:6544-54. https://doi.org/10.1021/ac0346712.

34. Danese PN. Antibiofilm approaches: prevention of catheter colonization. Chemistry & biology. 2002;9:873-80. https://doi.org/10.1016/S1074-5521(02)00192-8.

35. Bhalodia NR, Shukla V. Antibacterial and antifungal activities from leaf extracts of Cassia fistula l.: An ethnomedicinal plant. Journal of advanced pharmaceutical technology & research. 2011;2:104. https://doi.org/10.4103/2231-4040.82956.

36. Fisher LE, Hook.L, Ashraf W, Yousef A, Barrett DA, Scurr DJ, et al. Biomaterial modification of urinary catheters with antimicrobials to give long-term broadspectrum antibiofilm activity. Journal of Controlled Release. 2015;202:57-64. https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2015.01.037

37. Wiegand I, Hilpert K, Hancock RE. Agar and broth dilution methods to determine the minimal inhibitory concentration (MIC) of antimicrobial substances. Journal of Nature protocols. 2008;3:163. https://doi.org/10.1038/nprot.2007.521.

38. Slane J, Vivanco J, Rose Ploeg HL, Squire M. Mechanical, material, and antimicrobial properties of acrylic bone cement impregnated with silver

nanoparticles. Materials Science and Engineering: C. 2015;48:188-96. https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.11.068.

39. Carberry BJ, Farrell J, Kennedy JE. Evaluation and characterisation of urinary catheter coating utilising Hansen solubility parameters and FEA analysis. Surface and Coatings Technology. 2015;276:456-63. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2015.06.029.

40. Tenke P, Riedl CR, Jones GL, Williams GJ, Stickler D, Nagy E. Bacterial biofilm formation on urologic devices and heparin coating as preventive strategy. International journal of antimicrobial agents. 2004;23:67-74. http//doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2003.12.007.

41. Pollini M, Paladini F, Catalano M, Taurino A, Licciulli A, Maffezzoli A, et al. Antibacterial coatings on haemodialysis catheters by photochemical deposition of silver nanoparticles. Journal of Materials Science: Materials in Medicine. 2011;22:2005-12. https://doi.org/10.1007/s10856-011-4380-x.

42. Gadkari PV, Balaraman M.Catechins: Sources, extraction and encapsulation: A review. Food and Bioproducts Processing. 2015;93:122-38. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.12.004.

43. Kim YW, Chun HJ, Kim IW, Liu HB, Ahn WS. Retracted Article: Antimicrobial and antifungal effects of green tea extracts against microorganisms causing vaginitis. Food Science and Biotechnology. 2013;22:713-9. https://doi.org/10.1007/s10068-013-0136-3.

44. Aghamohammadi A, Azadbakht M, Hosseinimehr SJ. Quantification of thymol content in different extracts of Zataria multiflora by HPLC method. Pharmaceutical and Biomedical Research. 2016;8-13. http://doi.org/10.18869/acadpub.pbr.2.1.8.

45. Ignasimuthu K, Prakash R, Murthy PS, Subban N. Enhanced bioaccessibility of green tea polyphenols and lipophilic activity of EGCG octaacetate on gram-negative bacteria. L.W.T. 2019;105:103-9. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.064.

46. Senthilkumar S, Sivakumar T. Green tea (*Camellia sinensis*) mediated synthesis of zinc oxide (ZnO) nanoparticles and studies on their antimicrobial activities International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 2014;6:461-5.

47. Oliveira RN, Mancini MC, Oliveira FCSd, Passos TM. Quilty B Thiré R M d S M et al. FTIR analysis and quantification of phenols and flavonoids of five commercially available plants extracts used in wound healing. FEMS Immunology & Medical Microbiology. 2016;21:767-79. https://doi.org/10.1590/S1517-707620160003.0072.

48. Valderrama ACSDeGCR. Traceability of Active Compounds of Essential Oils in Antimicrobial Food Packaging Using a Chemometric Method by ATR-FTIR. American Journal of Analytical Chemistry. 2017;8:726-41. https://doi.org/10.4236/ajac.2017.811053.

49. Miller-Chou BA, Koenig JL. A review of polymer dissolution. Progress in Polymer Science. 2003;28:1223-70. https://doi.org/10.1016/S0079-6700(03)00045-5.

Cite this article as:
Akhlaghi-Ardekani N, Mohebbi-Kalhori D, Samimi A, Karazhyan R. Improving the Antibacterial and Biofilm properties of Urinary Catheters by Using Green Tea and Ziziphora Extracts. Sadra Med Sci J 2020; 8(4): 381-396.