

تکمیل ضد میکروب پارچه پنبه ای با استفاده از هیدروژل ابریشم و عصاره گیاهی بابونه

Antibacterial finishing of cotton with silk hydrogel and chamomile extract

نسرین رحمتی، نیلوفر اصلاحی*، ابوسعید رشیدی

تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی نساجی، صندوق پستی: ۱۴۵۱۵/۷۷۵

چکیده

در این کار تحقیقاتی از پنبه کرم ابریشم به عنوان منبع پروتئینی فیبروئین که دارای خواص مکانیکی بسیار مطلوب است برای تهیه هیدروژل استفاده شده است. به این منظور فیبروئین ۲۰٪ در آب حل شد و برای تسریع در عمل ژل شدن کلرید کلسیم به آن اضافه شد و pH محلول با اسید کلریدریک به ۴ رسانده شد. سپس در دستگاه اولتراسونیک تحت امواج فراصوت در مدت ۳ دقیقه عمل ژل شدن صورت پذیرفت. در نهایت ۵٪ عصاره گیاهی بابونه به هیدروژل اضافه و تحت امواج فراصوت در آن بارگذاری شده و بر روی پارچه پنبه ای تکمیل شد. مورفولوژی، ساختار شیمیایی، میزان تورم، رهائش عصاره و خاصیت آنتی باکتریایی عصاره در هیدروژل بررسی شد. نتایج میکروسکوپی حاکی از پوشش مطلوب هیدروژل بر روی پارچه پنبه ای است. نتایج FTIR وجود گروههای عاملی در هیدروژل ابریشم و عصاره بابونه و پیوند بین این دو را تأیید کرد. نتایج تورم نشان داد که هیدروژل جذب آب پارچه را افزایش داده و بارگذاری عصاره در هیدروژل سبب کاهش جزئی جذب آب شده است. نتایج تست آنتی باکتریال نیز تایید کننده خاصیت ضد باکتری عصاره در برابر هر دو باکتری گرم مثبت و گرم منفی می باشد.

۱- مقدمه

OH، CONH، CONH₂ و SO₃H در پلیمرهایی است که ساختار هیدروژل را تشکیل می دهند. با توجه به محتوای زیاد آب، تخلخل و قوام نرم، هیدروژلها (بیش از هر نوع ماده زیستی مصنوعی دیگر) شباهت زیادی با بافت زنده طبیعی دارند. این ترکیبات می توانند بسته به کاربرد اشکال فیزیکی مختلفی شامل ورقه، میکروذره، نانوذره، الیاف، هالوتیوپها، ساختار پوششی و فیلم داشته باشند. به دلیل همین تنوع ساختار، هیدروژلها به طور متداول در زمینه های گوناگون پژوهشی نظیر زیست حسگرها، پانسمان ها، مهندسی بافت و جداسازی مولکولهای زیستی مورد

ژل های آبدوست که معمولاً به عنوان هیدروژلها نام برده می شوند، ساختارهای پلیمری با اتصال های عرضی هستند که قادر به جذب مقدار زیادی آب یا مایعات بیولوژیک می باشند و دارای پیوندهای کووالانسی هستند که از واکنش یک یا چند مونومر تولید می شوند [۱]. هیدروژلها وقتی در محیط های آبی قرار گیرند می توانند چندین برابر وزن خود آب جذب کنند و به دلیل داشتن ساختار سه بعدی خاص خود نامحلول باقی می مانند. تمایل این ترکیبات به جذب آب به دلیل حضور گروه های آبدوست نظیر

کلمات کلیدی

هیدروژل،
فیبروئین ابریشم،
اولتراسونیک،
عصاره بابونه،
ضد میکروب

*مستول مکاتبات، پیام نگار: eslahi_n@yahoo.com

ژل شدن این پروتئین تاثیر گذار است [۸]. هیدروژل ها وقتی در معرض محرک هایی مانند میدان الکتریکی، دما و pH قرار می گیرند، منقبض یا منبسط می شوند. از این رفتار تورمی، در توسعه سامانه های رهایش دارو در پزشکی استفاده شده است. هیدروژل ابریشم به دلیل ماهیت ساختار شبکه ای با قابلیت جذب مایعات، زیست سازگاری و امکان تخریب در محیط بدن و نیز خواص مکانیکی مناسب در کاربردهایی نظیر مهندسی بافت و به منظور حمل و رهایش دارو مورد استفاده قرار می گیرد. هم چنین ساختار سه بعدی و شبکه ای متخلخل هیدروژل ابریشم امکان بارگذاری مناسب جهت درمان و یا تولید محصولات آرایشی را فراهم می کند [۳، ۹]. جینگ و همکاران هیدروژل هیبریدی از ابریشم و تانیک اسید تهیه کردند که خواص چند منظوره شامل استحکام مکانیکی بالا، قابلیت تزریق، چسبندگی و فعالیت ضد میکروبی داشت. هم چنین مطالعات درون تنی بر روی مدل حیوانی موش نشان دهنده تسریع بهبود زخم های عمیق پوستی با هیدروژل تهیه شده بود [۱۰]. یکی از روش های دوستدار محیط زیست برای تهیه هیدروژل استفاده از امواج فراصوت است. وانگ و همکاران تاثیر عوامل محیطی شامل قدرت یونی، دما، pH و توان فراصوت را در تهیه هیدروژل ابریشمی مورد بررسی قرار دادند. هدف از این کار کنترل فرایند ژل شدن و سرعت فرایند و کاربرد آن در کپسولدار کردن سلولی بود. این فرایند به دلیل هیدراته شدن آب گریز، با تشکیل صفحات بتا همراه بود. هیدروژل ابریشم بدست آمده با این روش دارای ویژگی های مکانیکی مطلوب از جمله مدول الاستیک بالا بود [۱۱]. امروزه بهره گیری از داروهای گیاهی به عنوان جایگزین داروهای شیمیایی و آنتی بیوتیک ها مورد توجه قرار گرفته است. صفامهر و همکاران خاصیت ضد باکتری زخم پوش پنبه ای تکمیل شده با عصاره حنا را بررسی کردند و نتایج حاکی از خاصیت ضد باکتری قابل قبول این عصاره بود [۱۲]. گیاه بابونه یکی از قدیمی ترین گیاهان دارویی شناخته شده توسط انسان است و قدمت استفاده از آن به یونان باستان می رسد. در طب سنتی ایران بابونه با خاصیت ضد قارچ، ضد باکتری، ضد عفونی کننده و آنتی اکسیدان به عنوان تسکین دهنده درد و تب و یک عامل ضد اسپاسم مورد استفاده قرار گرفته است. عصاره روغنی گل بابونه حاوی فلاونوئیدهای ارزشمندی است که سبب ایجاد اثرات ضد التهابی و ترمیم آسیب های پوستی می شود. این عصاره در کرم های نرم کننده و مرطوب کننده برای پوست های حساس کاربرد فراوانی دارد [۱۳]. در این کار تحقیقاتی عصاره بابونه به عنوان ماده ای با خواص آنتی باکتریال و نرم کننده پوست در هیدروژل

استفاده قرار گرفته اند [۲]. فیبرئین ابریشم، پروتئینی با خواص مکانیکی بسیار مطلوب است که توسط دسته بزرگی از جانوران از جمله کرم ابریشم به شکل رشته ای ساخته می شود. ساختار منحصر به فرد ابریشم، تنوع فرآوری، زیست سازگاری، دسترس بودن آن به شکل های گوناگون، امکان اعمال مهندسی ژنتیک بر روی گونه های مختلف، قابل استریل شدن، شیمی سطحی مناسب و تخریب پذیری کنترل شده، ابریشم را در کاربردهای بالینی پزشکی، آرایشی و بهداشتی و غذایی به ماده ای بی نظیر بدل کرده است. چنین قابلیت هایی باعث شده که ابریشم بر بسیاری از زیست مواد برتری یابد و توجه پژوهشگران را در تهیه منسوجات پزشکی به خود جلب کند. ساختار اصلی فیبروئین ابریشم به طور عمده از گلايسين، آلانين و سرين تشکیل شده است. از جمله پتانسیل های این پروتئین در ساخت نانوذرات و داربست ها با سرعت تجزیه پایین، توانایی خود آرایی و خصوصیات مکانیکی آن است. فیبروئین توانایی محافظت از پروتئین و پپتیدهایی مانند انسولین و فاکتور رشد در سرم خون و محلول حاوی آنزیم تریپسین (آنزیم تجزیه کننده پروتئین ها در معده انسان) و افزایش مدت زمان رهایش این ترکیبات به صورت فعال را دارد [۳]. این پروتئین می تواند به شکل لایه، نانوالیاف، داربست، غشا، هیدروژل و پودر پردازش شود که آن را برای کاربردهای متنوع در زمینه مواد زیستی و تحویل دارو بسیار مناسب می سازد [۴]. شوگی هارا و همکاران با مقایسه فیلم فیبروئینی و نوعی زخم پوش تجاری دریافتند بهبود زخم به وسیله فیلم فیبروئینی التهاب کمتری را بوجود می آورد [۵]. گیل و همکاران نیز با مقایسه پانسمان های هیدروکلوئیدی تجاری با پانسمان های تولید شده از ابریشم دریافتند که روند بهبود زخم با استفاده از زخم پوش ابریشمی حدود ۱۳٪ سریعتر از نمونه دیگر است و ابریشم می تواند گزینه مناسبی برای درمان زخم ها نظیر جراحت سوختگی باشد [۶].

رویکردهای فیزیکی و شیمیایی متعددی برای ساخت هیدروژل ابریشم مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است [۷]. هنگامی که در داخل زنجیرهای پروتئین فیبروئین باندهای هیدروژنی، الکترواستاتیک و هیدروفوب تشکیل شود، هیدروژل شکل می گیرد. ژل شدن در ابتدا با تشکیل باندهایی آغاز می شود که تاثیری در تشکیل ساختار ثانویه ندارند. در ادامه با افزایش زمان، صفحات بتای قوی در ساختار ابریشم ایجاد شده و هیدروژل تشکیل می شود. پارامترهایی همچون دما، pH و غلظت بر فرآیند

شد. همچنین از کلرید کلسیم ۲۰۰ میلی مولار به عنوان کراسلینک کننده استفاده شد و pH محلول با استفاده از کلریدریک اسید یک مولار به ۴ رسانده شد. محلول آماده شده در دستگاه اولتراسونیک (Heilscher Ultra-sonics UP200S, 200W) تحت امواج فراصوت با دامنه ۵۰٪ قرار داده شد که بعد از ۳ دقیقه عمل ژل شدگی صورت گرفت.

۲-۴- بارگذاری عصاره در هیدروژل و پوشش دهی پارچه پنبه ای

برای بارگذاری عصاره روغنی بابونه به میزان ۵٪ از آن به محلول فیبروین ابریشم (۲۰٪ وزنی) افزوده و تریتون ۱٪/۰۱ به آن اضافه شد و به مدت ۵ دقیقه اولتراسونیک شد. در نهایت پارچه پنبه ای با هیدروژل های تهیه شده با عصاره و بدون عصاره آغشته شد و به مدت ۵ دقیقه اولتراسونیک شد و سپس در آن با دمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه خشک شد.

۲-۵- ارزیابی خواص پارچه تکمیل شده

برای بررسی ساختار شیمیایی و مورفولوژی هیدروژل به ترتیب از آنالیز طیف سنجی مادون قرمز FTIR مدل Nexus ۸۷۰ در محدوده عدد موجی $4000-400 \text{ cm}^{-1}$ و میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM ساخت شرکت Philips آمریکا مدل XL-30 استفاده شد. درصد تورم و جذب آب نمونه ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$S = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

W1 وزن نمونه پیش از قرار گرفتن در محیط آبی، W2 وزن نمونه پس از قرار گرفتن در آب، S میزان جذب می باشد. هم چنین برای ارزیابی مقدار رهایش عصاره، از هر پارچه، ۳ نمونه به ابعاد $1/5 \times 1/5$ بریده شد و در بازه های زمانی ۱، ۲، ۴ و ۲۴ ساعت در آب یونیزه قرار گرفت. در هر زمان میزان CC^2 از آن برداشته و در دستگاه اسپکتروفتومتر جذبی، میزان رهایش در طول موج جذب عصاره در ۲۵۶ نانومتر اندازه گیری شد.

در نهایت برای ارزیابی فعالیت ضد باکتریایی عصاره بابونه در برابر باکتری گرم منفی اشرشیاکلی و باکتری گرم مثبت استافیلوکوک اورئوس از روش استاندارد مک فارلند استفاده شد و پس از ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه قطر اطراف دیسک یا همان هاله عدم رشد باکتری اندازه گیری شد. هم چنین برای ارزیابی خاصیت ضد باکتری هیدروژل محتوی عصاره از روش استاندارد ASTM E2149- 01 استفاده شد.

ابریشم، که با توجه به خواص مکانیکی و ساختاری و بدلیل سازگاری با پوست انسان و عدم سمیت بسیار کارآمد می باشد، بارگذاری و سپس روی منسوج پنبه ای پوشش دهی شد. خواص پارچه تکمیل شده شامل جذب آب و تورم، مورفولوژی، ساختار شیمیایی، رهایش عصاره و خاصیت ضد میکروبی بررسی گردید و قابلیت کاربرد آن به عنوان منسوج ضد میکروب ارزیابی شد.

۲- تجربیات

۲-۱- مواد مورد نیاز

تمامی مواد مصرفی در این کار تحقیقاتی شامل کربنات سدیم، کلرید کلسیم، اتانول، کلریدریک اسید و تریتون (Triton X-100) از شرکت مرک آلمان (گرید آزمایشگاهی) خریداری شد. پیله کرم ابریشم بومبیکس موری از نمایشگاه ابریشم گیلان-رشت و عصاره روغنی بابونه از شرکت شفای کردستان خریداری شد. هم چنین پارچه پنبه ای سفیدگری شده (تاری پودی، وزن ۱۴۰ گرم بر متر مربع) از شرکت نساجی بروجرد تهیه شد.

۲-۲- استخراج فیبروئین ابریشم

در این تحقیق ابتدا پیله های کرم ابریشم بومبیکس موری خرد و لایه های آن از هم جدا شدند. سپس پیله های آماده شده در بشر حاوی محلول آبی ۰/۰۲ مولار سدیم کربنات در دمای جوش به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند تا الیاف صمغ گیری و سریسین آن حذف شود. سپس چندین بار شستشو و یک شبانه روز در دمای محیط خشک شدند. پس از صمغ زدایی، پیله ها در محلول حاوی کلرید کلسیم/آب/اتانول با نسبت مولی ۸:۲:۱ در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ شبانه روز بر روی هیتتر با هم خوردن ملایم قرار داده شدند تا محلولی چسبناک به رنگ زرد بدست آمد که همان فیبروئین استخراجی می باشد.

سپس محلول از صافی عبور داده شده و در کیسه دیالیز (با وزن مولکولی ۱۴۰۰۰ دالتون) به مدت ۴۸ ساعت در حمام آب دیونیزه در دمای اتاق برای خروج نمک های اضافه قرار گرفت. سپس محلول فیبروئین بدست آمده با سرعت ۵۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد تا ناخالصی ها درون ظرف رسوب نماید. در نهایت محلول فیبروئین بدست آمده منجمد و درون دستگاه فریزدرایر خشک شد [۱۴].

۲-۳- تهیه هیدروژل ابریشم

پودر فیبروئین استخراجی (۲۰٪ درصد وزنی) در ۵ cc آب حل

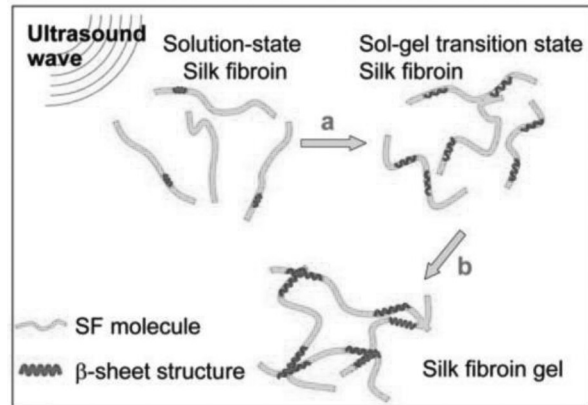
۲-۳- FTIR

نتایج طیف‌سنجی FTIR برای بررسی گروه‌های عاملی نمونه‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است. پیک‌های شاخص در طیف مادون قرمز فیبروئین استخراجی در شکل ۲ الف مربوط به پیوندهای پپتیدی می‌باشد. حضور گروه‌های آمیدی با نوارهای ارتعاشی در 1745 cm^{-1} و 1639 cm^{-1} و 1640 cm^{-1} ناشی از آمید نوع سوم (گروه کششی C-N)، قله جذب 1634 cm^{-1} ناشی از آمید نوع دوم (گروه‌های خمشی N-H) و قله 1639 cm^{-1} ناشی از آمید نوع اول (گروه‌های کششی C=O) می‌باشد [۱۶، ۱۷]. باندهای شاخص فیبروئین در هیدروژل هم با اندکی تغییر در عدد موج (1639 cm^{-1} ، 1640 cm^{-1} و 1634 cm^{-1}) مشاهده می‌شوند. هم‌چنین وجود پیک پهن در ناحیه $1-3340\text{ cm}^{-1}$ نشان‌دهنده پیوندهای هیدروژنی در ابریشم است.

پیک‌های عصاره بابونه در شکل ۲ ب، پیک گروه‌های هیدروکسیل O-H در 3470 cm^{-1} و گروه‌های آلیفاتیک C-H در 2924 cm^{-1} و 2924 cm^{-1} ، گروه کربونیل استری در 1745 cm^{-1} و پیک کششی C-N آمین نوع اول در 1370 cm^{-1} مشاهده می‌شود [۱۸]. بر مبنای نتایج حاصل برای نمونه هیدروژل حاوی عصاره وجود پیک‌های شاخص هر دو جزء تأیید شد. پیک پهن گروه‌های هیدروکسیل در 3470 cm^{-1} ، گروه کربونیل آمید نوع اول ابریشم در 1640 cm^{-1} و گروه کربونیل استری عصاره به صورت یک شانه در 1737 cm^{-1} وجود پیوند در این دو جزء را تأیید می‌کند.

۳-۳- SEM

تست SEM تغییر در مورفولوژی الیاف را نشان می‌دهد. برای انجام این تست پارچه پوشش داده شده با

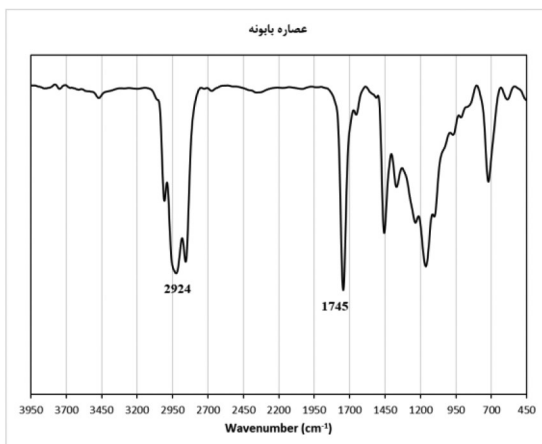


شکل ۱- مکانیسم تشکیل هیدروژل فیبروئین ابریشم [۱۱].
(با اجازه انتشار از مرجع مربوطه)

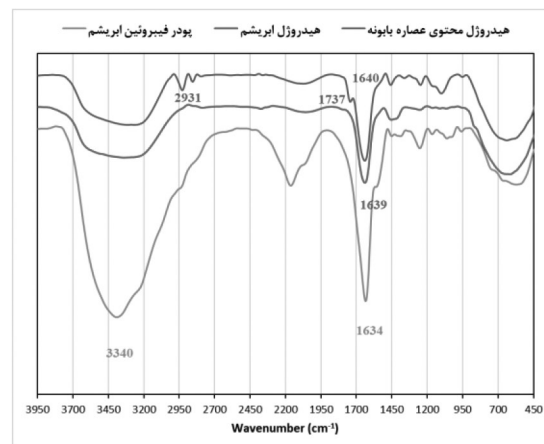
۳- نتایج و بحث

۳-۱- مکانیسم تشکیل هیدروژل

در این کار تحقیقاتی از امواج فراصوت برای تبدیل فیبروئین به هیدروژل استفاده شد. امواج پرانرژی فراصوت می‌تواند با بالا بردن دما، فشار و ایجاد حباب در محلول و بواسطه حرکات پی در پی سبب تغییر در برهم‌کنش‌های آبگریز بین زنجیرهای پروتئین شده و با افزایش صفحات بتا ژل شدن رخ دهد. هم‌چنین امواج فراصوت در محیط آبی می‌تواند رادیکال‌های پر انرژی هیدروکسیل، هیدروپروکسیل و هیدروژن ایجاد کند و از طریق واکنش‌های سونوشیمی سبب اکسایش زنجیرهای پروتئینی شوند [۱۵]. افزودن کلرید کلسیم نیز سبب تسریع روند تشکیل کراس‌لینک از طریق ایجاد کمپلکس بین یون‌های کلسیم و زنجیرهای پروتئینی در فیبروئین ابریشم می‌شود [۱۱]. شکل ۱ مکانیسم ژل شدن فیبروئین با امواج فراصوت را نشان می‌دهد.

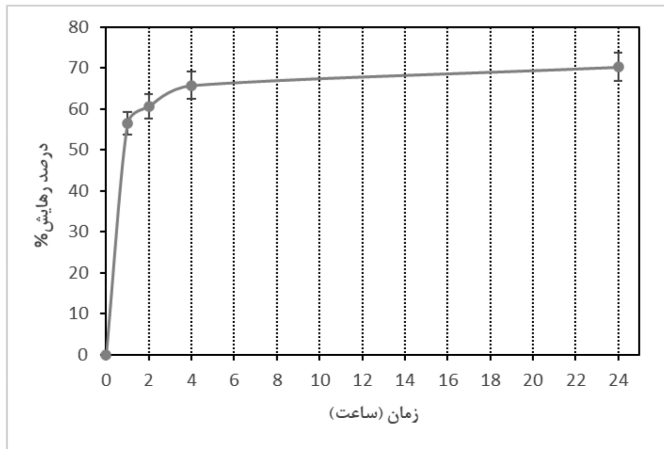


ب



الف

شکل ۲- نتایج FTIR (الف) پودر فیبروئین ابریشم، هیدروژل ابریشم و هیدروژل محتوی عصاره، (ب) عصاره بابونه



شکل ۴- منحنی رهایش عصاره در زمان‌های مختلف.

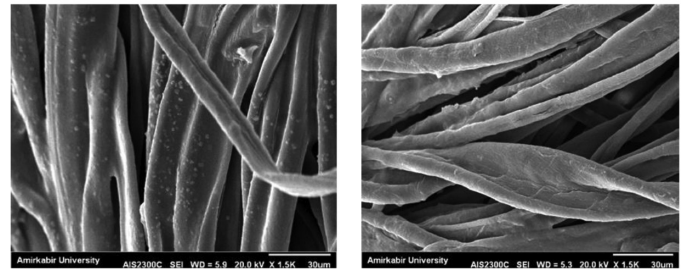
۳-۶- آنتی باکتری

جهت بررسی خاصیت آنتی باکتریال عصاره، ابتدا عصاره به تنهایی در برابر دو باکتری گرم مثبت و گرم منفی قرار داده شد. قطر هاله عدم رشد باکتری گرم مثبت ۷ میلی متر و در باکتری گرم منفی ۴ میلی متر بود که این می تواند مربوط به نفوذ ناپذیرتر بودن دیواره باکتری های گرم منفی در مقابل آنتی بیوتیک ها باشد. شکل ۵ قطر عدم هاله رشد باکتری را نشان می دهد که نشان از آنتی باکتریال بودن عصاره بایونه بدلیل وجود ترکیبات کامفور (۰.۴۵٪)، کریزانتیل استات (۲۵/۵٪) و کامفن (۹/۶٪) می باشد [۵].

در ادامه نمونه هیدروژل محتوی عصاره بررسی شد. با مقایسه این نمونه‌ها با نمونه‌های شاهد در شکل ۶ تعداد باکتری ها به وضوح کاهش یافته و لذا خاصیت آنتی باکتریال بودن نمونه هیدروژل بارگذاری شده با عصاره بایونه به اثبات رسید.

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش از فیبروئین ابریشم برای تهیه هیدروژل استفاده شد. سپس عصاره بایونه در آن بارگذاری و بر روی کالای پنبه ای به روش فراصوت اعمال گردید. نتایج



شکل ۳- تصاویر SEM پارچه های پوشش داده شده با: الف) هیدروژل ابریشم و ب) هیدروژل محتوی عصاره بایونه

هیدروژل تنها و به همراه عصاره مورد بررسی قرار گرفت و از نمونه‌ها تصویربرداری شد. هدف از انجام این آنالیز بررسی تشکیل و یکنواختی هیدروژل بر روی پارچه پنبه‌ای است. طبق شکل ۳ وجود لایه ای از هیدروژل بر روی الیاف پارچه مشهود می باشد.

۴-۳- تورم

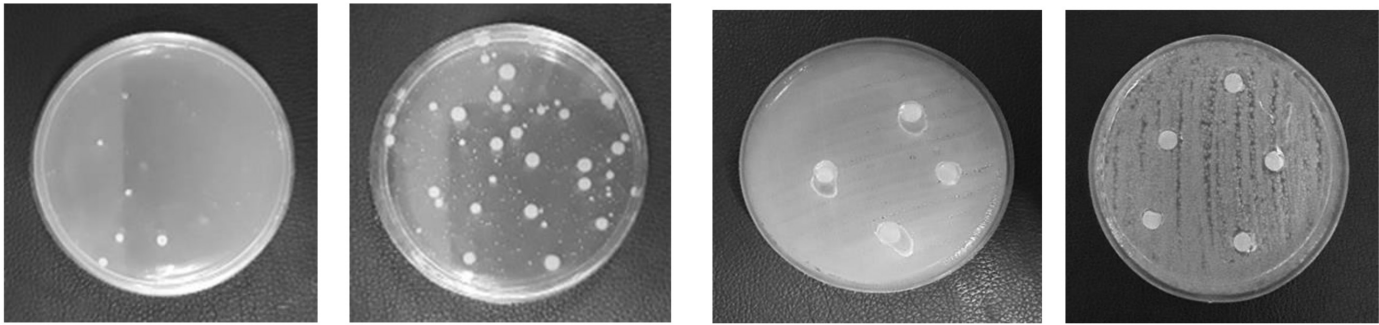
جدول ۱ درصد جذب آب نمونه‌ها (میانگین ۳ تکرار) را در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل، میزان تورم نمونه‌ها به وضوح با افزایش زمان افزایش یافته و بعد از مدت زمان ۲۴ ساعت به تعادل رسید. نمونه‌های پارچه دارای هیدروژل جذب آب بالاتری نسبت به نمونه خام نشان می‌دهند. هم چنین نمونه‌های تکمیل شده با عصاره بدلیل روغنی بودن عصاره و همچنین کاهش گروه‌های آلدوست در دسترس دارای جذب آب کمتری نسبت به نمونه تک جزئی هیدروژل می باشند. هر چند که اضافه شدن عصاره کاهش فاحشی در تورم نداشته است.

۳-۵- رهایش عصاره

شکل ۴ میزان رهایش عصاره را نشان می‌دهد، میزان رهایش عصاره طی بازه‌های زمانی تا ۲۴ ساعت سیر صعودی داشت. یعنی مقدار بیشتری از عصاره، از هیدروژل در آب آزاد شده است. رهایش تا ۴ ساعت اول با شیب تندی افزایش یافته و پس از آن به صورت کنترل شده تا پایان بازه زمانی مورد آزمایش قرار گرفت.

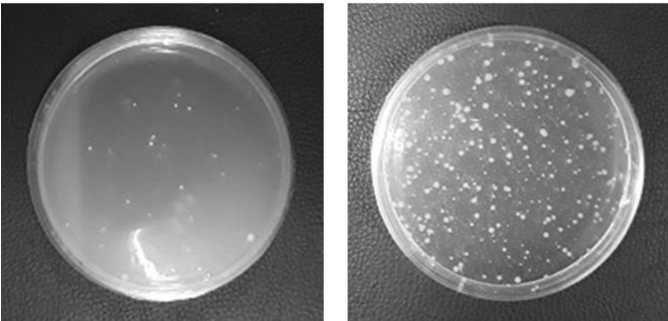
جدول ۱- میانگین درصد جذب آب پارچه‌های تکمیل شده در بازه‌های زمانی مختلف.

نمونه	۱ ساعت	۲ ساعت	۴ ساعت	۲۴ ساعت
پارچه خام	60.32±4.5	63.52±2.3	65.12±1.5	68.52±2.2
پارچه پنبه ای تکمیل شده با هیدروژل	81.75±3.4	87.88±2.6	90.52±1.4	94.94±2.5
پارچه پنبه ای تکمیل شده با هیدروژل و عصاره	80.00±1.1	82.84±2.2	85.56±1.8	89.16±2.7



الف ب

شکل ۵- قطر هاله عدم رشد عصاره بابونه در برابر باکتری
الف) گرم منفی اشرشیاکلی و ب) گرم مثبت استافیلوکوک اورئوس



نمونه هیدروژل حاوی عصاره

نمونه شاهد

شکل ۶- تصویر نمونه های هیدروژل همراه با عصاره برای کشت باکتری
گرم مثبت (تصاویر بالا) و گرم منفی (تصاویر پایین)

ها را نشان داد. هم چنین عصاره در ترکیب با هیدروژل
همچنان دارای خاصیت ضد میکروبی بود.

میکروسکوپی پوشش مطلوب هیدروژل روی پارچه را نشان داد. نتایج طیف سنجی نیز پیک های شاخص هیدروژل و عصاره بابونه و پیوند بین این دو را تایید کرد. در بررسی میزان جذب آب، هیدروژل فیروئین بیشینه مقدار تورم را دارا بود و با اضافه شدن عصاره مقدار جذب کاهش یافت. منحنی رهایش برای نمونه ای حاوی ۰.۵٪ عصاره نیز نشان دهنده افزایش میزان رهایش با گذشت زمان بود. نتایج تست آنتی باکتریال در برابر دو باکتری گرم مثبت و گرم منفی، غلبه عصاره در برابر این باکتری

۵- منابع

- 225, 58-64, 2000.
6. Gil, E.S., Panilaitis, B., Bellas, E., Kaplan, D. L., Functionalized silk biomaterials for wound healing, *Adv. Healthc. Mater.*, 2, 206-217, 2013.
7. Zheng, H., Zuo, B., Functional silk fibroin hydrogels: preparation, properties and applications, *J. Mater. Chem. B.*, 9, 1238-1258, 2021.
8. Kim, U.-J., Park, J., Li, C., et al., Structure and properties of silk hydrogels, *Biomacromolecules*, 5, 786-792, 2004.
9. Numata, K., Katashima, T., Sakai, T., State of water, molecular structure, and cytotoxicity of silk hydrogels, *Biomacromolecules*, 12, 2137-2144, 2011.
10. Jing, J., Liang, S., Yan, Y., Tian, X., Li, X., Fabrication of Hybrid Hydrogels from Silk Fibroin and Tannic Acid with Enhanced Gelation and Antibacterial Activities, *ACS Biomater. Sci. Eng.*, 5, 4601-4611, 2019.
11. Wang, X., Kluge, J., Leisk, G., Kaplan, D. L., Sonication-induced gelation of silk fibroin for cell encapsulation, *Van Vlierberghe, S., Dubruel, P., Schacht, E., Biopolymer-based hydrogels as scaffolds for tissue engineering applications: a review, Biomacromolecules*, 12, 1387-1408, 2011.
2. Caló, E., Khutoryanskiy, V.V. Biomedical applications of hydrogels: A review of patents and commercial products, *Eur. Polym. J.*, 65, 252-267, 2015.
3. Motta, A., Migliaresi, C., Faccioni, F., Torricelli, P., Fini, M., Giardino, R., Fibroin hydrogels for biomedical applications: preparation, characterization and in vitro cell culture studies, *J. Biomater. Sci. Polym. Ed.*, 15, 851-864, 2004.
4. Koh, L.-D., Cheng, Y., Teng, Ch., et al., Structures, mechanical properties and applications of silk fibroin materials, *Prog. Polym. Sci.*, 46, 86-110, 2015.
5. Sugihara, A., Sugiura, K., Morita, H., et al., Promotive effects of a silk film on epidermal recovery from full-thickness skin wounds (44552), *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*,

- ication effects on silk fibroin protein, *Macromol. Mater. Eng.*, 298, 1201-1208, 2013.
16. Zhang, H., Li, L., Dai, F., et al., Preparation and characterization of silk fibroin as a biomaterial with potential for drug delivery, *J. Transl. Med.*, 10, 1-9, 2012.
 17. Dodel, M., Hemmati Nejad, N., Bahrami, S. H., Soleimani, M., et al., Electrical stimulation of somatic human stem cells mediated by composite containing conductive nanofibers for ligament regeneration, *Biologicals.*, 46, 99-107, 2017.
 18. Parlinska-Wojtan, M., Kus-Liskiewicz, M., Depciuch, J., Sadik, O., Green synthesis and antibacterial effects of aqueous colloidal solutions of silver nanoparticles using camomile terpenoids as a combined reducing and capping agent, *Bioprocess Biosyst. Eng.*, 39, 1213-1223, 2016.
 12. Safamehr, A., Ghasemi, L., Golkar, P., Valipouri, A., Investigating the antibacterial effect of wound healing with Henna extract, *Journal of Apparel and Textile Science and Technology*, 6, 19-23, 2018.
 13. Abdoul-Latif, F.M., Mohamed, N., Edou, P., et al., Antimicrobial and antioxidant activities of essential oil and methanol extract of *Matricaria chamomilla L.* from Djibouti, *J. Med. Plants Res.*, 5, 1512-1517, 2011.
 14. Dodel, M., Hemmati Nejad, N., Bahrami, S. H., Soleimani, M., Hanaee-Ahvaz, H., Modifying the mechanical properties of silk nanofiber scaffold by knitted orientation for regenerative medicine applications, *Cell. Mol. Biol. (Noisy-le-grand)*, 62, 16-25, 2016.
 15. Samal, S.K., Kaplan, D.L., Chiellini, E., *Ultrasound son-*