مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال نوزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳، صفحات ۷۶-۶۵

خالص سازی اولئوصمغ آنغوزه (*فرولا آسافوئیتیدا*) جهت تولید نانوالیاف با پتانسیل ضدمیکروبی توسط تکنیک الکتروریسی

سعیده جعفری[۱]، عبدالله همتیان سورکی[۲]، صفورا پشنگه[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه جهرم، ایران

۲- نویسنده مسئول: استادیار و عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه جهرم، جهرم، ایران. پست الکترونیکی: a.hematian@jahromu.ac.ir

۳- استادیار و عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه جهرم، جهرم، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۴/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۸

چکیده

سابقه و هدف: صمغ استخراج شده از ریشه *فرولا آسافوئیتیدا* دارای خواص ضدقارچ، ضد دیابت، ضد سرطان، ضد التهاب و ضد ویروسی است و شامل ترکیباتی مانند قندها، کومارین‌ها و پلی‌سولفیدها می‌باشد. این پژوهش با هدف خالص‌سازی بخش محلول در آب صمغ آنغوزه و بررسی خواص ضدمیکروبی آن و امکان استفاده از آن در تولید پوشش‌های زیست‌تخریب‌پذیر با تکنیک الکتروریسی، انجام شد.

مواد و روش‌ها: پس از تأیید حضور ترکیبات زیست‌فعال با کروماتوگرافی گازی-طیف سنج جرمی و اثبات خاصیت ضدمیکروبی صمغ خالص آنغوزه با روش انتشار دیسک، نانوالیاف صمغ آنغوزه و پلی‌اتیلن اکساید با الکتروریسی تهیه و اثرات ضدمیکروبی آن‌ها بررسی شد. دو درصد پلی اتیلن اکساید به عنوان کمک فرآیند الکتروریسی (Co-Spinning Agent) به محلول صمغ آنغوزه اضافه شد.

یافته‌ها: تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان داد که الکتروریسی مخلوط صمغ خالص آنغوزه و پلی‌اتیلن اکساید به‌طور موفقیت‌آمیز انجام شده و نانوالیاف یکنواخت و بدون گویچه با قطر میانگین ۴۸۲ نانومتر تشکیل شده است. بیشترین تأثیر ضدمیکروبی نانوالیاف آنغوزه-پلی‌اتیلن اکساید در آزمون انتشار دیسک، بر *آسپرژیلوس نایجر* با قطر ناحیه عدم رشد ۲۰٫۶۷ میلی‌متر مشاهده شد. نتایج نشان داد که صمغ خالص آنغوزه به‌تنهایی قابلیت الکتروریسی ندارد و استفاده از پلی‌اتیلن اکساید برای تولید نانوالیاف ضدمیکروبی ضروری است. آزمون انتشار دیسک نشان داد که نانوالیاف ترکیبی از صمغ آنغوزه و پلی‌اتیلن اکساید فعالیت ضدمیکروبی قابل‌توجهی علیه میکروارگانیسم‌های هدف دارند.

نتیجه‌گیری: صمغ خالص آنغوزه می‌تواند به عنوان یک پلیمر زیست تخریب پذیر با خاصیت ضدمیکروبی بالا، به عنوان یک جزء هیدروکلوئیدی در تولید پوشش‌ها و بسته بندی‌های خوراکی زیست تخریب پذیر و فعال استفاده شود.

واژگان کلیدی: پلی اتیلن اکساید، خاصیت ضد قارچی، انتشار دیسک، الکتروهیدرودینامیک، اولئوصمغ بومی

پیام‌های اصلی

- بخش محلول در آب اولئوصمغ آنغوزه خاصیت ضد میکروبی بالایی دارد.
- پلی اتیلن اکساید به عنوان کمک فرآیند الکتروریسی، قابلیت تولید نانوالیاف از صمغ خالص آنغوزه را امکان پذیر می نماید.
- نانوالیاف حاصل از صمغ خالص آنغوزه و کمک فرایند پلی اتیلن اکساید، خاصیت ضد میکروبی بالایی بر علیه قارچ‌ها، باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی دارند.

• مقدمه

امروزه در پاسخ به نگرانی‌ها مبتنی بر آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از پلاستیک‌ها و پلیمرهای دیرتجزیه‌پذیر مورد استفاده در صنایع بسته بندی، علاقه فزاینده‌ای به طراحی و تولید مواد تجزیه پذیر و سازگار با محیط زیست برای بسته‌بندی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.65]

مواد غذایی، در بین محققین دیده می‌شود. در همین راستا، مواد الکتروریسی شده مبتنی بر پلیمرهای زیستی، به ویژه پلی ساکاریدهایی مانند کیتوزان، نشاسته و سلولز به عنوان جایگزین‌های قابل قبولی برای انواع پلیمرهای مصنوعی پیشنهاد شده‌اند که علاوه بر زیست تخریب‌پذیر بودن، از ویژگی‌های ممانعت کنندگی و مقاومت‌های فیزیک و حرارتی بالایی نیز برخوردار هستند (۱). فیلم‌ها و پوشش‌های ضدمیکروبی خوراکی که حاوی اسانس‌ها و عصاره‌های طبیعی هستند؛ یک نوآوری در بسته بندی مواد غذایی محسوب می‌شوند. خصوصیاتی شامل زیست تجزیه پذیر بودن، رهایش تدریجی ترکیبات زیست فعال، کاهش خروج رطوبت از مواد غذایی و جلوگیری از رهاشدن ترکیبات معطر، مزایای استفاده از این نوع بسته بندی‌ها می‌باشد (۲). اولئوصمغ آنغوزه، یک پلی‌ساکارید غنی از ترکیبات فنولی می‌باشد که قابلیت ایجاد یک ماده بسته بندی سازگار با محیط زیست و با خواص عملکردی بالا را دارا می‌باشد. از صمغ رزینی استخراج شده از ریشه‌ی *فرولا آسافوئیتیدا* (آنغوزه) در بسیاری از کشورها به عنوان داروی گیاهی استفاده می‌شود. این صمغ رزینی دارای فعالیت ضدقارچ، ضد دیابت، ضدسرطان، ضد تورم و التهاب و ضد ویروسی می‌باشد. دامنه‌ی وسیعی از ترکیبات شیمیایی مانند قندها، کومارین‌های سسکوئی‌ترپن و پلی‌سولفیدها از این گیاه جدا شده است (۳). امروزه برای استخراج ترکیبات موثره از بافت‌های گیاهی از روش‌های مختلف استخراج همچون استخراج با حلال‌های قطبی و غیرقطبی (۴)، استخراج با دی‌اکسید کربن فوق بحرانی (۵)، استخراج با آب زیربحرانی (۶)، استخراج با کمک امواج فراصوت (۷)، استخراج با کمک امواج مایکروویو (۸) و استخراج با روش‌های نوین غیر حرارتی (۹) استفاده می‌شود. اولئوصمغ آسافوئیتیدا که یک اولئورزین حاصل از ریشه گیاه می‌باشد؛ از طریق استخراج الکلی و سپس انحلال در آب استخراج و خالص سازی می‌شود. خصوصیات فیزیکوشیمایی این اولئوصمغ با روش‌ها و آزمون‌های رنگ سنجی، اسپکتروفتومتری تبدیل فوریه مادون قرمز، کروماتوگرافی گازی-اسپکتروفتومتری جرمی تعیین شده است. این اولئوصمغ اساسا متشکل از کربوهیدرات‌ها با توزیع مونوساکاریدی گالاکتوز، آرابینوز، رامنوز و آرابینوگالاکتون می‌باشد (۱۰). در گونه‌ی آسافوئیتیدا، علاوه بر آلفاپاینین، ترکیبات گوگرددار همچون پروپینل بوتیل دی سولفید و متیل پروپینل دی سولفید نیز یافت شده است (۱۱).

الکتروریسی یک فرآیند الکتروهیدرودینامیک ارزان قیمت با کارآیی و راندمان زیاد برای تولید پلیمرهایی با ابعاد میکرون، زیرمیکرون (Sub-micron) یا فوق‌نازک (Ultra-thin) و نانو می‌باشد. الیاف حاصل از روش الکتروریسی دارای دانسیته کم، تخلخل زیاد و منافذی با اندازه‌های متنوع هستند (۱۲). با هدف انجام موفق فرآیند الکتروریسی صمغ‌های کربوهیدراتی، پارامترهای مختلفی همچون ساختار مولکولی صمغ، حلالیت در آب یا حلال‌های آلی، ترکیب و پیوستگی پلیمر-پلیمر باید ویژگی‌های صمغ در نظر گرفته شود. بنابراین به منظور دستیابی به قابلیت الکتروریسی صمغ‌ها، می‌توان از راهکارهای اختلاط، کمک فرآیندهای پلیمری، مواد حامل (Carrier materials) و ایجاد کننده‌ی اتصالات عرضی (Crosslinking materials) استفاده نمود (۱۳). توانایی پلی اتیلن اکساید PEO (Poly Ethylene Oxide) به عنوان یک کمک فرآیند الکتروریسی به اثبات رسیده است. با توجه به وزن مولکولی زیاد، قابلیت انحلال در آب و سایر حلال‌های قطبی و همچنین عدم سمیت پلی اتیلن اکساید، می‌توان از آن در تولید یک محلول قابل الکتروریسی از صمغ‌ها، بهره گرفت (۱۴). پلی اتیلن اکسید یک پلیمر سنتزی زیست‌تخریب‌پذیر، سازگار با محیط زیست و محلول در آب است و همچنین یک کمک فرآیند کارآمد برای افزایش قابلیت الکتروریسی پلیمرهای مختلف از جمله پلی لاکتیک اسید، ترکیب آلژینات/ پکتین، ایزوله پروتئین سویا، ایزوله پروتئین آب پنیر، کنسانتره پروتئین میکروجلبک اسپیرولینا و آلژینات سدیم می‌باشد (۲۱-۱۵). این پلیمرهای همزمان الکتروریسی شده (co-electrospun polymers) را می‌توان قبل از شروع فرآیند الکتروریسی یا در حین الکتروریسی، به یک سیال همگن تبدیل کرد (۲۲). Tajfiroozeh و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از روش الکتروریسی، یک غشای نانوکامپوزیت متشکل از نانوالیاف کیتوزان- پلی اتیلن اکساید محتوی نایسین و گالیک اسید تولید کردند که با توجه به خاصیت ضدمیکروبی و آنتی اکسیدانی این غشاء، برای بسته بندی موادغذایی استفاده گردید (۲۳). نانوالیاف و پوشش‌های به دست آمده از روش‌های الکتروریسی و الکترواسپری دارای مزایای مختلفی از جمله ظرفیت بالای نگهداری ترکیبات زیست فعال، و توانایی واکنش سریع نسبت به پارامترهای درونی (pH، فعالیت آبی، EH و ترکیبات شیمیایی ماده غذایی) و بیرونی مواد غذایی (شرایط نگهداری (دما، اتمسفر بسته بندی) و آلودگی میکروبی اولیه) به دلیل سطح زیاد و رهایش قابل کنترل می‌باشند. همچنین با توجه به قطر اندک نانوالیاف، آنها یک مانع و سد بسیار کارآمد در برابر ویروس‌ها و میکروارگانیسم‌ها به حساب می‌آیند.

اولئوصمغ گیاه آنغوزه یک پلیمر سبز (Green Polymer) می‌باشد که با توجه به زیست تجزیه‌پذیر و GRAS (Generally

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.65]

Recognized As Safe) بودن و همچنین دارا بودن خاصیت ضدمیکروبی، هیدروکلوئیدی مناسب جهت تولید یک پوشش ضدمیکروبی است. از طرفی علیرغم انجام پژوهش‌های مختلف در زمینه استفاده از فیلم‌های خوراکی تولید شده به روش ریخته گری مذاب (Casting) جهت پوشش‌دهی و بسته بندی مواد غذایی، پژوهش اندکی در زمینه کاربرد الکتروریسی در تولید پوشش‌های فعال، خوراکی و زیست تخریب پذیر با استفاده از صمغ‌های بومی انجام شده است. از همین رو با توجه به قابلیت‌های بالای فیلم‌های تولید شده به روش الکتروریسی نسبت به فیلم‌های تولید شده به روش ریخته گری مذاب، این پژوهش با هدف بررسی قابلیت الکتروریسی صمغ خالص آنغوزه و امکان سنجی تولید یک پوشش و فیلم ضدمیکروبی از نانوالیاف و همچنین بررسی پروفایل ترکیبات شیمیایی و خاصیت ضد میکروبی آن به عنوان یک پلیمر زیست تخریب پذیر انجام شد.

• مواد و روش‌ها

مواد

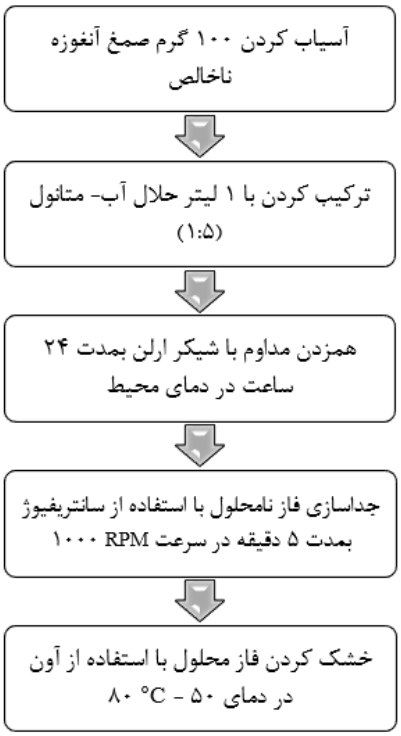
اولئوصمغ *فرولا آسافوئیتیدا* (آنغوزه) از ارتفاعات زاگرس در استان فارس- بخش لارستان جمع آوری شد (شکل ۱). پلی اتیلن اکساید با میانگین وزن پلیمری ۹۰۰۰۰۰ (۹۰۰ کیلو دالتون) و توئین ۸۰ از نمایندگی شرکت سیگما آلدریچ (سنت لوئیس، امریکا) خریداری گردید. اتانول، متانول و استیک اسید از نمایندگی شرکت مرک خریداری شد. در تهیه محلول‌ها از آب دوبار تقطیر شده استفاده شد. سویه‌های استاندارد میکروب‌های مورد آزمایش در این تحقیق به نام *اشریشیاکلای* (ATTC 35218)، *استافیلوکوکوس اورئوس* (ATTC 6538) و کپک *آسپرژیلوس نایجر* (ATTC 6275) از سازمان پژوهش‌های صنعتی ایران (تهران، ایران) خریداری و سوسپانسیون‌های موردنظر آماده سازی شدند. از محیط کشت‌های MHA (Mueller Hinton agar) و SDA (Sabouraud Dextrose Agar) (مرک، آلمان) جهت آزمون انتشار دیسک استفاده گردید.

شکل ۱. گیاه *فرولا آسافوئیتیدا* (آنغوزه)

روش‌ها

خالص سازی اولئوصمغ آنغوزه

پس از حذف ناخالصی‌هایی همچون سنگ، خاک و بقایای گیاهی، اولئوصمغ آنغوزه به روش ایوبی و همکاران (۱۳۹۳) و با استفاده از حلال آبی- الکلی مطابق با فلوچارت زیر خالص سازی شد و جزء محلول در آب آن به عنون صمغ خالص آنغوزه جداسازی شد (شکل ۲) (۲۴).



شکل ۲. فرآیند خالص سازی اولئوصمغ آنغوزه

شناسایی ترکیبات زیست فعال صمغ آنغوزه به روش کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنج جرمی (Gas Chromatography- Mass Spectrometry)

شناسایی ترکیبات زیست فعال موجود در صمغ خالص آنغوزه با استفاده از کروماتوگرافی گازی مدل 7890B GC Agilent (USA) مجهز به آشکارساز طیف سنجی جرمی مدل۵۹۷۷ B MSD انجام گردید. برنامه دمایی آون و شرایط آنالیز دستگاهی بدین صورت بوده است: حداکثر دمای آون ۳۰۰ °C، شروع با دمای ۶۰ °C، افزایش دمای ۶۰°C /min تا دمای ۲۲۰°C، افزایش دمای ۲۰ °C/min تا دمای ۲۴۰°C، حجم تزریق محلول متانولی صمغ: یک میکرولیتر، حجم سرنگ : ۱۰ میکرولیتر، سرعت جریان : ۳۰۰ µL/min ، مدت زمان آنالیز: یک ساعت، گاز حامل: هلیوم، دمای انژکتور ۲۴۰°C، نسبت تقسیم ۱:۳۰ ، طیف سنج جرمی در حالت یونیزاسیون الکترون (۷۰eV) عمل کرد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.65]

بررسی خصوصیات ضدمیکروبی صمغ خالص آنغوزه

خاصیت ضدمیکروبی صمغ خالص آنغوزه به روش انتشار دیسک (Disc Diffusion Assay) علیه باکتریهای *اشریشیاکلای* (نماینده (Prototype) باکتری‌های پاتوژن گرم منفی عامل بیماری‌های غذایی)، *استافیلوکوکوس اورئوس* (نماینده باکتری‌های پاتوژن گرم مثبت عامل بیماری‌های غذایی) و کپک *آسپرژیلوس نایجر* (نماینده فسادهای قارچی مواد غذایی)، مورد بررسی قرار گرفت. جهت تلقیح باکتریها، از محیط کشت مولرهینتون آگار (Muller Hinton Agar) و جهت کپک موردنظر، از سابوراد دکستروز آگار(Sabouraud Dextrose Agar) استفاده گردید. مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از کشت اولیه میکروب‌ها (*استافیلوکوکوس اورئوس* و *اشریشیاکلای* در محیط کشت مولرهینتون آگار و *آسپرژیلوس نایجر* در سابوراد دکستروز آگار) در ۵ میلی‌لیتر محیط مایع TSB (Trypticase Soy Broth) تلقیح شد و به مدت ۱۶ ساعت در دمای $^{\circ}C$ ۳۷، گرمخانه‌گذاری (Incubation) گردید. پس از تهیه محیط کشت‌های مورد نیاز و تطابق کدورت سوسپانسیون‌های میکروبی با استاندارد نیم مک فارلند، مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون میکروبی بر روی سطح آگار بطور یکنواخت پخش گردید و حدود ۱۵ دقیقه فرصت داده شد تا بر روی سطح آگار بخوبی جذب شوند. در نهایت، قطعه‌های مربع شکل از صمغ خالص آنغوزه (با مساحت تقریبی ۲ سانتی‌متر مربع) پس از استریل شدن با لامپ فرابنفش، بر روی سطح آگار تلقیح شده قرار داده شدند و بمدت ۲۴-۱۸ ساعت در دمای $^{\circ}C$ ۳۷ گرمخانه‌گذاری گردید (۲۵).

انتخاب غلظت بهینه محلول الکتروریسی

به منظور بررسی قابلیت الکتروریسی (Electro-spinnability) صمغ خالص آنغوزه، غلظت‌های متفاوت (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی/ حجمی) از صمغ خالص آنغوزه در حلال استیک اسید ۴۰ درصد (حجمی/ حجمی) تهیه گردید. با توجه به ویسکوزیته محلول‌هایی با غلظت متفاوت از صمغ خالص آنغوزه، بررسی ظاهری فویل‌های پوشش‌دهی شده و تصاویر میکروسکوپ الکترونی، قابلیت الکتروریسی صمغ خالص آنغوزه مورد بررسی قرار گرفت.

آماده‌سازی محلول الکتروریسی

توسط پیپت حجمی، دقیقا ۹,۹۹ میلی‌لیتر حلال استیک اسید ۴۰ درصد (حجمی/حجمی) به یک بشر شیشه‌ای ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شد. سپس ۱۰ میکرولیتر توئین ۸۰ به عنوان سورفکتانت و کاهش دهنده کشش سطحی محلول الکتروریسی به بشر اضافه شد. مقدار لازم از صمغ خالص آنغوزه (جهت تولید محلول‌هایی با غلظت‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی/ حجمی) توسط ترازوی دیجیتال مدل AUW220 (شیمادزو، ژاپن) با دقت توزین شد و به حلال اضافه شد. مخلوط حلال، صمغ آنغوزه و سورفکتانت با استفاده از همزن مغناطیسی به مدت ۳۰ دقیقه، در دمای محیط کاملاً مخلوط گردید. سپس پلی اتیلن اکساید (۰/۲ گرم) به عنوان کمک فرایند الکتروریسی به محلول صمغ اضافه شد و تا انحلال کامل، همزدن ادامه یافت (۱۴).

انجام فرآیند الکتروریسی

مقداری از محلول الکتروریسی داخل یک سرنگ ۵ میلی‌لیتری ریخته شد و بر روی پمپ سرنگی دستگاه الکتروریسی مدل D-RC (فناوران نانو مقیاس، ایران) قرار گرفت. فاصله ی نوک سرنگ تا جمع کننده ثابت دستگاه به میزان ۱۸ سانتی‌متر تنظیم شد. جهت انتقال محلول از نوک سرنگ به جمع کننده یک میدان الکتریکی با ولتاژ ۲۰ کیلوولت توسط دستگاه تأمین اختلاف پتانسیل بالا مدل High Voltage Power Supply (D-RC Series) (فناوران نانومقیاس، ایران) ایجاد شد. سرعت جریان محلول الکتروریسی توسط پمپ سرنگی به میزان ۳ میلی‌لیتر/ ساعت تنظیم شد. فرآیند الکتروریسی به مدت ۳۰ دقیقه و به صورت پیوسته ادامه یافت تا یک مت سفید رنگ بر روی فویل آلومینیوم نصب شده بر روی جمع کننده ایجاد شود.

ارزیابی مورفولوژی الیاف حاصل از الکتروریسی

بررسی ظاهر کلی و اندازه‌گیری قطر میانگین الیاف با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل TESCAN-VEGA3 ساخت کمپانی TESCAN (جمهوری چک) انجام گردید. از فویل آلومینیوم پوشش‌دهی شده با الیاف الکتروریسی، مربع‌هایی با مساحت تقریبی یک سانتی‌متر مربع جدا گردید و پس از رسانا کردن سطح الیاف با پوشش طلا توسط دستگاه پوشش دهنده طلا مدل R-ES150Q ساخت کمپانی Quorum Technologies انگلستان، تصویربرداری انجام شد.

بررسی خصوصیت ضدمیکروبی دیسک‌های پوشش‌دهی شده با نانوالیاف (Electrospun Fiber) صمغ خالص آنغوزه

خاصیت ضدمیکروبی فویل‌های آلومینیوم پوشش‌دهی شده با نانوالیاف صمغ خالص آنغوزه به روش انتشار دیسک علیه باکتریهای *اشریشیاکلای*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و کپک *آسپرژیلوس نایجر*، مورد بررسی قرار گرفت. جهت تلقیح باکتریها، از محیط کشت مولرهینتون آگار و جهت کپک موردنظر، از سابوراد دکستروز آگار استفاده گردید. مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از کشت اولیه میکروب‌ها در ۵ میلی‌لیتر محیط مایع

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.65]

TSB تلقیح شد و به مدت ۱۶ ساعت در دمای ۳۷°C، گرمخانه‌گذاری گردید. پس از تهیه محیط کشت‌های مورد نیاز و تطابق کدورت سوسپانسیون‌های میکروبی با استاندارد نیم مک فارلند، مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون میکروبی بر روی سطح آگار بطور یکنواخت پخش گردید و حدود ۱۵ دقیقه فرصت داده شد تا بر روی سطح آگار بخوبی جذب شوند. در نهایت، قطعه‌های مربع شکل از فویل‌های آلومینیوم پوشش‌دهی شده (با مساحت تقریبی دو سانتی‌متر مربع) پس از استریل شدن با لامپ فرابنفش، بر روی سطح آگار تلقیح شده قرار داده شدند و به مدت ۲۴-۱۸ ساعت در دمای ۳۷ °C گرمخانه‌گذاری گردید (با ۴ تکرار). قطر هاله عدم رشد به وسیله کولیس کالیبره اندازه‌گیری شد و نتایج بر حسب میلی‌متر گزارش گردید (۲۶).

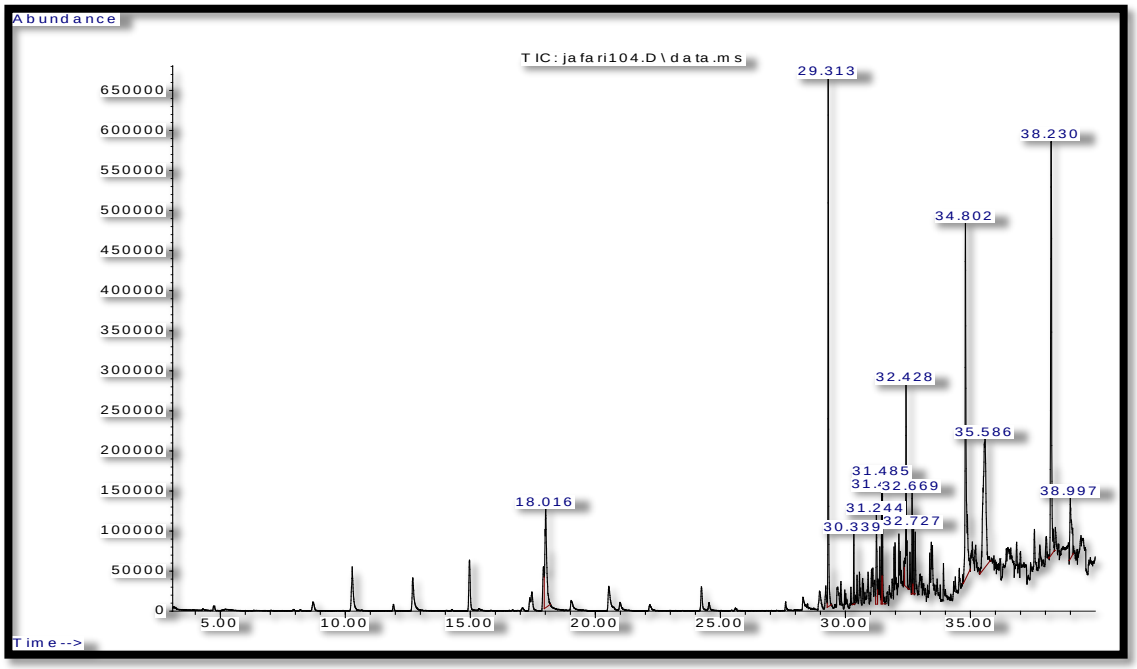
• یافته‌ها

شنا سایی ترکیبات زی ست فعال صمغ آنغوزه به روش کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنج جرمی

کروماتوگراف به دست آمده از عصاره متانولی صمغ آنغوزه نشان‌دهنده‌ی حضور ترکیبات زیست فعال مختلفی در ترکیب شیمیایی آن می‌باشد (شکل ۳). اجزاء اصلی تشکیل دهنده عصاره صمغ آنغوزه در جدول ۱ ارائه شده است. در مجموع ۱۴ ترکیب در عصاره متانولی صمغ آنغوزه شناسایی شده است. بر اساس آنالیز GC-MS، مهمترین ترکیبات موجود در عصاره صمغ آنغوزه، دی متیل آمینو بنزیلیدن (۱۹/۰۲٪)، اولئیک اسید (۱۷/۳۱٪)، پایریمیدین (۱۶/۹۸٪) و جرانیل استات (۱۴/۲۳٪) می‌باشد.

بررسی خاصیت ضدمیکروبی صمغ خالص آنغوزه به روش انتشار دیسک

از قطعات صمغ خالص آنغوزه به منظور بررسی اثرات ضدمیکروبی بر روی میکروارگانیسم‌های هدف استفاده گردید. با توجه به نتایج حاصل از آزمون انتشار دیسک قطعات صمغ خالص (شکل ۴)، مشخص گردید که صمغ خالص آنغوزه دارای اثرات ضدمیکروبی علیه میکروارگانیسم‌های *اشریشیاکلای*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و *آسپرژیلوس نایجر* بود و در اطراف قطعات صمغ خالص، هاله عدم رشد (Inhibition Zone) مشاهده گردید. پس از کشت سطحی میکروب‌ها، قطعات صمغ خالص بر روی سطح تلقیح شده قرار داده شدند و بعد از دوره انکوباسیون، هاله عدم رشد در اطراف صمغ خالص بخوبی مشاهده گردید. نتایج نشان داد که رشد هر سه میکروارگانیسم هدف در این آزمون، نسبت به حضور صمغ آنغوزه در محیط کشت حساس بود. بیشترین تأثیر ضدمیکروبی صمغ خالص آنغوزه بر روی کپک *آسپرژیلوس نایجر* (شکل ۴-ب) بود به طوری که بیشترین هاله عدم رشد در پلیت‌های حاوی این کپک عامل فساد مواد غذایی تشکیل شد. همچنین با مقایسه ظاهری قطر هاله عدم رشد در پلیت‌های تلقیح شده با *اشریشیاکلای* و *استافیلوکوکوس اورئوس*، می‌توان بیان کرد که صمغ خالص آنغوزه خاصیت ممانعت‌کنندگی رشد بیشتری بر *استافیلوکوکوس اورئوس* نسبت به *اشریشیاکلای* دارد.



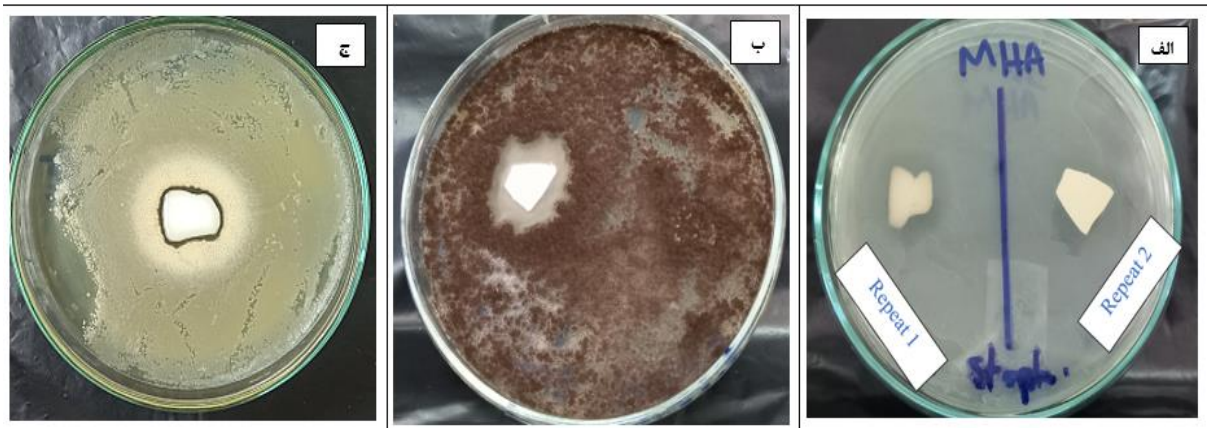
شکل ۳. کروماتوگرام شناسایی ترکیبات زیست فعال عصاره متانولی صمغ آنغوزه

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.65]

جدول ۱. اجزاء اصلی تشکیل دهنده عصاره متانولی صمغ آنغوزه

ردیف	ترکیبات متشکله	زمان بازداری (Retention Time) (دقیقه)	درصد
۱	بتا پاینین (Beta-Pinene)	۱۵/۰۷	۵/۱۲
۲	۵- نونانول (5-Nonanol)	۱۸/۰۱	۸/۰۳
۳	جرانیل استات (Geranyl acetate)	۲۹/۳۳	۱۴/۲۳
۴	آریستولن (Aristolene)	۳۰/۳۴	۱/۴۵
۵	بتا- کادینن (Beta.-Cadinene)	۳۱/۲۴	۳/۱۵
۶	آلفا گورجونه (Alpha -Gurjunene)	۳۱/۴۵	۲/۰۷
۷	نفتالن (Naphthalene)	۳۱/۴۸	۲/۸۹
۸	بتا- مایسرین (Beta.-Myrcene)	۳۲/۴۳	۶/۵۰
۹	جونیپر کامفور (Juniper camphor)	۳۲/۶۷	۲/۱۱
۱۰	سانتولینا تری ان (Santolina triene)	۳۲/۷۳	۱/۷۴
۱۱	اولئیک اسید (Oleic acid)	۳۴/۸۰	۱۷/۳۱
۱۲	پایریمیدین (Pyrimidine)	۳۵/۵۹	۱۶/۹۸
۱۳	دی متیل آمینو بنزیلیدن (2-dimethylamino-4-oxo-8-benzylidene)	۳۸/۲۳	۱۹/۰۲
۱۴	پروپان-دی نیتریل (Propanedinitrile)	۳۸/۹۹	۴/۵۱



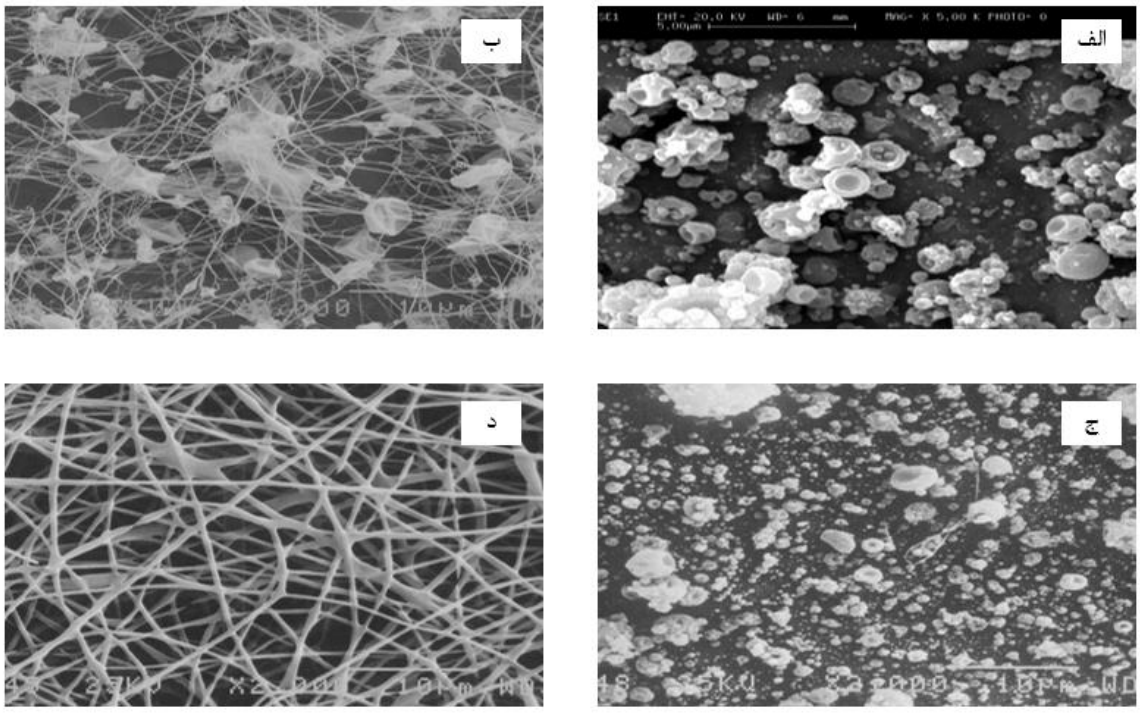
شکل ۴. تصاویر آزمون انتشار دیسک با استفاده از قطعات صمغ خالص آنغوزه علیه میکروارگانیسم‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* (الف)، *آسپرژیلوس نایجر* (ب) و *اشریشیاکلای* (ج).

انتخاب غلظت مناسب محلول الکتروریسی

در پیش آزمون‌های اولیه، غلظت‌های مختلف صمغ خالص آنغوزه تهیه و امکان الکتروریسش آنها و تولید نانوالیاف بررسی شد. نتایج پیش آزمون‌ها نشان داد که محلول‌های ۵، ۱۰، ۱۵و ۳۰ درصد به دلیل ویسکوزیته نامطلوب قابلیت الکتروریسش ندارند و بنابراین غلظت ۲۰ درصد به دلیل گرانروی مطلوب و عبور پیوسته از نازل الکتروریسی وارد فرآیند الکتروریسی با ولتاژ ۱۵، ۱۸ و ۲۰ کیلوولت و فاصله (سرسرنگ تا کالکتور) ۱۰، ۱۵ و ۱۸ سانتی‌متر، شد. همچنین نتایج آزمون‌های اولیه نشان داد بهترین ولتاژ میدان و بهترین فاصله از نوک نازل تا جمع کننده برای الکتروریسش صمغ خالص آنغوزه به ترتیب ۲۰ کیلو ولت و ۱۸ سانتی‌متر بود. در این شرایط فرآیند الکتروریسی به صورت پیوسته و بدون توقف انجام شد. با بررسی ظاهری فویل‌های پوشش‌دهی شده و تصاویر میکروسکوپ الکترونی (شکل ۵) مشخص گردید که صمغ خالص آنغوزه به تنهایی قابلیت الکتروریسی ندارد و باید برای ریسش این صمغ از مواد کمک فرآیند الکتروریسی استفاده شود. بدین منظور پلی اتیلن اکساید، سلولز استات و ایزوله پروتئین آب پنیر WPI (Whey Protein Isolate) به عنوان کمک فرآیند الکتروریسی مورد آزمون قرار گرفتند. با توجه به بررسی غلظت و ویسکوزیته ظاهری محلول ۲۰ درصد صمغ خالص آنغوزه در پیش تست‌ها، این غلظت برای ترکیب با مواد کمک فرآیند الکتروریسی انتخاب گردید. محلول‌های ۷ و ۱۰ درصد (وزنی/ حجمی) ایزوله پروتئین آب پنیر، ۲ و ۴ درصد (وزنی/ حجمی) پلی اتیلن

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-11]
[DOI: 10.61186/nsft.19.4.65]

اکساید و ۶ و ۱۲ درصد (وزنی/ حجمی) سلولز استات برای تهیه نانوالیاف استفاده گردید. پس از مشاهده تصاویر میکروسکوپ الکترونی و با درنظر گرفتن لزوم استفاده از مواد پایه‌ی غذایی (Food Grade)، محلول حاوی ۲۰ درصد صمغ آنغوزه و ۲ درصد پلی اتیلن اکساید انتخاب گردید. همچنین شرایط دستگاهی مطلوب جهت فرآیند الکتروریسی، ولتاژ ۲۰ کیلوولت و فاصله سرسرنگ تا کالکتور، ۱۸ سانتی‌متر تشخیص داده شد؛ به گونه‌ای که در این شرایط، مخروط تیلور بخوبی تشکیل شد و الکتروریسی بدون وقفه انجام شد. با توجه به تصاویر می‌توان نتیجه گرفت که فرآیند الکتروریسی بطور موفقیت آمیز انجام گرفته است؛ به گونه‌ای که در این ساختارهای نانو، الیاف یکنواخت و بدون گویچه دیده می‌شود و البته بیانگر ضرورت بکارگیری پلی اتیلن اکساید جهت ریسش مطلوب می‌باشد. با توجه به شکل ۵ (الف-د)، در مت‌های حاصل از الکتروریسی صمغ خالص آنغوزه بدون استفاده از کمک فرآیند الکتروریسی و همچنین با افزودن ۱۰ درصد ایزوله پروتئین آب پنیر، هیچ الیافی ریسش نشده است. با افزودن ۱۲ درصد سلولز استات به عنوان کمک فرایند، نانوالیاف ریسش شد ولی نانوالیاف حاصل یکنواخت نبوده و حاوی مقادیر بالایی گویچه بود که نشان از کارایی پایین این کمک فرایند در شرایط الکتروریسی مذکور بود. استفاده از ۲ درصد پلی اتیلن اکساید به عنوان کمک فرایند به محلول صمغ خالص آنغوزه موجب تولید نانوالیافی یکنواخت و بدون گویچه با کیفیت ظاهری بالا بود (شکل ۵-د). شایان ذکر است که تفاوت رخ داده از نظر تولید/ عدم تولید نانوالیاف در هر کدام از تیمارها کاملا وابسته به پارامترهای دخیل در یک فرآیند الکتروریسی و همچنین ویژگی‌های صمغ و کمک فرآیند می‌باشد؛ از قبیل هدایت الکتریکی، ویسکوزیته، کشش سطحی بالا و عدم درهم تنیدگی مولکولی، که همگی در تشکیل مخروط تیلور بصورت پایدار موثر هستند. بنابراین با توجه به سرعت بالای تشکیل مت سفیدرنگ بر روی جمع کننده و همچنین ارزیابی تصاویر میکروسکوپ الکترونی، پلی اتیلن اکساید با غلظت ۲ درصد به عنوان بهترین کمک فرایند برای تولید نانوالیاف از صمغ خالص آنغوزه انتخاب شد.



شکل ۵. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح فویل آلومینیوم پوشش‌دهی شده با محلول صمغ آنغوزه در حلال استیک اسید در غلظت ۲۰ درصد با شرایط دستگاهی بهینه

(الف: محلول ۲۰ درصد صمغ آنغوزه بدون استفاده از کمک فرآیند الکتروریسی ؛ ب : محلول ۲۰ درصد صمغ آنغوزه با استفاده از ۱۲ درصد سلولز استات ؛ ج: محلول ۲۰ درصد صمغ آنغوزه با استفاده از ۱۰درصد ایزوله پروتئین آب پنیر ؛ د:محلول ۲۰ درصد صمغ آنغوزه با استفاده از ۲ درصد پلی اتیلن اکساید)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.65]

بررسی خصوصیت ضدمیکروبی دیسک‌های پوشش‌دهی شده با نانوالیاف پلی اتیلن اکساید- صمغ خالص آنغوزه

از دیسک‌های آلومینیوم پوشش‌دهی شده به منظور بررسی اثرات ضدمیکروبی بر روی میکروارگانیسم‌های هدف استفاده گردید. با توجه به نتایج حاصل از آزمون انتشار دیسک، نانوالیاف پلی اتیلن اکساید- صمغ خالص آنغوزه دارای اثرات ضدمیکروبی علیه میکروارگانیسم‌های *اشریشیاکلای*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و *آسپرژیلوس نایجر* بودند و در اطراف دیسک‌های حاوی نانوالیاف الکتروریسی شده، هاله عدم رشد مشاهده گردید. همچنین مشخص گردید که *آسپرژیلوس نایجر* حساستر از باکتریهای ارزیابی شده می‌باشد. قطر هاله عدم رشد به‌صورت میانگین از چهار تکرار در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، الیاف الکتروریسی پلی اتیلن اکساید- صمغ آنغوزه، از پتانسیل مطلوبی برای تولید بسته بندی ضدمیکروبی مواد غذایی برخوردار می‌باشد.

جدول ۲. اندازه قطر هاله عدم رشد حاصل از دیسک‌هایی از الیاف الکتروریسی پلی اتیلن اکساید- صمغ آنغوزه

نام میکروارگانیسم	میانگین قطر هاله عدم رشد (میلی‌متر)
اشریشیاکلای	۹/۱۷ ± ۰/۵۱[c]
استافیلوکوکوس اورئوس	۱۱/۰۹ ± ۱/۱[b]
آسپرژیلوس نایجر	۲۰/۶۷ ± ۰/۷۱[a]

حروف مختلف در ستون میانگین قطر هاله عدم رشد، نشان دهنده تفاوت آماری معنی‌دار است ($p < ۰/۰۵$)

• بحث

شناسایی ترکیبات زیست فعال صمغ آنغوزه

یکی از مهمترین ترکیبات جداسازی شده از این صمغ، بتا پاینین (۵/۱۲ ٪) می‌باشد که در پژوهش انجام شده توسط Arjmand و همکاران (۲۰۱۹) در اسانس بخش هوایی و ریشه گیاه *فرولا هاسکنچی* (Ferula haussknechtii) شناسایی گردید (۱۱). دی متیل آمینو بنزیلیدن به عنوان ترکیب غالب در صمغ آنغوزه، دارای مشتقاتی با اثرات آنتی باکتریال علیه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی است (۲۷). پیریمیدین‌ها، ترکیبات آروماتیک هتروسیکلیک مشابه بنزن و پیریدین هستند که حاوی دو اتم نیتروژن در موقعیت‌های ۱ و ۳ از حلقه‌های شش عضوی هستند. پیریمیدین‌ها از نظر بیولوژیکی هتروسیکل‌های بسیار مهمی هستند و تا حد زیادی فراوان‌ترین اعضای خانواده دیازین‌ها هستند که اوراسیل و تیمین از اجزای تشکیل‌دهنده اسید ریبونوکلئیک (RNA) و دی‌اکسی ریبونوکلئیک اسید (DNA) و همراه با سیتوزین هستند. علاوه بر این، آنالوگ‌های مختلف پیریمیدین‌ها دارای خصوصیات ضد باکتری، ضد قارچ، ضد التهاب، ضد درد، ضد فشار خون، تب بر، ضد ویروسی، ضد دیابت، ضد حساسیت، ضد تشنج، آنتی اکسیدان، آنتی هیستامین، علف کش و ضد سرطان می‌باشند (۲۸). جرانیل استات به میزان ۱۴ درصد در عصاره متانولی صمغ آنغوزه یافت شد که طبق پژوهش Kabotso و همکاران (۲۰۲۲) گزارش گردیده که سیترال خواص ضدعفونی کنندگی، ضدباکتری، ضد قارچ، ضد التهاب، آفت کشی و خوشبوکنندگی بالایی دارد (۲۹). Arjmand و همکاران (۲۰۱۹) ترکیبات متشکله اسانس بخش هوایی و ریشه‌ی گیاه *فرولا هاسکنچی* را با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی شناسایی و اندازه گیری کردند. ۶۲ ترکیب در ریشه و ۶۴ ترکیب در بخش هوایی این گیاه، شناسایی شد که به ترتیب ۹۴/۶ و ۹۲/۸ درصد کل اسانس را شامل می‌شوند. بیشترین درصد در هر دو نوع اسانس مربوط به ترکیبات کامفن (Camphene)، آلفاپاینین (Alpha Pinene) و ایزووربانول (Isoverbanol) بوده است. مهمترین ترکیبات اسانس بخش هوایی گیاه *فرولا شویتزیانا* (Ferula Szowitsiana)، پاینین، جرماکرین و بتاپاینین گزارش شده است و ترکیبات گوگردی صرفاً در صمغ اولئورزینی گیاه *فرولا آسافوئیتیدا* شناسایی شد (۱۱). Saadatfar و همکاران (۲۰۲۱) نیز ترکیبات مشابهی با پژوهش فوق در اسانس گیاه *فرولا آسافوئیتیدا* شناسایی کردند (۳۰).

خواص ضد میکروبی صمغ خالص آنغوزه

Zare و همکاران (۲۰۱۱) اثرات ضدویروسی و ضدمیکروبی رزین آنغوزه بر ویروس آنفلونزا، *استرپتوکوکوس پایروجنز* و *استرپتوکوکوس پنومونیه* را بررسی نمودند (۳۱). آنها گزارش کردند که رزین حاصل از اولئوصمغ آنغوزه خاصیت ضد میکروبی و ضد ویروسی بالایی دارد. دهپور جویباری (۱۳۹۲) اثرات ضدمیکروبی عصاره اتانولی گیاه آنغوزه را بر روی ۵ سوش باکتریایی با روش انتشار دیسک و اندازه‌گیری قطر هاله عدم رشد بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که عصاره اتانولی صمغ آنغوزه بیشترین تأثیر را در بین میکرواورگانیسم های هدف بر روی *استافیلوکوکوس اورئوس* داشت (۳۲). جعفری و همکاران (۱۳۹۳) گزارش نمودند که عصاره تام آبی برگ و سرشاخه‌های هوایی گیاه آنغوزه، اثر مهارکنندگی و کشندگی بالایی علیه مخمر *کاندیدا آلبیکانز* دارد (۳۳). در راستای همین نتایج، بیات و همکاران (۱۳۹۵) اثبات نمودند که عصاره آبی ریشه آنغوزه با قطر هاله عدم رشد ۰/۶ میلی‌متر بیشترین خاصیت ضدمیکروبی را در بین سایر عصاره‌های گیاهی برعلیه باکتری گرم مثبت *استافیلوکوکوس اورئوس* دارد (۳۴). جهانی و همکاران (۱۳۹۵)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.65]

نانوکپسول‌های ژلاتینی ادغام شده با عصاره روغنی آنغوزه تهیه کردند و گزارش نمودند که این نانوکپسول‌ها علاوه بر داشتن شکل فیزیکی بسیار مناسب، یک آنتی اکسیدان و آنتی باکتریال قوی هستند که می‌توانند در تولید داروهای ضد باکتریایی و آنتی‌اکسیدانت‌های طبیعی استفاده شوند (۳۵). دهقان و همکاران (۱۳۹۲)، اثرات ضدمیکروبی عصاره گیاه *فرولا زویتسیانا* (Ferula Szowitsiana) (کمای بیابانی) را با استفاده از روش انتشار دیسک بر روی باکتری‌های گرم مثبت، گرم منفی و قارچ‌ها بررسی کردند. نتایج نشان داد که عصاره و اجزای مختلف کمای بیابانی، اثرات ضدمیکروبی معنی داری بر روی میکروارگانیسم‌های مورد آزمون داشتند. میانگین قطر هاله‌های عدم رشد بین ۷ تا ۲۳ میلی‌متر برای اجزای مختلف عصاره گزارش شد. عمده‌ترین اثر ضدمیکروبی عصاره کمای بیابانی بر روی باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* و قارچ *کریپتوکوکوس نئوفورمانس* (به ترتیب با قطر هاله ۱۵/۴ و ۲۳/۱ میلی متر) دیده شد (۳۶). Asili و همکاران (۲۰۰۹) نیز اثرات ضدمیکروبی گونه دیگری از گیاه فرولا (*فرولا بادراکما*(Ferula Badrakema)) را گزارش کرده‌اند. پلی سولفیدهایی در اسانس‌ها و رزین‌های اولئوصمغ به دست آمده از برخی گونه‌های فرولا وجود دارند که به عنوان اجزاء اصلی دارای فعالیت‌های بیولوژیکی متنوع شناخته شده‌اند؛ فعالیت‌هایی نظیر ضدباکتری، ضد قارچ، ضد سرطان و آنتی اکسیدان. آنها گزارش کردند که اثرات ضدباکتریایی و ضدقارچی اسانس و عصاره‌ی گونه‌های فرولا، مربوط به میزان زیاد آلفاپاینین و بتاپاینین است (۳۷). اگرچه مکانیسم عمل پلی فنول‌ها به طور کامل مشخص نشده است، اما به نظر می‌رسد پلی فنول‌ها به غشای سلولی باکتری آسیب می‌رسانند یا در تولید اسیدهای آمینه مورد نیاز برای رشد باکتری‌ها دخالت می‌کنند. همچنین به نظر می‌رسد که آنها مقاومت باکتریایی را با مهار پمپ‌های جریان باکتریایی که آنتی بیوتیک‌ها را دفع می‌کنند یا با مهار آنزیم‌هایی که آنها را غیرفعال می‌کنند، تغییر می‌دهند (۳۸). Alizadeh Behbahani و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که عصاره متانولی مورد (Myrtus communis) دارای خاصیت ضدباکتریایی قابل توجهی در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر در برابر *استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس* و *انتروکوکوس فکالیس* با قطر ناحیه عدم رشد برابر با ۲۰ میلی‌متر بوده است؛ در حالی که ناحیه عدم رشد مربوط به *اشریشیاکلای* و *شیگلا فلکسنری*، ۱۴ میلی‌متر گزارش شده است (۳۹).

الکتروریسی صمغ خالص آنغوزه

An و همکاران (۲۰۰۹) به عدم قابلیت الکتروریسی کیتوزان خالص بدلیل حلالیت محدود و برهمکنش بین زنجیره ای و درون زنجیره ای پیوندهای هیدروژنی اذعان نمودند. آنها معتقدند که استفاده از پلیمرهای مصنوعی مانند پلی اتیلن اکسید و پلی وینیل الکل به عنوان پلیمر کمک فرایند برای تشکیل الیاف فوق ریز هیبریدی ضروری است (۴۰). Zaitoon و Lim (۲۰۲۰) معتقدند که هنگام تغییر حلال در محلول الکتروریسی، کشش سطحی مهمترین پارامتر در میان پارامترهای دیگر بود. آنها گزارش نمودند که افزودن یک درصد پلی اتیلن اکساید به محلول، قابلیت الکتروریسی را با جت‌های پلیمری پایدار افزایش داد (۱۵). Yu و همکاران (۲۰۲۳) به منظور تولید فیلم ضدمیکروبی زئین- پلی اتیلن اکساید- نایسین به روش الکتروریسی، این فرآیند را در شرایط بهینه ۱۵ کیلو ولت، سرعت جریان ۳ میلی‌لیتر در ساعت و فاصله ۱۲ سانتی‌متر انجام دادند که منجر به تولید نانوالیاف بدون گویچه با مورفولوژی یکنواخت گردید (۴۱).

بررسی خواص ضد میکروبی نانوالیاف حاصل از الکتروریسی محلول‌ها

در پژوهش Fouda و همکاران (۲۰۱۳)، اثرات ضدمیکروبی نانوالیاف کربوکسی متیل کیتوزان- پلی اتیلن اکساید دارای نانوذرات نقره با استفاده از روش انتشار دیسک بر روی باکتری‌های گرم مثبت، گرم منفی و قارچ‌ها بررسی گردید. نتایج آنها نشان داد که *استافیلوکوکوس اورئوس* با قطر هاله عدم رشد ۳۰-۱۵ میلی‌متر، حساسترین میکروب در برابر دیسک‌های ضدمیکروبی بوده است. از طرفی *کاندیدا آلبیکانز* با عدم مشاهده هاله عدم رشد، مقاومترین میکروارگانیسم مورد بررسی بوده است (۴۲). Yu و همکاران (۲۰۲۳) پس از تولید فیلم ضدمیکروبی زئین- پلی اتیلن اکساید به روش الکتروریسی، اثر ضدمیکروبی نانوالیاف بدست آمده را در دو حالت بدون نایسین و دارای نایسین مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردندکه نانوالیاف زئین- پلی اتیلن اکساید به تنهایی هیچ اثر ضدمیکروبی ندارد و صرفاً در صورتیکه نایسین به میزان ۱- ۱۵ درصد وزنی/ وزنی به محلول الکتروریسی افزوده شود؛ هاله عدم رشد مشاهده می‌شود (۴۱). این در حالی است که در پژوهش حاضر، نانوالیاف پلی اتیلن اکساید- صمغ آنغوزه به تنهایی و بدون افزودن ترکیبات آنتی بیوتیک، دارای اثرات قابل ملاحظه بر روی میکروارگانیسم‌های هدف بوده است. این نتیجه بیانگر قدرت ضد میکروبی بسیار بالای صمغ خالص آنغوزه می‌باشد که در صورت استفاده از این صمغ در پوشش‌های خوراکی و بسته بندی مواد غذایی احتمالاً نیاز به استفاده از ترکیبات ضد میکروب شیمیایی یا سنتزی نیست.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.65]

نتیجه‌گیری کلی

اولئوصمغ آنغوزه به دلیل حضور ترکیبات شیمیایی مختلف با قابلیت انحلال متفاوت، در یک سیستم حلال ثابت قابل حل نیست. از همین رو جهت فرآوری و استفاده، باید بخش‌های مختلف تشکیل دهنده آن به روش انحلال در سیستم‌های حلال مختلف از یکدیگر جداسازی و خالص سازی شوند. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد بخش محلول در آب اولئوصمغ آنغوزه، خاصیت ضد میکروبی بالایی در مقابل میکروارگانیسم‌های گرم مثبت، گرم منفی و قارچ‌های عامل فساد مواد غذایی دارد. نتایج نشان داد صمغ خالص آنغوزه به همراه پلیمر کمکی پلی اتیلن اکساید قابلیت الکتروریسی بالایی دارد و می‌تواند نانوالیاف زیست تخریب پذیر با ویژگی‌های مورفولوژیکی مطلوبی تولید نماید. همچنین نتایج نشان داد بیشترین خاصیت ممانعت کنندگی از رشد، توسط نانوالیاف حاصل از الکتروریسی صمغ خالص آنغوزه و پلی اتیلن اکساید به ترتیب در برابر *آسپرژیلوس نایجر* (نماینده قارچ‌های عامل فساد مواد غذایی)، *استافیلوکوکوس اورئوس* (نماینده باکتری‌های گرم مثبت بیماریزا) و *اشریشیاکلای* (نماینده باکتری‌های گرم منفی بیماریزا) بود. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که صمغ خالص آنغوزه می‌تواند به عنوان یک پلیمر زیست تخریب پذیر با خاصیت ضدمیکروبی بالا، به عنوان یک جزء هیدروکلوئیدی در تولید پوشش‌ها و بسته بندی‌های خوراکی زیست تخریب پذیر و فعال استفاده شود.

• References

1. Amorim, L.F., C. Mouro, and I.C. Gouveia, Electrospun fiber materials based on polysaccharides and natural colorants for food packaging applications. Cellulose, 2024: p. 1-27.
2. Tanavar, H., H. Barzegar, B. Alizadeh Behbahani, and M.A. Mehrnia, Investigation of the chemical properties of Mentha pulegium essential oil and its application in Ocimum basilicum seed mucilage edible coating for extending the quality and shelf life of veal stored in refrigerator (4 C). Food Science & Nutrition, 2021. 9(10): p. 5600-5615.
3. Iranshahy, M, M. Iranshahi, Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of asafoetida (Ferula assa-foetida oleo-gum-resin)—A review. Journal of ethnopharmacology, 2011. 134(1): p. 1-10.
4. Zonouzi, A., M. Auli, M.J. Dakheli, and M. Hejazi, Oil extraction from microalgae Dunalliela sp. By polar and non-polar solvents. International journal of agricultural and biosystems Engineering, 2016. 10(10): p. 642-645.
5. Xiong, K. and Y. Chen, Supercritical carbon dioxide extraction of essential oil from tangerine peel: Experimental optimization and kinetics modelling. Chemical Engineering Research and Design, 2020. 164: p. 412-423.
6. Cheng, Y., F. Xue, S. Yu, S. Du, and Y. Yang, Subcritical water extraction of natural products. Molecules, 2021. 26(13): p. 4004.
7. Hematian Sourki, A., A. Koocheki, and M. Elahi, Ultrasound-assisted extraction of β-d-glucan from hull-less barley: Assessment of physicochemical and functional properties. International Journal of Biological Macromolecules, 2017. 95: p. 462-475.
8. Drinić, Z., D. Pljevljakušić, J. Živković, D. Bigović, and K. Šavikin, Microwave-assisted extraction of O. vulgare L. spp. hirtum essential oil: Comparison with conventional hydro-distillation. Food and Bioproducts Processing, 2020. 120: p. 158-165.
9. De Aguiar Saldanha Pinheiro, A.C., F.J. Martí-Quijal, F.J. Barba, S. Tappi, and P. Rocculi, Innovative non-thermal technologies for recovery and valorization of value-added products from crustacean processing by-products—An opportunity for a circular economy approach. Foods, 2021. 10(9): p. 2030.
10. Saeidy, S., A. Nasirpour, J. Keramat, J. Desbrières, D. Le Cerf, G. Pierre, et al., Structural characterization and thermal behavior of a gum extracted from Ferula assa foetida L. Carbohydrate polymers, 2018. 181: p. 426-432.
11. Arjmand, Z. and D. Dastan, Chemical characterization and biological activity of essential oils from the aerial part and root of Ferula haussknechtii. Flavour and fragrance journal, 2020. 35(1): p. 114-123.
12. Bhushani, J.A. and C. Anandharamakrishnan, Electrospinning and electrospraying techniques: Potential food based applications. Trends in Food Science & Technology, 2014. 38(1): p. 21-33.
13. Gagaoua, M., V.Z. Pinto, G. Göksen, L. Alessandroni, M. Lamri, A.L. Dib, et al., Electrospinning as a promising process to preserve the quality and safety of meat and meat products. Coatings, 2022. 12(5): p. 644.
14. Tavana, F., A. Hematian Sourki, and M.-T. Golmakani, Fabrication and characterization of bio-nanocomposites based on kafirin and polyethylene oxide as auxiliary polymer: Process optimization, rheological, morphological and thermal properties. Journal of Food Science and Technology, 2023. 60(11): p. 2881-2892.
15. Zaitoon, A. and L.-T. Lim, Effect of poly (ethylene oxide) on the electrospinning behavior and characteristics of ethyl cellulose composite fibers. Materialia, 2020. 10: p. 100649.
16. Honarbakhsh, S. and B. Pourdeyhimi, Scaffolds for drug delivery, part I: electrospun porous poly (lactic acid) and poly (lactic acid)/poly (ethylene oxide) hybrid scaffolds. Journal of materials science, 2011. 46: p. 2874-2881.
17. Alborzi, S., L.-T. Lim, and Y. Kakuda, Encapsulation of folic acid and its stability in sodium alginate-pectin-poly (ethylene oxide) electrospun fibres. Journal of microencapsulation, 2013. 30(1): p. 64-71.
18. Xu, X., L. Jiang, Z. Zhou, X. Wu, and Y. Wang, Preparation and properties of electrospun soy protein isolate/polyethylene oxide nanofiber membranes. ACS applied materials & interfaces, 2012. 4(8): p. 4331-4337.
19. Colin-Orozco, J., M. Zapata-Torres, G. Rodriguez-Gattorno, and R. Pedroza-Islas, Properties of poly

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.65]

(ethylene oxide)/whey protein isolate nanofibers prepared by electrospinning. Food Biophysics, 2015. 10: p. 134-144.

20. Moreira, J.B., L.-T. Lim, E. da Rosa Zavareze, A.R.G. Dias, J.A.V. Costa, and M.G. de Morais, Antioxidant ultrafine fibers developed with microalga compounds using a free surface electrospinning. Food Hydrocolloids, 2019. 93: p. 131-136.

21. Lu, J.-W., Y.-L. Zhu, Z.-X. Guo, P. Hu, and J. Yu, Electrospinning of sodium alginate with poly(ethylene oxide). Polymer, 2006. 47(23): p. 8026-8031.

22. Taokaew, S. and T. Chuenkaek, Developments of Core/Shell chitosan-based nanofibers by electrospinning techniques: a review. Fibers, 2024. 12(3): p. 26.

23. Tajfiroozeh, F., A. Moradi, F. Shahidi, J. Movaffagh, H. Kamali, S. Roshanak, et al., Fabrication and characterization of gallic-acid/nisin loaded electrospun core/shell chitosan/polyethylene oxide nanofiberous membranes with free radical scavenging capacity and antimicrobial activity for food packing applications. Food Bioscience, 2023. 53: p. 102529.

24. Ayoubi, A.R., R. Valizadeh, J. Arshami, and Z. Mousavi, The effect of water-alcholic extracted gum of ferula asafoetida on body and testes weight, testosterone and spermatogenesis in adult male wistar rat. Iranian Journal of Animal Science Research, 2014. 6(2): p. -.

25. Tabatabaei Yazdi, F., B. Alizadeh Behbahani, and H. Zanganeh, The comparison among antibacterial activity of Mespilus germanica extracts and number of common therapeutic antibiotics "in vitro". Zahedan Journal of Research in Medical Sciences, 2015. 17(12): p. 1-6.

26. Li, M., H. Yu, Y. Xie, Y. Guo, Y. Cheng, H. Qian, et al., Fabrication of eugenol loaded gelatin nanofibers by electrospinning technique as active packaging material. Lwt, 2021. 139: p. 110800.

27. Rehman, W., S. Haq, F. Rahim, S. Khan, M. Waseem, M. Nawaz, et al., Synthesis, Characterization and Antibacterial Screening of Diorganotin(IV) Complexes Derived From 2-[(4-Dimethylamino-Benzylidene)Amino]Phenol. Pharmaceutical Chemistry Journal, 2017. 51(2): p. 115-118.

28. Sharma, V., N. Chitranshi, and A.K. Agarwal, Significance and biological importance of pyrimidine in the microbial world. International journal of medicinal chemistry, 2014. 2014(1): p. 202784.

29. Kabotso, D.E., D. Neglo, P. Kwashie, I.A. Agbo, and D.A. Abaye, GC/MS Composition and Resistance Modulatory Inhibitory Activities of Three Extracts of Lemongrass: Citral Modulates the Activities of Five Antibiotics at Sub-Inhibitory Concentrations on Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus. Chemistry & Biodiversity, 2022. 19(9): p. e202200296.

30. Saadatfar, A., S.H. Jafari, and I. Tavassolian, Improving biochemical traits, oleo-gum yield and compositions of asafoetida (Ferula assa-foetida L.) essential oil using 24-epibrassinolide in Kerman natural habitats (Iran). Journal of Medicinal Plants, 2021. 20: p. 93-107.

31. Zare, A., M. Omidi, H.F. Hoseini, D. Yazdani, S. Rezazadeh, N. Irvani, et al., A review on pharmacological effects of Ferula assa-foetida L.: a systematic review. Journal of Medicinal Plants, 2011. 10(40): p. 17-25.

32. Dehpour Joybari, A.A., Identification of components of essential oils and antibacterial activity of ethanolic extract of Anghouzeh plant. Biotechnology and Applied Microbiology journal, 2013. 2(3): p. 33-40.

33. Jafari, A., H. Jafari, A. Deghanbanadkoki, and M. Baghbanian, Antifungal Activity of Aqueous Extracts from Ferula Assa foetida Aerial parts on Candida Albicans and its Comparison with Fluconazole in vitro. Tolooebehdasht, 2014. 13(3): p. 171-181.

34. Bayat, Z., N. Mollania, M. R. Vaezi-Kakhki, and M. Kheirabadi, Evaluation of the Antibacterial Activity of Aqueous Extracts of Artemisia vulgaris L. , Ziziphora persica Bunge, Ferula assa-foetida L. on Staphylococcus aureus and Escherichia coli, in 19th National and 7th International Congress on Biology. 2016: Tabriz, Iran.

35. Jahani, S., M. Salehi, A. Shakiba, A. Moradipour, and F. Forouzandeh, Production and study of antioxidant and antibacterial activities of gelatin nano-capsules containing Ferula assa-foetida essential oil. J. Arak Uni. Med. Sci, 2015. 18(5): p. 33-48.

36. Dehghan, G., G. Zarini, and M. Hajizadeh, Phytochemical investigation and antibacterial, antifungal and synergistic effects of chloroform fractions of desert coma plant root extract. Journal of Shahrekord University of Medical Sciences, 2014. 15(6): p. 10-17.

37. Asili, J., A. Sahebkar, B.S. Fazly Bazzaz, S. Sharifi, and M. Iranshahi, Identification of Essential Oil Components of Ferula badrakema Fruits by GC-MS and 13C-NMR Methods and Evaluation of its Antimicrobial Activity. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 2009. 12(1): p. 7-15.

38. Bubonja-Šonje, M., S. Knežević, and M. Abram, Challenges to antimicrobial susceptibility testing of plantderived polyphenolic compounds. Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 2020. 71(4): p. 300-311.

39. Alizadeh Behbahani, B., F. Tabatabaei Yazdi, H. Noorbakhsh, F. Riazi, A. Jajarmi, and F. Tabatabaei Yazdi, Study of the antibacterial activity of methanolic and aqueous extracts of Myrtus communis on pathogenic strains causing infection. Zahedan Journal of Research in Medical Sciences, 2016. 18(2).

40. An, J., H. Zhang, J. Zhang, Y. Zhao, and X. Yuan, Preparation and antibacterial activity of electrospun chitosan/poly (ethylene oxide) membranes containing silver nanoparticles. Colloid and Polymer Science, 2009. 287: p. 1425-1434.

41. Wei Yu, J.G., Yuanyuan Liu, Xiaoge Xue, Xiangru Wang, Lili Wei , Lei Mao , Zhihao Zhang, Yiming Zhuo, Shuixin Li, Jiage Ma, Dong Xu, Fabrication of novel electrospun zein/polyethylene oxide film incorporating nisin for antimicrobial packaging. LWT - Food Science and Technology 185 (2023) 115176, 2023.

42. Fouda, M.M., M. El-Aassar, and S.S. Al-Deyab, Antimicrobial activity of carboxymethyl chitosan/polyethylene oxide nanofibers embedded silver nanoparticles. Carbohydrate polymers, 2013. 92(2): p. 1012-1017.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.65]

Purification of Anghoze Oleo-gum (*Ferula assafoetida*) to Produce Antimicrobial Nanofibers Using Electrospinning Technique

Jafari S[1], Hematian Sourki A[2], Pashangeh S[3]*

1- *Master of Science, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Jahrom University, Jahrom, Iran*

2- **Corresponding author: Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Jahrom University, Jahrom, Iran. Email: a.hematian@jahromu.ac.ir*

3- *Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Jahrom University, Jahrom, Iran*

Received 23 Jun, 2024 **Accepted 29 Oct, 2024**

Background and Objectives: The aim of this study was to purify the water-soluble fraction of *Ferula assafoetida* gum, investigate its antimicrobial characteristics and explore its potential for use in producing biodegradable coatings through the electrospinning technique. Gum extracted from *Ferula assafoetida* root shows antifungal, antidiabetic, anticancer, anti-inflammatory and antiviral activities, containing compounds such as sugars, coumarins and polysulfides. This study investigated antimicrobial characteristics of the purified gum and its nanofibers against Gram-positive (*Staphylococcus aureus*) and Gram-negative (*Escherichia coli*) bacteria and food spoilage-causing molds (*Aspergillus niger*).

Materials & Methods: After verifying presence of bioactive compounds through gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and validating antimicrobial characteristics of the purified gum using disc diffusion method, nanofibers of *Ferula assafoetida* gum and polyethylene oxide (PEO) were prepared via electrospinning. Antimicrobial effects of the nanofibers were assessed. Two-percent polyethylene oxide was added to the *Ferula assafoetida* gum solution as a co-spinning agent to facilitate the electrospinning process.

Results: Scanning electron microscopy images showed that the electrospinning process of the purified gum and PEO mixture was successful, producing uniform nanofibers with an average diameter of 482 nm. The highest antimicrobial activity of the *Ferula assafoetida* gum-PEO nanofibers was observed against *Aspergillus niger* with an inhibition zone diameter of 20.67 mm in disc diffusion assessment. Results demonstrated that purified *Ferula assafoetida* gum alone was not electrospinnable and PEO was needed as a co-spinning agent to produce antimicrobial nanofibers. The disc diffusion assessment showed that the *F. assafoetida* gum-PEO nanofibers included significant antimicrobial activities against the target microorganisms.

Conclusion: Pure *Ferula assafoetida* gum, as a biodegradable polymer with strong antimicrobial characteristics, can be used as a hydrocolloid component in production of biodegradable and active edible coatings and packaging.

Keywords: Polyethylene oxide, Anti-fungal characteristics, Disc diffusion, Electrohydrodynamic, Native oleo-gum

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/nsft.19.4.65]