



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

✓ لیست مقالات ترجمه شده

✓ لیست مقالات ترجمه شده رایگان

✓ لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI

سایت ترجمه فا؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی

# بهره برداری از ویژگی های نانوسایزی میکروفیبریل سلولز (MFC) برای توسعه بسته بندی انتشار کنترل شده

## چکیده

میکروفیبریل سلولز (MFC) در این مطالعه با هدف آماده سازی فیلم هایی شامل یک مولکول فعال، یعنی لیسوزیم به کار گرفته شد که یک مولکول آنتی میکروب طبیعی است. هدف این تحقیق ارزیابی پتانسیل بهره برداری از بعد نانوسایزی فیبریل سلولز برای کاهش سرعت انتشار مولکول آنتی میکروب بوده است تا بدین ترتیب از انتشار خیلی سریع آن در محیط اطراف جلوگیری شود. این انتشار سریع یکی از نقاط منفی بیشتر سیستم های انتشار است. برای این هدف کینتیک لیسوزیم در یک دوره ی ده روزه در دو محیط متفاوت (آب خالص و آب/اتانول 10 wt.%) به دست آمده و داده های آزمایشی با راه حل قانون دوم فیک برای اندازه گیری ضریب پخش (D) مطابقت داده شد. نتایج نشان می دهد که MFC لیسوزیم را به دلیل الکترواستاتیک، هیدروژن، و تعاملات یون دوقطبی بیشتر انتشار لیسوزیم، تقریبا 14٪، از مقدار اولیه ی بارگذاری شده روی فیلم را نگه داشته است. همانطور که انتظار می رفت اتانول به عنوان یکی از حللا ها کمی از پخش لیسوزیم از شبکه ی پلیمر MFC کاسته است. اضافه کردن دو ماده ی گلیسرول و سدیم کلراید که پتانسیل تعدیل انتشار را دارند نیز ارزیابی شد. یافته های این تحقیق نشان می دهد که فیلم های MFC را می توان نماینده ی خوبی برای استفاده در سیستم های بسته بندی انتشار کنترل شده دانست.

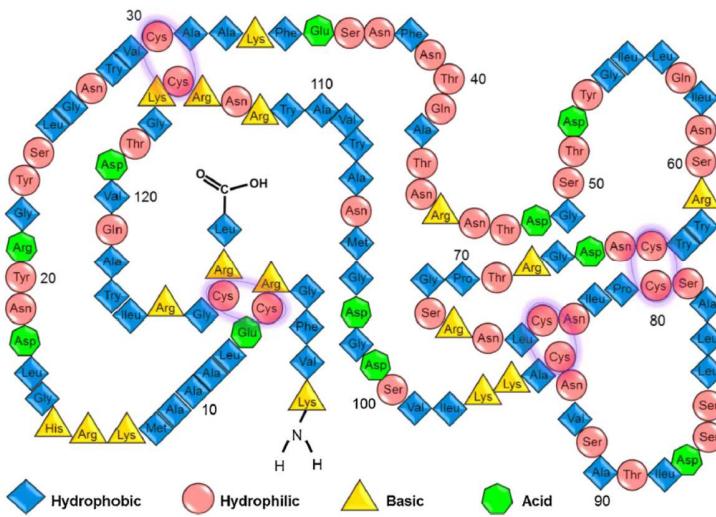
عبارات کلیدی: انتشار کنترل شده، انتشار، پخش، مدلسازی، نانوسایز، میکروفیبریل سلولز، لیسوزیم

## ۱- مقدمه

سلولز یکی از مهم ترین پلی ساکاریدها و بیوپلیمر های فراوان بر روی کره ی زمین است. این ماده شامل یک هموپلیمر گلوكز خطی  $\beta$  با واحدهای زیرمجموعه به نام گلوكز پیوند  $\beta-1,4$  می شود. زنجیره های سلولز در رشته هایی از میکروفیبریل سلولز مرتب شده و در ماتریکسی از همیسلولز و لیگین مستترق است. در ادبیات از چندین عبارت برای

توصیف MFC استفاده شده است: میکروفیبریل، تجمع میکروفیبریل، میکروفیبریل سلولز، فیبریل های نانو، فیبرهای نانو، سلولز غیرفیبریلی، و تجمیع فیبریل. بر اساس نام گذاری های قراردادی که در آن نانو به ذرات بین ۰.۰۰۱ تا ۰.۱ میکرون (nm 100-1) گفته می شود، MFC را می توان نانوفیبریلی با قطر کمتر از ۱۰۰ nm، طول چندین میکرومتر، و نسبت دید (طول/قطر، L/d) بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ دانست. MFC دارای نواحی کریستالی و غیربلوری است که در کنار نواحی سطحی خاص بزرگ و گروه های واکنشی OH ویژگی های فوق العاده ی مکانیکی مانند سفتی و مقاومت کششی را ایجاد می کند که برای اهداف مختلف مورد استفاده واقع شده اند. کارکردهای MFC شامل مواد زیر شده و اما به آن ها محدود نمی شود: تقویت مواد نانوکامپوزیت، تثیت کننده های پاشندگی، محیط فیلتر، و مواد بازدارنده ی اکسیژن برای مواد غذایی و محصولات دارویی. البته تحقیقات کمی در مورد توسعه ی مواد فعال بر اساس MFC و طراحی شده برای کارکردهای میکروبی انجام شده است.

با این حال دهه ی گذشته شاهد افزایش سریع تحقیقات در توسعه ی فیلم های فعال برای کارکردهای بسته بندی مواد غذایی مخصوصا روش های جایگزین برای کنترل غذایی از آلودگی میکروبی و نیز اکسیداسیون مضر در غذاها برای محدود کردن، مانع شدن و یا به تاخیر انداختن رشد میکرووارگانیسم ها و میزان کاهش کیفیت بوده است. در میان دیگر ترکیبات بیوакتیو، لیسوزیم در سال های اخیر توجهات زیادی را به عنوان یک محافظ طبیعی برای کارکردهای بسته بندی آنتی میکروبی به خود جلب کرده است. لیسوزیم (شکل ۱) در بخشناهه ی اروپا 95/2/EC به عنوان یک پروتئین دانه ای بیضی شکل دسته بندی شده است که با پیوندهای دی سولفاید تثیت شده و حجم مولکولی آن ۱۴ kDa بوده، نقطه ی pH ایزوالکتریک ۱۱.۱ بار خالص +9 در هر مولکول در pH ۵.۶ را دارد. لیسوزیم را می توان در بسیاری از ترشحات انسانی (اشک، براق، مخاط) و نیز سفیده ی تخم مرغ یافت.



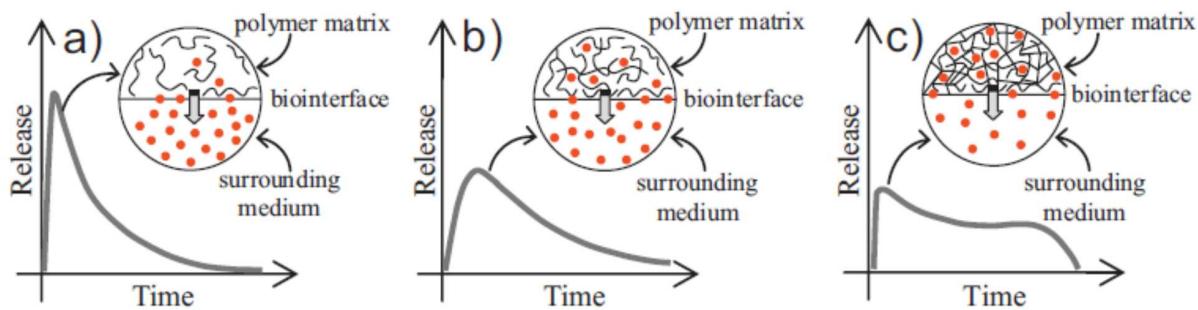
در دمای 25 درجه ی سانتی گراد بین 65٪ تا 76٪ به عنوان تابع مقدار ابتدایی مولکول آنتی میکروبی در ماتریکس پلیمر متغیر بوده است. هیوال و همکاران<sup>3</sup> نشان دادند که بدون توجه به روش ساخت به کار رفته یک انتشار 100 درصدی لیسوزیم از میکروسفرهای ژلاتین با پیوندهای عرضی در بافر فسفات (pH 7.4) در دمای 37 درجه ی سانتیگراد تقریباً بعد از 6 روز انجام شد.

قبل نشان داده شد که دستیابی به انتشار کنترل شده ی مولکول های فعال در طول زمان کلید افزایش طول عمر غذاهای فاسدشدنی است. ثابت شده است که بسته بندی انتشار کنترل شده (CRP)، وقتی طول عمر غذا مورد نظر باشد، امکان انتشار آهسته و تعدیل شده ی ترکیبات فعال از بسته بندی به غذا را فراهم می کند از اضافه کردن مستقیم ترکیبات فعال به غذا موثرتر است. در میان دیگر روش های ایجاد یک سیستم CRP موثر مانند اصلاح ساختار پلیمری بسته بندی یا کپسوله کردن ترکیبات فعال، تعاملات فیزیوشیمیایی بین ماتریکس پلیمر و مولکول های بارگذاری شده می تواند ویژگی های نهایی انتشار سیستم بسته بندی را مشخص کند.

هدف این مطالعه ارزیابی پتانسیل فیبریل های سلولز به عنوان «کاهش دهنده ی انتشار» (که از انتشار خیلی سریع مولکول فعال به محیط اطراف جلوگیری می کند) برای تولید بیونانو کامپوزیت های جدید با ویژگی های آنتی میکروبی است. این کار با استفاده از 1) نیروهای الکترواستاتیک بین MFC (که یک بار منفی کلی را حمل می کند) و لیسوزیم آنزیم (که یک بار کلی مثبت برای pH های زیر نقطه ی ایزوالکتریک خود حمل می کند)، 2) ساختاری در ابعاد نانو برای شبکه ی پلیمر سلولز که به علت اثر میانجی به نگهداری مولکول فعال در ماتریکس پلیمر کمک می کند (یعنی تعاملات بیشتر مولکول فعال پلیمر نسبت به شبکه هایی همچون کاغذ، مقوا، و پلاستیک) انجام می شود. این ویژگی بر اساس دسته بندی هان، تغییر از حالت پخش آزاد بدون محدودیت به حالت پخش آهسته و یا در صورت امکان سیستم نگهداری را موجب می شود که در آن مولکول فعال می تواند برای دوره ی زمانی بیشتری ثابت بماند. این حالات به صورت شمایی در شکل 2 نشان داده شده اند. بر این اساس، کینتیک لیسوزیم از فیلم های MFC در این مطالعه طی 10 روز با تخمین پارامتر قابل شمارش (ضریب پخش) به عنوان تابع دو شبیه ساز غذا (شبیه ساز A –

<sup>3</sup> Hiwale et al

آب و شبیه ساز C – آب/اتانول 10 wt% در دو دمای متفاوت (6 درجه و 23 درجه) مورد بررسی قرار گرفت. کینتیک انتشار ترکیب فعال نیز در حضور دو ماده‌ی تتعديل کننده‌ی انتشار یعنی گلیسرول و سدیم کلراید تخمین زده شد. تا آنجا که اطلاع داریم این اولین تحقیق در زمینه‌ی پتانسیل استفاده از MFC به عنوان ماده‌ی کاهش اتشار برای بهبود سیستم کنترل انتشار است.



شکل 2. نمای شمایی از a) پخش آزاد بدون محدودیت، b) پخش آهسته، و c) حالات سیستم نگهدارنده‌ی یک ترکیب فعال مولکولی کوچک (دایره‌های قرمز) در ماتریکس بیوپلیمر (برگرفته از مرجع 40). به سازمان دهی متفاوت شبکه‌ی بیوپلیمری که انتقال مولکول فعال در بیواینترفرانس‌ها دقیق کنید (برای تفسیر مراجعه‌های رنگ در این تصویر خواننده به نسخه‌ی اینترنتی مقاله مراجعه کند).

## 2- مواد و روش‌ها

### 1-2 مواد

MFC در موسسه‌ی تحقیقاتی فیبر و کاغذ (نروژ، تروندايم، PFI) با استفاده از انواع مختلف سلولز، 1) سلولز عنصری بدون کلر (ECF)، خمیره‌ی سولفات کاملاً سفید شده عمدتاً بر پایه‌ی *Picea abies* جوان، و 2) سلولز سولفات کاملاً سفید شده عمدتاً بر پایه‌ی *Pinus sylvestris* (کاج) 5 wt% *Picea abies* بالغ دارای تا 5 کاج (*Picea abies*) و بر اساس دستورالعمل تولید هریک و تورباک<sup>4</sup> تولید شد. ویژگی‌های اصلی فیزیوشیمیایی MFC تولید شده در مقالات قبلی توصیف شده است. لیسوزیم از پودر سفیده‌ی تخم مرغ (کریستالین، تقریباً 70000 unit/mg) از Sigma—ldrich (اوسلو، نروژ) خریداری شد. گلیسرول (مجدد تقطیر شده، 99.5% w/v) از VWR بین المللی

<sup>4</sup> Turbak and Herrik

(بلژیک، لوون) خریداری شد. سدیم کلراید از Merck (آلمان، دارمستاد) خریداری شد. آب Q با مقاومت بالاتر از  $18.2\text{ M}\Omega \text{ cm}$  و اتانول (نروژ، اوسلو، Fulka Analytical) برای آماده سازی محلول های هیدروالکلی (آب/اتanol 10 wt.% استفاده شد.

## 2-2 آماده سازی فیلم

سه دسته ای متفاوت از فیلم برای آزمون های انتشار آماده سازی شد: 1) فیلم های MFC شامل لیسوزیم (10 4 wt.% = 1 g/10g MFC) کدگذاری شده به عنوان M-L10-N10. 2) M-L10 نیز شامل گلیسرول (MFC اولیه 0.4 g/10 g MFC)، کدگذاری شده به عنوان M-L10-N10. برای هر سه دسته یک انتشار آب MFC در منبع اولیه 0.89 wt.% در دمای اتاق به مدت 2 ساعت با چرخش آرام (rpm 100) حل شد. عنصر سوم (گلیسرول و NaCl برای نمونه M-L10-G4 و M-L10-N10 به ترتیب) به عنوان گام نهایی در آماده سازی انتشار آب لیسوزیم اضافه شد که بعدتر به مدت 2 ساعت کنار گذاشته شد تا جای بگیرد. در این مرحله مقدار مشخصی از انتشار آب آنتی میکروبی MFC در ظروف پتروی (8.5 cm Ø) ریخته شد. این فرایند برای حصول اطمینان از ثبات بین ترکیب فعال نظری بارگذاری شده در ماتریکس MFC و مقدار واقعی موجود در فیلم های نهایی انتخاب شد. نمونه های به دست آمده به مدت 3 روز در دمای 23 درجه سانتیگراد و 65% RH نگهداری شدند. در این زمان، فیلم ها از زیرلايه پلاستیک جدا شده و به رشته های 5cmX2cm تبدیل شدند که در یک محفظه اقلیمی (23 درجه سانتیگراد و 50% RH) به مدت یک هفته نگهداری شد. ضخامت هر نمونه در 10 مکان تصادفی با میکرومتر دیجیتال اندازه گیری شد (میکرومتر 51 Lorentzen & Wettre ، سوئد، استکلهلم).

## 3-2 کینتیک انتشار لیسوزیم

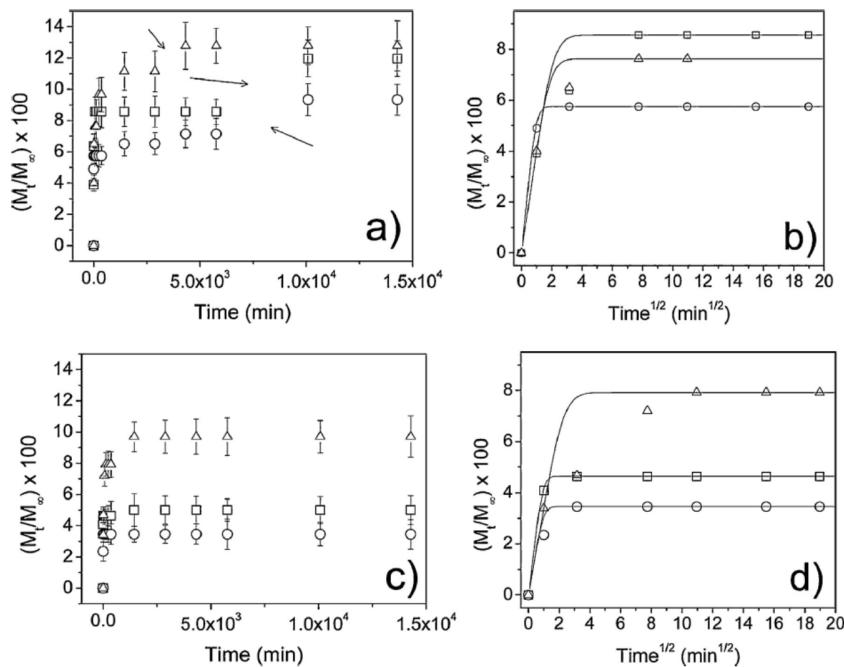
فیلم های MFC بارگذاری شده با در محفظه هایی شامل دو محیط کن tactی (50 mL)، محلول آب مقطر و آب/اتanol 10 wt.%، قرار داده شد که برای شبیه ساز (شبیه ساز A و شبیه ساز C به ترتیب) در قانون ماده ای کن tactی غذا طراحی شده اند. آزمایشات انتشار لیسوزیم در طول 10 روز (بعد از آن که از فیلم های MFC دیگر انتشاری مشاهده

نشد) با نگهداری در محفظه ها در دمای 6 درجه و 20 درجه با لرزش متوسط (rpm100) با استفاده از لرزشگر چرخی Boekel Scientific Flask Dancer 270292 از (ایالات متحده، PA، فیستروبل) انجام شد. انتخاب این دماها بر اساس شرایط رایج نگهداری غذاهای بسته بندی شده بوده است، یعنی شرایط دما (دمای اتاق) و یخچال. اگرچه برای ارتباط بالقوه با ارزیابی ثبات سیستم آنژیم، سری دماهای زیادی به دلیل ثبات دمایی لیسوزیم که قبلا گزارش شده بود در نظر گرفته نشدند. در واقع پیش تر بسیار گزارش شده بود که فعالیت لیسوزیم تا حداقل 75 درجه ی سانتی گراد کاملا حفظ می شود، که موجب می شود لیسوزیم نیز برای استفاده در ماتریس های بیوپلیمر در طول انفال مناسب باشد. جالب است که گفته شده وقتی پروتئین زیر نقطه ای ایزوالکتریک با پلی الکترولیت های اینیونی (مانند سلولزها) ترکیب شود فعالیت لیتیک لیسوزیم تا 90 درجه حفظ می شود. کینتیک انتشار لیسوزیم با اندازه گیری تراکم لیسوزیم در شبیه ساز در نوبت های مختلف انجام شده که جذب آن در 280 nm با استفاده از طیف سنج Lambda 650 UV/VIS (ایالات متحده، MA، والتام، پرکین الم) ثبت شد. سپس مقادیر جذب با استفاده از منحنی کالیبراسیون به مقادیر تراکم تبدیل شد که به عنوان میانگین محلول های استاندارد (سه تکرار) از 50 ppm تا 250 ppm محاسبه شد. هر نقطه ای داده روی منحنی های انتشار نشان دهنده ای میانگین نه تکرار است.

#### 4-2 تیتراسیون رسانایی سنجی

چگالی بار MFC با تیتراسیون رسانایی سنجی و به دنبال آن روشی که در مطالعه ای قبلی آمده است، تعیین شد. به صورت خلاصه یک انتشار آبی (0.1 wt. %) با اضافه کردن مقداری (15mL) از اسید هیدروکلریک N (HCl) 0.1 N انجام شد تا بار منفی که به صورت بالقوه در سلولز توزیع شده بود کاملا خنثی شود. تیتراسیون رسانایی سنجی با اضافه کردن هیدروکسید سدیم 0.1 N (NaOH) با چرخش آرام (100rpm) انجام شد. رسانایی یونی بعد از ترریق پی در پی 0.1 mL قدره ای NaOH در  $0.40 \mu\text{L s}^{-1}$  ارزیابی شد. بعد از اینکه رسانایی کاهش یافته و اولین نقطه ای برابر نزدیک شد، قطره های 0.05mL با میزان جریان  $0.15 \mu\text{L s}^{-1}$  منتشر شدند در حالی که شرایط تنظیم اولیه به ورای ناحیه ای رسانایی بازگردانده شد. تیترکننده تقریبا هر 60 ثانیه اضافه شد تا زمان کافی بین خوانش ها mmol برای تعادل وجود داشته باشد، در عین حال pH به صورت مداوم اندازه گیری می شد. در نهایت چگالی بار (

g<sup>-1</sup>) با روش گرافیکی اندازه گیری شد و بدین ترتیب رسانایی یونی اندازه گرفته شده را در مقابل تیترکننده کل رسم کرده و مقدار (mL) تیترکننده مورد نیاز برای حذف پروتون های همگی گروه های باردار سلولز از نقاط برخورد زنجیره های خطی رسانایی یونی قبل و بعد از نقطه i برابری (یا نقطه i انفال) محاسبه شد.



شکل 3 – داده های انتشار آزمایشی (a و c) و محاسبه شده (b و d) از نمونه های M-L10 (—□—)، M-L10-N10 (—△—)، و M-L10-G4 (—○—) بعد از ده روز (a و c) و 6 ساعت (b و d) استغراق در دمای 6 درجه هی سانتی گراد در شبیه ساز C (b و d). نشانگرهای خطا انحراف استاندارد در حول مقدار میانگین (n=9) را نشان می دهند.

## تجزیه های میکروسکوپی الکترون

## 5-2

نقاط برخورد و سطوح فیلم های MFC با یک میکروسکوپ اسکن الکترون Leo 1430 (آلمان، اوبرکوچن، زیس) برای جمع آوری داده ها در ترتیبی فیزیکی کلی از شبکه های پلیمر بررسی شدند. نمونه های آزمون سطح با نوار کربنی روی استتاب ها قرار داده شدند. نمونه های برش عرضی با چاقوی جراحی در قطعات نازک بریده شده و روی پایه هی نگه دارنده های نمونه های نازک برای بررسی برش های عرضی قرار داده شدند. قبل از اینکه نمونه های وارد میکروسکوپ

شوند با استفاده ز یک Sputter Coater (مدل 208RH) مجهز به کنترلر مانیتور ضخامت طلای target/Agar با لایه ای از طلا به ضخامت حدودی 10 nm پوشیده شدند.

تصاویر میکروسکوپی انتقال الکترون (TEM) برای مشاهده ای ابعاد فیبریل ها گرفته شدند. برای این هدف،  $5 \mu\text{L}$  از انتشار آب استات اورانیل آبی MFC روی یک صفحه ای Cu (400 mesh) Formvar-coated قرار داده شد. مشاهدات بعد از 24 ساعت (زمان لازم برای تبخیر حلال) با استفاده از یک میکروسکوپ انتقال الکترون فیلتر انرژی EFTEM (آلمان، اوبرکوچن، کارل زیس) انجام شدند که عملکرد آن 80 kV بود. تصاویر دیجیتال با دوربین ProScan 1K Slow-Scan CCD (آلمان، شورینگ، پروسکان) ثبت شدند.

## 6-2 تجزیه ای لیزر پروفیلومتری

آزمون های لیزر پروفیلومتری نیز برای بررسی تاثیر لیسوزیم، گلیسرول و NaCl روی موافلوزی فیلم های MFC انجام شدند. نمونه ها در اندازه های تقریبی 1 سانت در 1 سانت روی عدسی شیئی با نوار دو طرفه نصب شدند. نمونه ها قبل از عکسبرداری با لایه ای از طلا پوشیده شدند. تصاویر از 10 ناحیه ای هر فیلم برداشته شدند. تصاویر توپوگرافی در اندازه های 1 mm X 1mm و رزولوشن  $1 \mu\text{m}/\text{pixel}$  بودند. این تجزیه با اتصال SurfCharJ انجام شد. ساختارهای جانبی بزرگتر از  $40 \mu\text{m}$  فشرده شدند.

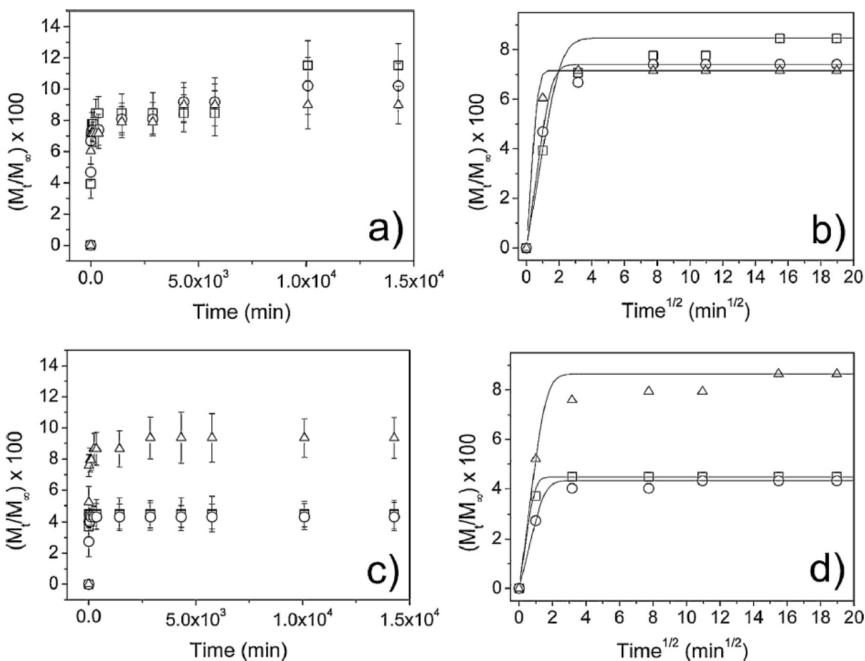
## 7-2 تحلیل آماری

اهمیت آماری تفاوت ها در انتشار و ناهمواری سطح فیلم ها با تحلیلی یک سویه از واریانس (ANOVA) با استفاده از نرم افزار JMP 5.0.1 (ایالات متحده، نیویورک، کاری، SAS) تعیین شد. در زمان های مناسب مقادیر میانگین از طریق آزمون Student's t با درجه اهمیت  $p < 0.05$  مقایسه می شد. منحنی های انتشار کینتیک لیسوزیم با Matlab جایگذاری راه حل تحلیلی قانون دوم فیک برای صفحه ای مسطح در داده های آزمایشی که با استفاده از (ایالات متحده، MA، ناتیک، متاورکس) حل شده بودند، تعیین شد.

## 3- نتایج و بحث

### 3-1 کینتیک انتشار لیسوزیم

روندهای انتشار ترکیب‌های وزن مولکولی (مانند لیسوزیم) از شبکه‌های هیدروفیلی (مانند MFC) را می‌توان نتیجه‌ی سه پدیده دانست: 1) پخش حلال در شبکه‌ی فیلم، 2) رلاکسیون ماتریکس پلیمر به علت تورم مولکول‌های MFC هیدروفیلی و انتشار ترکیب فعال از شبکه‌ی متورم در محیط اطراف 3) پخش ترکیب فعال از شبکه‌ی پلیمری متورم در محیط اطراف. داده‌های انتشار آزمایشی با پذیرش این نکات مدلسازی شدند: 1) پخش آب و رلاکسیون زنجیره‌های مولکولی سریع‌تر از پخش ترکیب آنتی‌میکروبی وزن مولکولی در شبکه‌ی متورم رخ‌می‌دهد، 2) پخش لیسوزیم در محیط متقارن همگن رخ‌می‌دهد، 3) مقدار محیط ماده‌بی‌نهایت است، و 4) ضریب انتقال حجم بیرونی در پیوند ماده‌جامد قابل اغماض است.



شکل 4- داده‌های انتشار آزمایشی (a و c) و محاسبه شده (b و d) لیسوزیم از نمونه‌های M-L10 (—□—)، M-L10-N10 (—△—)، و M-L10-G4 (—○—) بعد از ده روز (a و c) و 6 ساعت (b و d) استغراق در دمای 6 درجه‌ی سانتی‌گراد در شبیه ساز C (شبيه ساز A و b) نشانگرهای خطا انحراف استاندارد در حول مقدار ميانگين (n=9) را نشان می‌دهند.

علاوه مدلسازی تنها بر داده های آزمایشی از اولین قسمت پخش از منحنی انتشار برای تمام نمونه ها انجام شد که زمان بین شروع آزمایشات ( $t=0$ ) و ظهور اولین درجه ای حالت یکنواخت، بود. هر روند پخش ثانویه مرتبط با جهش ناگهانی در منحنی انتشار در نظر گرفته نشد.

بنابراین راه حل قانون دوم فیک برای صفحه ای مسطح با شرایط مرزی ثابت را می توان به کار برد:

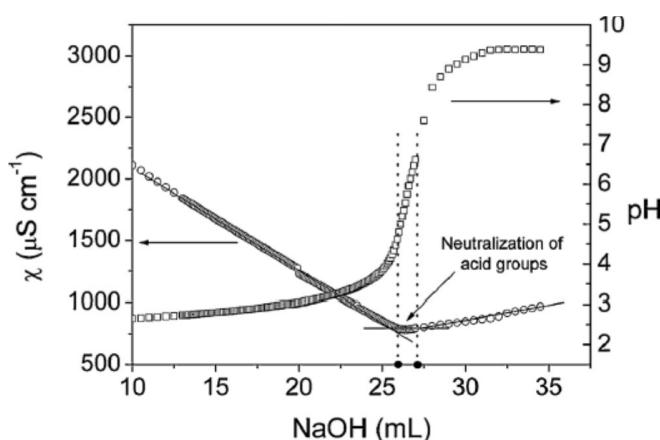
$$M_t = M_\infty \left\{ 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[ -\frac{D_{LYS}}{l^2} (2n+1)^2 \pi^2 t \right] \right\} \quad (1)$$

که در آن  $M_t$ : مقدار (mg/kg) ترکیب منتشر شده در زمان  $t$  (s) است،  $M_\infty$ : مقدار متناظر زمان بی نهایت (مانند زمان تعادل) بوده و به عنوان مقدار اولیه ای بار روی فیلم در نظر گرفته می شود،  $D_{LYS}$ : ضریب پخش ظاهری از ماتریکس پلیمر MFC بوده و  $l$ : ضخامت (cm) فیلم های خشک است. کینتیک انتشار با رسم نسبت  $M_t/M_\infty$  در مقابل ریشه ای مربع زمان به دست آمد تا رفتار پخش مولکول آنتی میکروب وزن مولکولی پایین بر اساس دسته بندی کرانک ارزیابی شود.

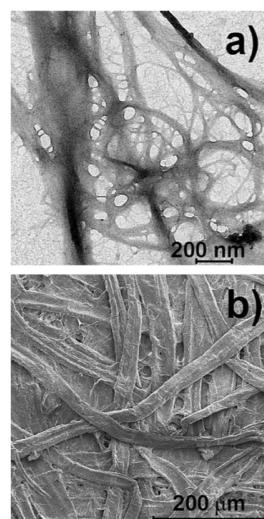
شکل های 3 و 4 داده های انتشار آزمایشی و شبیه سازی شده برای سه نوع فیلم در شرایط مختلف را نشان می دهد (شبیه ساز A و C در 6 و 23 درجه ای سانتی گراد). به صورت کلی، مقدار کل لیسوزیم منتشر شده در محیط در طی زمان لحاظ شده در این تحقیق هرگز به مقدار 100٪ نرسید. بنابراین هدف اصلی مطالعه به صورت رضایت بخشی به دست آمد، زیرا از انتشار سریع تمامی آنتی میکروب های بارگذاری شده روی فیلم های پلیمری جلوگیری شد. نکته ای قابل توجه این است که توانایی شبکه ای MFC برای حفظ لیسوزیم تایید شده، تقریبا 13٪ لیسوزیم بعد از ۵ روز در آزمایش منتشر شد. این نتیجه را می توان با تعاملات ضعیف جدید بین لیسوزیم و MFC توضیح داد. MFC به علت گروه های اسید کربوکسیل در شکاف نیمه ای سلولز و باقیمانده ای اکسیداسیون ناشی از اصلاح مواد اولیه ای اسکلت سلولز اصلی یک بار منفی خالص حمل می کند. همانطور که اندازه گیری های رسانایی سنجی ما تایید کرد (شکل 5 را ببینید) بار منفی  $0.7925 \pm 0.01 \text{ mmol g}^{-1}$  که بسیار کمتر از دیگر بیopolymerهای پلی الکترولیت منفی مانند پکتین است. بنابراین این امکان وجود دارد که تعاملات بین MFC با بار منفی و لیسوزیم با بار مثبت را تعدیل کنیم.

البته تعاملات یون دوقطبی بین لیسوزیم و گروه های هیدروکسیل پننت قطبی سلولز نیز می توانند در محدودسازی پخش لیسوزیم در شبکه های MFC نقش داشته باشند.

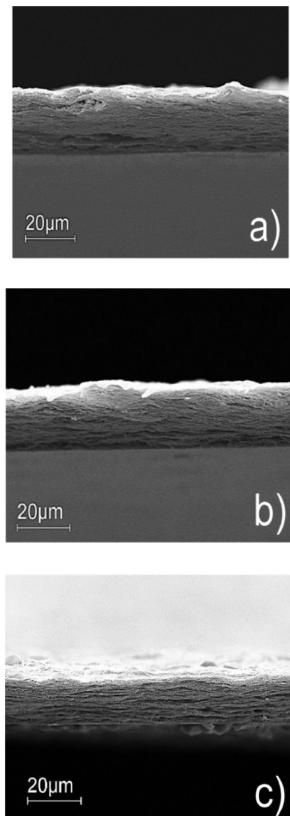
چگالی تعاملات لیسوزیم/MFC عاملی با اهمیت برابر در تعیین عملکرد انتشار نهایی ماتریکس MFC است. این جنبه MFC فیزیکی پیوند نزدیکی با ویژگی های نانوسایزی MFC دارد. همانطور که در شکل 6a نشان داده شده است یک فیبریل با پهنهای  $3-100\text{ nm}$  و طول تقریبی  $10\mu\text{m}$  است که با مشاهدات قبلی تطابق دارد بالعکس فیبرهای چوب 1-3 mm طول و حدود  $10-50\text{ }\mu\text{m}$  پهنا دارد (شکل 6b). نسبت بالاتر (نسبت طول به قطر) از فیبریل های MFC در مقایسه با فیبرهای چوب در نهایت به توانایی بهتر در تعامل با دیگر مولکول ها مانند لیسوزیم ختم می شود.



شکل 5 – منحنی های تیتراسیون پتانسیومتر و رسانایی سنج برای انتشار آبی 0.1 wt.%



شکل 6 – تصویر TEM از فیبریل MFC (a) و تصویر SEM از فیبر اولیه ای سلولز (b)



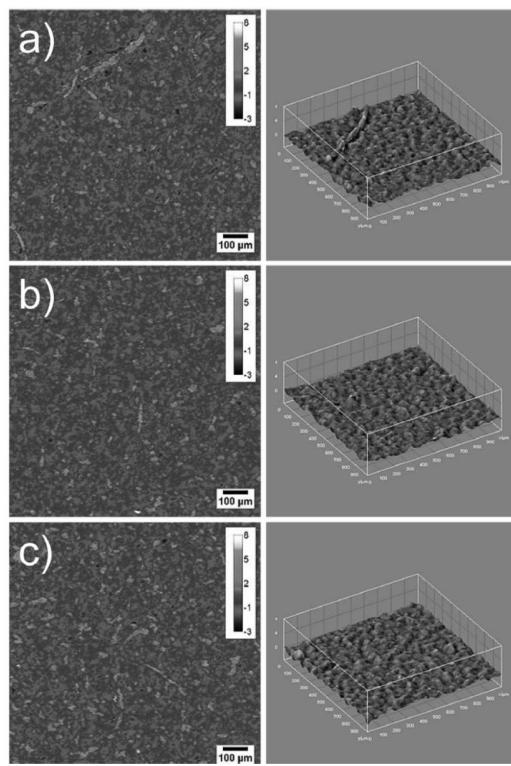
شکل 7 – تصاویر برش عرضی از نمونه های (a) M-L10-N10 (b) M-L10 (c) M-L10-G4 به تصویر c از

سطح کریستال های NaCl در دو طرف فیلم های MFC دقیق شود.

این نکته با مشاهدات قبلی مطابقت دارد، یعنی چگالی تعاملات یونی بین MFC و لیسوزیم با کاهش اندازه ای فیبرهای سلولز افزایش می یابد.

### 2-3 تاثیر نوع شبیه ساز

برای سیستم پلیمر یکسان در دمای یکسان، لیسوزیم کل انتشار یافته همیشه برای شبیه ساز A از شبیه ساز C (شکل 3a را با شکل 3c و شکل 4a با شکل 4c مقایسه کنید) بالاتر بوده است. این نتیجه احتمالاً طبیعت هیدروفیلی مولکول آنتی میکروب را نشان می دهد، یعنی تجانس بیشتر آن با آب نسبت به اتانول. در حالی که آب حلالی قوی برای ماتریکس پلیمر است اتانول تنها تجانسی نسبی با MFC داشته و بنابراین موجب انتشار ترکیب فعال به مقدار کمتر می شود.



شکل 8 – (چپ) ارتفاع پروفیلومتری لیزر و (راست) تصاویر سه بعدی از نمونه های a) M-L10-G4 (b) M-L10 (c) M-L10-N10

البته این مشاهده (مقادیر انتشار بیشتر برای شبیه ساز A) با تخمین ضریب پخش ظاهری که در جدول 1 آمده است تایید نمی شود. به عنوان یک توضیح آزمایشی برای این مسئله می توان گفت که کینتیک کلی انتشار لیسوزیم از محلول هیدروالکلی انحصارا با پخش مولکول فعال از شبکه ی پلیمر به محیط اداره شده و بالعکس می توان به وضوح دید که وقتی تنها آب به عنوان شبیه ساز استفاده می شود پخش در صعود اولیه ی هر منحنی دیده می شود، اما بعد از مدت زمانی مشخص تاثیرات ثانویه رخ داده و با جهش های ناگهانی در انتشار لیسوزیم نشان داده می شوند (فلش های شکل 3.a را ببینید). همانطور که قبلا گزارش شده ظهور انفجار فیلم در پلیمرهای هیدروفیلی را می توان به صورتی معقولانه به شکاف نسبی نواحی نیمه کریستالی نسبت داد که خصوصا بعد از تجزیه ی قسمت غیربلوری رخ می دهد. نتیجه ی نهایی افزایش لیسوزیم انتشار یافته در محیط اطراف (آب) بود.

#### جدول 1

ضخامت ( $l$ ) ضریب پخش ( $D$ ) و ناهمواری سطح ( $Sq$ ) فیلم های ساخته شده از  $MFC$

Film type	$l$ ( $\mu\text{m}$ )	$D$ ( $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ )				$Sq$ ( $\mu\text{m}$ )	
		6 °C		23 °C			
		Simulant A	Simulant C	Simulant A	Simulant C		
M-L10	21.67 <sup>a</sup> ± 1.15	2.2E-11 <sup>c</sup>	1.2E-10 <sup>d</sup>	2.1E-11 <sup>c</sup>	1.3E-10 <sup>d</sup>	0.867 <sup>h</sup> ± 0.040	
M-L10-G4	22.33 <sup>a</sup> ± 0.58	1.0E-10 <sup>d</sup>	1.0E-10 <sup>d</sup>	4.0E-11 <sup>g</sup>	4.0E-11 <sup>g</sup>	0.815 <sup>i</sup> ± 0.031	
M-L10-N10	16.67 <sup>b</sup> ± 0.68	1.5E-11 <sup>e</sup>	1.0E-11 <sup>f</sup>	1.2E-10 <sup>d</sup>	2.0E-11 <sup>c</sup>	0.885 <sup>h</sup> ± 0.024	

بالانویس های متفاوت در یک گروه (یعنی در هر پارامتر) تفاوت معنادار آماری را نشان می دهد ( $p < 0.05$ )

### 3-3 تاثیر دما

به استثنای نمونه های حاوی گلیسرول، هیچ تفاوت آماری در الگوهای انتشار نمونه های نگه داشته شده در دمای 6 درجه و 23 درجه ی سانتی گراد دیده نشد، بنابراین افزایش دما عاملی در انتشار لیسوزیم از فیلم های ساخته شده از MFC، حداقل در سری دماهای مورد آزمون در این آزمایش نخواهد بود. به احتمال زیاد این نتیجه به علت حساسیت پایین MFC در مقابل تغییرات دمایی به دست آمده است. در واقع مانند بسیاری از مواد سلولزی، ویژگی های دمایی MFC که پیوند نزدیکی با طبیعت بسیار چسبنده‌ی آن (با دمای تبدیل شیشه‌ی بالاتر از دمای تخریب) دارد اساساً از پیوندهای هیدروژنی گسترده ناشی شده و باعث می شود ماتریکس پلیمر تقریباً به صورت کامل از چینش فیزیکی را حتی بعد از تغییر دما از 5 درجه به 23 درجه را همچنان حفظ می کند. این نتایج ارتباطی عملی دارند: انتشار لیسوزیم در بسته بندی MFC تحت تاثیر تفاوت های شرایط نگهداری مانند دمای رایج زنجیره‌ی تامین غذا قرار نمی گیرد.

کاهش D با افزایش T برای نمونه هایی که با گلیسرول نرم شده اند به گونه ای نامشخص است. به عنوان یک توضیح آزمایشی می توان گفت دلیل آن تحرک بالای گلیسرول در 23 درجه است که در نهایت تعاملات جدیدی بین مولکول فعال و گلیسرول به وجود می آورد، بنابراین حرکت آزاد لیسوزیم در ماتریکس پلیمر محدود می شود. البته بررسی های بیشتر تاثیر گلیسرول بر دسترسی به لیسوزیم در سیستم انتشار MFC را روشن خواهد کرد.

### 4-3 تاثیر گلیسرول و NaCl

همانطور که در مقادیر ضریب های پخش ظاهری برای نمونه های M-L10-G4 و M-L10 (جدول 1) نشان داده شد گلیسرول همانطور که انتظار می رفت به دلیل تاثیر نرم سازی شناخته شده اش باعث انتشار مولکول فعال در

محیط آب (شبیه ساز A) در هر دما (6 و 23 درجه ی سانتی گراد) شد. تعاملات جدید بین مولکول های گلیسرول و پلی ساکارید نیز می تواند از عوامل ممکن باشد. در نهایت این رقابت بین گلیسرول و لیسوزیم برای پیوند دادن زنجیره های MFC اصلی باید در انتشار مولکول آنتی میکروبی در محیط آب (شبیه ساز A) نقش داشته باشد. بالعکس، گلیسرول زمانی که در محیط هیدروالکلی (شبیه ساز C) قرار گرفت انتشار لیسوزیم از ماتریکس MFC را کاهش داد. همانطور که در مطالعه ای مشابه گزارش شده است احتمال دارد که تعاملات گلیسرول-اتانول-آب دسترسی به مولکول های آب را برای ماتریکس تغییر داده و بنابراین ریلاکسیون زنجیره های پلیمر را کند کرده باشد.

ظاهرا اضافه کردن NaCl انتشار لیسوزیم را مانع شده است. این تاثیر را می توان به تغییرات در چینش مولکولی MFC ناشی از حضور نمک نسبت داد. به صورت جزیی تر، در حالی که دفع الکترواستاتیک بین گروه های باردار منفی از تعاملات فیبریل-فیبریل در ناحیه ای با تراکم کم ممانعت می کند، تجمع با قدرت یونی افزایش می یابد (اثر پوششی). این اثر در ساختار محدودتر منعکس شده است که با تصاویر SEM برش عرضی از سه نمونه ای MFC (شکل 7) تایید می شود. بر این اساس تفاوت در ضخامت بین نمونه های حاوی NaCl (M-L10-N10) و دیگر نمونه ها (M-L10-G4) از لحاظ آماری معنادار بود زیرا نمونه ای M-L10-N10 کاهش یافته و به علت تجمع فیبریل ناشی از نمک ضخامت کمتری پیدا کرد (جدول 1).

### 5-3 مورفولوژی سطح فیلم های ساخته شده از MFC

مورفولوژی نهایی یک فیلم (هر دو نوع طبیعی و پلاستیک) پارامتر مهمی ست زیرا می تواند به شدت بر پدیده ای سطحی مانند قابلیت رطوبت، شکست نور، و سهولت آلودگی تاثیر بگذارد. این تاثیر در برخی ویژگی های فیلم ها مانند ویژگی های بصری و نیز عملیات های پایان دهی مانند تجزیه ای پوشش های محافظتی، چاپ و لایه لایه سازی، منعکس می شود که ممکن است بعد از ساخت روی فیلم ها انجام شود. یک دید کلی از توپوگرافی سطح سه نمونه ای MFC در شکل 8 آمده است. همانطور که در جدول 1 دیده می شود اگرچه هیچ تفاوت قابل توجهی بین نمونه ها نبود اما نمونه ای حاوی گلیسرول (M-L10-G4) صاف ترین سطح را داشته در حالی که هیچ تفاوت آماری معناداری بین فیلم های M-L10-N10 و M-L10-G4 دیده نشد. احتمالا اضافه کردن گلیسرول تجمع درون مولکولی فیبریل

های سلولز را کاهش داده، بدین ترتیب ریلاکسیون کلی شبکه‌ی MFC را منجر شده و در نتیجه سطح هموارتری ایجاد کرده است. بیشترین ناهمواری سطح در فیلم‌های M-L10-N10 دیده شده که همانطور که در شکل 7c به وضوح دیده می‌شود می‌توان آن را به کریستال‌های نمک نسبت داد.

#### 4- نتایج

این مطالعه به مسئله‌ی مورد بحث سیستم‌های CRP از دیدگاه نانوتکنولوژی پرداخته است. هدف ما این بود که نشان دهیم انتشار ترکیب فعال مولکول کوچک را می‌توان با بهره برداری از ویژگی‌های نانوسایزی شبکه‌ی پلیمر کنترل کرد. این تحقیق به صورت موفقیت آمیز نشان داد که فیلم‌های MFC حامل مناسبی برای لیسوزیم آنتی میکروب بوده و از انتشار سریع آن در طول مراحل اولیه‌ی تماس با دو شبیه ساز غذای مورد آزمون ( محلول آب و آب/اتانول) جلوگیری می‌کند. عملکرد مشاهده شده که به اثر میانجی نسبت داده شد، موجب حفظ بالای مولکول فعال در فیلم‌های نهایی گردید. سیستم‌های انتشار MFC نیز به تغییرات دمایی حساس نبودند (6 و 23 درجه‌ی سانتی گراد). بعلاوه کاربرد دو عامل تعديل گر نشان داد که تا حدودی انتشار را می‌توان با کار بر ویژگی‌های فیزیوشیمیایی (مانند حالت تجمیع فیبریل‌ها) شبکه‌ی MFC اصلی تعديل کرد.

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که MFC را می‌توان به نحوی سودبخش به عنوان عنصر فرعی در شکل گیری ابزار انتشار به منظور کنده‌سازی انتشار مولکول‌های فعال از شبکه‌ی پلیمر اصلی به کار برد. کارکردهای بالقوه شامل بسته بندی غذایی، که در آن سیستم‌های آنتی میکروبی لیسوزیمی (مثلًا برای ماهی تازه، گوشت تازه، سبزیجات با فراوری حداقل) پیشنهاد شده اند، بوده اما به آن محدود نمی‌شود.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

✓ لیست مقالات ترجمه شده

✓ لیست مقالات ترجمه شده رایگان

✓ لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI

سایت ترجمه فا؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی