



سنتز یک ماده رنگزای کاتیونیک جدید بر پایه نفتالیمید و بررسی خواص ضد میکروبی آن

سعیده گل کار^۱، کمال الدین قرنجیک^{۲*}، مختار آرامی^۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۷۸۴

۲- استادیار، گروه پژوهشی مواد رنگزای آلی، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

۳- دانشیار، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۷۸۴

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۲/۲۸ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۸۸/۳/۲۸

چکیده

در این تحقیق، یک ماده رنگزای کاتیونیک جدید از ۴-آمینو-N-پروپیل-۱،۸-نفتالیمید سنتز و خواص ضد میکروبی آن بررسی شد. در این راستا ۴-آمینو-N-پروپیل-۱،۸-نفتالیمید ابتدا با کلرو استیل کلرید و سپس با N,N-دی متیل دودسیل آمین واکنش داده شد تا یک ماده رنگزای کاتیونیک جدید با گروه رنگساز نفتالیمیدی به دست آمد. ماده رنگزای سنتز شده به روش تبلور مجدد و کروماتوگرافی لایه نازک خالص سازی شده و از طریق تحلیل دستگاهی $^{13}C NMR$ ، $FTIR$ ، $^1H NMR$ و تحلیل عنصری مورد تأیید قرار گرفت. ضمناً خواص اسپکتروفوتومتری ماده رنگزای سنتز شده تعیین و ویژگی های ضد میکروبی آن به روش کمی اندازه گیری میزان حداقل غلظت بازداری (MIC) ارزیابی گردیده است. نتایج نشان می دهند که ماده رنگزای سنتز شده در حالت محلول در مقابل هر دو نوع باکتری گرم مثبت و گرم منفی خاصیت ضد میکروبی دارد.

واژه های کلیدی: مواد رنگزای کاتیونیک، نفتالیمید، سنتز، ترکیبات ضد میکروبی، رنگساز

Synthesis of a Novel Naphthalimide Based Cationic Dye and Its Antimicrobial Properties

S. Golkar¹, K. Gharanjig^{2*}, M. Arami¹

¹ Amirkabir University of Technology, Faculty of Textile Engineering, P.O. Box.15875-4413, Tehran, Iran

² Department of Organic Colorants, Institute for Color Science and Technology, P.O. Box.16765-654, Tehran, Iran

Abstract

In this paper, synthesis and antimicrobial properties of a cationic dye were investigated. 4-Amino-N-propyl-1,8-naphthalimide was reacted with chloroacetylchloride followed by N,N-dimethyldodecylamine and a cationic dye was obtained. The product was purified by recrystallization and TLC methods. The chemical structure of the product was characterized by using FTIR, $^1H NMR$, $^{13}C NMR$ and elemental analysis. Also, the spectrophotometric data of the synthesized dye was studied. The antimicrobial property of the dye was evaluated by using a minimum inhibitory concentration method (MIC). The product showed considerable antimicrobial effectiveness against either Gram-negative or Gram-positive bacteria in solution. J. Color Sci. Tech. 3(2009), 37-42. © Institute for Color Science and Technology.

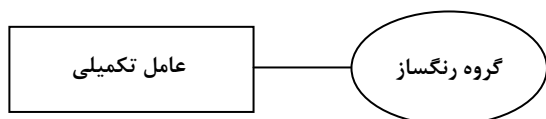
Keywords: Cationic dyes, Naphthalimide, Synthesis, Antimicrobial compound, Chromophore.

۱- مقدمه

امروزه یکی از زمینه‌های فعال تحقیقاتی، بهینه‌سازی مصرف انرژی و حفظ محیط زیست است. ادغام نمودن دو یا چند فرآیند تکمیلی و انجام آنها در یک مرحله، به میزان قابل ملاحظه‌ای مصرف انرژی را پایین آورده و پساب ایجاد شده را نیز کاهش می‌دهد. دستیابی به این هدف، مستلزم طراحی و سنتز مواد شیمیایی جدید است. در یک فرآیند تک‌مرحله‌ای، مواد و روش به‌کار گرفته شده باید طوری انتخاب شوند تا اثرات نامطلوب روی یکدیگر نداشته و ضمناً ویژگی مورد انتظار را نیز فراهم نمایند. از میان فرآیندهای تکمیلی منسوجات، رنگرزی مرحله‌ای است که در آن می‌توان تغییراتی ایجاد نمود تا برخی از فرآیندها با یکدیگر ادغام شوند. رنگرزی یک حمامه کالاهای دوجزئی و یا یکی نمودن فرآیند رنگرزی و تکمیل‌هایی مثل ضدآب، ضد مواد شیمیایی، ضد الکتروسیته ساکن و ضد میکروب از آن جمله‌اند [۱].

مواد رنگزا ترکیباتی هستند که ساختار الکترونی‌شان قادر به جذب تشعشعات الکترومغناطیسی در محدوده مرئی است [۲]. این مواد رنگزا می‌توانند حاوی گروه‌هایی باشند که خواصی علاوه بر ویژگی رنگی به ماده رنگزای مورد نظر بدهند (شکل ۱). برای مثال می‌توان به مواد رنگزا گروه‌هایی متصل کرد که علاوه بر ایجاد رنگ بر روی پارچه ویژگی‌هایی از قبیل دفع آب، مقاومت در مقابل آتش، ضد میکروب، ضداسحه ماوراءبنفش و ضد مواد شیمیایی را به‌وجود آورند [۱].

در زمینه تولید این دسته از مواد رنگزا پژوهش‌های متنوعی انجام شده است. برخی از محققین با استفاده از مواد رنگزای حاوی گروه‌های آمونیوم خاصیت ضد میکروبی پایداری را در الیاف نایلون ایجاد کرده‌اند [۳،۴]. پس از عملی شدن تفکر استفاده از گروه‌های شیمیایی فعال بر روی مولکول‌های مواد رنگزای اسیدی به‌عنوان پل‌هایی برای متصل کردن عوامل ضد میکروبی به پارچه‌های مصنوعی نایلونی، محققین دیگری اقدام به سنتز رنگزاهایی با خاصیت ضد میکروبی نمودند [۱]. اخیراً پیشرفت‌هایی در قرار دادن عوامل ضد میکروبی -N هالامینی (ترکیبات آلی حاوی کلر متصل به نیتروژن) و نمک‌های آمونیوم به پارچه‌های اکریلیکی انجام شده است، اما متأسفانه در هر دو این روش‌ها محدودیت‌هایی در رنگرزی الیاف اکریلیک ایجاد می‌شود. با اتصال عامل ضد میکروب نمک آمونیوم توسط یک پل آلکیل آمینو به گروه رنگساز آنتراکینونی، گروه دیگری از مواد رنگزای ضد میکروبی به دست آمدند [۵،۶]. در این گروه می‌توان با تغییر پل اتصال دهنده بین گروه رنگساز و نمک آمونیوم پایداری مواد رنگزا را در برابر هیدرولیز و حرارت بهبود داد [۷]. گروه دیگری از مواد رنگزای ضد میکروبی از طریق اتصال نمک‌های آمونیوم به پایه‌های گروه رنگساز آزو به دست آمده‌اند [۸].



شکل ۱: شکل کلی مواد رنگزا برای ادغام فرآیندهای رنگرزی و تکمیل.

مواد رنگزای نفتالیمیدی یک گروه مهمی از مواد رنگزا را تشکیل می‌دهند و کاربردهای متنوعی دارند. آنها دارای شدت و قدرت رنگی زیادی هستند و درخشندگی بالایی دارند. به همین منظور مقالات متعددی در زمینه استفاده از ترکیبات نفتالیمیدی در ساخت مواد رنگزای نساجی منتشر شده است [۹،۱۰]. مواد رنگزای نفتالیمیدی به واسطه داشتن خاصیت فلورسنسی دارای کاربردهای فراوانی نیز در علوم پزشکی و بیوشیمی هستند. آنها معمولاً در تشخیص بیماری‌ها اهمیت زیادی دارند. با توجه به کاربرد مواد رنگزای نفتالیمیدی بر روی الیاف نساجی و ویژگی‌های بارز آنها سبب شده است که در این تحقیق یک ماده رنگزای جدیدی بر پایه نفتالیمید معرفی گردد و خاصیت ضد میکروبی آن در محلول ارزیابی شده است. در این راستا ابتدا یک ماده رنگزای نفتالیمیدی از آسنتین سنتز شده و با یک ترکیب الکیل آمینوی نوع سوم واکنش داده شد تا ماده رنگزای مورد نظر به دست آید. سپس خاصیت ضد میکروبی ماده رنگزای سنتز شده در محلول مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد شیمیایی و وسایل

ماده اولیه برای سنتز ماده رنگزای ضد میکروب آسنتین است که با درجه خلوص ۹۷٪ از شرکت آلدریچ تهیه شد. این ماده به‌روش تبلور مجدد از حلال استیک اسید خالص‌سازی و برای سنتز مواد واسطه مورد نیاز به‌کار رفت. N,N-دی متیل دودسیل آمین (آلدریچ)، کلرو استیل کلرید (فلوکا) و دیگر مواد مورد استفاده از شرکت مرک تهیه شد و بدون خالص‌سازی به‌کار رفتند.

برای اندازه‌گیری نقطه ذوب مواد سنتز شده از DSC: 2010 TA Instruments و برای تعیین ویژگی‌های رنگی ماده رنگزا از اسپکتروفوتومتر UV-vis absorption spectra: Cecil 9200 double beam استفاده شده است. ضمناً به منظور شناسایی مواد سنتز شده در این مقاله از طیف مادون قرمز FTIR: Nicolet 470/670/870 و طیف رزونانس مغناطیسی ^1H and ^{13}C NMR: Bruker Avance 300 MHz استفاده شد.

۲-۲- روش کار

سنتز ۴-آمینو-N-پروپیل-۸،۱-نفتالیمید: برای سنتز ۴-آمینو-N-پروپیل-۸،۱-نفتالیمید از آسنتین به ترتیب یک سری واکنش‌های شیمیایی استاندارد از قبیل نیترودار کردن، اکسایش، آمین دار کردن و احیاء انجام گرفت [۱۱]. ویژگی‌های ترکیب نهایی ۴-آمینو-N-پروپیل-۸،۱-نفتالیمید به شرح زیر بود:

$^1\text{HNMR}(\text{CDCl}_3)$: ۰,۹۹-۱,۰۲ (3H, CH₃), ۱,۷۳-۱,۷۹ (2H, CH₂CH₃), ۴,۱-۴,۱۴(2H, NCH₂), ۴,۹۴ (2H, NH₂), ۶,۸۸-۶,۹ (1H, 3-H), ۷,۶۴-۷,۶۷ (1H, 6-H), ۸,۱-۸,۱۱ (1H, 2-H), -۸,۴۳ ۸,۴۱ (1H, 5-H), ۸,۶۰-۸,۶۱ (1H, 7-H); FTIR (KBr): ν ۳۳۵۶, ۳۴۳۵ cm⁻¹ (N-H str. Primary amine), ۱۶۷۵, ۱۶۳۷ cm⁻¹ (C=O str. Carbonyl); Anal. Cal. for CHN: C, % ۷۰,۸۷; H, % ۵,۵۱; N, % ۱۱,۰۲; Found: C, % ۷۰,۶۵; H, % ۵,۶; N, % ۱۱. m.p=۲۵۸,۴۶ °C.

سنتز ۴-کلرو استامیدو-N-پروپیل-۸،۱-نفتالیمید: محلولی از ۰,۷۲ گرم (۰,۲۵ میلی مول) ۴-آمینو-N-پروپیل-۸،۱-نفتالیمید در ۶ میلی لیتر N,N-دی متیل استامید در دمای صفر درجه سانتی گراد با استفاده از حمام آب و یخ تهیه شد. به این محلول مخلوطی از ۱,۵ میلی لیتر کلرو استیل کلرید در ۳۰ میلی لیتر کلروفرم اضافه شد. مخلوط واکنش به مدت یک ساعت با همزدن مداوم در دمای اتاق نگه داشته شده و سپس به ۱۵۰ میلی لیتر دی اتیل اتر اضافه گردید. رسوب تشکیل شده صاف و خشک گردید. محصول دوبار با استیک اسید به روش تبلور مجدد خالص سازی شد. بدین ترتیب ۴-کلرو استامیدو-N-پروپیل-۸،۱-نفتالیمید جامد سفید رنگ، براق و پفکی شکل با بازده ۷۵٪ و نقطه ذوب ۲۴۱ °C به دست آمد.

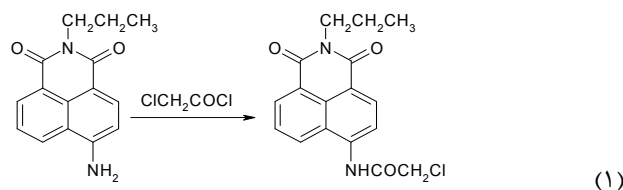
سنتز ماده رنگزای ۴-(N,N-دی متیل دودسیل) استامیدو-N-پروپیل-۸،۱-نفتالیمید کلرید: محلولی از ۰,۳۳ گرم (یک میلی مول) ۴-کلرو استامیدو-N-پروپیل-۸،۱-نفتالیمید در ۴ میلی لیتر دی متیل استامید تهیه شده و به آن ۱,۶ میلی لیتر (۶ میلی مول) N,N-دی متیل دودسیل آمین اضافه شد. واکنش به مدت ۳ ساعت در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد ادامه یافت تا TLC نشان داد که ماده اولیه به طور کامل از مخلوط واکنش حذف شده است (هگزان نرمال و اتیل استات ۴:۱). پس از پایان واکنش، آمین اضافی با دکانتور جدا شده و بقیه محلول از طریق تقطیر در خلاء (۱۱۰ درجه سانتی گراد) تغلیظ شد. محصول به ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد تا رسوبی از محصول تشکیل شود. این رسوب صاف شده و در دمای محیط خشک گردید.

سنجش خاصیت ضد میکروبی ماده رنگزای سنتز شده در حالت محلول به روش کمی: ۱ میلی لیتر از سوسپانسیون آبی حاوی ۱^۷ cfu/ml ۱۰^۷ اشریشیا کولی یا استافیلوکوکوس طلائی به ۹ میلی لیتر محلول

آبی با غلظت‌های متفاوتی از رنگزا اضافه شد. بعد از ۲۴ ساعت، ۱۰۰ میکرولیتر از محلول حاصل تا حجم ۱۰۰ میلی لیتر رقیق گردید. مجدداً ۱۰۰ میکرولیتر از محلول رقیق شده به پلیت‌های نوتریت آگار افزوده و در ۳۷ °C به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. همین کار برای آب مقطر بدون رنگزا به عنوان شاهد نیز انجام گردید [۱,۷].

۲- نتایج و بحث

نفتالیمیدها ترکیباتی هستند که در اثر انجام یک سری واکنش‌های شیمیایی پشت سر هم از قبیل نیترودار کردن، اکسایش، احیاء ایمیددار کردن، آسیل دار کردن، هالوژن دار کردن و متراکم کردن از آسنتین به دست می آیند. این ترکیبات کاربردهای مختلف و متنوعی دارند، به طوری که آنها به عنوان مواد رنگزا در رنگ کردن کالاهای نساجی، چرم و کاغذ، عوامل درخشان کننده فلورسنتی در شوینده‌ها، کالاهای نساجی و کاغذ، علائم فلورسنت در دارو و بیولوژی، مواد رنگزا در کریستال‌های مایع، مواد رنگزا در فناوری لیزر، مواد رنگزای فلورسنت و مواد حساس الکتریکی - نوری به کار می روند [۱۱-۱۳]. مواد رنگزای نفتالیمیدی دارای قدرت رنگی زیاد و درخشندگی عالی هستند [۱۴]. بنابراین، آنها می توانند به عنوان یک گروه رنگساز در یکی کردن برخی از فرآیندهای نساجی بخصوص رنگرزی و تکمیل ضد میکروب بکار روند. در این راستا آسنتین با اسید نیتریک در اسید استیک نیترودار و سپس اکسید شد تا ۴-نیترو-۸،۱-انیدرید نفتالیک به دست آمد. این ماده در محیط الکلی با پروپیل آمین متراکم گردید و گروه رنگساز نفتالیمیدی حاصل شد. در مرحله بعد گروه نیترو حلقه نفتالیمیدی از طریق واکنش احیاء که توسط کلرید قلع در اسید کلریدریک انجام شد به گروه آمینو تبدیل و ماده رنگزای ۴-آمینو-N-پروپیل-۸،۱-نفتالیمید به دست آمد. طیف FTIR ماده سنتز شده حضور N-H کششی آمین نوع اول را در ۳۴۳۸ و ۳۳۵۵ cm⁻¹ و حذف گروه نیترو را در نواحی ۱۳۵۰-۱۵۳۰ cm⁻¹ نشان می دهد. طیف $^1\text{HNMR}$ نیز پروتون‌های N-H گروه آمینوی نوع اول را در ناحیه ۷,۳۶ ppm به صورت یک تک پیک نشان می دهد. ضمناً نتایج آنالیز عنصری نشان داد که درصد کربن، نیتروژن و هیدروژن یافت شده و محاسبه شده در ماده رنگزا تطابق خوبی با یکدیگر دارند. برای این که بتوان یک گروه نمک آمونیوم چهار ظرفیتی را بر روی حلقه نفتالیمیدی ایجاد کرد، می بایست ۴-آمینو-N-پروپیل-۸،۱-نفتالیمید را با کلرو استیل کلرید واکنش داد (معادله ۱).



1- Colony form units per milliliter

۳۱,۶ (NCH₂), ۵۲,۴ (10C, CH₂), ۶۲,۹ (2C, N(CH₃)₂), ۱۱۸,۴ (C₇),
۱۲۱,۴ (C₈), ۱۲۵,۵ (C₉), ۱۲۷,۲ (C₁₀), ۱۲۸,۷ (C₁₁), ۱۳۱,۶ (C=O),
۱۴۰,۹ (C=O), ۱۶۳,۵ (NCHO) نشان می‌دهد.

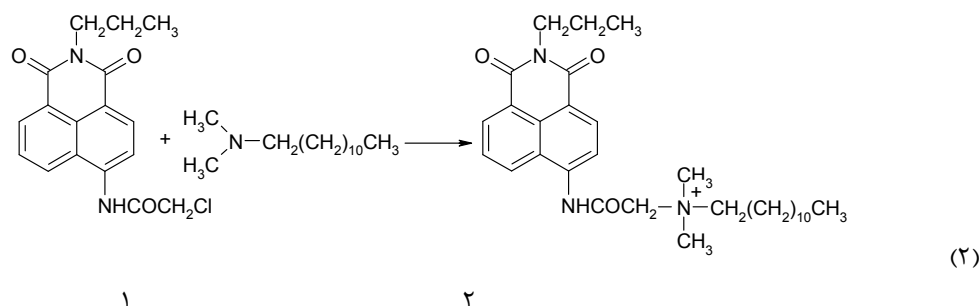
بررسی ویژگی‌های اسپکتروفوتومتری نشان داد که ماده رنگزای سنتز شده در آب دارای ماکزیمم جذب ۳۷۲ نانومتر است و دارای رنگ زرد می‌باشد. با مقایسه طول موج ماکزیمم جذب ماده رنگزای ۴-آمینو-N-پروپیل-۸,۱-نفتالیمید که ۴۳۵ نانومتر است یک جایجایی هیپسوکرومیک در حدود ۶۰ نانومتر مشاهده می‌شود. این اثر را می‌توان به کاهش خاصیت الکترون‌دهندگی گروه آمینو در مکان ۴ و افزایش وزن مولکولی محصول به‌خاطر حضور گروه الکیل آمینو نسبت داد [۱۵].

ضریب جذب مولار ماده رنگزای سنتز شده در طول موج ماکزیمم جذب برابر ۱۰۱۲۷ L mol⁻¹ cm⁻¹ بود که در مقایسه با ضریب جذب مولار ۴-آمینو-N-پروپیل-۸,۱-نفتالیمید که در حدود ۳۸۵۰۰ است کاهش نسبتاً شدیدی نشان می‌دهد. البته حضور گروه الکیل آمونیوم چهار ظرفیتی در مولکول مواد رنگزا سبب کاهش قدرت رنگی می‌گردد و این موضوع در مورد ترکیبات آنتراکینونی نیز رخ می‌دهد [۴].

بدین ترتیب ۴-کلرو استامیدو-N-پروپیل-۸,۱-نفتالیمید با نقطه ذوب ۲۴۲ °C به دست آمد. طیف FTIR ماده سنتز شده نیز N-H کششی آمین نوع دوم را در ۳۲۶۰ cm⁻¹، کششی C=O در ۱۶۲۴ cm⁻¹ و C-Cl کششی را نیز در ۷۸۳ cm⁻¹ نشان می‌دهد. ¹HNMR نیز حضور گروه‌های CH₂ استامید و N-H را به ترتیب در نواحی ۴,۰۱ ppm و ۴,۵۵ ppm تأیید می‌کند (جدول ۱). نتایج تحلیل عنصری این ترکیب (یافت شده: کربن ۷۳,۰۸٪، هیدروژن ۹,۱۵٪ و نیتروژن ۱۸,۲۱٪) با درصد عناصر موجود در ساختار شیمیایی مولکول ماده سنتز شده تطابق خوبی دارد (محاسبه شده: کربن ۷۳,۲٪، هیدروژن ۹,۰۵٪ و نیتروژن ۸,۲۶٪).

در مرحله نهایی N,N-دی متیل دودسیل آمین با ۴-کلرو استامیدو-N-پروپیل-۸,۱-نفتالیمید واکنش داده شد تا (N,N-دی متیل دودسیل) استامیدو-N-پروپیل-۸,۱-نفتالیمید کلرید با نقطه ذوب ۱۹۳,۲ °C به دست آید (معادله ۲).

نتایج حاصل از طیف‌های ¹HNMR, FTIR و تحلیل عنصری نشان دادند که ماده رنگزای سنتز شده با ساختار شیمیایی اش تطابق خوبی دارد (جدول ۲). ضمناً ¹³CNMR حضور ۳۱ اتم کربن را در نواحی ۱۱,۷ 2C(CH₃), ۱۴,۳ (CH₂), ۲۵,۹ (NCH₂), ۲۸,۶ (NCH₂),



جدول ۱: طیف ¹HNMR و FTIR مواد رنگزای ۱ و ۲.

FTIR	¹ HNMR	مواد رنگزا
(N-H کششی) ۳۲۶۰ cm ⁻¹ , (C=O کششی کربونیل) ۱۶۲۴, ۱۶۹۹ cm ⁻¹ , (C=O کششی آمید) ۱۶۵۵ cm ⁻¹ , (C-Cl کششی) ۷۸۳ cm ⁻¹	¹ H NMR (CDCl ₃): δ ۰,۹۳ (3H, CH ₃), ۱,۶۶ (2H, CH ₂), ۴,۰۱ (1H, N-CH ₂), ۴,۵۵ (2H, CH ₂), ۷,۹-۸,۶۶ (5H, naphthalimid ring), ۱۰,۷ (1H, N-H).	۱
(N-H کششی) ۳۳۷۷ cm ⁻¹ , (C=O کششی کربونیل) ۱۶۳۲, ۱۶۹۹ cm ⁻¹ , (C=O کششی آمید) ۱۶۵۵ cm ⁻¹	¹ H NMR (CDCl ₃): δ ۰,۸ (3H, CH ₃), ۰,۹ (3H, CH ₃), ۱,۱۲-۱,۲۵ (2H, CH ₂), ۱۰-H CH ₂ (1H, N-CH ₂), ۱,۶ (2H, CH ₂), ۳,۵۴ (6H, N-CH ₃), ۳,۵۷ (1H, N-H), ۳,۹۷ (2H, CH ₂), ۴,۶۹ (2H, CH ₂), ۷,۷۷ (1H, 6-H), ۸,۲۳ (1H, 5-H), ۸,۳۹-۸,۴۴ (2H, 2-H, 3-H), ۸,۹۵ (1H, 7-H)	۲

جدول ۲: نتایج تحلیل عنصری ترکیب ۴- (N,N-دی متیل دودسیل) استامیدو-N-پروپیل-۸,۱-نفتالیمید کلرید.

عنصر	محاسبه شده (%)	یافت شده (%)
C	۷۳,۲	۷۳,۱۸
N	۸,۲۶	۸,۲۶
H	۹,۰۵	۹,۰۱

زنجیره‌های الکیل با تعداد اتم کربن کمتر از ۱۰ اثر بخشی کمی داشته و با تعداد بیش از ۱۴ اتم کربن نیز بدلیل کم محلول بودن در محیط آبی، خاصیت ضد میکروبی کمتری نشان می‌دهند [۷].

۴- نتیجه گیری

به منظور تلفیق رنگرزی و تکمیل ضد میکروبی، یک ماده رنگزای کاتیونیک ضد میکروب از طریق اتصال N,N-دی متیل دودسیل آمین با یک پل استامیدی به ماده رنگزای ۴-آمینو-N-پروپیل-۸,۱-نفتالیمید سنتر گردید. ماده رنگزای پایه از آسنفیتین و با انجام واکنش‌های نیترودار کردن، اکسایش، آمین‌دار کردن و احیاء به دست آمد. پس از خالص‌سازی، گروه آمینوی موقعیت ۴ مولکول رنگزا با استفاده از کلرو استیل کلرید به گروه فعال شیمیایی ۴-کلرو استامیدو تبدیل شد. در مرحله بعد ماده واسطه با آمین نوع چهارم مورد نظر واکنش داده و ۴-(N,N-دی متیل دودسیل) استامیدو-N-پروپیل-۸,۱-نفتالیمید کلرید سنتر گردید. مواد واسطه و محصول نهایی سنتر شده با استفاده از روش‌های تحلیل دستگاهی تأیید شد. خاصیت ضد میکروبی رنگزای ضد میکروب سنتر شده به روش کمی ارزیابی گردید. روش کمی مبتنی بر اندازه‌گیری حداقل غلظت مورد نیازی از رنگزا (MIC) است که موجب بازدارندگی رشد میکروارگانیسم‌ها می‌گردد. نتایج نشان می‌دهند که ماده رنگزای سنتر شده در مقابل هر دو نوع باکتری گرم مثبت و گرم منفی خاصیت ضد میکروبی دارد. از آنجا که مکانیسم عمل ضد میکروبی گروه‌های آمونیم، تخریب و ایجاد اختلال در غشاء سیتوپلاسمی میکروارگانیسم‌ها است و با توجه به اختلاف دو نوع باکتری در ترکیب و ساختار این بخش از سلول، همان‌طور که انتظار می‌رفت، باکتری گرم منفی مقاومت بیشتری را در مقابل عامل ضد میکروب از خود نشان می‌دهد.

$\Delta v_{1/2}$ عرض نوار در نصف ارتفاع نوار جذبی است و معیاری برای سنجش درخشندگی مواد رنگزا می‌باشد. مواد رنگزا با مقادیر $\Delta v_{1/2}$ کم فام‌های درخشانی دارند در حالی که $\Delta v_{1/2}$ بالا درخشندگی کاهش می‌یابد. مقادیر $\Delta v_{1/2}$ برای مواد رنگزای آزو بنزن و آزو نفتالیمید در محدوده ۱۰۰ تا ۱۲۰ نانومتر قرار دارد [۹,۱۶]. با مقایسه $\Delta v_{1/2}$ ماده رنگزای نفتالیمیدی سنتر شده با مواد رنگزای آزو نتیجه می‌شود که ماده رنگزای سنتر شده دارای درخشندگی رنگ بیشتری نسبت به ترکیبات آزو است.

۳-۱- نتایج آزمون ضد میکروبی

نتیجه حاصل از آزمون ضد میکروبی نشان می‌دهد که حداقل غلظت مورد نیاز محلول ماده رنگزا برای جلوگیری از رشد باکتری (MIC)، برای باکتری استافیلوکوکوس طلایی ۲۰ ppm و در مورد باکتری گرم منفی اشیریشیا کولی ۳۰ ppm است. مقایر حداقل غلظت بازدارندگی ماده رنگزای سنتر شده و مقایسه آن با مواد رنگزای آنتراکینونی و آزو ضد میکروبی مشخص می‌کند که ترکیب سنتر شده دارای خاصیت ضد میکروبی تقریباً معادلی با دیگر مواد رنگزا است [۷، ۱]. لازم به ذکر است که مقدار حداقل غلظت بازدارندگی برای مواد رنگزای آنتراکینونی برای هر دو باکتری استافیلوکوکوس طلایی و اشیریشیا کولی معادل ۲۰ ppm گزارش شده است [۱، ۴]. آنچه مسلم است این که مقدار حداقل غلظت بازدارندگی یک ماده رنگزا هر چقدر کمتر باشد بیشتر مانع رشد باکتریها خواهد شد. به هر حال می‌توان با تغییر طول زنجیر الکیل، مقدار حداقل غلظت بازدارندگی را تغییر داد و به یک بهینه مناسبی از مقدار مصرف مواد رنگزا و ویژگی‌های رفتاری آن دست یافت. زنجیره‌های الکیل با تعداد ۱۲ اتم کربن، نسبت به زنجیره‌های کوتاه‌تر و بلندتر خصوصیات بهتری را تأمین می‌نمایند.

۵- مراجع

1. M. Ma, G. Sun, Antimicrobial cationic dyes. *Dyes Pigments*. 58(2003), 27-35.
2. H. Zollinger, Color chemistry, VCH Pub., Zurich, Switzerland, (2003), 165,195.
3. Y. Kim, G. Sun, Dye molecules as bridges for functional modifications of nylon. *Textile Res. J.* 70(2000), 728-733.
4. Y. Kim, G. Sun, Durable antimicrobial finishing of nylon fabrics with acid dyes and a quaternary ammonium salt. *Textile Res. J.* 71(2001), 318-323.
5. M. Ma, G. Sun, Antimicrobial cationic dyes. part 2: thermal and hydrolytic stability. *Dyes Pigments*. 63(2004), 49-57.
6. M. Ma, G. Sun, Antimicrobial cationic dyes. part 3: simultaneous dyeing and antimicrobial finishing of acrylic fabrics. *Dyes Pigments*. 66(2005), 41-33.
7. J. Liu, G. Sun, The synthesis of novel cationic anthraquinone dyes with high potent antimicrobial activity. *Dyes Pigments*. 7(2008), 386-360.
8. S. Liu, J. Ma, D. Zhao, Synthesis and characterization of cationic monoazo dyes incorporating quaternary ammonium salts. *Dyes Pigments*. 75(2007), 255-262.
9. K. Gharanjig, M. Arami, N. M. Mahmoudi, S. Rouhani, H. Bahrami, Synthesis, spectral properties and application of monoazo disperse dyes derived from N- ester-1,8-naphthalimide to polyester. *Dyes Pigments*. 76(2008),648-689.
10. A. Khosravi, S. Moradian, K. Gharanjig, Synthesis and characterization of some monoazo disperse dyestuffs based on naphthalimide derivatives for dyeing of polyester fabrics. *J. Chin. Chem. Soc.* 52(2005), 1-8.
11. M. S. Alexio, V. Tychoopoulos, S. Ghorbanian, J. Tyman, The UV-Visible absorption and fluorescence of some substituted 1,8-naphthalimides and naphthalic anhydrides. *J. Chem. Soc. Perkin Trans*, 2(1990), 837-842.
12. P. Bosch, F. Catalina, T. Corrales, C. Peinado, Fluorescent probes for sensing processes in polymers. *Chem. Eur. J.* 11(2005), 4314-4325.
13. L. Duan, Y. Xu, X. Qian, Y. Zhang, Y. Liu, Novel naphthalimide derivatives with near-infrared emission: synthesis via photochemical cycloaromatization, fluorescence in solvents and living cell. *Tetrahedron Lett.* 50(2009), 22-28.
14. A. Khosravi, S. Moradian, K. Gharanjig, Synthesis and spectroscopic studies of some naphthalimide based disperse azo dyestuffs for the dyeing of polyester fibres. *Dyes Pigments*. 69(2008), 79-92.
15. J. Griffiths, Color and constitution of organic molecules, Academic press Pub., (1976).
16. K. Singh, S. Singh, J. A. Taylor, Monoazo disperse dyes. Part 2; Colour-constitution relationships of some novel blue disperse dyes. *Color. Technol.* 119(2006), 158-163.