

بررسی خاصیت غیرخطی نانو قطره‌های رنگ شده توسط ائوسین - ب

ناهید کارشناس^۱، سهیل شریفی^۲، حامد قنادان^۲ و ناصر هانفی کرگان^۱

۱. گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۲. گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

پست الکترونیکی: karshenass.n@usb.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۱۴؛ دریافت نسخه نهایی: ۱۳۹۹/۰۹/۳۰)

چکیده

در این تحقیق به مطالعه خاصیت اپتیکی غیر خطی نانو قطره رنگ شده توسط ائوسین - ب با استفاده از روش روبشگر - زد، اسپکتروفوتومتر و فلورومتر پرداخته شده است. نانو قطره آب در محیط روغن توسط ترکیب آب هگزان و سورفکتنت تهیه شده است که داخل قطره توسط ائوسین - ب رنگ شده است. اندازه قطره ها بر روی ضریب شکست غیر خطی با استفاده از روبشگر - زد توسط لیزر ۵۳۲ نانومتر و توان ۸۰ مگاوات مطالعه شده است. نتایج نشان می دهد اثرهای سطحی در نانو قطره ها باعث شده تا قطره ها با ابعاد کوچک تر، ضریب شکست غیر خطی بزرگ تری داشته باشند. علت این تغییر، کاهش تجمع رنگینه ها در داخل قطره و همچنین کاهش قطبیت حلال قطره نسبت به حلال آب است.

واژه‌های کلیدی: ائوسین - ب، اپتیک غیر خطی، روبشگر - زد، ضریب شکست غیر خطی

۱. مقدمه

یک روش ساده و کارآمد برای اندازه گیری پارامترهای غیر

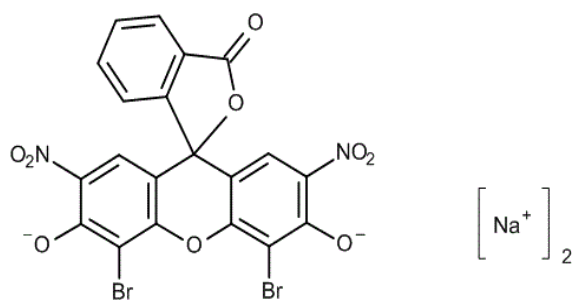
خطی مواد است

با این حال، هیچ تحقیقی در مورد بررسی خواص نوری غیر خطی ائوسین - ب در نانوقطره ها با روش روبشگر - زد، که غلظت های مختلف نانوقطره ها را نشان دهد انجام نشده است که در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته شده است. همچنین در این تحقیق، ضریب شکست غیر خطی (n_2) در نسبت مولی آب به سورفکتنت و غلظت های مختلف نانوقطره ها با استفاده از روش روبشگر - زد اندازه گیری شده است.

تقویت خواص نوری غیر خطی رنگینه با سورفکتنت در فتودینامیک تراپی و پزشکی به کار برده شده است [۱]. اپتیک غیر خطی در مطالعه پدیده هایی که در نتیجه پاسخ یک سیستم فیزیکی به یک میدان الکتریکی اعمال شده است، به وجود آمده است [۲]. اپتیک غیر خطی، در تابش های بسیار زیاد مانند لیزرهای پالسی با قدرت بالا، خصوصیات نوری ماده را تغییر می دهد. در میان آزمایش های متفاوت، تکنیک روبشگر - زد^۱

جدول ۱. مشخصات مواد شیمیایی

مواد شیمیایی	رنگینه ائوسین - ب	روغن هگزان	سورفکتنت AOT
فرمول مولکولی	$C_{20}H_6Br_2N_7Na_2O_9$	C_6H_{14}	$C_{12}H_{29}NO_7S$
جرم مولی	۵۸۰/۰۹۳۵ g/mol	۸۶/۱۸g/mol	۴۴۴/۵۶ g/mol
فرمول شیمیایی		$CH_2(CH_2)_4CH_2$	$Na^+SO_3^-C_{12}H_{27}O_7$
چگالی حجمی	۶۸۰ kg/m ^۳	۶۶۰ kg/m ^۳	۱۱۰۰ kg/m ^۳



شکل ۱. ساختار مولکولی رنگینه ائوسین - ب [۷].

قطر بیش از ۱/۰ میکرون پراکنده شده است. در سامانه‌های غذایی این دو مایع اغلب روغن و آب هستند. در صورت پراکنده شدن قطرات روغن در فاز آب به عنوان فاز پیوسته نانوقطره از نوع روغن در آب (O/W)، و اگر قطرات آب در روغن پراکنده شوند، نانوقطره از نوع آب در روغن (W/O) خواهد بود [۶]. خصوصیات سیستم نانوقطره AOT آب در روغن، تحت تأثیر نسبت مولی آب به سورفکتنت و کسر جرمی نانوقطره‌ها است.

۲. مواد شیمیایی

ساختار مولکولی رنگینه ائوسین - ب در شکل ۱ نشان داده شده است.

۳. روش تهیه نمونه

ابتدا ۲۵/۰۳۵ گرم از آب مقطر و ۰/۰۰۹ گرم از رنگینه ائوسین - ب را در ظرفی مخلوط کرده تا محلول میکرومولسیون مایل به قرمز شفاف با غلظت ۰/۵۷۶ میلی‌مولار به دست آید.

در جدول ۱ خصوصیات مواد شیمیایی از جمله فرمول مولکولی، جرم مولی، فرمول شیمیایی و چگالی حجمی آورده شده است. مطالعه اثرات حلال بر خواص فتوفیزیکی رنگینه‌ها در سال‌های اخیر مورد تحقیق قرار گرفته است. برخی از رنگینه‌ها حلالیت کمی در آب دارند. معمولاً می‌توان برای افزایش غلظت و حلالیت رنگینه سورفکتنت آنیونی به محلول‌ها اضافه کرد. سورفکتنت‌ها تمایل به تجمع در تعامل با مایع هوا دارند و بنابراین خصوصیات رابطه تغییر داده شده است. علاوه بر این، سورفکتنت‌ها به دلیل ساختارهای آمفیپاتیک خود می‌توانند به شکل یک موجود ثابت، به نام مایسل پس از دستیابی به غلظت مایسل بحرانی تجمع کنند [۳].

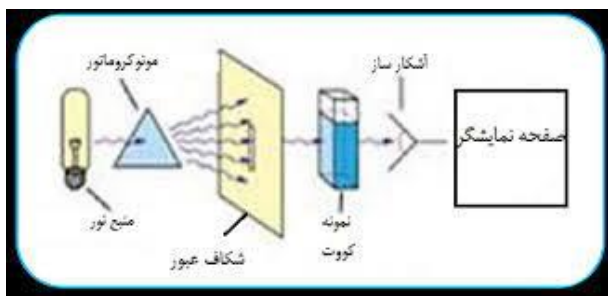
توان خروجی لیزرهای رنگی به شدت به خلوص حلال بستگی دارد. بنابراین، برای نتیجه بهتر، فقط حلال‌های با کیفیت بالاتر توصیه شده است [۴]. حلال‌ها جزء مهمی در محلول‌های میکرومولسیون هستند و نقش مهمی در رفتار فیزیکی و شیمیایی انواع رنگینه‌ها بازی می‌کنند و به همین دلیل باید ملاک‌هایی را در انتخاب درست مد نظر قرار داد که عبارتند از: اولین ملاک این است که در جایی که رنگینه جذب می‌کند، شفاف باشد. حلال‌های قطبی در این مورد عبارتند از آب و اتانول.

دومین ملاک این است که اکثر مولکول‌ها خواص طیفی ناحیه مرئی وابسته به حلال دارند [۵].

سومین مورد، میزان تأثیر حلال بر ساختمان یا شکل باند جذب رنگینه است. حلال‌های غیر قطبی مورد نیاز در این مورد با رنگینه پیوند هیدروژنی ایجاد نمی‌کنند. نانو قطره یک سامانه نامتجانس از دو مایع غیر قابل امتزاج است که در چنین سامانه‌هایی یکی از مایع‌ها در مایع دیگر به صورت قطره‌هایی با

جدول ۲. مقادیر جرم و کسر جرمی و نسبت های مولی قطرات.

جرم	جرم	جرم	کسر جرمی	نسبت	نسبت مولی	نسبت مولی	نسبت مولی	نسبت مولی
سورفکتانت (g)	هگزان (g)	(رنگینه+ آب)(g)	(mf _d) (اصلی)	مولی (X)	جدید ۱	جدید ۲	جدید ۳	جدید ۴
۳/۷۰	۹/۶۸۴	۰/۴۵	۰/۳	۳	۰/۳	۰/۱۸	۰/۱	۰/۰۵
۱/۸۵	۵/۷۱۶	۰/۶	۰/۳	۸	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۱
۰/۹۸۶	۳/۷	۰/۶	۰/۳	۱۵	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱



شکل ۲. اجزای اسپکتروفتومتر

اسپکتروفتومترها ابزارهایی هستند مجهز به مونوکروماتورهایی که امکان تغییر مداوم و انتخاب طول موج آنها را فراهم می‌کنند. پهنای باند مؤثر یک مونوکروماتور که برای اکثر آنها رضایت بخش است از ۱ تا ۵ نانومتر است. ظروف نمونه (سل یا کووت) باید از موادی ساخته شود که برای تابش در منطقه طیفی مورد نظر شفاف باشد.

در این کار تجربی پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، نمونه‌ها یکی بعد از دیگری در داخل دستگاه اسپکتروفتومتر قرار داده شده است. مشخصات این طیف‌سنج یک طیف‌سنج دو پرتوی UV/Vis مدل T۸۰ شرکت pG Instruments Ltd است که با گام ۰/۵ نانومتر و محدوده ۴۵۰ تا ۷۰۰ نانومتر طیف‌سنجی را انجام می‌دهد. منبع نوری این دستگاه لامپ هیدروژن یا تنگستن است. خروجی طیف‌سنج یک فایل با فرمت Text است که دو ستون دارد. در ستون اول طول موج تابش بر حسب نانومتر و در ستون دوم مقدار جذب λ_{Abs} را نشان می‌دهد.

۲.۴. دستگاه اندازه‌گیری فلورسانس

قسمت‌های اصلی یک دستگاه فلورسانس در شکل ۳ نشان داده شده است.

سپس با اضافه کردن مقدار مشخص سورفکتانت آنیونی و روغن هگزان به مخلوط آب و رنگینه، محلول میکروامولسیون مادر به دست آمده است. این آزمایش در سه مرحله انجام داده شده است که در هر مرحله کسر جرمی اولیه همان ۰/۳ است. در سطرهای جدول ۲ مشاهده می‌شود با وجود این که جرم مواد تشکیل دهنده و کسر جرمی اولیه نمونه‌ها ثابت است ولی ۵ نمونه با نسبت‌های مولی متفاوت تهیه شده است.

پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، آنها را در کووت (ظرف نمونه) ریخته و طیف جذب و فلورسانس آنها اندازه گرفته شده است. ترکیب نانوقطره با دو پارامتر مستقل مشخص شده است که عبارتند از [۸]:

نسبت مولی (X) که به عنوان تعداد مولکول‌های آب نسبت به مولکول AOT تعریف شده است:

$$X = \frac{[H_2O]}{[AOT]}, \quad (1)$$

کسر جرمی قطرات (mf_d) که به عنوان نسبت جرم آب به اضافه جرم سورفکتانت AOT به کل جرم تعریف شده است:

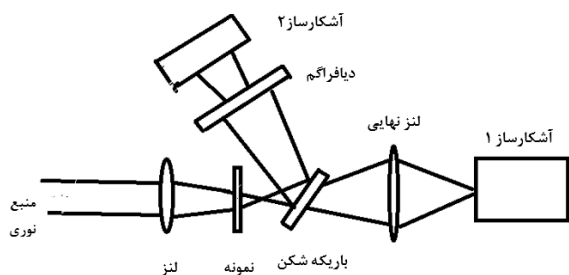
$$mf_d = \frac{(m_{H_2O} + m_{AOT})}{(m_{H_2O} + m_{AOT} + m_{Oil})}, \quad (2)$$

پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، آنها را در کووت ریخته و طیف جذب و فلورسانس آنها اندازه گرفته شده است.

۴. روش‌های آزمایشگاهی

۱.۴. دستگاه اسپکتروفتومتر

دستگاه اسپکتروفتومتر برای اندازه‌گیری میزان جذب انرژی تابشی طراحی شده است که به صورت شکل ۲ است.



شکل ۴. چیدمان آزمایشگاهی روبشگر زد.

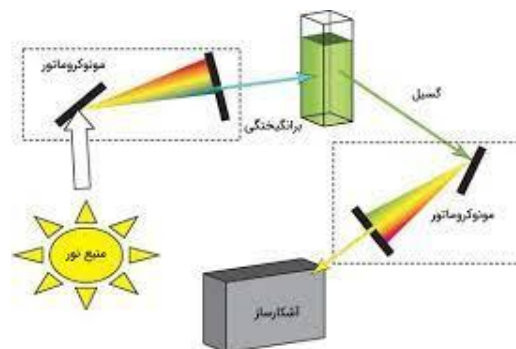
۳.۴. چیدمان آزمایشگاهی روبشگر زد

دستگاه روبشگر زد مطابق شکل شماره ۴، به این صورت عمل می‌کند که یک باریکه پر شدت لیزر از میان یک عدسی با فاصله کانونی بزرگ عبور کرده و کانونی می‌شود. نمونه مورد آزمون در میان کمره باریکه کانونی شده به وسیله یک جابه‌جاگر موتوردار خطی حرکت می‌کند. باریکه پس از کانون با استفاده از یک باریکه‌شکن به دو قسمت تقسیم می‌شود. یک قسمت به آشکارساز ۱ که تمام باریکه را در بر می‌گیرد فرستاده می‌شود. باقیمانده باریکه از میان یک دیافراگم عبور کرده و قسمت مرکزی آن به آشکار ساز ۲ می‌رسد. خروجی دو آشکار ساز به ازای جابه‌جایی‌های نمونه آزمون از طریق یک واسط الکترونیکی به یک رایانه منتقل می‌شود. با نرم‌افزار، این مجموعه جابه‌جاگر کنترل شده و نمودارهای شدت آشکارسازهای دهانه باز و دهانه بسته قابل ترسیم است. چیدمان آزمایشگاهی روبشگر- زد در شکل ۴ آورده شده است.

۵. نتایج و بحث

۱.۵. طیف جذب

در شکل‌های ۵، ۶ و ۷، طیف جذب رنگینه اتوسین- ب ترکیب شده با ۱۲ نمونه مادر با نسبت‌های مولی متفاوت و کسرهای جرمی متفاوت و غلظت‌های متفاوت نشان داده شده است. حلال ما در این کار تجربی هگزان بوده و با مقدار محاسبه شده هگزان اضافه شده بیشینه طیف جذب مشخص شده است و نشان داده شده است. محلولی که غلیظتر است یعنی درصد روغن هگزان اضافه شده به آن کمتر است قله جذب بلندتری



شکل ۳. بخش‌های اصلی یک دستگاه فلورسانس.

این دستگاه شدت طیف نمونه‌ها برحسب غلظت ماده حلال و چگونگی تغییر طول موج خاص نمونه‌ها را اندازه‌گیری می‌کند. نام این دستگاه اسپکتروفلورومتر^۱ است. منظور از کلمه طول موج خاص، طول موجی است که نمونه داخل دستگاه جهت اندازه‌گیری طیف فلورسانس از طریق نوری که با طول موج مشخصی از آن عبور می‌کند واکنش می‌دهد.

این دستگاه از چهار قسمت تشکیل شده است:

۱- منابع: معمولاً منبع نوری مناسب‌تر است که نسبت به لامپ‌هایی که در طیف جذب استفاده می‌شوند، شدت بیشتری داشته باشد.

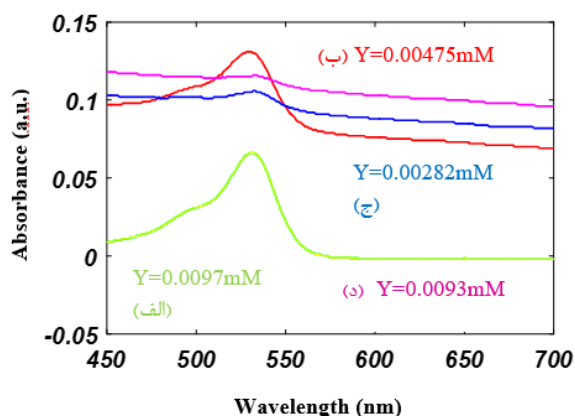
۲- تک‌فام‌سازها: این قسمت یک تک بسامد و در نتیجه یک طول موج معین دارد.

۳- آشکارسازها: شدت فلورسانس، کم است و برای تقویت آن نیاز به منبع دیگری داریم که آشکارساز نامیده می‌شود.

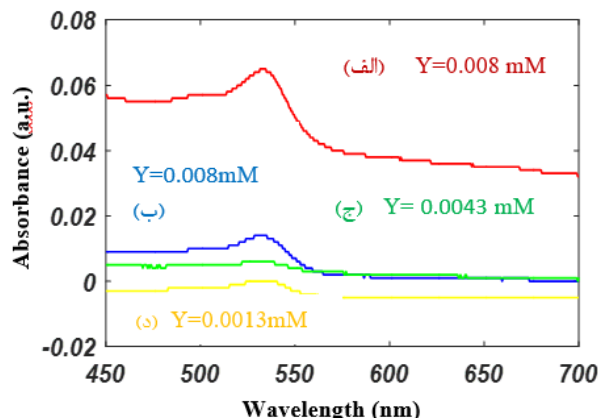
۴- سلول‌ها و محفظه آنها: سلول‌ها به شکل استوانه و یا مستطیل ساخته شده‌اند که از جنس کوارتز یا شیشه هستند، ولی اغلب از سلول‌های کوارتز استفاده می‌شود.

طیف‌سنج فلورسانس موجود در آزمایشگاه، یک طیف‌سنج ساخت شرکت طیف‌سنج پیشرفته ایران مدل FP-۶۲۰۰ است. منبع نوری آن لامپ جیوه‌ای با دقت طیف‌گیری از ۰ تا ۱ نانومتر و محدوده طیف‌گیری ۴۵۰ تا ۷۰۰ نانومتر مشخص شده است. خروجی این دستگاه فایلی با فرمت اکسل است که دو ستون دارد. در ستون اول شدت نور پراکنده و در ستون دوم طول موج بیشینه مشخص شده است.

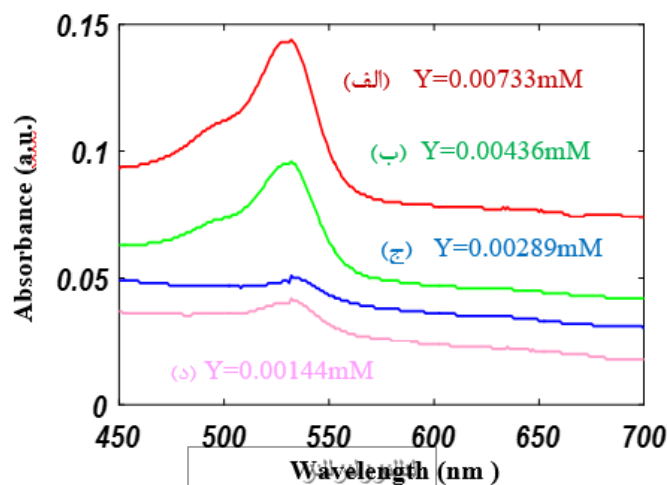
۱. Spectrofluorometer



شکل ۶. طیف جذب قطرات محلول آب و رنگینه اتوسین - ب در میکروامولسیون آب در هگزان با کسر مولی $X=8$ و با کسر جرمی‌های متفاوت (الف) $Mfd=0/1$ ، (ب) $Mfd=0/05$ ، (ج) $Mfd=0/03$ و (د) $Mfd=0/01$.



شکل ۵. طیف جذب قطرات آب و رنگینه اتوسین - ب در میکروامولسیون آب در هگزان با کسر مولی $X=3$ و با کسر جرمی‌های متفاوت (الف) $Mfd=0/3$ ، (ب) $Mfd=0/18$ ، (ج) $Mfd=0/1$ و (د) $Mfd=0/05$.



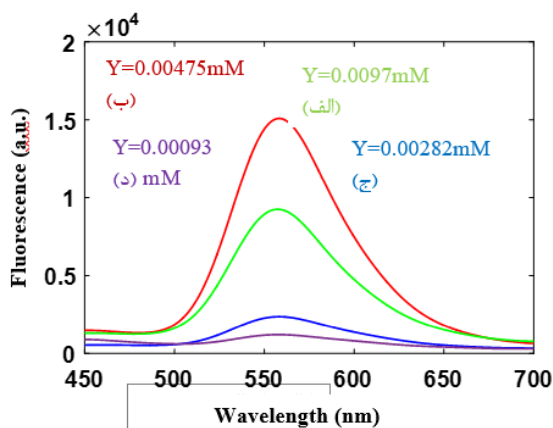
شکل ۷. طیف جذب قطرات محلول آب و رنگینه اتوسین- ب در میکروامولسیون آب در هگزان با کسر مولی $X=15$ و با کسر جرمی‌های متفاوت (الف) $Mfd=0/05$ ، (ب) $Mfd=0/03$ ، (ج) $Mfd=0/02$ و (د) $Mfd=0/01$.

۲.۵. طیف نشر (فلورسانس)

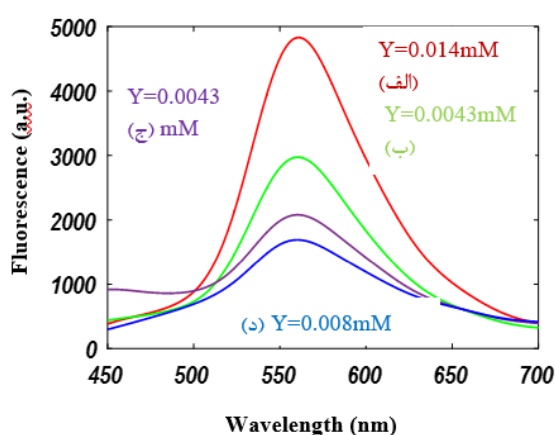
در شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ طیف فلورسانس رنگینه اتوسین- ب ترکیب شده با ۱۲ نمونه مادر با نسبت‌های مولی متفاوت و کسرهای جرمی متفاوت و غلظت‌های متفاوت نشان داده شده است. همچنین محدوده طیف فلورسانس از ۴۵۰ تا ۷۰۰ نانومتر است. همان طوری که از شکل‌ها پیداست قلّه فلورسانس نمونه‌ها در ۵۶۰ نانومتر قرار دارد.

دارد و در نتیجه غلظت بیشتری هم دارد و قابل مقایسه نسبت به بقیه نمودارها بوده است محدوده طیف جذب برای ۱۲ نمونه ۴۵۰ تا ۷۰۰ نانومتر است.

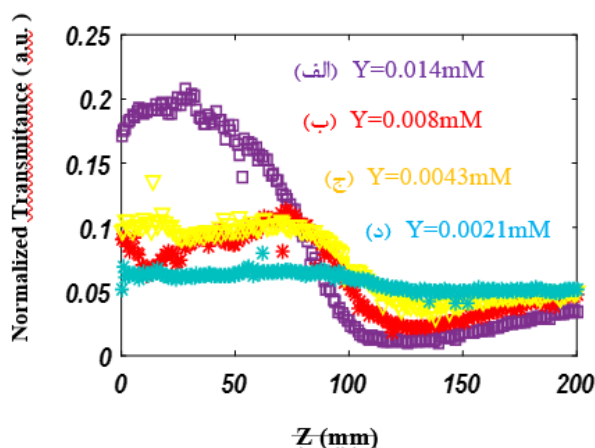
همان طوری که از شکل‌ها پیداست قلّه جذب نمونه‌ها در ۵۳۵ نانومتر قرار دارد. پس نتیجه گرفته شد که بیشینه طیف جذب برابر ۵۳۵ نانومتر است.



شکل ۹. طیف فلورسانس قطرات محلول آب و رنگینه اتوسین - ب در میکروامولسیون آب در هگزان با کسر مولی $X=8$ و با کسر جرمی های متفاوت (الف) $Mfd=0.1$ ، (ب) $Mfd=0.05$ ، (ج) $Mfd=0.01$ و (د) $Mfd=0.03$



شکل ۸. طیف فلورسانس قطرات محلول آب و رنگینه اتوسین - ب در میکروامولسیون آب در هگزان با کسر مولی $X=3$ و با کسر جرمی های متفاوت (الف) $Mfd=0.3$ ، (ب) $Mfd=0.18$ ، (ج) $Mfd=0.1$ و (د) $Mf=0.05$



شکل ۱۰. طیف فلورسانس قطرات محلول آب و رنگینه اتوسین - ب در میکروامولسیون آب در هگزان با کسر مولی $X=15$ و با کسر جرمی های متفاوت (الف) $Mfd=0.05$ ، (ب) $Mfd=0.03$ ، (ج) $Mfd=0.02$ و (د) $Mfd=0.01$

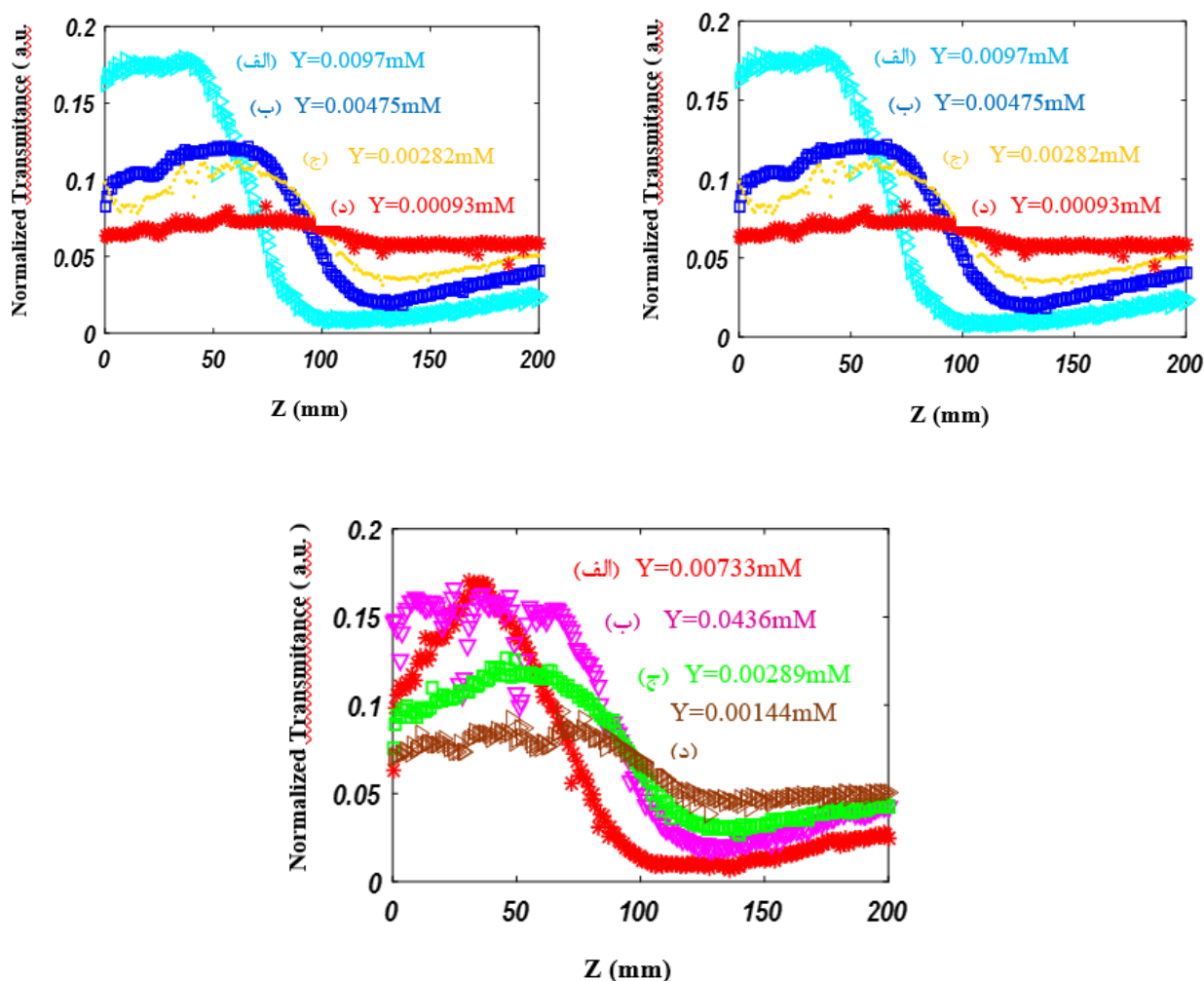
در ترکیب با رنگینه در هر مرحله از آزمایش توسط دستگاه روبشگر زد مورد بررسی و اندازه گیری قرار گرفته شده است تا تأثیر سورفکتنت AOT بر ضریب شکست غیر خطی مرتبه دوم رنگینه اتوسین - ب مشخص شود.

در منحنی های بهنجار شده شدت عبور از دریچه بسته آشکارساز دستگاه روبشگر زد، فاصله بیشینه و کمینه تغییر کرده است. با توجه به این که دهانه آشکارساز بسته است نمودارهای

پس بیشینه طیف فلورسانس در این پژوهش ۵۶۰ نانومتر گزارش شده است.

۳.۵. روش روبشگر - زد

سورفکتنت استفاده شده و ساختمان مایسل می تواند بر رفتار نوری اتوسین - ب در نانو قطره تأثیر بگذارند. برای اثبات این گفته، غلظت های مختلف بر حسب میلی مولار محاسبه شده و



شکل ۱۱. نمودار بهنجار شده شدت عبور از دهانه بسته آشکارساز بر حسب موقعیت نمونه در حلال هگزان.

(منحنی دریاچه باز) محاسبه کرد که توسط رابطه زیر بیان می شود [۹]:

$$n_T = (\Delta T_{pv} \lambda) (2/5491 \cdot L_{eff} (1-S)^{27})^{-1}, \quad (4)$$

داده‌های مورد نیاز در روش روبشگر-زد با نرم‌افزار تجزیه و تحلیل شده است و نتایج در جدول ۳ آورده شده است.

در جدول ۳، برای غلظت‌های متفاوت نمونه‌ها، پارامتر ضریب شکست غیر خطی محاسبه شده است که از مرتبه 10^{-12} سانتی متر مربع بر وات است. با افزایش غلظت نمونه‌ها، ضریب شکست غیر خطی افزایش یافته است. همچنین غلظت نمونه‌ها از مرتبه 10^{-5} مولار است.

رسم شده به شکل قله هستند، بنابراین باید ضریب شکست غیر خطی (n_T) محاسبه شود. همچنین مشاهده شده است که با افزایش غلظت محلول‌ها در حلال هگزان، فاصله بین بیشینه و کمینه منحنی‌ها بیشتر شده که به معنی افزایش ضریب شکست غیر خطی است. در شکل ۱۱ نمودار بهنجار شده از دهانه بسته آشکارساز در حلال هگزان نشان داده است.

تفاوت بین پراکنش دریاچه بسته آشکارساز می‌تواند توسط ΔT_{pv} تعیین شود، که در آن مقدار ΔT_{pv} توسط شیخ‌بهایی و همکارانش محاسبه شده است [۹]:

$$\Delta T_{pv} = 0/406(1-S)^4 \Delta \Phi. \quad (3)$$

که در آن $\Delta \Phi$ تغییر فاز و S انتقال دریاچه است. ضریب شکست غیر خطی (n_T) را می‌توان توسط ΔT_{pv}

جدول ۳. مقادیر غلظت و ضریب شکست غیر خطی (n_2) نمونه ها در حلال هگزان.

Oil	CV/water ratios (mM)	X	Mf	Ccv ($\times 10^{-5} M$)	n_2 ($\times 10^{-12} m^2 W^{-1}$)
هگزان	۰/۲	۳	۰/۳	۱/۴۱۱	۱۳/۵۷
			۰/۱۸	۰/۸۰۱	۱۱/۶۹
			۰/۱	۰/۴۲۹	۶/۶۵
			۰/۰۵	۰/۲۱۰	۲/۰۳
هگزان	۰/۲	۸	۰/۱	۰/۹۷۰	۱۳/۷۵
			۰/۰۵	۰/۴۷۵	۱۱/۱۶
			۰/۰۳	۰/۲۸۲	۷/۵۵
			۰/۰۱	۰/۰۹۳۴	۱/۸۶
هگزان	۰/۲	۱۵	۰/۰۵	۰/۷۳۳	۱۳/۹۳
			۰/۰۳	۰/۴۳۶	۱۱/۹۹
			۰/۰۲	۰/۲۸۹	۸/۹۸
			۰/۰۱	۰/۱۴۴	۴/۵۳

بررسی شده است. در غلظت معینی از رنگینه در میکرومولسیون، اندازه نانوقطره‌ها در میکرومولسیون با سورفکتنت AOT باعث حرکت مولکول‌های رنگینه در قطرات آب و رفتار نوری محلول آبی است. نتیجه گرفته شده است که در غلظت برابر ائوسین-ب در میکرومولسیون، اوج شدت طیف جذب و فلورسانس و همچنین ضریب شکست غیر خطی مرتبه دوم با تغییر غلظت نانوقطره‌ها، متفاوت است.

با توجه به نمودارهای طیف جذب و فلورسانس نتیجه گرفته شده است که طول موج بیشینه جذب برابر ۵۳۵ نانومتر و طول موج بیشینه فلورسانس برابر ۵۶۰ نانومتر است.

مقدار ضریب شکست غیر خطی (n_2) رنگینه با افزایش غلظت سورفکتنت کاهش می‌یابد. شدت فلورسانس هنگامی که رنگینه و سورفکتنت بار یکسانی دارند بیشتر است. این اثر می‌تواند به دلیل وجود افزایش حلالیت رنگینه کاتیونی (آنیونی) با افزایش سورفکتنت آنیونی (کاتیونی) در محلول افزایش یابد.

۶. نتایج

به طور خلاصه، رنگینه ائوسین-ب پتانسیل خوبی برای کاربردهای فتوستتری در فتودینامیک تراپی، به دلیل خواص نوری آن است. بنابراین، خواص نوری غیر خطی این رنگینه با استفاده از روش روبشگر-زد، طیف جذب و فلورسانس

مراجع

- State Univ. Engineering Publication, Columbus (1965).
- S P Moulik, *Current Science Association*. **71** (1996) 368.
- U Breachmann, "Lambda chrome Laser Dyes", *Lambda Physik AG, Gottingen*, (2000).

- J B Adams, "Interpretation of Visible and Near-infrared Diffuse Reflectance Spectra of Pyroxenes and other Rock-forming Minerals, in *Infrared and Raman Spectroscopy of Lunar and Terrestrial Minerals*", Academic Press, New York (1975).
- P N Butcher, "Nonlinear Optical Phenomena". Ohio

8. M A Van Dijk, J G H Joosten, Y K Levine, and D Bedeaux, *The Journal of Physical Chemistry* (1989) 2506.
9. N Karimi, S Sharif, S S Parhizgar, and S M Elahi, *Solvatochromic and Nonlinear Optical Properties of Eosin B in Solvents and AOT/Water/Heptane*, (2018).
5. A Skoog, D M West, F J Holler, and S R Crouch, "Fundamentals of Analytical Chemistry: Nelson Education", *Fundamentals of Analytical Chemistry: 9th ed*, (2013).
6. A A Amar, N Garti, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* **33** (2004) 220.
7. J L Salager, "Surfactants Types and Uses", Mérida-Venezuela (2002).