

## اثر کسر جرمی نانوقطرات آب و نسبت مولی آب به ماده فعال سطحی بر روی مکان جایگزیدگی مولکول‌های ماده رنگزا درون میکروامولسیون

عباس رهدار<sup>۱\*</sup>، عادلہ مرادی کر<sup>۲</sup>، حامد نجفی آشتیانی<sup>۳</sup>

۱- استادیار، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زابل، زابل، ایران، صندوق پستی: ۹۸۶۱۵-۵۳۸

۲- کارشناسی ارشد، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زاهدان، زاهدان، ایران، صندوق پستی: ۹۸۱۶۷۴۵۷۸۵

۳- استادیار، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ولایت، ایرانشهر، ایران، صندوق پستی: ۹۸۶۱۵-۵۳۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۸ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۹/۳/۲۰

### چکیده

در این پژوهش، اثر کسر جرمی نانوقطرات آب (MFD) و مقدار آب بر روی مکان جایگزیدگی مولکول‌های مواد رنگزا درون میکروامولسیون با استفاده از دستگاه‌های پراکندگی نور پویا (DLS) و طیف‌سنجی جذب مطالعه شد. مطالعه مشخصه‌های دینامیکی نانوقطرات آب به وسیله روش پراکندگی نور پویا نشان داد که با افزایش مقدار آب درون میکروامولسیون حاوی ماده رنگزا با غلظت مشخص، اندازه نانوقطرات افزایش می‌یابد. مطالعه طیف‌سنجی جذب ماده رنگزا درون نانوقطرات به وضوح نشان داد که طول موج جذب بیشینه ماده رنگزا درون نانوقطرات با افزایش مقدار آب تابعی از MFD کاهش می‌یابد. همچنین مطالعات طیف‌سنجی ماده رنگزا درون نانوقطرات نشان داد که ماده رنگزای آب‌دوست رودامین بی می‌تواند در نزدیکی دنباله زنجیره ماده فعال سطحی AOT در فصل مشترک آب/روغن درون میکروامولسیون جایگزیده شود. از طرف دیگر، تعداد جفت یون ماده فعال سطحی -رودامین بی تشکیل شده در روغن با کاهش در مقدار آب درون میکروامولسیون افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: رودامین بی، AOT، پراکندگی دینامیکی نور، نانو-قطرات، مقدار آب، جفت یون، طیف‌سنجی.

## Effect of Mass Fraction of Water Nanodroplet and Water Content on the Localization Location of Dye Within Microemulsion

A. Rahdar<sup>\*1</sup>, A. Moradi Kor<sup>2</sup>, H. Najafi-Ashtiani<sup>3</sup>

1- Zabol University, Faculty of Basic Sciences, Physics Department, P.O.Box: 98615, Zabol, Iran

2- Zahedan University, Faculty of Basic Sciences, Department of Physics, Zahedan, Iran, P.O. Box: 9816745785

3- Velayat University, Faculty of Basic Sciences, Physics Department, P.O. Box: 9911131311, Iranshahr, Iran

Received: 21-01-2019

Accepted: 30-07-2019

Available online: 09-06-2020

### Abstract

In this work, effect of water content as dispersed phase of water/AOT/oil microemulsions on the droplet size and location of hydrophilic probe of Rhodamine B (RhB) within microemulsion was studied by means of dynamic light scattering (DLS) and absorption spectroscopy. The dynamical characterization of micelles by DLS technique showed that by increasing the water content within AOT microemulsion containing dye with certain concentration, the droplet size increased and the interactions between nano-droplets were more attractive as a function of the mass fraction of nano-droplets (MFD). Study of the dye spectroscopy within microemulsion indicated that the changes in  $\lambda_{max}$  of absorption of dye within AOT microemulsion decreased as W increased with MFD. It was also observed that hydrophilic dye of Rhodamine B can be located near tail of AOT (Gouy Chapman Layer) of microemulsion in addition to the locating into the water/oil interface (Stern Layer) but not in water droplet. On the other hand, the number of formed AOT-RhB ion pair complex in the oil increased with decrease in content of water of within water/AOT/oil microemulsion. J. Color Sci. Tech. 14(2020), 63-71©. Institute for Color Science and Technology.

**Keywords:** Rhodamine B, AOT, Dynamic light scattering, Nano-droplets, Water content, Ion pair, Spectroscopy.

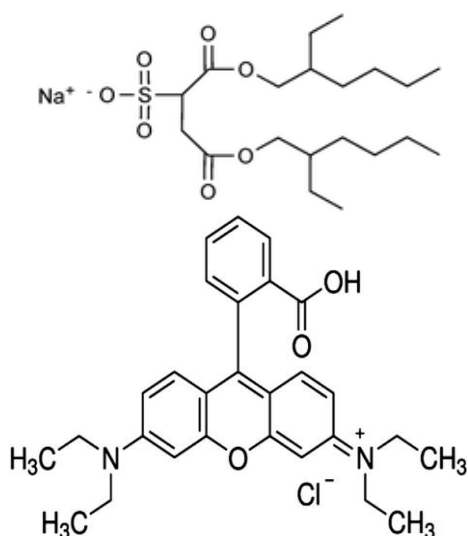
## ۱- مقدمه

بهداشتی، مدل‌سازی غشاهای زیستی و غیره توجه زیادی را به خود جلب کرده است [۲۰، ۲۱].

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که خواص مختلف نانوقطرات آب مانند ریخت‌شناسی و اندازه نانوقطرات درون میکروامولسیون آب در روغن تحت تاثیر دو پارامتر نسبت مولی آب ماده فعال سطحی [۱-۹] و کسر جرمی نانوقطرات آب (MFD) باشد [۵-۸]. از طرف دیگر مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که رفتار فوتوفیزیکی مواد رنگزا درون فاز پراکنده میکروامولسیون معکوس (نانوقطرات آب) نسبت به رفتار درون سیستم مایع مشابه در مقیاس حجمی به علت اثر سطح به حجم در سیستم‌های نانو ساختار متفاوت است [۱۷-۱۲، ۵-۶، ۲].

رودامین بی یک ماده رنگزای آب‌دوست فلورسنت از زیرگروه زانتان‌ها است و به علت ویژگی‌های منحصر به فرد، این ترکیب به طور گسترده‌ای به عنوان ماده رنگزای لیزر، ردیاب در آب برای تعیین آهنگ و جهت جریان شارش، استانداردهای فلورسانس، مواد رنگزای فلورسنت برای مشخص کردن سطح نانوذرات پلیمری، سیالیت غشا چربی، بررسی ساختار و دینامیک سیستم‌های مایسل و تصویربرداری تک مولکولی و تصویربرداری در سلول‌های زنده استفاده می‌شود [۳۱-۳۳].

ماده رنگزای رودامین بی، کاتیونی بوده و به محیط اطرافش حساس است. برهم‌کنش مولکولی رودامین بی در آب توده‌ای (حجمی) با استفاده از روش‌های طیف‌سنجی مختلف گزارش شده است [۳۱-۳۳].



شکل ۱: ساختار شیمیایی ماده فعال سطحی AOT و ماده رنگزای رودامین بی [۲، ۳].

میکروامولسیون‌ها به سه دسته آب در روغن، روغن در آب و هم پیوسته تقسیم می‌شوند [۲، ۱]. در سیستم‌های میکروامولسیون آب در روغن یا همان سیستم‌های مایسل معکوس، روغن به عنوان فاز پیوسته و آب به عنوان فاز پراکنده (نانوقطره آب) می‌باشد [۴، ۳]. در سیستم‌های میکروامولسیون روغن در آب، آب به عنوان فاز پیوسته و روغن به عنوان فاز پراکنده (نانوقطره روغن) می‌باشد، و در میکروامولسیون هم پیوسته یک سیستم میکروامولسیون آب و روغن بوده که در آن آب و روغن به یک میزان به کار رفته است [۶، ۵].

میکروامولسیون آب در روغن دکان پایدار شده با ماده فعال سطحی سدیم بیس (۲-اتیل هگزیل) سولفوسوکسینات (شکل ۱)، نانو ساختارهای هسته-پوسته شفاف نوری و پایدار ترمودینامیکی هستند که با مخلوط کردن یک حلال قطبی (در اینجا آب) به عنوان هسته و روغن دکان به عنوان حلال غیرقطبی تشکیل شده است. از ماده فعال سطحی سدیم بیس (۲-اتیل هگزیل) سولفوسوکسینات که معمولاً به نام Aerosol-OT یا AOT شناخته می‌شود به علت قابلیت منحصر به فردش در تشکیل میکروامولسیون آب در روغن استفاده می‌شود [۲، ۱]. در این مورد ماده فعال سطحی AOT به عنوان پوسته جهت کاهش تنش سطحی بین دو مایع امتزاج ناپذیر استفاده شده است که کاهش تنش سطحی بین روغن و آب باعث پایداری سیستم میکروامولسیون می‌شود [۴، ۳]. در سیستم میکروامولسیون آب در روغن، دنباله آب‌گریز ماده فعال سطحی AOT به درون فاز پیوسته روغن و سر آب‌دوست آن به درون نانوقطرات آب جهت‌گیری می‌کنند [۶، ۵].

در حالی که هسته آبی نانوقطرات میکروامولسیون آب در روغن ظرفیت بالایی برای حلالیت ترکیبات آب‌دوست دارد، لایه نازک اطراف نانوقطرات آب (لایه ماده فعال سطحی) نیز نقش مهمی در حفاظت ترکیبات درون نانوقطرات آب در برابر تغییرات محیطی ایفا می‌کند. این قابلیت میکروامولسیون‌های آب در روغن، کاربرد آنها را در حوزه‌های مختلف علم افزایش می‌دهد. به عنوان مثال، میکروامولسیون‌ها به عنوان حامل‌های رساننده برای مواد غذایی مختلف و داروهای فعال زیستی شناخته می‌شوند. علاوه بر این، میکروامولسیون‌های با پتانسیل نانومتری‌شان به عنوان میکرو راکتور برای بهبود کارایی واکنش‌های آنزیمی و شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱].

میکروامولسیون‌ها به دلیل داشتن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ویژه مانند اندازه نانومتری، شفافیت، پایداری ترمودینامیکی، آماده‌سازی آسان و گرانش کم، توجه کافی را به خود جلب کرده‌اند [۱]. در سال‌های اخیر، مطالعه فوتوفیزیکی مواد رنگزا در میکروامولسیون‌ها، به علت استفاده از آنها در محدوده وسیعی از کاربردها مانند سنتز نانوذرات، دارورسانی، غذا، صنعت لوازم آرایشی و

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱- مواد

سدیم دی اکتیل سولفوسوکسینات، AOT، (سیگما آلدریج آلمان، خلوص بیش از ۹۹٪)، دکان (سیگما آلدریج آلمان، خلوص بیش از ۹۹٪) و ماده رنگزای کاتیونی رودامین بی، RhB (سیگما آلدریج آلمان، خلوص بیش از ۹۹٪) به عنوان مواد مورد نیاز در آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند.

### ۲-۲- روش آماده‌سازی نمونه‌ها

در این کار ابتدا ظروف مورد نیاز شامل بشر، تشتک شیشه‌ای، پیپت، پیست و غیره با آب و سپس با استن شستشو داده شده و سپس خشک شد و با استفاده از ترازو با دقت سه رقم اعشار و تشتک شیشه‌ای مقدار جرم مورد نیاز از ماده رنگزای اندازه‌گیری شده و به آب دوبار تقطیر اضافه شد و به این طریق غلظت مورد نظر از ماده رنگزا تهیه شد. مقدار مورد نیاز از ماده فعال سطحی نیز اندازه‌گیری شد و به ظرف شیشه‌ای مورد نظر برای تهیه محلول منتقل شده و بعد مقدار مورد نیاز از روغن دکان به ماده فعال سطحی اضافه گردید و محلول حاصل تا حل شدن کامل ماده فعال سطحی تکان داده شد و مقدار مورد نظر از مخلوط ماده رنگزا و آب دوبار تقطیر که قبلاً تهیه شده بود با استفاده از ترازو وزن شد و به مخلوط روغن و ماده فعال سطحی اضافه شد و نمونه به دست آمده آن قدر تکان داده شد تا محلول حاصل کاملاً یکنواخت و شفاف شود. به عبارت ساده‌تر، در این کار نمونه‌های میکروامولسیون حاوی ماده رنگزا با نسبت مولی مشخص ماده رنگزای رودامین بی، به ماده فعال سطحی از طریق مخلوط کردن مقادیر جرمی معین ماده فعال سطحی AOT، روغن و آب حاوی ماده رنگزای آماده شده و در گام نهایی، میکروامولسیون‌های معکوس با روغن براساس کسر مشخص جرمی قطرات در دمای اتاق رقیق شد.

### ۲-۳- وسایل جهت مشخصه یابی نانوقطرات حاوی رودامین بی

تابع خود همبستگی و توزیع اندازه میکروامولسیون‌ها با استفاده از روش پراکندگی دینامیکی نور (DLS) با یک منبع لیزر هلیوم-نئون (۶۳۳ نانومتر) با نور قطبیده عمودی به دست آمد.

طیف جذب UV/Vis ماده رنگزای رودامین بی، در میکروامولسیون‌ها به وسیله یک کوات کوارتز با استفاده از یک دستگاه طیف‌سنج (UV-1650) در طول موج ۴۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- اندازه‌گیری پراکندگی دینامیکی نور پویا (DLS) نانو

قطرات آب حاوی رودامین بی در مقادیر روغن مختلف با توجه به اهداف ذکر شده در مقدمه، در بخش حاضر اثر مقدار آب

بنابراین یک حوزه جالب تحقیقاتی مطالعه فوتوفیزیک ماده رنگزای رودامین بی، درون میکروامولسیون آب در روغن در حضور ماده فعال سطحی و مقایسه نتایج با رفتار فوتوفیزیک ماده رنگزا در غلظت مشابه در آب در مقیاس حجمی می‌باشد. در این مورد مطالعه اثر مقدار روغن (فاز پیوسته میکروامولسیون) و اثر مقدار آب (فاز پراکنده میکروامولسیون یعنی W) بر روی طیف‌سنجی رودامین بی و همچنین مطالعه مکان جایگزیدگی پتانسیلی مولکول‌های ماده رنگزای رودامین بی، در فصل مشترک آب-روغن، هسته آبی نانوقطرات و یا فاز پیوسته میکروامولسیون جذاب به نظر می‌رسد. برای این هدف، در این تحقیق، اثر نسبت مولی آب به ماده فعال سطحی بر روی مکان جایگزیدگی پتانسیلی ماده رنگزای رودامین بی در نقاط مختلف درون میکروامولسیون تابعی از کسر جرمی نانوقطره (MFD، یعنی مقدار روغن مختلف) به وسیله دستگاه‌های پراکندگی نور (DLS) پویا و روش‌های طیف‌سنجی مطالعه شد.

پراکندگی دینامیکی نور یک روش مفید برای تحلیل اندازه قطرات و ضریب نفوذ نانوقطرات تحت تاثیر حرکت براونی آنها درون میکروامولسیون است [۱۶، ۱۵]. در DLS، تابع همبستگی نرمالیزه شدت- شدت نور پراکنده از ذرات تابعی از زمان،  $g^2(q, \tau)$ ، برای یک زمان واپاشی  $\tau$  با استفاده از رابطه ۱ مطالعه می‌شود [۲].

$$g^2(q, \tau) = \frac{\langle I(q, t) I^*(q, t + \tau) \rangle}{\langle I^2(q, t) \rangle} \quad (1)$$

که در رابطه ۱،  $I^*$  مزدوج مختلط  $I$  است. تابع خودهمبستگی نرمالیزه،  $g^2(q, \tau)$ ، با استفاده از میدان الکتریکی نور پراکنده  $g^1(q, \tau)$  [۲] به تابع خودهمبستگی تبدیل می‌شود (رابطه ۲).

$$g^2(q, \tau) = 1 + |M \exp(-\Gamma \tau)|^2 \quad (2)$$

که در رابطه ۲،  $M$  یک ثابت اندازه‌گیری است؛ برای یک رابطه شامل ذرات مونو- دیسپرس، تابع  $g^1(q, \tau)$  به وسیله یک منحنی واپاشی نوسانی [۲] به صورت رابطه ۳ نشان داده می‌شود.

$$g^1(q, \tau) = M \exp(-Dq^2 \tau) \quad (3)$$

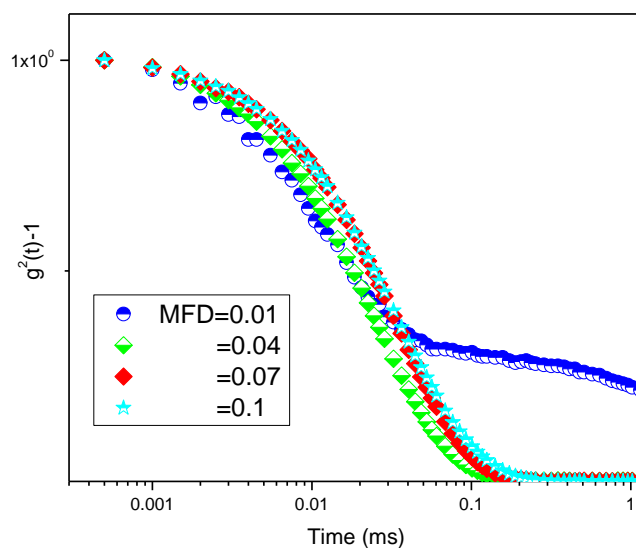
که در رابطه ۳،  $D$  ضریب نفوذ و  $q$  بردار پراکندگی و  $\Gamma = Dq^2$  آهنگ واپاشی نانوقطرات است [۲]. ضریب انتشار جمعی قطرات با استفاده از رابطه استوکس- انیشتین به شعاع هیدرودینامیکی تبدیل می‌شود [۲] (رابطه ۴).

$$R_h = \frac{K_B T}{6\eta p D} \quad (4)$$

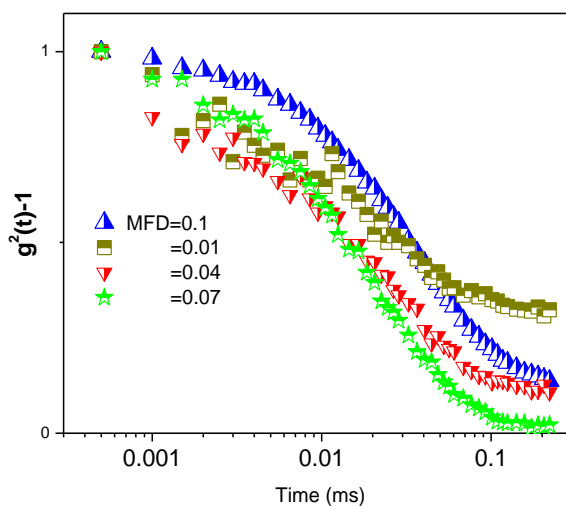
که در رابطه ۴،  $k$  ثابت بولتزمن،  $T$  دما بر حسب کلوین و  $\eta$  گرانیوزی فاز پیوسته می‌باشد.

مطالعه میکروامولسیون با اندازه قطرات مختلف مورد استفاده قرار گرفت. شکل‌های ۲ و ۳ تابع توزیع خودهمبستگی نانو قطرات حاوی رودامین بی مطالعه شده با دستگاه DLS در مقادیر آب مختلف تابعی از زمان واپاشی در مقادیر مختلف MFD را نشان می‌دهد.

به عنوان فاز پراکنده میکروامولسیون بر روی دینامیک نانو قطرات آب مورد مطالعه قرار گرفت. بنابراین، در این بخش، ما به دنبال فهمیدن رفتار دینامیکی نانو قطرات آب در حضور مقادیر مختلف آب درون میکروامولسیون آب در روغن می‌باشیم. با توجه به این موضوع، دستگاه پراکندگی نور دینامیکی برای



شکل ۲: تابع خود همبستگی میکروامولسیون آب در روغن حاوی رودامین بی با  $Z=[\text{Rhodamine B}]/[\text{AOT}]=0.0015$  تابعی از زمان واپاشی نمونه‌ها برای  $W = 40$  در دمای اتاق [۹]



شکل ۳: تابع خود همبستگی میکروامولسیون‌های آب AOT/ دکان حاوی رودامین بی با  $Z=[\text{Rhodamine B}]/[\text{AOT}]=0.0015$  تابعی از زمان واپاشی نمونه‌ها  $W = 20$  در دمای اتاق [۲].

جذب و فلورسانس رودامین بی در محلول آبی و میکروامولسیون آب / AOT / روغن مورد بررسی قرار گرفت. طیف جذب ماده رنگزای رودامین بی، در میکرو امولسیون در شکل ۴ نشان داده شده است. طیف جذب رودامین بی در مقایسه با غلظت مشابه در محلول‌های حجمی نشان‌دهنده یک پیک در ۵۱۹ نانومتر است [۶]. بنابراین از مقایسه بیشینه پیک جذب ماده رنگزای رودامین بی، در میکرو امولسیون آب در روغن پایدار شده در حضور ماده فعال سطحی در  $W = 40$  با فاز حجمی آبی، یک انتقال به ناحیه با طول موج بلند در طیف جذب رودامین بی در میکرو امولسیون در مقایسه با جذب ماده رنگزای در آب دیده می‌شود. از سوی دیگر، همان‌طور که در شکل ۴ دیده می‌شود، مقایسه بیشینه طول موج جذب رودامین بی نشان داد که طیف جذب ماده رنگزای رودامین بی در میکرو امولسیون آب در روغن به ناحیه با طول موج کوچک‌تر تابعی از MFD تغییر می‌کند.

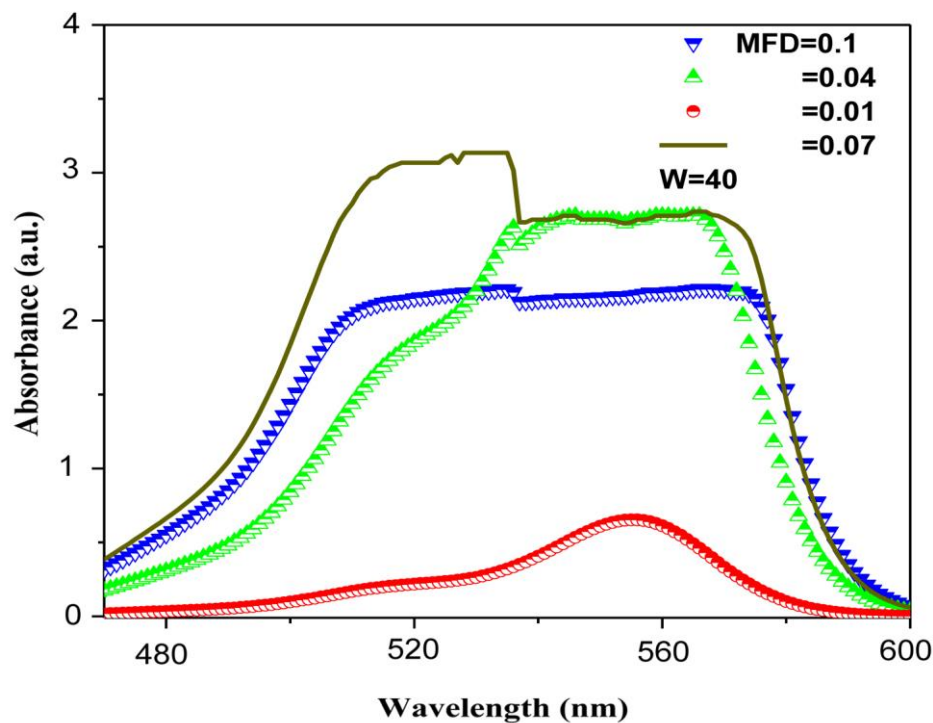
انتقال به ناحیه با طول موج کوچک‌تر و همچنین مقدار شدت جذب بالا (در مقادیر MFD بزرگ‌تر) در طیف جذب ماده رنگزای رودامین بی، در داخل میکروامولسیون به تجمع مولکول‌های ماده رنگزا و تشکیل جفت یون‌های AOT-RhB به دلیل اندرکنش AOT/RhB تابعی از MFD نسبت داده شد [۱۵-۱۲]. طیف فلورسانس ماده رنگزای رودامین بی، در میکروامولسیون آب / AOT / روغن در شکل ۵ نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است تابع خودهمبستگی نانوقطرات تابعی از زمان واپاشی نمونه‌ها برای مقادیر مختلف W تک‌مرتبه است. برای به دست آوردن آهنگ واپاشی و در نتیجه ضریب نشت تجمعی نانوقطرات در میکروامولسیون، تابع خودهمبستگی نمونه‌های میکروامولسیون با یک تابع نمایی برازش شد [۵، ۲]. قطر هیدرودینامیکی نانوقطرات تابعی از MFD برای نانوقطرات آب حاوی ماده رنگزای رودامین بی با استفاده از ضریب نشت تجمعی نانوقطرات آب محاسبه گردید [۲].

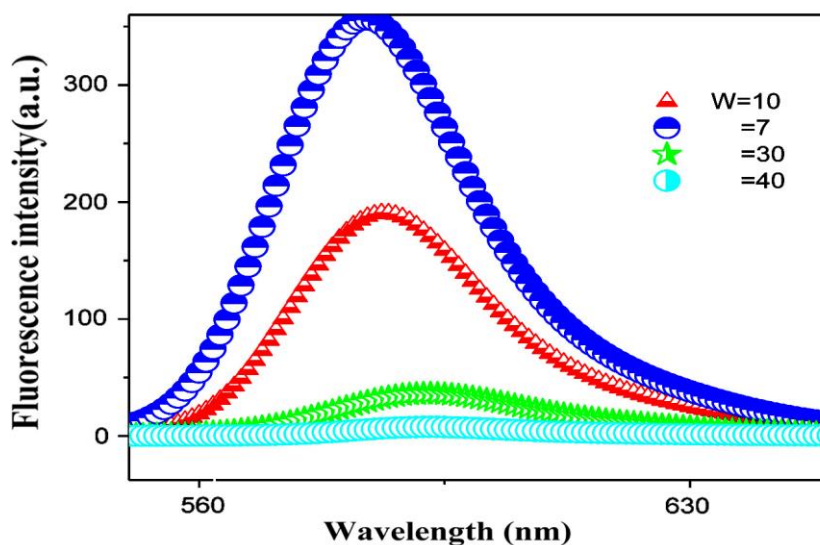
نتایج نشان داد که در میکروامولسیون‌های آب در روغن حاوی رودامین بی، اندرکنش‌های جاذبه نانوقطره- نانوقطره باعث افزایش اندازه نانوقطرات به دلیل افزایش همپوشانی بین نانوقطره‌ها می‌شود [۳۰، ۲۴، ۴]. این مشاهدات به اندرکنش‌های جاذبه بیشتر بین نانوقطرات آب حاوی رودامین بی با افزایش مقدار مقدار آب نسبت داده شد، که این اندرکنش‌ها به معنی تجمع نانوقطرات آب در مقدار MFD بزرگ‌تر می‌باشد [۲۹-۲۶، ۱۵].

### ۳-۲- طیف‌سنجی جذب رودامین بی درون نانوقطرات

در این بخش به دنبال اهداف ذکر شده در مقدمه، روش‌های طیف‌سنجی جذب و نشر برای مطالعه اثر میزان آب بر موقعیت جایگزیدگی مولکول‌های ماده رنگزا در قسمت‌های مختلف میکرو امولسیون مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور طیف‌سنجی



شکل ۴: طیف جذب ماده رنگزا در میکروامولسیون با  $Z = [RhB] / [AOT] = 0.0015$  درون میکروامولسیون در MFD های مختلف در دمای اتاق.



شکل ۵: طیف‌های نشر فلورسانس ماده رنگزا درون میکروامولسیون  $Z=[\text{Rhodamine B}]/[\text{AOT}]=0.0015$  ( $\lambda_{ex} = 554 \text{ nm}$ ) در مقادیر مختلف آب در  $MFD = 0.1$  [۲، ۵، ۶، ۹].

تغییرات در مقدار طول موج جذب بیشینه ماده رنگزا قابل ملاحظه نیست. نتایج نشان می‌دهد که جذب ماده رنگزا از مقادیر مختلف  $W$  و  $MFD$  تاثیر می‌پذیرد. بنابراین می‌توان گفت که مولکول‌های ماده رنگزای رودامین بی، ممکن است در نزدیکی دنباله زنجیره ماده فعال سطحی AOT درون میکروامولسیون و فصل مشترک آب / روغن قرار گرفته باشد.

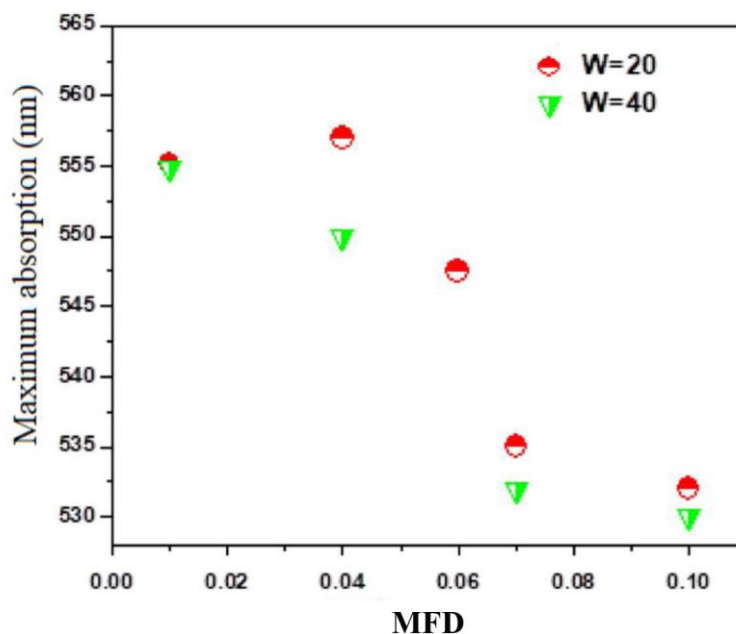
با توجه به اهداف تحقیق، شدت جذب ماده رنگزا برای مقادیر آب مختلف تابعی از  $MFD$  درون میکروامولسیون در شکل ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۷ نشان داده شده است شدت جذب رودامین بی، در میکروامولسیون حاوی مقادیر آب مختلف تابعی از  $MFD$  افزایش یافته و نشان‌دهنده انحراف از قانون بیر در  $MFD$  بزرگ‌تر در آب / AOT / روغن دکان است [۲۶، ۱۱، ۲]. انحراف از قانون بیر در شدت جذب رودامین بی در غلظت زیاد  $0.001$  به تجمع جفت یون‌های ماده فعال سطحی - رودامین بی تشکیل شده در میکروامولسیون نسبت داده شد [۲۷، ۱۳، ۲]. براساس شکل ۷، شدت جذب رودامین بی، در میکروامولسیون تابعی از مقدار فاز پراکنده میکروامولسیون از  $W = 20$  به  $W = 40$  کاهش می‌یابد. از مقایسه این نتایج با نتایج مطالعات دینامیکی اندازه‌گیری شده با دستگاه DLS مطالعه حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که شدت جذب رودامین بی و طول موج جذب بیشینه ماده رنگزا تابعی از قطر هیدرودینامیکی نانو قطرات آب با افزایش مقدار آب در میکروامولسیون از  $W = 20$  تا  $W = 40$  کاهش می‌یابد. حلالیت‌پذیری آب تابعی از غلظت RB+AOT درون میکروامولسیون برای مقادیر مختلف آب در شکل ۸ نشان داده شده است.

مقایسه طول موج نشر رودامین بی در میکروامولسیون برای مقادیر مختلف آب در شکل ۵ نشان می‌دهد که طیف نشر رودامین بی در داخل نانو قطره به منطقه با طول موج بزرگ‌تر تابعی از مقدار آب در  $MFD = 0.1$  جابجا شده است. انتقال به سمت طول موج بزرگ‌تر در طیف نشر ماده رنگزا تابعی از مقدار آب، به معنی جابجایی مولکول‌های ماده رنگزا از سمت فصل مشترک آب / روغن به سمت هسته نانوقطرات آب است.

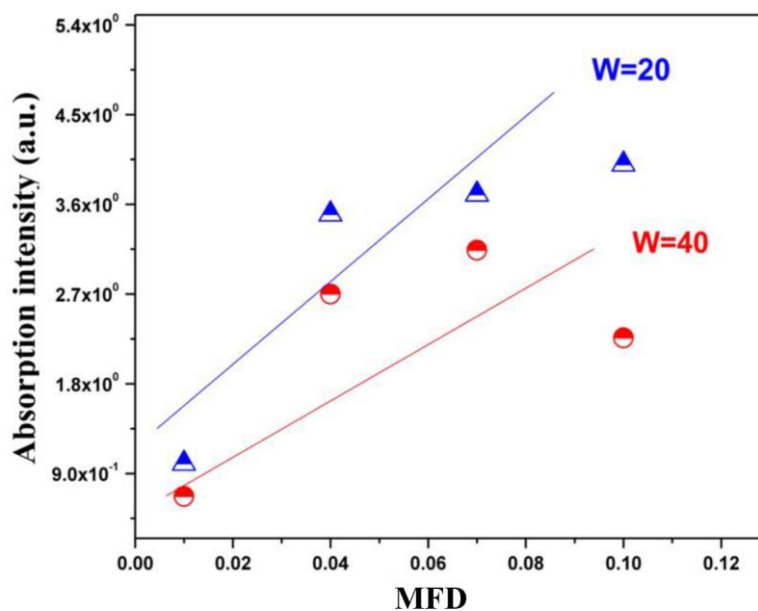
بیشینه طول موج جذب و تغییر در شدت جذب رودامین بی تابعی از مقدار  $MFD$  در میکروامولسیون در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است.

با توجه به شکل ۶، برای میکروامولسیون حاوی رودامین بی در غلظت  $Z=[\text{Rhodamine B}]/[\text{AOT}]=0.0015$ ، تغییرات در طول موج جذب بیشینه ماده رنگزا در داخل میکروامولسیون تابعی از مقدار  $W$  متناسب با  $MFD$  کاهش یافته است. در شکل ۶ نشان داده شده است که طول موج جذب بیشینه ماده رنگزا در غلظت  $Z = [\text{Rhodamine B}] / [\text{AOT}] = 0.0015$  مقدار آب  $W = 20$  و  $W = 40$  به ترتیب ۵۵۷ و ۵۵۵ نانومتر بود که نسبت به مقدار عددی طول موج جذب ماده رنگزا در آب حجمی متفاوت است [۲]. تغییر طیفی در جذب ماده رنگزا در میکروامولسیون در مقایسه با آب حجمی، به طور واضح نشان می‌دهد که محیط پیرامون اطراف رودامین بی در میکروامولسیون‌ها به طور قابل توجهی متفاوت از فاز حجمی است [۲].

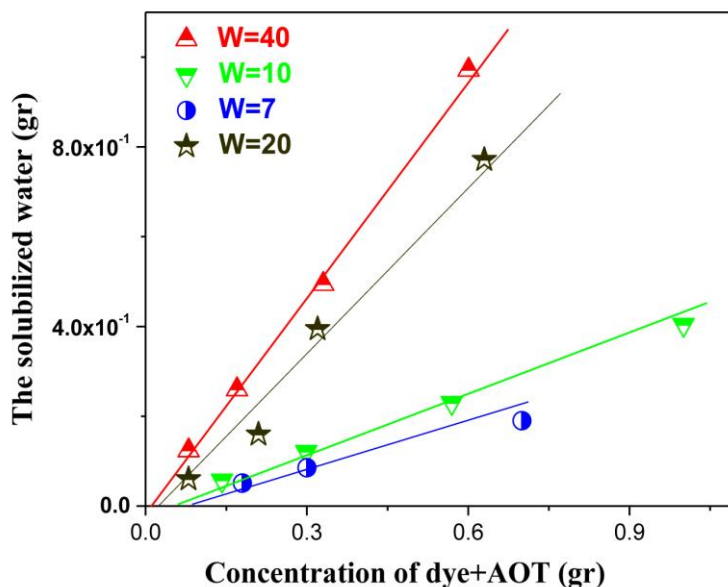
همچنین از شکل ۶ نیز روشن است که شیب کاهش در طول موج جذب بیشینه ماده رنگزا تابعی از مقدار  $W$  برای مقدار  $MFD$  کوچک‌تر سریع‌تر بوده در حالی که برای مقادیر  $MFD$  بزرگ‌تر



شکل ۶: تغییر جذب  $\lambda_{max}$  در مقابل MFD برای میکروامولسیون‌های AOT حاوی رودامین بی با  $Z=[\text{Rhodamine B}]/[\text{AOT}]=0.0015$  در مقادیر مختلف آب (مثلث پایین):  $W = 40$  [۹] و (دایره):  $W = 20$  [۲] در دمای اتاق.



شکل ۷: شدت جذب ماده رنگزای رودامین بی در مقابل MFD برای میکروامولسیون‌های AOT حاوی رودامین بی با  $Z=[\text{Rhodamine B}]/[\text{AOT}]=0.0015$  در مقادیر مختلف آب (مثلث بالا):  $W = 20$  [۲] و (دایره):  $W = 40$  در دمای اتاق.



شکل ۸: مقدار آب حل شده تابعی از غلظت RB + AOT در میکروامولسیون‌های با  $Z = [RhB] / [AOT] = 0.0015$  شامل مقدار آب مختلف (مثلث بالا):  $W = 40$  (ستاره)،  $W = 20$  (دایره)،  $W = 7$  (دایره)، و (مثلث پایین):  $W = 10$  [۶] در دمای اتاق برای  $MFD = 0.1, 0.07, 0.04, 0.01$  (چپ به راست).

#### ۴- نتیجه‌گیری

مطالعه دینامیکی نانوقطرات با استفاده از روش پراکندگی نور پویا نشان داد که با افزایش مقدار آب در میکروامولسیون از  $W = 20$  تا  $W = 40$  ضریب نفوذ نانو قطره‌ها کاهش یافته و اندازه نانوقطرات آب تابعی از کسر جرمی نانوقطرات (MFD) افزایش می‌یابد. با انتقال رودامین بی از فاز آبی حجمی به درون سیستم میکروامولسیون آب / AOT / روغن (نانوقطره)، تغییرات در خواص طیفی ماده رنگزا ایجاد می‌شود. نتیجه‌گیری مطالعات نوری ماده رنگزای رودامین بی در میکروامولسیون AOT نشان داد که با افزایش اندازه نانوقطره، شدت جذب و حداکثر طول موج ماده رنگزای رودامین بی، تابعی از کسر جرمی نانوقطرات (MFD) در سیستم کاهش می‌یابد. همچنین مطالعات طیف‌سنجی رودامین بی درون نانوقطرات نشان داد که ماده رنگزای آب‌دوست رودامین بی، می‌تواند در نزدیکی دنباله زنجیره ماده فعال سطحی AOT در فصل مشترک آب/روغن درون میکروامولسیون جایگزیده شود. از طرف دیگر، نتایج مطالعات طیف‌سنجی نشان داد که تعداد جفت یون ماده فعال سطحی -رودامین بی تشکیل شده در فاز پیوسته میکروامولسیون (روغن) با کاهش مقدار آب از  $W = 40$  تا  $W = 20$  درون میکروامولسیون افزایش می‌یابد.

#### تشکر و قدردانی

از دانشگاه زابل برای حمایت مالی این اثر تشکر و قدردانی می‌شود.

شکل‌های ۷ و ۸ نشان می‌دهد علاوه بر جایگزیدگی مولکول‌های رودامین بی، در لایه بین فازی، مقداری از مولکول‌های ماده رنگزای آب‌دوست رودامین بی، نیز در مکان دنباله ماده فعال سطحی AOT قرار گیرند. به عبارت دیگر، نتایج در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داد که تعداد جفت یون ماده فعال سطحی -رودامین بی تشکیل شده در لایه درون میکروامولسیون با کاهش مقدار آب در داخل میکروامولسیون AOT از  $W = 40$  به  $W = 7$  کاهش یافته است. این مشاهدات را می‌توان به کاهش مولکول‌های ماده رنگزای محصور شده توسط نانوقطرات در داخل میکروامولسیون از  $W = 40$  تا  $W = 7$  نسبت داد [۲۴، ۱۳، ۴]. این نتایج نشان می‌دهد که تغییر در طول موج جذب بیشینه ماده رنگزا و شدت فلورسانس آن در میکروامولسیون آب / AOT / روغن می‌تواند به تغییر در محل جایگزیدگی مولکول‌های رودامین بی در لایه یا لایه بین فازی با تغییر مقدار آب ( $W$ ) در داخل میکروامولسیون نسبت داده شود [۲۶، ۱۱].

به طور خلاصه، افزایش شدت جذب و طول موج جذب بیشینه ماده رنگزا در  $W = 20$  از  $W = 40$  در میکروامولسیون AOT به حضور بیشتر رودامین بی در لایه اشترن به شکل جفت یون ماده فعال سطحی -رودامین بی تشکیل شده تابعی از کاهش مقدار آب درون میکروامولسیون از  $W = 40$  تا  $W = 7$  نسبت داده می‌شود [۲۶، ۱۱].



## ۵- مراجع

1. M. Firoz-Khan, M. Kiran-Singh, S. Sen, Measuring Size, Size-Distribution and polydispersity of water-in-oil microemulsion droplets using fluorescence correlation spectroscopy: comparison to dynamic light scattering. *J. Phys. Chem. B.* 120 (2016), 1008- 1020.
  2. A. Rahdar, M. Almasi-Kashi, Dynamic and spectroscopic studies of nano-micelles comprising dye in water/ dioctyl sodium sulfosuccinate /decane droplet microemulsion at constant water content. *J. Mol. Struct.* 1128 (2017), 257-267.
  3. V. R. Hande, S. Chakrabarty, Exploration of the presence of bulk-like water in AOT reverse micelles and water- in-oil nanodroplets: the role of charged interfaces, confinement size and properties of water. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 18(2016), 21767-79.
  4. E. Bardez, R. Giordano, M. P.Jannelli, P. Migliardo, U. Wanderlingh, Hydrogen-bond effects induced by alcohol on the structure and dynamics of ionic reverse micelles. *J. Mol. Structure.* 383(1996), 183-190.
  5. A. Rahdar, M. Almasi-Kashi, N. Mohamed, Light scattering and optic studies of Rhodamine B-comprising cylindrical- like AOT reversed micelles. *J. Mol. Liq.* 223 (2016),1264-1269.
  6. A. Rahdar, M. Almasi-Kashi, Photophysics of Rhodamine B in the nanosized water droplets: A concentration dependence study. *J. Mol. Liq.* 220 (2016), 395-403.
  7. A. Rahdar, M. Almasi-Kashi, Dynamic light scattering of nanogels of xanthan gum biopolymer in colloidal dispersion. *J. Adv. Res.* 7( 2016), 635-641.
  8. W. Meier, Langmuir, Structured polymer networks from O/W-Microemulsions and liquid crystalline phases. *Langmuir.* 12(1996), 6341-6345.
  9. A. Rahdar , M. Almasi-Kashi, M. Aliahmad, Effect of chain length of oil on location of dye within AOT nanometer-sized droplet microemulsions at constant water content. *J. Mol. Liq.* 233 (2017), 398-402.
  10. J. P. Cerón-Carrasco, D. Jacquemin, C. Laurence, A. Planchat, C. Reichardt, K. Sraïdi, Solvent polarity scales: determination of new ET (30) values for 84 organic solvents. *J. Phys. Org. Chem.* 27(2014), 512-518.
  11. S. De, S. Das, A. Girigoswami , Environmental effects on the aggregation of some xanthene dyes used in lasers, *Spectrochim. Acta. A Mol. Biomol. Spectrosc.* 61 (2005) 1821-1833.
  12. K. K. Karukstis, D. A. Savin, C. T. Loftus, N. D. D'Angelo, Spectroscopic studies of the interaction of methyl orange with cationic alkytrimethylammonium bromide surfactants. *J. Colloid. Interface. Sci.* 203 (1998), 157-163.
  13. T. Fujieda, K. Ohta, N. Wakabayashi, S. Higuchi, H-aggregation of Methyl Orange at the Interface between the water phase and oil phase in a water- in-oil microemulsion. *J. Coll. Int. Sci.* 185(1997), 332-334.
  14. O. Ortona, V. Vitagliano, B.H. Robinson, Dye Interactions with surfactants in colloidal dispersions. *J. Coll. Int. Sci.* 125(1988), 271-278.
  15. M. Hasegawa, T. Sugimura, Y. Shindo, A. Kitahara, Structure and properties of AOT reversed micelles as studied by the fluorescence probe technique. *Colloids. Surf. A.* 109(1996), 305-318.
  16. M. D'Angelo, D. Fioretto, G. Onori, A. Santucci, Micellar interactions in water- in-oil microemulsions. *J. Mol. Struct.* 383 (1996), 157-163.
  17. T. Bayraktutan, K. Meral, Y. Onganer, Photophysical properties of pyronin dyes in reverse micelles of AOT. *J. Lumin.* 145 (2014), 925-929.
  18. N. M. Correa, J. J. Silber, Binding of nitroanilines to reverse micelles of AOT n- hexane. *J. Mol. Liq.* 72(1997), 163-76.
  19. G. B. Dutt, Fluorescence anisotropy of ionic probes in aot reverse micelles: Influence of water droplet size and electrostatic interactions on probe dynamics. *J. Phys. Chem. B.* 112 (2008), 7220-7226.
  20. V. Crupi, G. Maisano, D. Majolino, R. Ponterio, V. Villari, E. Caponetti, Quasi-elastic light scattering in polymer-containing microemulsion. *J. Mol. Struct.* 383(1996), 171-5.
  21. D. P. Acharya, P. G. Hartley, Progress in microemulsion characterization. *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 17 (2012), 274-280.
  22. M. J. Hou, M. Kim, D. O. Shah, A light scattering study on the droplet size and interdroplet interaction in microemulsions of AOT-oil-water system. *J. Colloid. Interface. Sci.* 123(1988), 398-412.
  23. Effects of the molecular structure of the interface and continuous phase on solubilization of water in water/oil microemulsions. *Langmuir.* 3 (1987), 1086-1096.
  24. G. M. E. Diaz, A. Sanz-Medel, Dye-surfactant interactions: a review. *Talanta.* 33 (1986), 255-264.
  25. D. A. Skoog, F. J. Holler, Principles of Instrumental Analysis, 5 ed. Saunders College Publication, Philadelphia, 1998.
  26. F. L. Arbeloa, P. R. Ojeda, I. L. Arbeloa, Fluorescence self-quenching of the molecular forms of Rhodamine B in aqueous and ethanolic solutions. *Chem. Phys. Lett.* 148 (1988), 253.
  27. B. Valeur, M. N. Berberan-Santos, Molecular Fluorescence, Principles and Applications, 2ed, Wiley-VCH, Weinheim, 2012.
  28. H. Gochman-Hecht, H. Bianco-Peled, Structure of AOT reverse micelles under shear. *J. Colloid Int. Sci.* 288 (2005), 230-237.
۲۹. ص. مهویدی، ع. آشتیانی عبدی، ف. نورمحمدیان، ارتباط رنگ و ساختار مواد رنگزای آلی: مروری بر بیش از یک قرن پژوهش. نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ. (۱۳۹۳)، ۳، ۸۵-۱۰۳.
۳۰. ف. نورمحمدیان، م. داودزاده غلامی، ع. آشتیانی عبدی، بررسی اثرات حلال پوشی بر دینامیک مولکولی و جذب و نشر نور مواد رنگزای فوتوکرومیک بر پایه آرواسپیروپیرانها. نشریه علمی علوم و فناوری رنگ. (۱۳۹۴)، ۹، ۲۷۱-۲۵۹.
۳۱. O. Valdes-Aguilera, D.C. Neckers , Aggregation phenomena in xanthene dyes, *Acc. Chem. Res.* 22 (1989) 171-177.
۳۲. F.L. Arbeloa, P.R. Ojeda, I.L. Arbeloa , On the aggregation of rhodamine B in ethanol, *Chem. Phys. Lett.* 148 (1988), 253-258.
۳۳. M. A. Ali, J. Moghaddasi, S. A. Ahmed , Optical properties of cooled Rhodamine B in ethanol, *J. Opt. Soc. Am. B* 8(1991), 1807-1810.
۳۴. ف. خاکزار بفرولی، ه. خلیلی، م. صفی، جداسازی اجزای فاکتور تشعشعات کلی مواد رنگزای فلورسنت. نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ. (۱۳۹۴)، ۹، ۳۶۱-۳۵۱.
۳۵. س. باستانی، م. پیشوایی، م. جلیلی، ش. سروش نیا، تأثیر غلظت و توزیع اندازه ذرات رنگدانه بر رفتار رئولوژیکی مرکبهای لیتوگرافی. نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ. (۱۳۸۹)، ۴، ۹۱-۱۰۳.
۳۶. م. دهقانی، ن. نصیری زاده، س. جعفری، اندازه گیری مستقیم ماده رنگزای راکتیو نارنجی ۸۴ در نمونه های در حال رنگبری با استفاده از الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با اکسید گرافن / نانوذرات نقره. نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ (۱۳۹۷)، ۱۲، ۸۱-۹۲.