



## تأثیر نوع حلال و pH بر بیناب فلورسانس القایی لیزری رنگینه‌های آلی RB و R6G

شکیبا سادات حجازی<sup>۱</sup>، سید محمدرضا دربان<sup>۱</sup>، سید جبار موسوی<sup>۱</sup>، مسعود کاوش تهرانی<sup>۱</sup> و علی موسوی آذر<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> پژوهشکده علوم و فناوری اپتیک و لیزر، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اصفهان

<sup>۲</sup> دانشکده شیمی کاربردی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اصفهان

چکیده - بیناب‌های جذب و فلورسانس رنگینه‌های آلی RB و R6G در حلال‌های متانول، اتانول، استون و آب، همچنین در گستره pH های ۲ تا ۷ آشکارسازی شد. با افزایش قطبیت حلال‌ها، افزایش جابجایی قرمز در بیناب‌ها نتیجه شد. افزایش شدت و جابجایی قرمز بیناب‌ها با کاهش pH نیز دیده شد.

کلید واژه - فلورسانس القایی لیزری، حلال، pH، R6G، RB

## The effect of the solvent type and pH on the Laser Induced Fluorescence spectrum of R6G and RB organic dyes

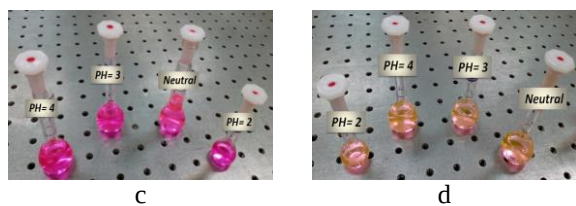
Shakiba Sadat Hejazi<sup>1</sup>, Seyyed Mohammad Reza Darbani<sup>1</sup>, Seyyed Jabbar Mousavi<sup>1</sup>, Masud Kavosh Tehrani<sup>1</sup> and Ali Mousavi Azar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Optics & Laser Science & Technology Research Center, Malek Ashtar University of Technology, Isfahan

<sup>2</sup> Department of Applied Chemistry, Malek Ashtar University of Technology, Isfahan

Abstract- Absorption and fluorescence spectra of R6G and RB organic dyes in solvents such as methanol, ethanol, acetone and water, as well as in the range of pH 2 to 7 was detection. With increasing polarity of the solvents increasing red shift in detection spectra was result. Also with reduces pH, the intensity and red shift of spectra was increased.

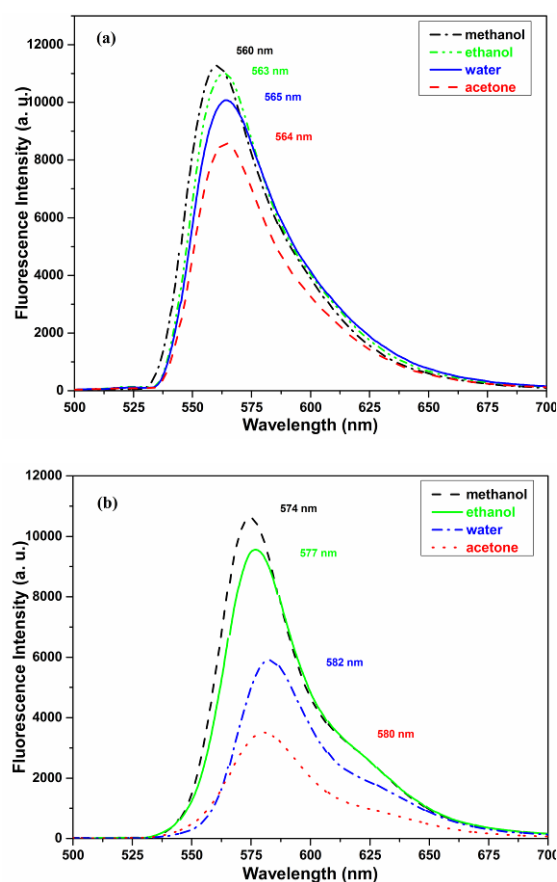
Keywords: Laser Induced Fluorescence, Solvent, pH, R6G, RB



شکل ۱: (a) RB (b) R6G در حلال‌های مختلف؛ (c) R6G (d) RB در pH‌های متنوع

### ۳- نتایج و بحث

بیناب فلورسانس دو رنگینه در حلال‌های مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: بیناب فلورسانس (a) R6G (b) RB در حلال‌های مختلف

با توجه به شکل ۲ ماکسیمم طول موج نشر فلورسانس در حلال‌های متانول، اتانول، استون و آب برای RB به ترتیب در طول موج‌های ۵۷۴، ۵۷۷، ۵۸۰ و ۵۸۲ نانومتر و R6G به ترتیب در ۵۶۰، ۵۶۳، ۵۶۴ و ۵۶۵ نانومتر مشاهده شد. مشخصه های بینایی دو رنگینه در حلال‌های مختلف در جدول ۱ آورده شده است.

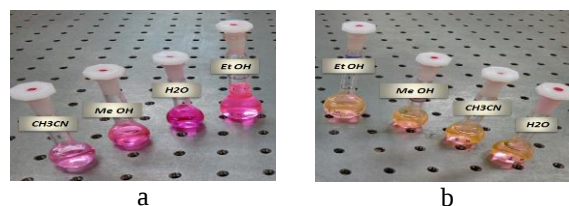
### ۱- مقدمه

فلورسانس القایی لیزری<sup>۱</sup> (LIF) یک روش بیناب‌نمایی گسیل مولکولی است که بر جذب نورتابشی از لیزر استوار و به ساختار مولکولی مواد بستگی دارد. جابجایی طول‌موجی فلورسانس به عوامل مختلفی بستگی دارد که از آن جمله می‌توان به نوع حلال به کار رفته و میزان اسیدی یا بازی بودن (pH) محلول اشاره کرد [۱-۵]. رنگینه‌های آلی به واسطه ضریب جذب بالا، فلورسانس پهن باند در ناحیه فرکانس مرئی و بازده کوانتومی مناسب به طور گسترده‌ای به عنوان سنسورهای فلورسانس مورد استفاده قرار می‌گیرند [۶].

در این پژوهش تاثیر حلال‌های متانول، اتانول، استون و آب، و همچنین تاثیر pH بر بیناب فلورسانس القایی لیزری رنگینه‌های آلی R6G و RB بررسی و تحلیل شد.

### ۲- روش، مواد و چیدمان

در این پژوهش از دو رنگینه آلی R6G و RB که دارای فرمول مولکولی  $(C_{28}H_{31}N_2O_3Cl)$  و از خانواده زانتن<sup>۲</sup> می‌باشند، استفاده شد. محلول‌های این دو رنگینه در دمای اتاق با استفاده از حلال‌های متانول، اتانول، استون و آب با سهم ۵ درصد اتانول و ۹۵ درصد حلال‌های ذکر شده، تهیه گردید. همچنین به منظور تهیه محلول‌ها در گستره pH، ۲ تا ۷ از محلول  $10^{-1}$  مولار HCl به عنوان محلول مادر استفاده شد. نمایی از محلول‌های تهیه شده در شکل ۱ نشان داده شده است. در چیدمان بر پا شده از یک لیزر پیوسته با طول موج ۵۳۲ نانومتر و توان خروجی ۵۰ میلی وات و از بیناب‌سنج Ocean optic مدل HR4000CG-UV-NIR با قابلیت ثبت بیناب در بازه طول موجی ۲۰۰-۱۱۰۰ با دقت ۰/۳۷ نانومتر، جهت آشکارسازی نشر فلورسانس نمونه‌ها استفاده شد.



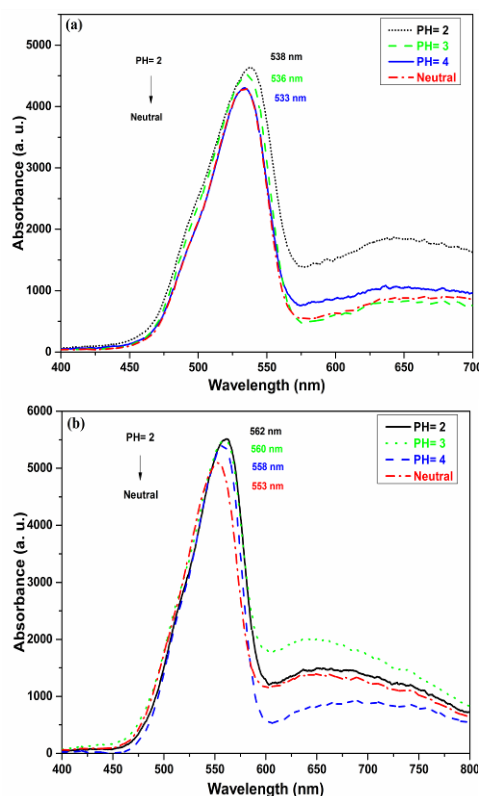
<sup>1</sup> Laser Induced Fluorescence  
<sup>2</sup> Xanthene

جدول ۱: مشخصات بینایی دو رنگینه در حلال‌های مختلف

| نوع حلال | طول موج فلورسانس (nm) |     | طول موج جذب (nm) |     | جابجایی استوکس (cm <sup>-1</sup> ) |     |
|----------|-----------------------|-----|------------------|-----|------------------------------------|-----|
|          | R6G                   | RB  | R6G              | RB  | R6G                                | RB  |
| متانول   | ۵۶۰                   | ۵۷۴ | ۵۳۷              | ۵۵۱ | ۷۶۵                                | ۷۲۷ |
| اتانول   | ۵۶۳                   | ۵۷۷ | ۵۳۳              | ۵۵۳ | ۱۰۰۰                               | ۷۵۲ |
| استون    | ۵۶۴                   | ۵۸۰ | ۵۳۶              | ۵۵۶ | ۹۲۷                                | ۷۴۵ |
| آب       | ۵۶۵                   | ۵۸۲ | ۵۳۴              | ۵۵۷ | ۱۰۲۸                               | ۷۷۱ |

رنگینه در pH=۲ بیشترین جابجایی قرمز، شدت و پهنای بیناب فلورسانس اتفاق می‌افتد. با اسیدی شدن محلول برای هر دو رنگینه به دلیل مزدوج شدن هیدروژن با نیتروژن و ایجاد فرم تشدید<sup>۳</sup>، این پارامترها افزایش می‌یابد. در واقع با پروتونه شدن<sup>۴</sup> نمونه‌ها تعداد فرم‌های تشدید<sup>۵</sup> کروموفور<sup>۵</sup> تغییر کرده و بالتبع آن طول موج، شدت و پهنای فلورسانس تغییر می‌کند [۸ و ۷].

بیناب جذب رنگینه‌ها در گستره pH های فوق در شکل ۴ نشان داده شده که تأییدکننده رفتار فلورسانسی همان ترکیبات می‌باشد.

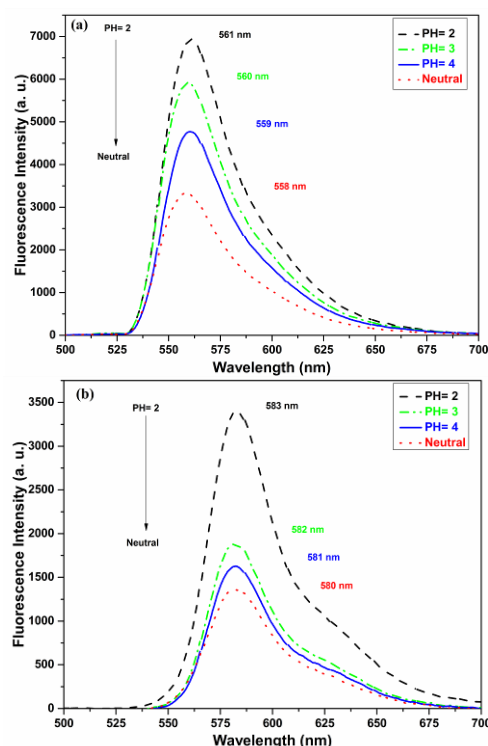


شکل ۴: بیناب جذب (a) R6G (b) RB در گستره pH های متنوع

همچنین مشخصه‌های بینایی دو رنگینه در گستره pH های متنوع در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: مشخصه‌های بینایی دو رنگینه در گستره pH های متنوع

با توجه به جدول ۱ با افزایش قطبیت حلال به ترتیب برای متانول، اتانول، استون و آب میزان جابجایی قرمز بیناب فلورسانس افزایش می‌یابد. روند مشاهده شده فوق را می‌توان به افزایش احتمال انتقالات  $\pi \rightarrow \pi^*$  با افزایش قطبیت حلال نسبت داد [۸ و ۷]. بیشترین جابجایی استوکس در حلال‌های اتانول و آب مشاهده شد. بیناب فلورسانس رنگینه‌ها در گستره pH های متنوع در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: بیناب فلورسانس (a) R6G (b) RB در گستره pH های متنوع

همانطور که در شکل فوق مشاهده می‌شود، برای هر دو

<sup>3</sup> Resonance<sup>4</sup> Peritonization<sup>5</sup> Chromophore

- [۷] پاویا، نگرشی بر طیف‌سنجی، انتشارات علمی و فنی، ۱۳۷۲.
- [۸] سی ان بنول، میانی طیف‌سنجی مولکولی، انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۹۱.

| pH    | طول موج<br>فلورسانس<br>(nm) |     | طول موج<br>جذب<br>(nm) |     | جابجایی<br>استوکس<br>(cm <sup>-1</sup> ) |     |
|-------|-----------------------------|-----|------------------------|-----|------------------------------------------|-----|
|       | R6G                         | RB  | R6G                    | RB  | R6G                                      | RB  |
| ۲     | ۵۶۱                         | ۵۸۳ | ۵۳۸                    | ۵۶۲ | ۷۶۲                                      | ۶۴۱ |
| ۳     | ۵۶۰                         | ۵۸۲ | ۵۳۶                    | ۵۶۰ | ۸۰۰                                      | ۶۷۵ |
| ۴     | ۵۵۹                         | ۵۸۱ | ۵۳۳                    | ۵۵۸ | ۸۷۳                                      | ۷۰۹ |
| طبیعی | ۵۵۸                         | ۵۸۰ | ۵۳۳                    | ۵۵۳ | ۸۴۱                                      | ۸۴۲ |

#### ۴- نتیجه‌گیری

بیناب فلورسانس دو رنگینه آلی R6G و RB در حلال‌های متانول، اتانول، استون و آب، آشکارسازی شد. نتایج نشان داد که با افزایش قطبیت حلال، میزان جابجایی قرمز بیناب فلورسانس رنگینه‌ها نیز افزایش می‌یابد. علاوه بر این با بررسی تاثیر pH محلول بر بیناب‌های جذب و فلورسانس در گستره pH ۲ تا ۷ مشاهده شد که با کاهش pH محلول‌ها و به دلیل پروتونه شدن رنگینه‌ها پهنا، شدت و جابجایی طول-موجی نمونه‌ها افزایش می‌یابد.

#### سپاسگزاری

در انتها از سرکار خانم زهرا رضانیان و پرسنل محترم پژوهشکده علوم و فناوری اپتیک و لیزر که ما را در انجام این پژوهش یاری نموده‌اند، تشکر می‌نماییم.

#### مراجع

- [1] J. R. Lakowicz, *Principles of Fluorescence Spectroscopy*, Third Edition, J. Springer, 2006.
- [2] F. M. Zehentbauer, C. Moretto and J. Kiefer, "Fluorescence spectroscopy of R6G: concentration and solvent effect", *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Vol **121**, pp. 147–151, 2014.
- [3] G. K. Casey' and E. L. Quitevis, "Effect of Solvent Polarity on Nonradiative Processes in Xanthene Dyes: Rhodamine B in Normal Alcohols", *J. Phys. Chem.*, Vol **92**, pp. 6590-6594, 1988.
- [4] K. A. Alamry, N. I. Georgiev, S. A. El-Daly, L. A. Taib and V. B. Bojinov, "A highly selective ratiometric fluorescent pH probe based on a PAMAM wavelength-shifting bichromopHoric system", *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Vol **135**, pp. 792–800, 2015.
- [5] A. Liu, M. Hong, W. Yang, Sh. Lu and D. Xu, "One-pot synthesis of a new rhodamine-based dually-responsive pH sensor and its application to bioimaging", *Tetrahedron*, Vol **70**, pp. 6974-6979, 2014.
- [6] M. Beija, A. Carlos, M. Afonso and J. M. G. Martinho, "Synthesis and applications of Rhodamine derivatives as fluorescent probes", *Chem. Soc. Rev*, Vol **38**, pp. 2410–2433, 2009.