



## انحلال یک ماده رنگزای مونو آزو دیسپرس نفتالیمید در حضور مواد فعال سطحی دو قلو کاتیونی

کمال‌الدین قرنجیگ<sup>۱\*</sup>، موسی صادقی کیاخانی<sup>۲</sup>، علی رضا تهرانی‌بغا<sup>۳</sup>

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

۲-دانشجوی دکترا، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵-۴۴۱۳

۳-استادیار، گروه پژوهشی رنگ و محیط زیست، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی ۱۶۷۶۵-۶۵۴

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۸/۱۱ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۸۹/۳/۲۰

### چکیده

انحلال یک ماده رنگزای مونو آزو دیسپرس بر پایه نفتالیمید حاوی گروه استر در حضور مواد فعال سطحی کاتیونی مونومری (DTAB) و دو قلو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که قدرت انحلال ماده رنگزای مورد بررسی در مایسل‌های مواد فعال سطحی کاتیونی دو قلو بیشتر از نمونه مرسوم مونومری می‌باشد. مطالعه اسپکتروفوتومتری ناحیه مرئی نشان داد که طیف جذبی و طول موج بیشینه جذب ماده رنگزای دیسپرس در حضور مایسل‌های سطح فعال‌های دو قلو بسیار شبیه رفتار جذبی در حلال اتانول است. توانایی انحلال به شدت وابسته به ساختار مواد فعال سطحی و طبیعت مایسل‌های آنها می‌باشد. جذب ماده رنگزای دیسپرس بر روی پارچه‌های پلی‌استری در حضور سطح فعال‌های کاتیونی به این صورت است:  $DTAB > 12-4-12 > 14-4-14$  که مجدداً قدرت حل‌کنندگی بالاتر سطح فعال‌های دو قلو را حتی در دماهای بالا نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: ماده رنگزای دیسپرس، حلالیت، سطح فعال‌های دو قلو کاتیونی، رنگرزی، خواص ثباتی

## Solubilization of a Monoazo Naphthalimide Disperse Dye in the Presence of Gemini Cationic Surfactants

K. Gharanjig<sup>\*1</sup>, M. Sadeghi-Kiakhani<sup>2</sup>, A. R. Tehrani-Bagha<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Organic Colorants, Institute for Color Science and Technology, P.O. Box:16765-654, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Amirkabir University of Technology, Faculty of Textile Engineering, P.O. Box.15875-4413, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Department of Environmental Research, Institute for Color Science and Technology, P.O.Box: 16765-654, Tehran, Iran

### Abstract

The solubilization of a monoazo disperse dye based on naphthalimide containing an ester group in the presence of DTAB and two gemini cationic surfactants was investigated. The results showed that the solubilization power of gemini surfactants micelles was greater than that of conventional surfactant micelles (DTAB) for this dye. The nature of the visible absorption spectra in aqueous surfactant solutions above CMC was very similar to those in the ethanol solution. The solubilization power is strongly dependent on the surfactant structure and nature of micelles. The absorption of used disperse dye into polyester fabrics in the presence of cationic surfactants increased in the order of  $DTAB > 12-4-12 > 14-4-14$ , once again confirming the higher solubilization power for gemini surfactants even at elevated temperatures. *J. Color Sci. Tech.* 4(2010), 55-64 © Institute for Color Science and Technology.

**Keywords:** Disperse dye, Solubilization, Gemini cationic surfactants, Dyeing, Fastness properties.

## ۱- مقدمه

رفتار مواد رنگزا در حالت محلول را دارا می‌باشد. از طریق اسپکتروفوتومتری می‌توان تغییرات طول موج بیشینه جذب و یا شدت جذب محلول‌های مواد رنگزا را مورد ارزیابی قرار داد.

در اکثر بررسی‌ها از مواد فعال سطحی آنیونی و غیریونی به عنوان مواد پراکنده‌ساز استفاده شده است. اخیراً استفاده از مواد فعال سطحی کاتیونی نیز در رنگرزی الیاف غیرآبدوست با مواد رنگزای دیسپرس مورد توجه قرار گرفته‌اند [۱۱،۱۲].

یک گروه از مواد رنگزای دیسپرس، نفتالیمیدها هستند که قادرند الیاف آبریز مانند پلی آمید، پلی استر و استات را رنگرزی کنند و ثباتهای رنگی خوبی بر روی آنها ایجاد نمایند [۱۶-۱۳]. به همین منظور در این مقاله، انحلال و برهم‌کنش ماده رنگزای مونو آزوی نفتالیمیدی که شامل گروه استری در ساختمان شیمیایی خود می‌باشد، در حضور یک ماده فعال سطحی کاتیونی مرسوم (DTAB) و دو ماده فعال سطحی دو قلوئی کاتیونی (۱۲-۴-۱۲ و ۱۴-۴-۱۴) بررسی شده است. تأثیر عوامل مؤثر نظیر دما، زمان و مقدار غلظت ماده فعال سطحی در انحلال ماده رنگزا مورد بررسی قرار گرفت. همچنین رنگرزی پارچه‌های پلی‌استری با ماده رنگزای انتخابی در حضور مواد فعال سطحی کاتیونی بررسی شده و میزان جذب ماده رنگزا و خواص ثابتاتی کالای رنگرزی شده گزارش شده است.

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱- مواد

مواد مورد استفاده برای سنتز ماده رنگزا و مواد فعال سطحی کاتیونی با درجه خلوص آزمایشگاهی و از شرکت‌های مرک، آکروز و فلوکا تهیه شدند. پارچه پلی‌استر خام از نوع بافت ساده با تراکم تار ۱۶ و تراکم پودی ۳۰ (در یک سانتیمتر) بود.

### ۲-۲- روش کار

تجهیزات مورد استفاده عبارتند از انکوباتور Hiedolph Inkubator 1000، شیکر ساخت شرکت IKA و حمام فراصوت مدل Ultra Sonic System Techna3. برای تعیین مقادیر جذب محلول‌های رنگی در طول موج بیشینه از اسپکتروفوتومتر انتقالی Cecil 9200 دو پرتوی استفاده شد.

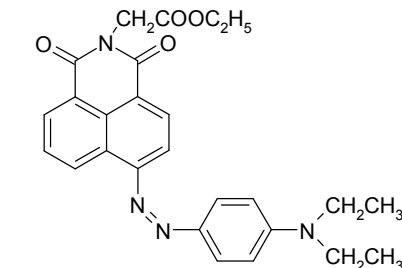
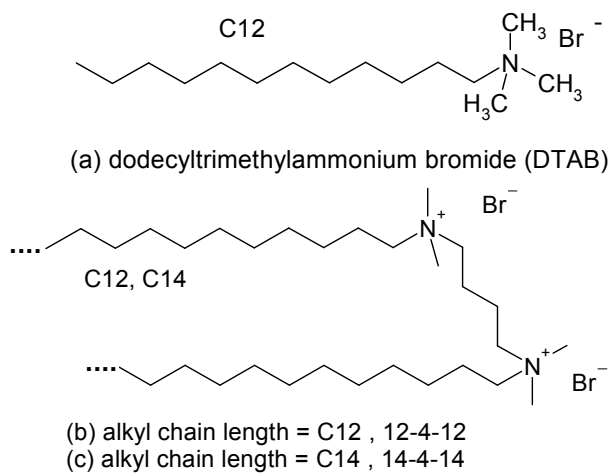
### سنتز ماده رنگزا

ماده رنگزایی که در شکل ۱ نشان داده شده است با استفاده از روش گزارش شده در مقالات قبلی سنتز شده است [۱۷].

مواد فعال سطحی کاربردهای زیادی در صنعت نساجی دارند. آنها معمولاً به عنوان شوینده، پراکنده‌ساز، امولسیون کننده، نرم کننده، ضد الکتریسته ساکن، جاذب آب و روغن، کند کننده، تثبیت کننده و غیره در فرآیندهای مختلف صنعت نساجی از قبیل ریسندگی، بافندگی، رنگرزی، چاپ و تکمیل به کار می‌روند [۱]. اخیراً تحقیقات زیادی در زمینه ساخت و خواص مواد فعال سطحی صورت گرفته است. محققین در زمینه اثر خیس کنندگی و رفتار مواد فعال سطحی بر روی سطح الیاف و خواص نخ‌های به دست آمده در سیستم‌های ذوب ریزی الیاف پلی‌استر با سرعت بالا، ضد الکتریسته ساکن کردن الیاف پلی‌پروپیلن و نقش بازدارندگی مواد فعال سطحی دو قلوئی کاتیونی در رنگرزی الیاف آکرلیک بررسی‌های متنوعی انجام داده‌اند [۲،۳]. خیس کنندگی و پراکنده‌سازی از موارد مهم مصرف مواد فعال سطحی در پراکنش مواد رنگزای دیسپرس و رنگرزی الیاف غیرآبدوست است [۴]. حضور مواد پراکنده‌ساز در رنگرزی الیاف سبب می‌شود تا یک سیستم پراکنش نسبتاً پایدار از مواد رنگزای دیسپرس در آب و در طول فرآیند رنگرزی ایجاد شود [۵]. پراکنش پایدار با اندازه ذرات کوچک (کمتر از یک میکرون) سبب می‌شود تا رنگرزی به طور یکنواخت انجام شود. یک اثر مهم دیگر حضور مواد پراکنده‌ساز در رنگرزی الیاف مصنوعی با مواد رنگزای دیسپرس افزایش میزان حلالیت مواد رنگزا در آب است [۶]. مواد رنگزای دیسپرس جزء مواد رنگزای بسیار کم محلول در آب هستند. میزان حلالیت این دسته از مواد رنگزا در آب و در حضور مواد پراکنده‌ساز افزایش می‌یابد و این بر روی رفتار رنگرزی تأثیر می‌گذارد [۶]. مکانیزم رنگرزی الیاف پلی‌استر با مواد رنگزای دیسپرس در چهار مرحله به شرح زیر انجام می‌شود که در آن انحلال ماده رنگزا در آب مرحله اول و اساسی است و تعیین کننده سرعت رنگرزی است:

- ۱- مقدار جزئی از ماده رنگزا در آب حل می‌شود.
- ۲- ماده رنگزای حل شده جذب سطحی الیاف می‌شود.
- ۳- از طریق انحلال مجدد مقدار جزئی از ماده رنگزا در آب، مجدداً سیستم پراکنندگی اولیه ایجاد می‌گردد.
- ۴- ماده رنگزای جذب شده در سطح الیاف به درون آن نفوذ می‌کند [۵].

در زمینه استفاده از مواد فعال سطحی در رنگرزی الیاف نساجی با مواد رنگزا تاکنون تحقیقات وسیعی انجام شده است [۹-۷] و روش‌های زیادی برای تشریح برهم‌کنش‌های ماده رنگزا- ماده فعال سطحی وجود دارد ولی یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای بررسی این برهم‌کنش‌ها، استفاده از روش اسپکتروفوتومتری می‌باشد [۱۰]. اسپکتروفوتومتری یک روش نسبتاً آسان و دقیق است که در آن امکان تعیین مقادیر کم مواد رنگزا وجود دارد. علاوه بر این امکان بررسی‌های



شکل ۱: ساختار شیمیایی ماده رنگزای مورد استفاده.

#### سنتز ماده فعال سطحی ۱۲-۴-۱۲

۴۴ میلی‌مول دی متیل دودسیل آمین در ۳۰ میلی‌لیتر اتانول حل شده و به یک بالن ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل شد. ۲۰ میلی‌مول ۴،۱-دی برومو بوتان در ۲۰ میلی‌لیتر اتانول حل شده و به وسیله قیف جداکننده به آهستگی داخل بالن اضافه شده و به مدت ۲۴ ساعت تقطیر برگشتی شد. حلال اتانول بوسیله تقطیر در فشار کاهش یافته خارج شد و ماده روغنی باقی مانده به وسیله مخلوط اتانول-اتیل استات (۱:۹) نوبلور شد. محصول نهایی با بازده ۸۵٪ و به مقدار ۱۹،۸۶ گرم به دست آمد [۱۸]. ساختار مولکولی ماده فعال سطحی ۱۲-۴-۱۲ در شکل (b) ۲ نشان داده شده است.

#### سنتز ماده فعال سطحی ۱۴-۴-۱۴

تهیه ماده فعال سطحی ۱۴-۴-۱۴ مشابه ۱۲-۴-۱۴ می باشد فقط به جای دی‌متیل دودسیل آمین از دی متیل تترا دودسیل آمین استفاده شد. محصول نهایی با بازده ۹۵٪ و به مقدار ۲۳،۷۱ گرم به دست آمد [۱۸]. ساختار مولکولی ماده فعال سطحی ۱۴-۴-۱۴ در شکل (c) ۲ نشان داده شده است.

مشخصات حاصل از طیف‌های  $^1\text{H-NMR}$  و  $^{13}\text{C-NMR}$  مواد فعال

سطحی تهیه شده به شرح زیر است:

12-4-12:  $^1\text{H-NMR}(\text{CDCl}_2)$   $\delta$  0.80 (t, 6H), 1.18-1.28 (m, 36H), 1.69 (m, 4H), 2.03 (m, 4H), 3.25 (s, 12H), 3.37 (t, 4H), 3.81 (s, 4H);  $^{13}\text{C-NMR}$  (125 MHz,  $\text{CDCl}_2$ )  $\delta$  13.90, 19.72, 22.47, 22.72, 26.19, 29.06, 29.12, 29.28, 29.31, 29.41, 31.69, 50.77, 63.33, 64.99

14-4-14:  $^1\text{H-NMR}(\text{CDCl}_2)$   $\delta$  0.80 (t, 6H), 1.18-1.28 (m, 44H), 1.70 (m, 4H), 2.05 (m, 4H), 3.27(s, 12H), 3.40 (t, 4H), 3.89 (s, 4H);  $^{13}\text{C-NMR}(\text{CDCl}_2)$   $\delta$  14.17, 19.94, 22.72, 22.97, 26.40, 29.29, 29.39, 29.49, 29.53, 29.66, 29.69, 31.95, 50.94, 63.44, 65.30[18].

#### روش تعیین انحلال ماده رنگزا در آب در حضور مواد فعال

##### سطحی کاتیونی

۰،۰۱ گرم از ماده رنگزا در ۵۰ میلی‌لیتر از محلول‌های ساخته شده با مواد فعال سطحی مختلف DTAB، ۱۲-۴-۱۲ و ۱۴-۴-۱۴ به وسیله یک شیکر در دماهای مورد نظر تکان داده شدند. از نمونه‌های در حال

شکل ۲: ساختار شیمیایی مواد فعال سطحی مورد استفاده: (a) DTAB، (b) و (c) ۱۲-۴-۱۲ و ۱۴-۴-۱۴.

همزدن نمونه‌هایی به اندازه ۵ میلی‌لیتر برداشته شده و به وسیله کاغذ صافی فیلتر شدند. از محلول زیر صافی یک نمونه ۱ میلی‌لیتر برداشته و با استن به حجم ۵ میلی‌لیتر رسانده شدند. در نهایت ویژگی‌های اسپکتروفوتومتری محلول‌های به دست آمده از قبیل نوار جذب، طول موج بیشینه جذب ( $\lambda_{\text{max}}$ ) و مقادیر جذب (A) تعیین شدند.

#### تهیه دیسپرسیون‌های ماده رنگزا

برای رنگرزی پارچه پلی‌استر با ماده رنگزای به کار برده شده، لازم است ابتدا دیسپرسیونی از ماده رنگزا در آب تهیه شود. بدین منظور ۰،۱ گرم از ماده رنگزای سنتز شده به همراه مواد فعال سطحی سنتز شده و تجاری با غلظت‌های مختلف (۰،۰۰۲۵، ۰،۰۰۵، ۰،۰۱ و ۰،۰۲۵ درصد) مخلوط گردیدند و به مدت شش ساعت در حمام فراصوتی قرار گرفتند. سوسپانسیون به دست آمده به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. این سوسپانسیون به طور مستقیم برای رنگرزی پارچه‌های پلی‌استر به کار رفت.

#### رنگرزی پلی‌استر با ماده رنگزای دیسپرس در حضور مواد فعال

##### سطحی کاتیونی

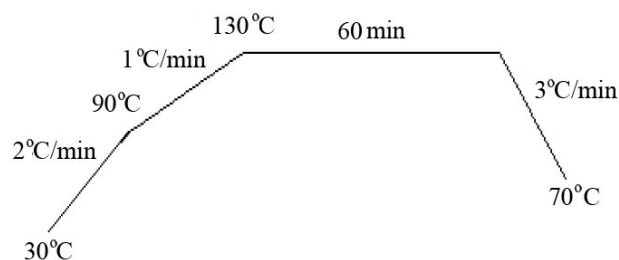
پارچه‌های یک گرمی پلی‌استر در حمامی حاوی ۵ گرم بر لیتر شوینده آنیونی بر پایه الکیل بنزن سولفونات با نسبت حجم به وزن (L:R) ۵۰ به ۱ و دمای  $80^\circ\text{C}$  به مدت ۲۰ دقیقه شستشو داده شدند. پس از آن نمونه‌ها آبکشی و آگیری شده و وارد حمام‌های رنگرزی شدند.

برای تعیین مقادیر جذب ماده رنگزا بر روی کالای پلی‌استری چهار غلظت مختلف از ماده رنگزا در حضور مواد فعال سطحی کاتیونی تهیه شدند و در محیط اسیدی ( $\text{pH}=5.5$ ) برای رنگرزی به روش دمای بالا (HT) به کار رفتند. نمودار رنگرزی در شکل ۳ نشان داده شده است.

## ۳- نتایج و بحث

## ۳-۱- ویژگی‌های اسپکتروفوتومتری ماده رنگزا در مواد فعال سطحی کاتیونی

به منظور بررسی اثر مواد فعال سطحی بر روی رفتار طیف جذبی ماده رنگزا، ابتدا محلول‌هایی از ماده رنگزا در استن، اتانول، آب/اتانول و هگزان تهیه شدند و پس از تعیین ویژگی‌های اسپکتروفوتومتری آنها، با ویژگی‌های ماده رنگزا در حضور مواد فعال سطحی کاتیونی در غلظت ۱٪ مقایسه شدند. طول موج بیشینه جذب ماده رنگزا در حلال‌ها و مواد فعال سطحی مختلف در جدول ۱ و طیف جذبی آنها در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده‌اند.



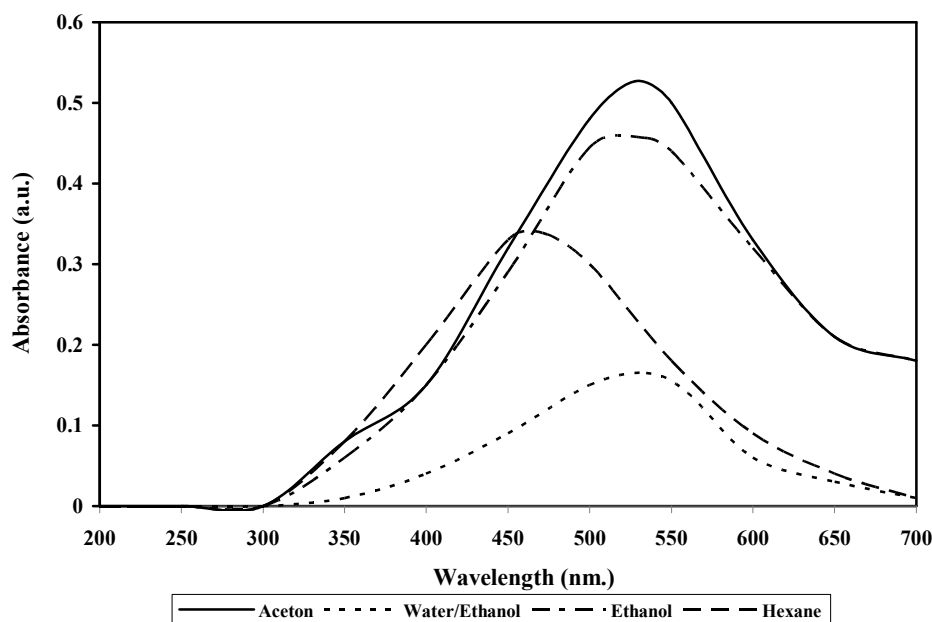
شکل ۳: نحوه و شرایط رنگری پارچه‌های پلی استر به روش HT.

## اندازه‌گیری ثابت رنگ

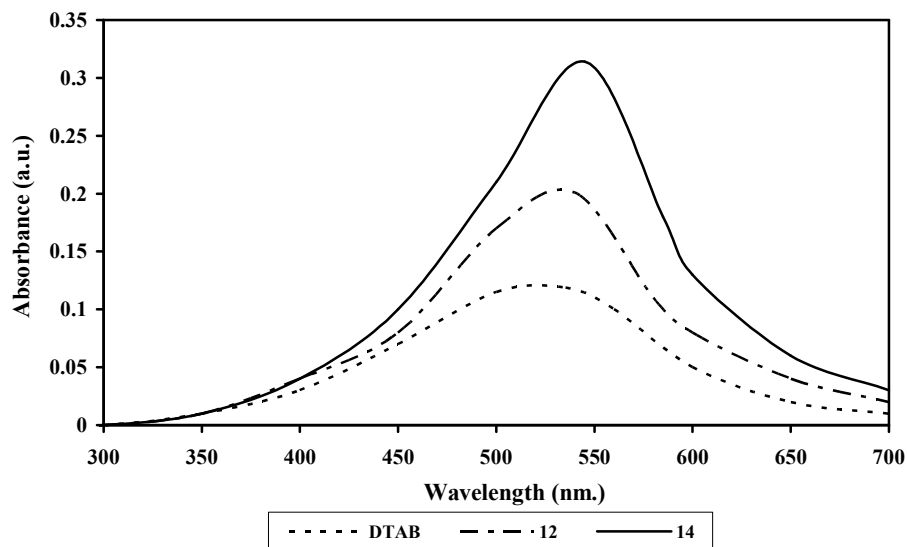
ثبات شستشویی هر یک از کالاهای رنگری شده مطابق استاندارد ISO C06C2S 105 مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۱: طول موج بیشینه جذب ( $\lambda_{max}$ ) ماده رنگزا بر حسب نانومتر.

استن	آب/اتانول (/۵۰٪)	اتانول	هگزان	DTAB	۱۲-۴-۱۲	۱۴-۴-۱۴
۵۳۳	۵۳۴,۵	۵۳۱,۳	۴۷۱	۵۳۵,۳	۵۴۰	۵۴۵



شکل ۴: طیف جذبی ماده رنگزا در حلال‌های مختلف.



شکل ۵: طیف جذبی ماده رنگزا در مواد فعال سطحی مختلف.

دیسپرس می‌باشد، مقادیر جذب نیز افزایش نشان می‌دهد که نشان دهنده حل شدن بیشتر ماده رنگزا در مایسل‌های سطح فعالی است. در اینجا غلظت مورد استفاده از مواد فعال سطحی می‌تواند طیف جذبی را دستخوش تغییر نماید که باید به این نکته توجه شود [۲۱-۲۳].

غلظت‌های تشکیل مایسل سطح فعال‌های کاتیونی مونومری و دوقلو به روش هدایت‌سنجی اندازه‌گیری شده است که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود [۲۴]. دانستن مقادیر غلظت تشکیل مایسل سطح فعال‌ها به فهم بهتر تفاوت‌های موجود بین مواد فعال سطحی مورد استفاده کمک می‌کند. CMC سطح فعال دوقلو ۱۲-۴-۱۲ نسبت به نمونه مونومری آن DTAB تقریباً ۱۵ برابر کمتر است. CMC سطح فعال ۱۴-۴-۱۴ که طول زنجیر آبگریز طویل‌تری نسبت به ۱۲-۴-۱۲ دارد در حدود ۵ برابر کمتر است. بنابراین سطح فعال‌های دوقلو در غلظت‌های کمتری نسبت به نمونه‌های مونومری خود تشکیل مایسل می‌دهند و در برخی از کاربردها نظیر دیسپرس کنندگی و شویندگی این مسأله بسیار حائز اهمیت است.

جدول ۲: مقادیر CMC سطح فعال‌های مورد استفاده [۲۴].

ماده فعال سطحی	غلظت بحرانی تشکیل مایسل (CMC) بر حسب میلی‌مول بر لیتر
DTAB	۱۵,۰۸
۱۲-۴-۱۲	۱,۲۳
۱۴-۴-۱۴	۰,۲۱

نتایج حاصل نشان می‌دهد که طول موج بیشینه جذب ماده رنگزا در حضور مواد فعال سطحی کاتیونی مختلف تغییر می‌کنند (بین ۵ تا ۱۰ نانومتر). طول موج بیشینه جذب ماده رنگزا به ترتیب با تغییر از DTAB به ۱۲-۴-۱۲ و ۱۴-۴-۱۴ افزایش می‌یابد. دلیل افزایش طول موج بیشینه جذب محلول‌ها با تغییر دادن DTAB به مواد فعال سطحی کاتیونی دو قلو را می‌توان به انحلال بیشتر ماده رنگزای به کار برده شده در آب در حضور مواد فعال سطحی کاتیونی دو قلو نسبت داد [۲۰]. بدیهی است در اثر عدم انحلال ماده رنگزا در آب، مولکول‌های آن به صورت مجتمع در می‌آید و طول موج بیشینه جذب کاهش پیدا می‌کند. روند افزایش طول موج بیشینه جذب ماده رنگزا در سیستم حلال‌های آلی نیز همانند مواد فعال سطحی کاتیونی است. با تغییر حلال از غیر قطبی به قطبی نیز شاهد افزایش قابل ملاحظه طول موج بیشینه جذب ماده رنگزا هستیم (جدول ۱).

نتایج نشان می‌دهد که در غلظت‌های بالاتر از غلظت بحرانی تشکیل مایسل در سطح فعال‌های کاتیونی مورد استفاده، محیط مایسلی توانایی حل کردن ماده رنگزای دیسپرس را دارا بوده و این قابلیت با کاهش غلظت بحرانی تشکیل مایسل (CMC) سطح فعال‌ها در یک سری هم خانواده که با افزایش طول زنجیر آبگریز حاصل می‌شود، افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر هر عامل ساختاری که باعث کاهش CMC سطح فعال‌ها می‌شود می‌تواند بر خواص و ویژگی‌های آن ماده سطح فعال تأثیر بگذارد و در اینجا با افزایش آبگریزی سطح فعال‌های کاتیونی قدرت حل کنندگی مایسل‌های آنها افزایش یافته و علاوه بر انتقال طول موج بیشینه جذب به سمت طول موج‌های بلندتر طیف که در نتیجه برهم‌کنش مواد فعال سطحی با ماده رنگزای

مطالعه ویژگی‌های اسپکتروفوتومتری ماده رنگزا در دو غلظت مختلف کمتر و بیشتر از غلظت بحرانی مایسل به خوبی نشان می‌دهد که هنگامی که غلظت مواد فعال سطحی کمتر از غلظت بحرانی تشکیل مایسل باشند طول موج بیشینه جذب آنها نسبت به هنگامی که محلول‌های ماده رنگزا در حلال‌های قطبی تهیه شده باشند کمتر است و یک اثر هیسپوکرومیک قابل توجهی دیده می‌شود (جدول ۲). این مورد در هر سه ماده فعال سطحی کاتیونی به کار برده شده دیده می‌شود. نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان می‌دهد که در غلظت‌های پایین‌تر از غلظت بحرانی تشکیل مایسل، رفتار ماده رنگزا شبیه رفتار آن در حلال‌های غیرقطبی بخصوص هگزان است [۹]. در غلظت‌های بالاتر از غلظت بحرانی مایسل مواد فعال سطحی کاتیونی، ویژگی‌های اسپکتروفوتومتری بسیار شبیه به مواقعی است که ماده رنگزا در حلال‌های قطبی نظیر اتانول، استن و یا مخلوطی از آب/اتانول حل شده باشد. تغییر طول موج بیشینه جذب با تغییر غلظت مواد فعال سطحی کاتیونی (کمتر و یا بیشتر از غلظت بحرانی مایسل) به حالت ماده رنگزا در مواد فوق نسبت داده می‌شوند. در غلظت‌های کمتر از غلظت بحرانی مایسل ماده رنگزا به صورت مجتمع شده حضور دارد، بنابراین طول موج بیشینه جذب آن به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر جابجا می‌شود (اثر هیسپوکرومیک) [۹]. انتظار می‌رود مقادیر واقعی طول موج بیشینه جذب ماده رنگزا در حلال‌های قطبی نظیر اتانول و یا مخلوطی از آب و اتانول دیده شود، جایی که ماده رنگزا در محیط به حالت تک مولکولی قرار دارد. تشابه طول موج بیشینه جذب ماده رنگزا در مواد فعال سطحی کاتیونی نشان می‌دهد که در غلظت‌های بالاتر از غلظت بحرانی مایسل، مولکول‌های ماده رنگزا از حالت مجتمع خارج شده‌اند و بیشتر به حالت تک مولکولی قرار دارند [۲۵].

جدول ۲ نمایشگر تأثیر تشکیل مایسل و افزایش حلالیت ماده رنگزا در مایسل‌ها می‌باشد که هر چقدر غلظت تشکیل مایسل پایین‌تر باشد و تمایل ماده فعال سطحی برای تشکیل مایسل بیشتر باشد قابلیت حل‌کنندگی بیشتری دارند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود طول موج حداکثر جذب ماده رنگزا در حضور مواد فعال سطحی در غلظت‌های پایین‌تر از CMC مشابه رفتار ماده رنگزا در حلال‌های غیر

### ۲-۳- بررسی اثر زمان بر قابلیت انحلال ماده رنگزا در آب

#### حاوی مواد فعال سطحی کاتیونی

اندازه‌گیری قابلیت انحلال ماده رنگزا در آب حاوی مواد فعال سطحی کاتیونی (۱٪) DTAB، ۱۲-۴-۱۲ و ۱۴-۴-۱۴ نشان داد که مقدار انحلال ماده رنگزا در دمای ۲۵°C با افزایش زمان تا ۲ ساعت بطور خطی افزایش می‌یابد و پس از آن سرعت انحلال کاهش می‌یابد تا محلول به حالت اشباع برسد (شکل ۶). برای تعیین غلظت اشباع ماده رنگزا در آب حاوی مواد فعال سطحی کاتیونی مختلف، مقادیر جذب محلول‌ها در زمان‌های مختلف تا ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شدند. در این سری، همان‌طور که انتظار می‌رفت میزان انحلال ماده رنگزا در مواد فعال سطحی کاتیونی مختلف به ترتیب عبارت بود از: ۱۴-۴-۱۴ < ۱۲-۴-۱۲ < DTAB، که نشان‌دهنده قدرت انحلال بیشتر مواد فعال سطحی ۱۲-۴-۱۲ و ۱۴-۴-۱۴ در مقایسه با DTAB می‌باشد.

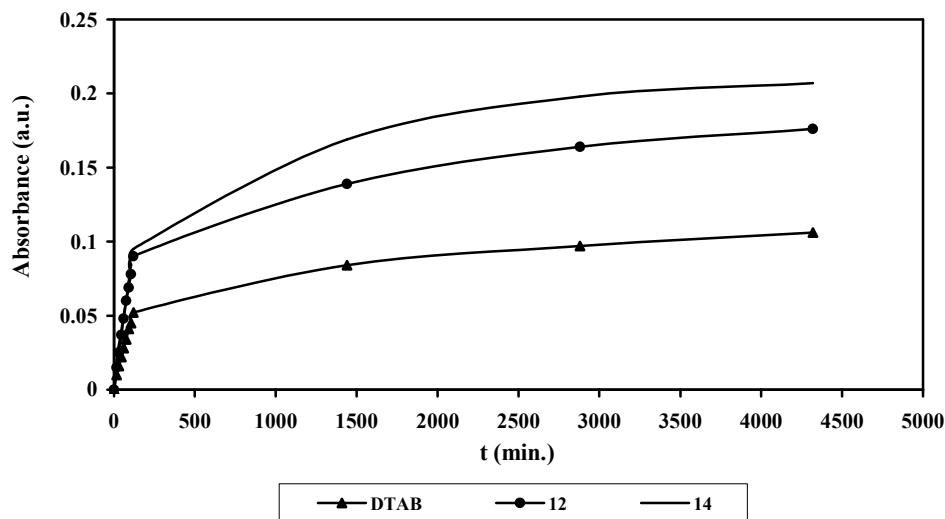
### ۳-۳- بررسی اثر دما بر قابلیت انحلال ماده رنگزا در مواد فعال

#### سطحی کاتیونی

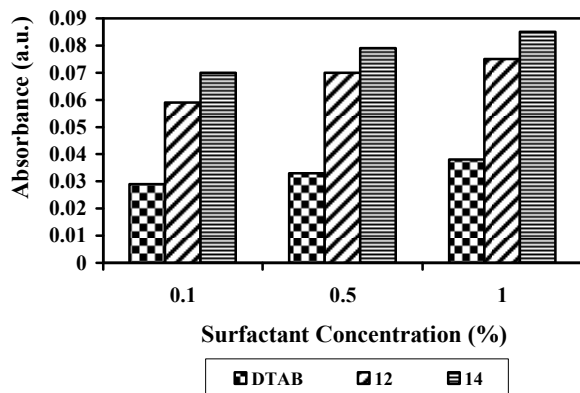
با تغییر دما از ۲۵ به ۸۰ درجه سانتیگراد، قابلیت انحلال ماده رنگزا به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است (شکل ۷). حرارت می‌تواند سرعت انحلال ماده رنگزا را مطابق معادله آرنیوس افزایش دهد [۲۶]. به هر حال میزان انحلال ماده رنگزا در مواد فعال سطحی مورد استفاده به ترتیب: ۱۴-۴-۱۴ < ۱۲-۴-۱۲ < DTAB می‌باشد.

جدول ۳: مقادیر  $\lambda_{max}$  (nm) ماده رنگزا در غلظت‌های کمتر و بیشتر از غلظت بحرانی مایسل.

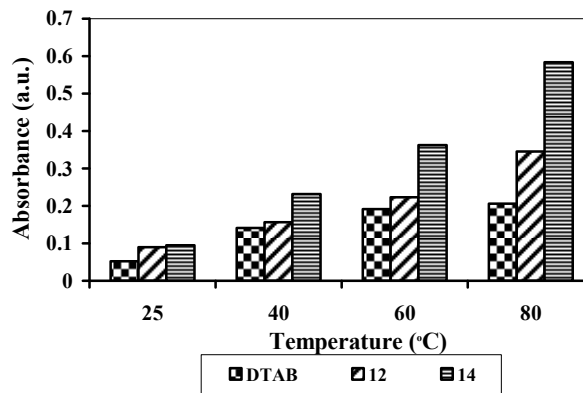
۱۴-۴-۱۴		۱۲-۴-۱۲		DTAB	
کمتر از CMC	بیشتر از CMC	کمتر از CMC	بیشتر از CMC	کمتر از CMC	بیشتر از CMC
۴۷۷,۱	۵۳۹,۱	۴۸۵,۶	۵۳۰,۴	۴۸۸,۳	۵۳۳,۵



شکل ۶: انحلال ماده رنگزا در غلظت ۱٪ مواد فعال سطحی کاتیونی در زمان‌های مختلف در دمای محیط.



شکل ۸: اثر غلظت مواد فعال سطحی بر قابلیت انحلال ماده رنگزا در ۶۰ °C.



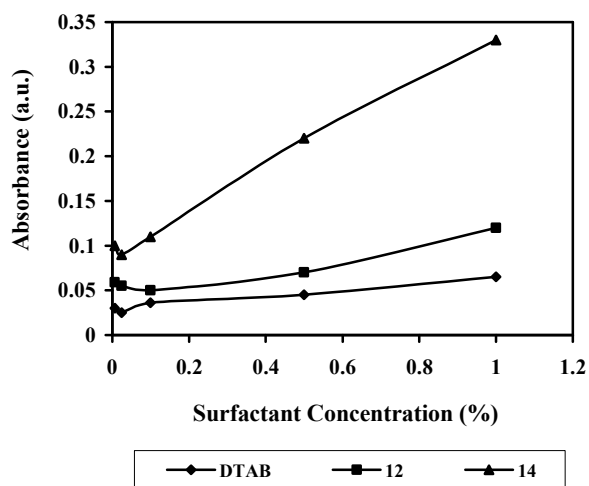
شکل ۷: اثر دما بر قابلیت انحلال ماده رنگزا در غلظت ۱٪ مواد فعال سطحی کاتیونی در دماهای مختلف بعد از گذشت دو ساعت.

مواد فعال سطحی مورد استفاده از نوع کاتیونی بوده با این تفاوت که ماده فعال سطحی DTAB از نوع تک زنجیری مرسوم می باشد و مواد فعال سطحی ۱۲-۴-۱۲ و ۱۴-۴-۱۴ از نوع دو قلو می باشند، اما طول زنجیر آلکیل آنها متفاوت می باشد. همانطوریکه انتظار می رفت و از شکل ۸ مشخص است مواد فعال سطحی دو قلو توانسته اند ماده رنگزای دیسپرس را نسبت به نوع تک زنجیر آلکیلی بهتر حل نموده و با افزایش طول زنجیر آلکیل در مواد فعال سطحی دو قلو نیز قابلیت انحلال به مقدار کمی افزایش یافته است. در مقالات دیگر به این مسئله اشاره شده است که حلالیت ماده رنگزا به شدت به ساختار ماده رنگزا و طبیعت مایسلی ماده فعال سطحی وابسته است [۱۲]. از اینرو تفاوت‌های ساختاری مواد فعال سطحی در مقایسه با یکدیگر تنها عامل افزایش حلالیت نمی باشد و ساختار شیمیایی ماده رنگزا و برهمکنش آن با مایسل‌های سطح فعالی عواملی کلیدی و تعیین کننده بر میزان حلالیت ماده رنگزا در محلول می باشند.

### ۴-۳- بررسی اثر غلظت و ساختار شیمیایی ماده فعال سطحی کاتیونی بر قابلیت انحلال مواد رنگزا

غلظت مواد فعال سطحی نیز یکی از عوامل تأثیرگذار در قابلیت انحلال مواد رنگزای دیسپرس می باشد. بدین منظور سه غلظت از مواد فعال سطحی در بالاتر از غلظت CMC انتخاب گردید و مقادیر جذب محلول‌ها به روش اسپکتروفوتومتری اندازه گیری شد. همان طور که از شکل ۸ مشخص می گردد با افزایش غلظت مواد فعال سطحی در محلول، قابلیت انحلال ماده رنگزا نیز بیشتر شده است. ترتیب انحلال ماده رنگزا در مواد فعال سطحی مورد استفاده به شرح زیر است:

$$DTAB < 12-4-12 < 14-4-14$$



شکل ۹: مقادیر جذب ماده رنگزا در پساب رنگرزی (غلظت ماده رنگزا ۱٪ بر حسب وزن کالا می‌باشد).

رنگرزی شده به یک پارچه همراه از جنس پشم، پنبه، استات، نایلون، پلی‌استر و اکریلیک دوخته شد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری ثبات شستشویی کالاهای رنگرزی شده با ماده رنگزای سنتزی در جدول ۳ نشان داده شده است. با بررسی نتایج می‌توان دریافت که ثبات شستشویی کالاهای رنگرزی شده در حضور ماده فعال سطحی کاتیونی ۱۴-۴-۱۴ نسبت به دیگر کالاهای رنگرزی شده از ثبات بالاتری برخوردار است. به نظر می‌رسد ۱۴-۴-۱۴ قابلیت حل‌کنندگی و پراکنش بالاتری را نسبت به ۱۲-۴-۱۲ و DTAB دارا می‌باشد. از این رو ماده رنگزا به صورت حل شده یا پراکنده شده در حضور این سطح فعال تمایل بیشتری به فاز آبی نشان می‌دهد و لذا ماده رنگزای کمتری روی سطح پارچه باقی می‌ماند که می‌تواند عاملی برای افزایش ثبات‌های شستشویی و سایشی نهایی باشد.

### ۳-۶- رنگرزی پارچه پلی‌استر با ماده رنگزا در حضور مواد فعال سطحی کاتیونی

پس از سنتز ماده رنگزای مورد نظر، دیسپرسیونی از آن در محلول‌های با غلظت‌های مختلف مواد فعال سطحی (۰,۰۰۶۲۵، ۰,۰۰۲۵، ۰,۰۰۱، ۰,۰۰۵ و ۱ درصد) تهیه شد و برای رنگرزی الیاف پلی‌استر به روش HT به کار رفت. اندازه‌گیری مقادیر جذب پساب‌ها در انتهای رنگرزی به روش اسپکتروفوتومتری نشان داد که مقدار ماده رنگزای باقیمانده در پساب رنگرزی ماده رنگزای حاوی DTAB دارای کمترین مقدار است یعنی ماده رنگزای بیشتری در حضور DTAB در مقایسه با نمونه‌های دوقلو جذب کالا شده است (شکل ۹). می‌توان این طور نتیجه‌گیری کرد که قابلیت انحلال و پراکنش ماده رنگزای دیسپرس در حضور سطح فعال‌های دوقلو در مقایسه با نمونه مونومری آنها (DTAB) بیشتر است و از این رو در فرآیند رنگرزی ماده رنگزای بیشتری در فاز آبی باقی می‌ماند. با افزایش غلظت مواد فعال سطحی در محلول، انحلال ماده رنگزا بیشتر می‌شود و ماده تمایل بیشتری برای قرارگیری در فاز آبی نسبت به فاز لیف پیدا می‌کند. نکته حائز اهمیت دیگر در اینجا این است که برهم‌کنش مواد فعال سطحی با رنگزا با افزایش دما بیشتر می‌شود و حلالیت ماده رنگزا در فاز آبی افزایش می‌یابد. بنابراین استفاده از این مواد تا غلظت مشخصی باعث انحلال و پراکنندگی ماده رنگزا در محلول می‌شوند که به فرآیند رنگرزی از این طریق کمک می‌کنند و باعث یکنواختی رنگرزی می‌شوند. چنانچه غلظت این مواد بیش از حد اضافه شود می‌تواند باعث کاهش جذب ماده رنگزا بر روی کالا شود و ماده رنگزای بیشتری در فاز آبی باقی بماند.

### ۳-۷- اندازه‌گیری ثبات رنگ در برابر شستشو

برای اندازه‌گیری ثبات شستشویی کالاهای رنگرزی شده از روش استاندارد ISO 105C06C2S استفاده شد. در این روش کالاهای

جدول ۳: ثبات شستشویی کالاهای پلی‌استر رنگرزی شده در غلظت ۱٪ ماده رنگزا و مواد فعال سطحی.

ثبات شستشویی						
ماده فعال سطحی	غلظت (%)	پشم	پنبه	استات	نایلون	پلی‌استر
DTAB	۰,۱	۲-۳	۵	۳	۳	۳-۴
	۰,۵	۲-۳	۵	۳	۳	۳-۴
	۱	۳	۵	۳-۴	۳	۴
۱۲-۴-۱۲	۰,۱	۲-۳	۵	۳-۴	۳	۴
	۰,۵	۳	۵	۴	۳-۴	۴
	۱	۳	۵	۴	۴	۴
۱۴-۴-۱۴	۰,۱	۳	۵	۴-۵	۳	۴-۵
	۰,۵	۳	۵	۴-۵	۳-۴	۴-۵
	۱	۳-۴	۵	۴-۵	۳-۴	۴-۵



موج بیشینه جذب آن در حضور مواد فعال سطحی در غلظت‌های بالاتر از CMC مشابه رفتار ماده رنگزا در حضور حلال‌های قطبی نظیر اتانول است. بررسی‌های حاصل از این تحقیق نشان داد که با افزایش زمان، دما، غلظت ماده فعال سطحی کاتیونی قابلیت انحلال ماده رنگزا در آب افزایش می‌یابد. رنگریزی الیاف پلی‌استر با ماده رنگزای نفتالیمیدی در حضور مواد فعال سطحی کاتیونیک دو قلو نشان داد که نمونه‌های رنگریزی شده در حضور DTAB نسبت به نوع دو قلو کاتیونیک رنگ بیشتری جذب کرده‌اند. یعنی مواد فعال سطحی دو قلو قابلیت انحلال و پراکنش بیشتری را برای ماده رنگزا در فاز آبی حاصل نموده‌اند و در فرآیند رنگریزی باعث کاهش جزئی رمق‌کشی شده‌اند. اندازه‌گیری ثابت رنگ کالاهای رنگریزی شده در برابر شستشو نشان داد که کالاهای رنگریزی شده در حضور مواد فعال سطحی کاتیونیک دو قلو دارای ثبات بهتری هستند. این امر را نیز می‌توان به حلالیت بیشتر ماده رنگزا در حضور این مواد و حذف راحت‌تر مواد رنگزای سطحی موجود از روی سطح کالا نسبت داد.

جدول ۳ نتیجه دیگری را نیز نشان می‌دهد و آن اینکه با افزایش مقدار ماده فعال سطحی، ثبات شستشویی کالای رنگریزی شده بهبود نسبی پیدا کرده است. بهبود نسبی ثبات‌های شستشویی با افزایش غلظت مواد فعال سطحی کاتیونی نشان می‌دهد که این مواد توانایی پراکنده کردن و حل کردن مواد رنگزای جذب شده سطحی را دارند و از اینرو نمونه‌هایی که در حضور مقادیر بیشتر از این مواد فعال سطحی رنگریزی شده‌اند درصد مواد رنگزای جذب شده بر روی سطح پارچه‌ها کمتر است و مایسل‌های سطح فعال رنگزاهای جذب نشده را به صورت پراکنده و حل شده در داخل فاز آب نگه می‌دارند.

#### ۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از انحلال یک ماده رنگزای مونو آزو دیسپرس نفتالیمیدی در حضور مواد فعال سطحی کاتیونی مونومری و دو قلو با یکدیگر نشان داد که مواد فعال سطحی دو قلو قادرند ماده رنگزای سنتز شده را به مقدار بیشتری در آب حل کنند. طیف جذب ماده رنگزا و طول

#### ۵- مراجع

1. K. Holmberg, Novel surfactants: preparation, application biodegradability, 2<sup>nd</sup> Ed., Interscience Publishers. Inc., New York. 2003, 23-27.
2. Y. P. Huang, T. K. Chen, L. C. Row, F. Chen, Effect of surface treatment and wetting behavior on fiber surface and resulted yarn property. *Colloids Surf. A*: 307(2007), 108-115.
3. C. Li, T. Liang, W. Lu, C. Tang, X. Hu, M. Cao, J. Liang, Improving the antistatic ability of polypropylene fibers by inner antistatic agent filled with carbon nanotubes. *Compos. Sci. Technol.* 64(2004), 2089-2096.
4. A. M. Schwartz, J. W. Perry, J. Berch, Surface active agents and detergents, Interscience Publishers. Inc., New York. 1958, 2-5.
5. D. M. Nunn, The dyeing of synthetic-polymer and acetate fibres. The Dyers Company Publications Trust, 1979, 87, 99-100.
6. S. Heimann, Textile auxiliaries: dispersing agents. *Rev. Prog. Coloration.* 11(1981), 75-80.
7. S. S. Shah, M. S. Khan, H. Ullah, M. A. Awan, Solubilization of amphiphilic hemicyanine dyes by a cationic surfactant, Cetyltrimethylammonium bromide. *J. Colloid Interface Sci.* 186(1997), 382-387.
8. M. Takeuchi, Y. Moroi, Solubilization of n-alkylbenzenes into lithium 1-perfluoroundecanoate micelles. *J. Colloid Interface Sci.* 197(1998), 230-236.
9. S. Ikeda, Y. Maruyama, Solubilization of a water-insoluble dye in aqueous sodium halide solutions of dodecylpyridinium halides: Effects of counterion species of ionic micelles. *J. Colloid Interface Sci.* 166(1994), 1-5.
10. M. Bielska, A. Sobczynska, K. Prochaska, Dye-surfactant interaction in aqueous solutions. *Dyes Pigm.* 80(2009), 201-205.
11. T. S. Choi, Y. Shimizu, H. Shirai, K. Hamada. Solubilization of disperse dyes in cationic gemini surfactant micelles. *Dyes Pigm.* 45(2000), 145-150.
12. T. S. Choi, Y. Shimizu, H. Shirai, K. Hamada, Disperse dyeing of polyester fiber using gemini surfactants containing ammonium cations as auxiliaries. *Dyes Pigm.* 48(2001), 217-225.
13. K. Wojcicichowski, Structure property relationships in azo disperse dyes derivatives of naphthalimide. *Dyes Pigm.* 33(1997), 149-165.
14. A. Khosravi, S. Moradian, K. Gharanjig, F. A. Taromi, Synthesis and spectroscopic studies of some naphthalimide based disperse azo dyestuffs for the dyeing of polyester fibres. *Dyes Pigm.* 69(2006), 79-92.
15. M. Sadeghi-Kiakhani, K. Gharanjig, M. Arami, J. Mokhtari, N. M. Mahmoodi, Synthesis and characterization of novel monoazo naphthalimide disperse dyes containing carboxylic acid group with high-heat fastness properties. *J. Chin. Chem. Soc.* 55(2008), 1300-1307.
16. K. Gharanjig, F. Ameri, F. S. Dadras, A. Khosravi, Synthesis and application of 3-(6-((4-ethyl -2-hydroxyethyl)amino) phenyl)diazinyl)-1,3-dioxo-1H-benzo [de]isoquinolin-2-(3H)yl)propanoic acid as a disperse dye. *J. Color Sci. Tech.* 3(2010), 257-266
17. K. Gharanjig, M. Arami, H. Bahrami, B. Movassagh, N. M. Mahmoodi, S. Rouhani, Synthesis, spectral properties and application of novel monoazo disperse dyes derived from N-ester-1,8-naphthalimide on polyester fibres. *Dyes Pigm.* 76(2008), 684-689.
18. R. Zana, M. Benrraou, R. Rueff, Alkanediyl- $\alpha,\omega$ -bis(dimethylalkylammonium bromide) surfactants (dimeric surfactants) Part 6. CMC of the ethanediyl-1,2-bis(dimethylalkylammonium bromide) series. *Langmuir.* 7(1991), 1072-1080.
19. F. M. Menger, J. S. Keiper, V. Azov, Gemini surfactants with acetylenic spacers. *Langmuir.* 16(2000), 2062-2067.

20. K. Holmberg, B. Jonsson, B. Kronberg, B. Lindman, Surfactant and polymers in aqueous solution, 2<sup>nd</sup> Ed., John Wiley & Sons Ltd., Chichester. 2003, 95.
21. S. Yamamoto, S. Kobashi, K. Tsutsui, Y. Sueishi, Spectroscopic studies of the interaction between methylene blue-naphthol orange complex and anionic and cationic surfactants. *Spectrochim. Acta Part A*: 66(2007), 302-306.
22. H. Akbaş, C. Kartal, Spectrophotometric studies of anionic dye-cationic surfactant interactions in mixture of cationic and nonionic surfactants. *Spectrochim. Acta Part A*: 61(2005), 961-966.
23. P. F. Taver, Interactions between some anionic dyes and cationic surfactants with different alkyl chain length studied by the method of continuous variations. *Dyes Pigm.* 63 (2004), 181-189.
24. A. R. Tehrani- Bagha, H. Bahrami, B. Movassagh, M. Arami, F. M. Menger, Interactions of gemini cationic surfactants with anionic azo dyes and their inhibited effects on dyeability of cotton fabric. *Dyes Pigm.* 72(2007), 331-338.
25. S. M. Ghoreishi, M. S. Nooshabadi, Electromotive force studies about some dyes-cationic surfactants interactions in aqueous solutions. *Dyes Pigm.* 65(2005), 117-125.
26. K. A. Jackson, Kinetic processes, Wiley-interscience Pub., (2004), 58- 62.