# بررسی کارایی فرآیند انعقاد و لخته سازی شیمیایی توسط منعقد کننده‌های مختلف (آلوم، کلرورفریک، پلی آلومینیوم کلراید، آهک) در حذف رنگ Navy Blue CE-RN نساجی از محلول‌های آبی

سولماز ذبیح اللهی[1]، حشمت اله نورمرادی[2]، حمیدرضا پورزمانی[3]

مقاله پژوهشی


## چکیده

**مقدمه:** مطالعه حاضر به بررسی کارایی منعقد کننده‌های آلوم ($Al_2(SO_4)_3.18\ H_2O$)، کلرورفریک ($FeCl_3.6H_2O$)، پلی آلومینیوم کلراید (Polyaluminium Chloride یا PAC) و آهک (CaO) جهت حذف رنگ Navy Blue CE-RN نساجی از محلول‌های آبی پرداخت.

**روش‌ها:** خصوصیات رنگ شامل طول موج غالب، ته رنگ، درجه درخشندگی و درصد خلوص رنگ Navy Blue CE-RN با روش Multi-wavelength spectrophotometric تعیین گردید. دوز و pH بهینه و SVI (Sludge volume index) منعقد کننده‌ها از طریق آزمایش Jar بررسی شد. در نهایت، کارایی منعقد کننده‌ها در شرایط بهینه با یکدیگر مقایسه گردید. انتخاب منعقد کننده بهتر با توجه به کارایی و مسایل اقتصادی صورت گرفت.

**یافته‌ها:** طول موج غالب، درجه درخشندگی و درصد خلوص رنگ طبق روش ذکر شده به ترتیب ۴۷۳ nm، ۱۹ درصد و ۵۳ درصد به دست آمد. PAC بهترین کارایی را در بین منعقد کننده‌ها با دوز ۰/۱ گرم بر لیتر و pH بهینه ۶ در حذف COD (Chemical oxygen demand) و رنگ به ترتیب با راندمان ۸۴ و ۹۳ درصد داشت و SVI آن برابر با ۱۳۲۴ لیتر بر گرم بود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که PAC، یک منعقد کننده با کارایی بالا و صرفه اقتصادی در حذف رنگ Navy Blue CE-RN است.


**واژه‌های کلیدی:** رنگ نساجی، منعقد کننده، انعقاد، لخته سازی شیمیایی

**ارجاع:** ذبیح اللهی سولماز، نورمرادی حشمت اله، پورزمانی حمیدرضا. **بررسی کارایی فرآیند انعقاد و لخته‌سازی شیمیایی توسط منعقد کننده‌های مختلف (آلوم، کلرورفریک، پلی آلومینیوم کلراید، آهک) در حذف رنگ Navy Blue CE-RN نساجی از محلول‌های آبی.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۵؛ ۱۲ (۳): ۲۵۹-۲۵۶

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۲/۱۶ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۲۰

## مقدمه

فاضلاب‌های حاوی رنگ یکی از مهم‌ترین عوامل آلودگی آب‌ها به شمار می‌رود (۱). پساب خروجی بسیاری از صنایع (مانند نساجی و غیره) حاوی غلظت بالایی از رنگ‌ها می‌باشد (۲). پساب‌های حاوی رنگ باعث تداخل در عبور نور می‌شود و با نابودی جمعیت‌های آبی اکوسیستم در فرایندهای متابولیسم بیولوژیکی مشکل ایجاد می‌کند (۳).

تحقیقات نشان دادند که انعقاد و لخته‌سازی شیمیایی به عنوان یکی از مطرح‌ترین فن‌آوری‌های همراه با هزینه سرمایه‌گذاری کم می‌باشد که هنوز در کشورهای زیادی استفاده می‌شود (۴). تعداد زیادی از رنگ‌های نوآورانه و دارای ساختارهای پیچیده با توجه به توسعه فن‌آوری تولید می‌گردد که مشکلاتی را برای انتخاب منعقد کننده مناسب ایجاد می‌کند (۵).

Mane و Vijay Babu کارایی روش انعقاد و لخته‌سازی را با استفاده از آلوم ($Al_2(SO_4)_3.18\ H_2O$)، سولفات آهن ($Fe_2(SO_4)_3$) و کلرید منیزیم ($MgCl_2$) همراه با آهک (CaO) جهت حذف رنگ‌های Congo red و Brilliant Green از محلول‌های آبی ارزیابی نمودند. حذف رنگ‌ها با منعقد کننده‌ها به تنهایی چندان مؤثر نبود، اما راندمان حذف به همراه آهک تا ۹۹ درصد افزایش یافت (۶).

اثرات دوزهای مختلف منعقد کننده‌ها جهت تعیین دوز بهینه، اثر pHهای مختلف و تعیین بهینه آن در دوز مناسب هر منعقد کننده، درصد جامدات قابل ته‌نشینی و SVI (Sludge volume index) برای هر کدام از منعقد کننده‌ها طی آزمایش‌های مطالعه حاضر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه می‌تواند جهت حذف رنگ در آب‌های سطحی و نیز فاضلاب‌های صنایعی به کار رود که پساب آن‌ها حاوی رنگ می‌باشد.

## روش‌ها

پودر رنگ نساجی Navy blue CE-RN به صورت تجاری از شرکت Setapers (ترکیه) تهیه گردید. این رنگ حل شونده در زمره رنگ‌های پرمصرف در کارخانه‌های نساجی ایران (مانند کارخانه اطلس چاپ اصفهان) قرار دارد که بیشتر برای رنگرزی و رنگ آمیزی الیاف پلی‌استر مورد استفاده قرار می‌گیرد. منعقد کننده‌ها نیز شامل پلی آلومینیوم کلراید ( Polyaluminium

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، سبزوار، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران
۳- دانشیار، مرکز تحقیقات محیط زیست، پژوهشکده پیشگیری اولیه از بیماری های غیرواگیر و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
**نویسنده مسؤول:** حمیدرضا پورزمانی Email: pourzamani@hlth.mui.ac.ir



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11 ]

Chloride یا PAC)، آلوم، آهک و کلرورفریک ($FeCl_3.6H_2O$) به طور تجاری خریداری شدند.

مطالعه حاضر یک تحقیق کاربردی بود که به صورت تجربی و در سیستم بسته آزمایشگاهی صورت گرفت. ابتدا با استفاده از دستورالعمل روش Multi-wavelength spectrophotometric بر اساس کتاب Standard methods، درجه درخشندگی، درصد خلوص، ته رنگ و طول موج غالب رنگ Navy blue CE-RN مشخص گردید (۷). یک محلول استوک ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پودر رنگ تهیه شد و با استفاده از آزمایش Jar دوز بهینه هر منعقد کننده در مقادیر مختلف ۰/۰۲۵، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱، ۱/۲ و ۱/۴ گرم بر لیتر مورد تعیین قرار گرفت. راندمان هر منعقد کننده در دوزهای مختلف تعیین شد و دوز بهینه آن‌ها مشخص گردید. سپس pH بهینه در مقادیر ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ برای هر کدام از منعقد کننده‌ها در دوز بهینه مشخص شد.

درصد جامدات ته‌نشین شده و SVI در دوز و pH بهینه هر منعقد کننده بر اساس دستورالعمل کتاب Standard methods اندازه‌گیری گردید (۷). تعیین غلظت آلاینده باقیمانده در نمونه‌ها با استفاده از روش رنگ سنجی Hach و بر اساس رسم منحنی استاندارد با دستگاه DR۵۰۰۰ صورت گرفت.

## یافته‌ها

### تعیین طول موج غالب

طول موج غالب، درجه درخشندگی و درصد خلوص رنگ Navy blue CE-RN طبق Multi-wavelength spectrophotometric method و بر اساس گراف‌های مربوط به این روش به ترتیب ۴۷۳ nm، ۱۹ درصد و ۵۳ درصد حاصل شد.

### تعیین دوز بهینه منعقد کننده‌ها

دوز بهینه برای PAC، کلرورفریک، آهک و آلوم در شرایط یکسان به ترتیب ۰/۱، ۰/۴، ۴/۵ و ۰/۲ گرم بر لیتر به دست آمد.

### تعیین pH بهینه هر منعقد کننده

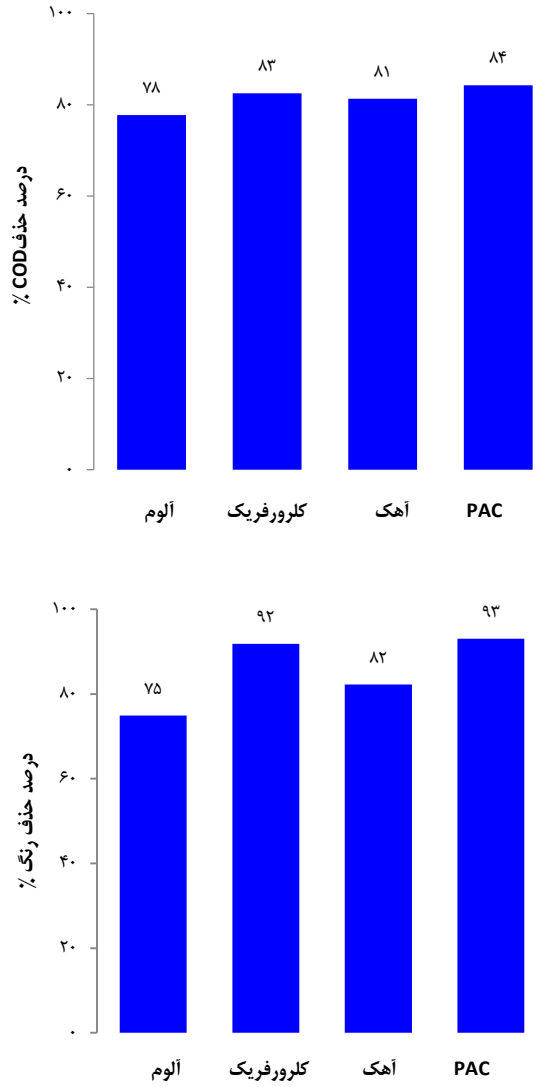
pH بهینه برای هر منعقد کننده در دوز بهینه آن تعیین گردید. برای انعقاد بهینه PAC، pH برابر ۶/۰ مناسب بود؛ در حالی که pH بهینه برای انعقاد آلوم و کلرورفریک، ۱۰/۰ به دست آمد. پس از افزودن مقدار بهینه آهک، pH برابر ۱۲/۵ ثبت گردید.

### تعیین درصد ته‌نشینی جامدات و SVI

بالاترین مقدار SVI (۱۶۳۳۳۳ l/g) و درصد ته‌نشینی جامدات (۹۸ درصد) در اثر منعقد کننده آلوم بود. کم‌ترین مقدار SVI (۳۳ l/g) و جامدات ته‌نشین شده (۱ درصد) نیز برای آهک به دست آمد. میزان این دو پارامتر برای کلرورفریک به ترتیب ۱۲۵۰ l/g و ۷ درصد و برای PAC ۱۳۲۳ l/g و ۴ درصد حاصل شد.

### مقایسه کارایی منعقد کننده‌ها در شرایط بهینه آن‌ها

پس از تعیین شرایط بهینه (دوز و pH) برای هر یک از منعقد کننده‌ها، یک آزمایش انعقاد و لخته‌سازی مجدد در شرایط مناسب هر منعقد کننده جهت تعیین کارامدترین منعقد کننده صورت گرفت. راندمان حذف رنگ و COD (Chemical oxygen demand) برای منعقد کننده‌های مختلف در شرایط بهینه آن‌ها در شکل ۱ آورده شده است.




**شکل ۱. مقایسه‌ای راندمان‌های حذف رنگ و COD برای منعقد کننده‌های مختلف در شرایط بهینه آن‌ها**

PAC: Polyaluminium Chloride; COD: Chemical oxygen demand

مسایل اقتصادی موضوعی است که در هر تصفیه خانه‌ای حایز اهمیت می‌باشد. هزینه‌ها در این روش تصفیه، تنها منوط به فراوری لجن نمی‌گردد، بلکه هزینه خریداری منعقد کننده‌های شیمیایی را نیز در برمی‌گیرد. مقدار هزینه برای هر منعقد کننده با توجه به مقیاس و مقدار مصرف در مطالعه حاضر در جدول ۱ بیان شده است. نتایج نشان دادند که PAC منعقد کننده‌ای است که از نظر هزینه‌ای و راندمان جهت حذف رنگ Navy blue CE-RN مؤثر می‌باشد؛ در حالی که کلرورفریک با راندمانی نزدیک به PAC، یک منعقد کننده با هزینه خریداری بیشتر از آن است.



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11 ]

**جدول ۱. محاسبه مقادیر هزینه‌های هر منعقد کننده برای یک متر مکعب فاضلاب سنتتیک**

| نوع منعقد کننده | قیمت (تومان) به ازای هر کیلوگرم | میزان منعقد کننده (g) برای هر لیتر فاضلاب | میزان منعقد کننده (g) برای هر $m^3$ فاضلاب | هزینه (تومان) برای تصفیه هر $m^3$ فاضلاب |
|---|---|---|---|---|
| آلوم | ۲۰۰۰ | ۰/۲ | ۲۰۰ | ۴۰۰ |
| کلرورفریک | ۱۵۰۰۰ | ۰/۴ | ۴۰۰ | ۶۰۰۰ |
| آهک | ۵۵۰ | ۴/۵ | ۴۵۰۰ | ۲۴۷۵ |
| PAC | ۱۵۰۰۰ | ۰/۱ | ۱۰۰ | ۱۵۰۰ |

PAC: Polyaluminium chloride

## بحث

روش Multi-wavelength spectrophotometric method یک الگوی جالب جهت تعیین خصوصیاتی همچون ته رنگ، درجه درخشندگی، درصد خلوص و طول موج غالب یک رنگ ارایه می‌دهد که این روش در مطالعه حاضر مورد استفاده قرار گرفت. طول موج به دست آمده (۴۷۳ nm) به روش مذکور مربوط به ناحیه رنگ آبی بود که صحت و دقت آزمایش‌ها را نشان می‌داد. از روش اسکن کردن جهت تعیین طول موج غالب در مطالعات بسیاری از جمله مطالعه Ying و همکاران استفاده شده است (۸)، اما الگوی ذکر شده در کنار اسکن کردن، یک روش مناسب و ارایه دهنده اطلاعات بیشتری درباره هر نوع رنگی می‌باشد.

یک افزایش یا کاهش نادرست در مقدار دوز منعقد کننده منجر به دور شدن مقادیر پتانسیل Zeta از صفر، شکست انعقاد و لخته‌سازی و راندمان نامناسب می‌گردد. بنابراین، لازم است که به دقت تعیین دوز بهینه صورت گیرد (۹). همان طور که شکل ۱ نشان داد، دوز بهینه منعقد کننده PAC حداقل میزان را در کنار راندمان بالا در بین سایر منعقد کننده‌ها داشت.

انعقاد و لخته‌سازی مناسب آلوم و کلرورفریک بر اساس نتایج حاصل در pH برابر با ۱۰ صورت گرفت. با توجه به حلالیت پایین رنگ‌های حل شونده، این پدیده را می‌توان به شکل‌گیری رسوبات فلزی، جذب و به دام افتادن ناخالصی‌ها در این رسوبات نسبت داد (۹). Kumar و همکاران گزارش کردند که pH بهینه منعقد کننده PAC جهت کاهش رنگ ۴ می‌باشد (۱۰) و pH بهینه برای آن در مطالعه حاضر نیز در ناحیه اسیدی (۶) به دست آمد.

SVI به دلیل کمک به تعیین خصوصیات ته‌نشینی لجن، یک فاکتور مهم در فرایند انعقاد و لخته‌سازی به شمار می‌رود (۱۱). آلوم در بین منعقد کننده‌ها با کارایی نه چندان مطلوب و با بیشترین مقدار SVI، منعقد کننده مطلوبی برای حذف رنگ Navy blue CE-RN نمی‌باشد. Verma و همکاران در مطالعه مروری خود ذکر کردند که آلوم از منعقد کننده‌های با تولید لجن زیاد و پساب بازی بعد از تصفیه است (۴). نتایج مطالعه حاضر تفاوت چندانی در مقدار SVI دو منعقد کننده کلرورفریک و PAC نشان نداد.

PAC به عنوان منعقد کننده برتر از نقطه نظر کارایی جهت حذف رنگ و COD با راندمان به ترتیب ۹۳ و ۸۴ درصد بود (شکل ۱). احتمال دارد که کاتیون‌های چند بنیانی $Al^{3+}$ منعقد کننده PAC با ناخالصی‌های حاصل از رنگ در محلول ترکیب شود و ساختار ژله‌ای آن از طریق مکانیسم به دام افتادن، منجر به حذف مناسب آلاینده گردد (۱۰). کلرورفریک گزینه مطلوب بعدی از لحاظ کارایی به عنوان منعقد کننده مناسب این رنگ مشخص شد.

## تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر بخشی از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد (به شماره طرح ۳۹۲۱۳۰) می‌باشد که به وسیله مرکز تحقیقات محیط زیست، پژوهشکده پیشگیری اولیه از بیماری‌های غیر واگیر مورد حمایت قرار گرفته است. نویسندگان از خانم مرضیه وحید دستجردی و آقای محسن سعدانی از دانشگاه علوم پزشکی اصفهان بابت راهنمایی و حمایت‌ها سپاسگزاری می‌نمایند.

## References

1. Gupta VK, Suhas. Application of low-cost adsorbents for dye removal-a review. J Environ Manage 2009; 90(8): 2313-42.
2. Bae JS, Freeman HS. Aquatic toxicity evaluation of new direct dyes to the Daphnia magna. Dyes Pigm 2007; 73(1): 81-5.
3. Kuo WG. Decolorizing dye wastewater with Fenton's reagent. Water Res 1992; 26(7): 881-6.
4. Verma AK, Dash RR, Bhunia P. A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. J Environ Manage 2012; 93(1): 154-68.
5. Yu Y, Zhuang YY, Li Y, Qiu MQ. Effect of Dye Structure on the Interaction between Organic Flocculant PAN-DCD and Dye. Ind Eng Chem Res 2002; 41(6): 1589-96.
6. Mane VS, Vijay Babu PV. Evaluation of performance of Coagulation/Flocculation method for the removal of dyes from aqueous solutions (Online). (cited 2011); Available from: URL: http://nuicone.org/site/common/proceedings/Chemical/oral/CH_29.pdf
7. Eaton AD, Franson MA. Standard methods for examination of water and wastewater. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association; 2005.
8. Ying F, Bao-yu G, Yi-feng Z, Xin-yu Z, Nan S. Organic modifier of poly-silicic-ferric coagulant: Characterization, treatment of dyeing wastewater and floc change during coagulation. Desalination 2011; 277(13): 67-73.
9. Kim TH, Park C, Yang J, Kim S. Comparison of disperse and reactive dye removals by chemical coagulation and Fenton oxidation. J Hazard Mater 2004; 112(1-2): 95-103.
10. Kumar P, Prasad B, Mishra IM, Chand S. Decolorization and COD reduction of dyeing wastewater from a cotton textile mill using thermolysis and coagulation. J Hazard Mater 2008; 153(12): 635-45.
11. Kim TH, Park C, Shin EB, Kim S. Decolorization of disperse and reactive dye solutions using ferric chloride. Desalination 2004; 161(1): 49-58.



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11 ]

**Journal of Health System Research**
Received: 06.05.2014
**Vol. 12, No. 3, Autumn 2016**
Accepted: 10.01.2015

# Investigation of Chemical Coagulation and Flocculation Efficiency of Different Coagulants (Alum, Ferric Chloride, PAC, and Lime) in Navy Blue CE-RN Textile Dye Removal from Aqueous Solutions

**Suolmaz Zabihollahi[1], Heshmatolla Nourmoradi[2], Hamidreza Pourzamani[3]**

**Original Article**

## Abstract

**Background:** In this study, coagulation efficiency of alum, ferric chloride, polyaluminium chloride (PAC), and lime was investigated in the removal of Navy Blue CE-RN dye from textile wastewater.

**Methods:** Characteristics of dye such as dominant wavelength, hue, luminance degree, and purity of Navy Blue CE-RN were determined through spectrophotometric-multi-wavelength method. Optimum dose, optimum pH, and sludge volume index (SVI) of coagulants were determined using jar test. The efficiency of coagulants was compared in optimum conditions. Cost and removal efficiency were considered in the selection of the best coagulant.

**Findings:** The obtained dominant wavelength, luminance degree, and purity of dye were 473 nm, 19%, and 53%, respectively. PAC (dose of 0.1 g/l and optimum pH = 6) had the highest removal efficiency in the removal of Chemical oxygen demand (COD) and dye (84% and 93%, respectively). The SVI of PAC was 1324 l/g.

**Conclusion:** The results of this study showed that PAC can be an appropriate, efficient, and cost-effective coagulant in the removal of Navy Blue CE-RN dye.

**Keywords:** Textile dye, Coagulant, Chemical coagulation and Flocculation

**Citation:** Zabihollahi S, Nourmoradi H, Pourzamani H. **Investigation of Chemical Coagulation and Flocculation Efficiency of Different Coagulants (Alum, Ferric Chloride, PAC, and Lime) in Navy Blue CE-RN Textile Dye Removal from Aqueous Solutions.** J Health Syst Res 2016; 12(3): 256-9.

1- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
2- Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran
3- Associate Professor, Environment Research Center, Research Institute for Primordial Prevention of Non-Communicable Disease AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
**Corresponding Author:** Hamidreza Pourzamani, Email: pourzamani@hlth.mui.ac.ir



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11 ]