

# بهینه سازی فرایند رمق کشی و تثبیت در رنگرزی با رنگزاهای راکتیو

ترجمه: آزاده موحد

کار گرفت و واکنش نیز در شرایط قلیایی ( $\text{PH} > 10$ ) انجام می‌شود. در این پروژه از غلظت‌های مختلفی از نمک برای رمق کشی در رنگرزی پارچه پنبه‌ای با رنگزای راکتیو استفاده کرده‌ایم و بیشترین تثبیت برای رنگزاهای راکتیو مختلف نیز به کار گرفته شده است. هدف به دست آوردن یک عمق رنگی مشخص با غلظت معینی از نمک است. مشاهده تاثیر غلظت نمک بر روی پروسه رمق کشی و رنگرزی با رنگزاهای راکتیو از اهمیت زیادی برخوردار است چون نمک به عنوان یک کاتالیزور که فرایند رنگرزی را تسهیل می‌کند، نقش حیاتی ایفا می‌کند. آفینیته یا تمایل نمک به آب بینهایت بالاست. در کل نمک در سه مورد لازم است: در طول فرایند رنگرزی باعث هل دادن رنگزا به سمت منسوج می‌شود؛ در به دست آوردن بیشترین میزان رمق کشی از ملکول‌های رنگزا در طول فرایند رنگرزی کمک می‌کند و به عنوان یک الکترولیت برای مهاجرت، جذب و تثبیت رنگزا به ماده سلولزی عمل می‌کند.

ژوهان گلوبر نخستین فردی بود که نمک گلوبر را از آب چشمه‌های مجارستان تولید کرد. نمک طبیعی موجود در این چشمه‌ها میرابیلیت نام دارد. نمک گلوبر نام رایج سدیم سولفات دی‌هیدرات ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) بوده که به صورت کریستال‌های مونوکلینیک سفید یا بی‌رنگ موجود است. این نمک در صورت قرارگیری در معرض هوای خشک تبدیل به سولفات سدیم انیدروز (فاقد آب) و پودری شکل می‌شود. نمک گلوبر قابل حل در آب بوده و طعم آن شور و تلخ است و در بعضی مواقع به عنوان یک ملین ملایم در داروها استفاده می‌شود. کاربرد دیگر این نمک در رنگرزی است.

## مواد اولیه و روش‌ها

### پارچه

در این تحقیق از پارچه صدرصد پنبه‌ای حوله‌ای دو رو پرزدار تولید کمپانی هندی Deesan Dyeing Unit Shirpur استفاده شده است. این پارچه آماده برای رنگرزی (RFD) است.

امروزه بیشتر از ۱۰۰۰۰ رنگزا در بازارهای سرتاسر جهان در دسترس بوده و سالانه نیز حدود ۸۰۰۰۰۰ تن رنگزا تولید می‌شود. رنگزاهای دارای ساختارهای متنوعی هستند از جمله رنگزاهای اسیدی، بازی، آزو، متال کمپلکس، خمی و راکتیو.

فرایند رنگرزی با رنگزاهای راکتیو نیازمند مقادیر زیادی نمک نظیر کلرید سدیم، سولفات سدیم و نمک گلوبر می‌باشد. در این فرایند برای انجام رمق کشی کافی  $50-100 \text{ gm/litre}$  نمک نیاز است. علاوه بر آن برای آبکشی پارچه‌های رنگرزی شده آب زیادی مورد نیاز بوده که منجر به آزادسازی  $2000-3000 \text{ ppm}$  پساب به طور میانگین می‌شود.

اخیراً تلاش‌های زیادی برای کاهش سطح کلریت سدیم در فرایند رنگرزی صورت گرفته چون پساب‌های ناشی از بسیاری از این رنگزاهای به شدت بالاست، بسیاری از تولیدکنندگان رنگزاهای خطی را برای رنگرزی الیاف با رنگزاهای راکتیو راه‌اندازی کرده‌اند که در آن نمک کمتری برای انجام فرایند رمق کشی مورد نیاز است. در این تحقیق برای رنگرزی پارچه‌های پنبه‌ای با رنگزاهای راکتیو، غلظت‌های ۱، ۳ و ۴ درصد برای نمک در نظر گرفته شده و ثابت شستشویی، ثابت سایشی و استحکام رنگرزی پارچه مورد بررسی قرار گرفته است.

## مقدمه

در فرایند رنگرزی راکتیو یک پیوند کووالانسی بین ملکول‌های رنگزا و پلیمر پنبه شکل می‌گیرد. از طریق یک واکنش شیمیایی پیوند کووالانسی بین ملکول رنگزا و الیاف ایجاد شده و منسوج خود به زیر لایه متصل می‌شود. نخستین رنگزاهای راکتیو به طور خاص برای الیاف سلولزی طراحی شده بودند و امروز نیز بیشترین کاربرد را برای همین الیاف دارند؛ رنگزاهای راکتیو برای الیاف پروتئینی و پلی‌آمیدی نیز به صورت تجاری در دسترس هستند. این رنگزاهای حاوی گروه‌های راکتیو بوده که در یک محیط قلیایی ضعیف در حمام رنگرزی می‌توان آن‌ها را بر روی الیاف به کار گرفت و امکان ایجاد پیوند شیمیایی با الیاف را ایجاد کرد. از رنگزاهای راکتیو همچنین می‌توان برای رنگرزی ابریشم، پشم و نایلون (گروه  $-\text{NH}_2$ ) نیز استفاده کرد. در مورد نایلون لازم است تا رنگزا را در محیط اسیدی ضعیف بر روی الیاف به



## رنگزا

### رنگزاهای راکتیو:

۱. کمپانی Colourtex, red XD2B
۲. کمپانی Jakazol, red TRL
۳. کمپانی Huntsman, red EC2BL

### ماشین آلات

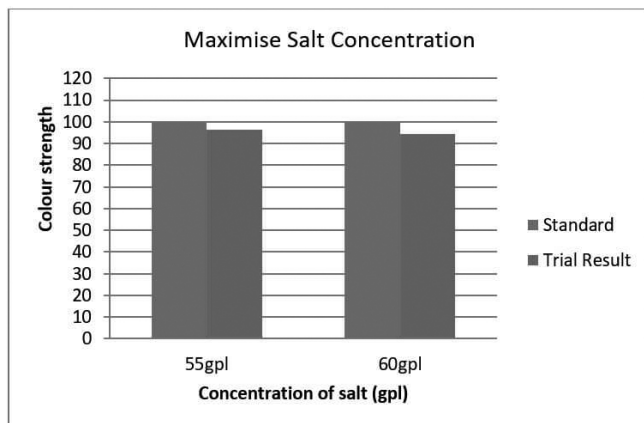
ماشین‌های مورد استفاده در این پروژه عبارتند از: ماشین رنگری Thies (مقیاس انبوه)؛ یک اسپکتروفوتومتر؛ یک ترازو؛ ماشین بررسی میزان رنگ‌دهی منسوج رنگری شده؛ یک خشک‌کن و یک ماشین رنگری AHIBA (مقیاس آزمایشگاهی).

### مواد شیمیایی

۱. نمک خلا (عامل انجام فرایند رمق‌کشی)
۲. کربنات سدیم (عامل تثبیت‌کننده برای شیدهای روشن)
۳. هیدروکسید سدیم (عامل تثبیت‌کننده برای شیدهای تیره)
۴. اسید استیک (برای حفظ PH)
۵. Miracol BSND (عامل صابونی‌کننده)

### روش‌ها

۱. در ابتدا ۱۰ gm از نمونه پارچه‌ای فوق برش داده می‌شود.



۲. رنگزاهای با شید متوسط و تیره‌تر برای استفاده در دستگاه دیسپنسر یا توزیع‌کننده استفاده می‌شود، نسبت کالا به حمام در دستگاه دیسپنسر و مقدار مواد تعاونی در حد استاندارد می‌باشد.

۳. حمام آماده‌سازی شده و دمای آن بر روی  $60^{\circ}\text{C}$  تنظیم می‌شود. پس از گذشت نیم ساعت قلبیایی (کربنات سدیم) اضافه شده و به مدت ۲۰ دقیقه به آن زمان داده می‌شود. در مورد شیدهای تیره‌تر از هیدروکسید سدیم به جای کربنات سدیم استفاده می‌شود و زمان آن نیز ۴۵ دقیقه است.

۴. پس از اتمام عملیات، پارچه‌های رنگری شده خارج شده و با آب سرد شسته می‌شوند. ۵. پس از شستشو با آب سرد با استفاده از ۱ gpl اسید استیک و آب در دمای اتاق حمام خنثی شده و پس از گذشت ۵ دقیقه عملیات صابونی کردن در دمای  $90^{\circ}\text{C}$  و مدت زمان ۱۰ دقیقه انجام می‌شود.

جدول ۱- غلظت استاندارد نمک پیش از آزمایش با استفاده از رنگزای کمپانی A

قرمز		شید	
دو رو پرزدار		کیفیت	
استحکام رنگی	ثبات شستشویی و سایشی	غلظت	دستورالعمل
%۱۰۰	۴	%۲/۰	RED XD2B
		۵۰	(GPL) SALT
		۵	(GPL) SODA
		۱/۵	(GPL) CAUSTIC

جدول ۲- بیشترین غلظت نمک

قرمز		شید	
دو رو پرزدار		کیفیت	
استحکام رنگی	ثبات شستشویی و سایشی	غلظت	دستورالعمل
%۹۶/۴۸	۴	%۲/۰	RED XD2B
		۵۵	(GPL) SALT
		۵	(GPL) SODA
		۱/۵	(GPL) CAUSTIC



جدول ۳- بیشترین غلظت نمک

قرمز		شید	
دو رو پرزدار		کیفیت	
استحکام رنگی	ثبات شستشویی و سایشی	غلظت	دستورالعمل
%۹۴/۲۲	۴	%۲/۰	RED XD2B
		۶۰	(GPL) SALT
		۵	(GPL) SODA
		۱/۵	(GPL) CAUSTIC

۶. نمونه رنگریزی شده شسته و آبکشی شده و سپس عملیات خشک کردن انجام می شود.

۷. نمونه رنگریزی شده برای بررسی استحکام رنگی، ثبات سایشی و ثبات شستشویی، مورد بررسی قرار می گیرد.

## جمع آوری داده ها

## کمپانی A

## آزمایش ۱، قسمت ۱

## آزمایش ها

## سلسله مراتب رنگریزی (به روش رمق کشی)

پس از این آزمایش غلظت نمک بهینه سازی شده و سپس ثبات شستشویی، سایشی و استحکام رنگی با شید استاندارد مقایسه می شود.

۱. نمونه پارچه حوله ای وارد حمامی حاوی مواد تعاونی، رنگزا، آب و نمک می شود.

در شکل ۱ استحکام رنگی در برابر بیشترین میزان نمک ۵۵ gpl و ۶۰ gpl

۲. نمونه به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه تحت عملیات قرار می گیرد.

در یک گراف نشان داده شده است. با توجه به این گراف می توان گفت که با افزایش بیشترین میزان نمک، عمق شید رنگی کاهش پیدا می کند که ممکن

۳. کرینات سدیم به حمام افزوده می شود و در دمای ۶۰°C به مدت ۲۰ دقیقه به آن زمان داده می شود.

است به دلیل افزایش تمایل ملکول های رنگزا با افزایش غلظت نمک باشد. با

۴. سود سوزآور در دمای ۶۰°C اضافه شده و ۴۵ دقیقه به آن زمان داده می شود.

جدول ۴- کمترین غلظت نمک

قرمز		شید	
دو رو پرزدار		کیفیت	
استحکام رنگی	ثبات شستشویی و سایشی	غلظت	دستورالعمل
%۸۸/۸۱	۴	%۲/۰	RED XD2B
		۴۵	(GPL) SALT
		۵	(GPL) SODA
		۱/۵	(GPL) CAUSTIC

جدول ۵- کمترین غلظت نمک

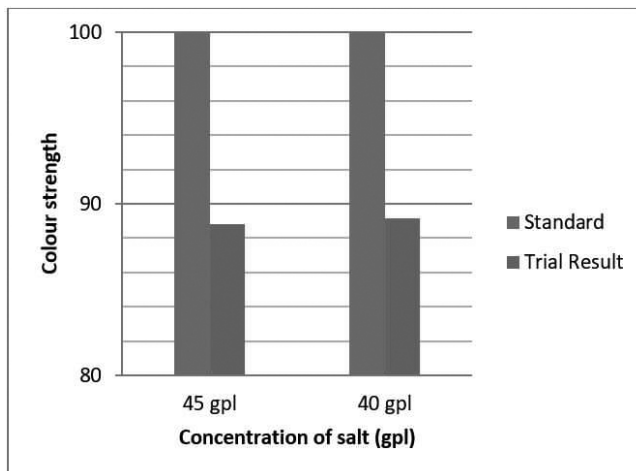
قرمز		شید	
دو رو پرزدار		کیفیت	
استحکام رنگی	ثبات شستشویی و سایشی	غلظت	دستورالعمل
%۸۹/۱۷	۴	%۲/۰	RED XD2B
		۴۰	(GPL) SALT
		۵	(GPL) SODA
		۱/۵	(GPL) CAUSTIC



افزایش غلظت نمک به ۵۵ و ۶۰ شدت رنگ افزایش پیدا می‌کند که ممکن است ناشی از تاخیر در دفع رنگزا از الیاف باشد، در این فرایند شید به مراتب تیره‌تری در مقایسه با نمونه استاندارد حاصل می‌شود. هر دو نمونه که بیشترین میزان نمک در آن‌ها به کار گرفته شده بود، ثبات شستشویی و سایشی عالی از خود نشان داده‌اند.

#### آزمایش ۱، قسمت ۲

در این مرحله غلظت نمک به کمترین مقدار خود رسید و ثبات شستشویی، سایشی و استحکام رنگی مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۲ استحکام رنگی در برابر غلظت نمک در یک گراف نشان داده شده است. در این گراف مشاهده می‌شود که زمانی که غلظت نمک ۴۵ است، عمق



جدول ۶- غلظت استاندارد از نمک پیش از انجام آزمایش با استفاده از رنگزای کمپانی B

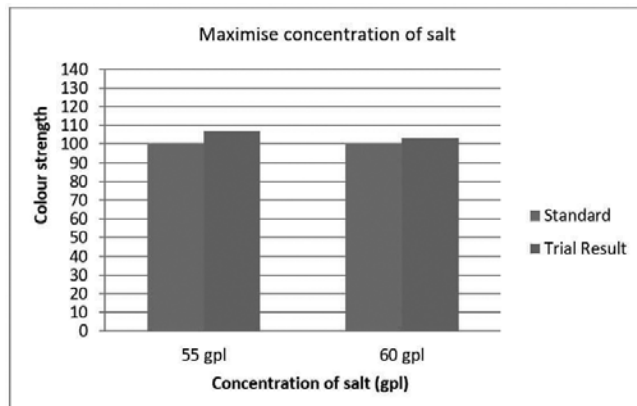
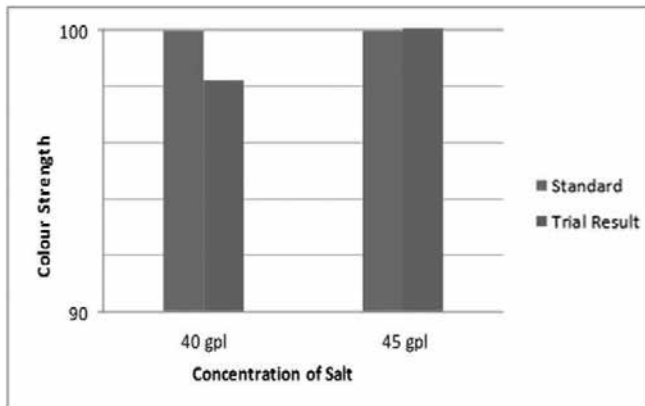
قرمز		شید	
دو رو پرزدار		کیفیت	
استحکام رنگی	ثبات شستشویی و سایشی	غلظت	دستورالعمل
٪۱۰۰	۴	٪۲/۰	RED TRL
		۵۰	(GPL) SALT
		۵	(GPL) SODA
		۱/۵	(GPL) CAUSTIC

جدول ۷- بیشترین غلظت نمک

قرمز		شید	
دو رو پرزدار		کیفیت	
استحکام رنگی	ثبات شستشویی و سایشی	غلظت	دستورالعمل
٪۱۰۷/۲۱	۴	٪۲/۰	RED TRL
		۵۵	(GPL) SALT
		۵	(GPL) SODA
		۱/۵	(GPL) CAUSTIC

جدول ۸- بیشترین غلظت نمک

قرمز		شید	
دو رو پرزدار		کیفیت	
استحکام رنگی	ثبات شستشویی و سایشی	غلظت	دستورالعمل
٪۱۰۳/۲۱	۴	٪۲/۰	RED TRL
		۶۰	(GPL) SALT
		۵	(GPL) SODA
		۱/۵	(GPL) CAUSTIC



نشان داده شده است. ثبات شستشویی و سایشی در هر دو غلظت از نمک یعنی ۶۰ و ۵۵ gpl عالی بوده است. با افزایش غلظت نمک عمق شید رنگی نیز افزایش یافته است که ممکن است به دلیل افزایش افینیته ملکول‌های رنگزا در این غلظت از نمک بوده باشد. زمانی که غلظت نمک زیاد می‌شود، شدت رنگی نیز بیشتر می‌شود که ممکن است به دلیل تاخیر در دفع رنگزا از الیاف باشد. در این فرایند شیدهای تیره‌تری در مقایسه با نمونه استاندارد حاصل شده است.

شید افزایش پیدا می‌کند که ممکن است به دلیل افزایش افینیته ملکول‌های رنگزا در این غلظت از نمک باشد. زمانی که غلظت نمک از ۴۵ به ۴۰ می‌رسد، شدت رنگی کاهش پیدا می‌کند که احتمالاً به دلیل تاخیر در دفع رنگزا از الیاف است. در این فرایند شید به مراتب تیره‌تری نسبت به نمونه استاندارد حاصل می‌شود.

#### کمپانی B

پس از انجام این مرحله غلظت نمک به حداکثر رسانده می‌شود و سپس ثبات شستشویی، سایشی و استحکام رنگی با شید استاندارد مقایسه می‌شود.

#### آزمایش ۲، قسمت ۲

در این مرحله غلظت نمک به کمترین مقدار خود رسید و ثبات شستشویی، سایشی و استحکام رنگی نسبت به شید استاندارد مورد بررسی قرار گرفت.

#### آزمایش ۲، قسمت ۱

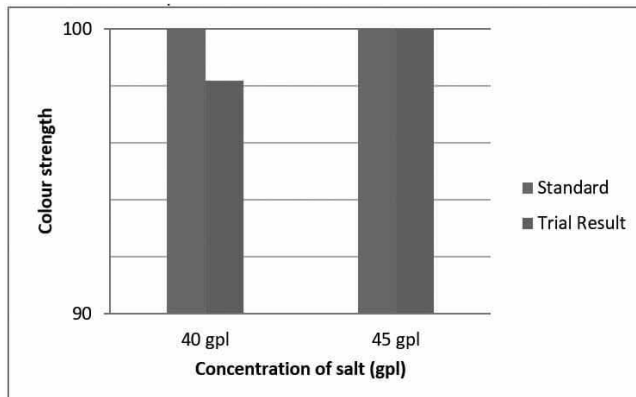
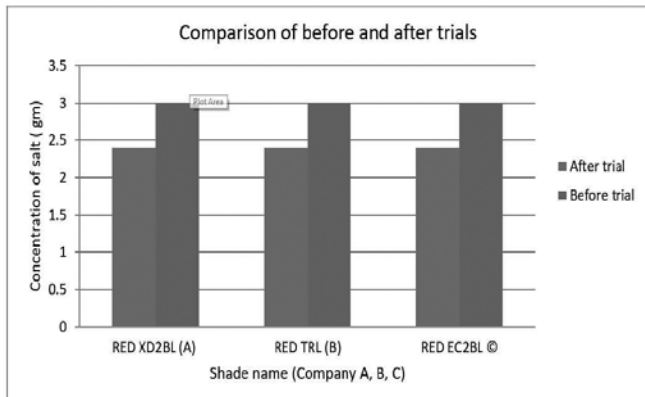
در شکل ۳ میزان استحکام رنگی بر حسب غلظت نمک به صورت یک گراف

جدول ۹- کمترین غلظت نمک

قرمز		شید	
دو رو پرزدار		کیفیت	
استحکام رنگی	ثبات شستشویی و سایشی	غلظت	دستورالعمل
%۱۰۰/۸۸	۴	%۲/۱۰	RED TRL
		۴۵	(GPL) SALT
		۵	(GPL) SODA
		۱/۵	(GPL) CAUSTIC

جدول ۱۰- کمترین غلظت نمک

قرمز		شید	
دو رو پرزدار		کیفیت	
استحکام رنگی	ثبات شستشویی و سایشی	غلظت	دستورالعمل
%۹۸/۲۰	۴	%۲۰	RED TRL
		۴۰	(GPL) SALT
		۵	(GPL) SODA
		۱/۵	(GPL) CAUSTIC



در شکل ۴ استحکام رنگی بر حسب غلظت نمک به صورت یک گراف نشان داده شده است. با توجه به این گراف مشاهده می‌شود که در این غلظت از نمک ثابت شستشویی و سایشی خوبی حاصل شده است. با افزایش غلظت نمک و رسیدن آن به ۴۵ gpl عمق شید رنگی نیز افزایش می‌یابد که ممکن است به

جدول ۱۱- غلظت استاندارد از نمک پیش از انجام آزمایش با استفاده از رنگزای کمپانی C

قرمز		شید	
دو رو پرزدار		کیفیت	
استحکام رنگی	ثبات شستشویی و سایشی	غلظت	دستور العمل
٪۱۰۰	۴	٪۳۰	RED EC2BL
		۳۰	(GPL) SALT
		۱۵	(GPL) SODA
		۰۰	(GPL) CAUSTIC

جدول ۱۲- بیشترین غلظت نمک

قرمز		شید	
دو رو پرزدار		کیفیت	
استحکام رنگی	ثبات شستشویی و سایشی	غلظت	دستور العمل
٪۹۲/۷۰	۴	٪۰/۱۵	RED EC2BL
		۲۵	(GPL) SALT
		۱۵	(GPL) SODA
		۰۰	(GPL) CAUSTIC

جدول ۱۳- کمترین غلظت نمک

قرمز		شید	
دو رو پرزدار		کیفیت	
استحکام رنگی	ثبات شستشویی و سایشی	غلظت	دستور العمل
٪۸۹/۲۰	۴	٪۰/۱۵	RED EC2BL
		۲۰	(GPL) SALT
		۱۵	(GPL) SODA
		۰۰	(GPL) CAUSTIC



جدول ۱۴- مقایسه نتایج قبل و بعد از آزمایش

شماره	نام	پیش از آزمایش		پس از آزمایش		نمک صرفه جویی شده
		غلظت استاندارد نمک (gpl)	کل مقدار نمک (gm)	غلظت نمک در آزمایش (gpl)	کل مقدار نمک (gm)	
۱	(A) RED XD2BL	۵۰	۰.۳	۴۰	۲/۴	٪۲۰
۲	(B) RED TRL	۵۰	۰.۳	۴۰	۲/۴	٪۲۰
۳	(C) RED EC2BL	۵۰	۰.۳	۴۰	۲/۴	٪۲۰

رسیده ایم که می توان در هزینه رنگری صرفه جویی کرد.

#### نتیجه گیری

ما بر اساس تجربیات به دست آمده در این پروژه به این نتیجه رسیده ایم که در رنگری به روش رمق کشی با رنگزای راکتیو و غلظت پایین از نمک به عنوان عامل رمق کشی می توان ثبات شستشویی و استحکام رنگی و بازده رنگی قابل قبولی را در مقایسه با نمونه رنگری شده با غلظت متداول از نمک به دست آورد و میزان اختلاف رنگی نیز حداقل است.

دما و زمان مورد نیاز در فرایند متداول رنگری به ترتیب  $60^{\circ}\text{C}$  و ۹۵ دقیقه است. میزان رنگزای مورد استفاده برای ۳۰، ۵۰ و ۸۰ gpl نمک به ترتیب ۱، ۳ و ۴ درصد می باشد. رنگری در این مقادیر از رنگزا نیازمند شرایط بهینه شامل دمای  $60^{\circ}\text{C}$  و مدت زمان ۹۰ دقیقه است. غلظت بهینه نمک در مقادیر ۱، ۳ و ۴ درصد به ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۷۵ pgl می باشد.

پس از مقایسه غلظت نمک در فرایندهای متداول و بهینه سازی شده نتایج زیر به دست آمده است:

۱. رنگری برای شید ۱٪: ۲۵ gpl نمک استفاده شده که ۱۶ درصد کمتر از فرایند متداول است.

۲. رنگری برای شید ۳٪: ۴۵ gpl نمک استفاده شده که ۱۰ درصد کمتر از فرایند متداول است.

۳. رنگری برای شید ۴٪: ۷۵ gpl نمک استفاده شده که ۶/۲۵ درصد کمتر از فرایند متداول است.

با توجه به مطالب بالا و محاسبات انجام شده، با این کار مجموع کل مواد جامد محلول (TDS) در پساب ها کاهش می یابد و در نتیجه نیاز به تصفیه پساب ها کمتر می شود چون میزان نمک مصرفی در فرایند رنگری با رنگزای راکتیو کاهش یافته است.

#### مرجع:

Dr K H Prabhu & Mr Naresh Kumar, "Optimising the exhaustion and maximum fixation of reactive dyes", WTIN, November 2019

دلیل افزایش افینیته ملکول رنگزا در غلظت های بالاتر از نمک باشد. زمانی که غلظت نمک کم شده و به ۴۰ gpl می رسد، شدت رنگی نیز کاهش پیدا می کند که ممکن است به دلیل تاخیر در دفع رنگزا از الیاف باشد. در این فرایند شید تیره تری در مقایسه با نمونه استاندارد حاصل شده است.

#### کمپانی C

#### آزمایش ۳، قسمت ۱

در این مرحله غلظت نمک به کمترین مقدار خود رسید و ثبات شستشویی، سایشی و استحکام رنگی نسبت به شید استاندارد مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۵ استحکام رنگی بر حسب غلظت نمک به صورت یک گراف نشان داده شده است. با حداقل کردن غلظت نمک ثبات شستشویی و سایشی خوبی حاصل شده است. با توجه به گراف می توان مشاهده کرد که با افزایش غلظت نمک به ۳۰ gpl عمق شید رنگی نیز افزایش می یابد که ممکن است به دلیل افزایش افینیته ملکول رنگزا در غلظت بالاتر از نمک باشد. زمانی که غلظت نمک به ۲۵ و ۲۰ گاهش پیدا می کند، شدت رنگی نیز کم می شود که ممکن است به دلیل تاخیر در دفع رنگزا از الیاف باشد. در این فرایند شید متوسطی در مقایسه با نمونه استاندارد حاصل شده است.

#### بحث و نتیجه گیری

ما در این پروژه غلظت استاندارد نمک (عامل انجام فرایند رمق کشی) را به حداقل رسانده و تلاش کرده ایم تا با کمترین میزان از نمک شید مورد نظر را به دست آوریم. پیش از انجام این پروژه دوز استاندارد از عامل رمق کشی را در رنگری پارچه حوله ای با استفاده از رنگزای راکتیو مورد بررسی قرار داده و به مدت ۲۵ روز نتایج را مطالعه کرده ایم. سپس هر مرتبه دوز عامل رمق کشی را ۵ واحد (gpl) نسبت به مقدار استاندارد آن کمتر کرده و در آزمایشگاه نمونه را مورد فرایند رنگری قرار داده ایم. در مقادیر ثابت از پارامترهای رنگری نظیر PH، سختی آب، دما و زمان شیدهای رنگی مختلفی را به کار گرفته ایم و سپس نتایج را با نمونه استاندارد مقایسه کرده ایم.

پس از بررسی نتایج و با راهنمایی سرپرست شیفت و مدیر تولید به این نتیجه