

تأثیر ویژگی‌های ذرات پیگمنت بر روی عملکرد رنگریزی پارچه‌های پنبه‌ای

مترجم: عباس حاجی پور

چکیده

پارچه‌های پنبه بوسیله روش رmq کشی و با استفاده از دیسپرسیون‌های پیگمنت به‌عنوان رنگدانه رنگریزی شدند و سپس تأثیر خواص ذرات بر روی عملکرد رنگریزی بررسی شد. نتایج نشان داد که پتانسیل‌های زتا، مقدار K/S، برداشت پیگمنت، ثبات سایشی و شستشویی پارچه‌های پنبه‌ای رنگریزی شده بیشتر می‌باشد. ایزوترم‌های جذب هنگامی که پتانسیل‌های زتا به ترتیب در حدود $0/46$ و $31/39$ mV بود، مربوط به نوع لانگمیر بود. پارچه‌های پنبه که بوسیله دیسپرسیون‌های پیگمنت با اندازه ذرات کوچک رنگریزی شده بودند، مقدار K/S، ثبات‌های سایشی و شستشویی بالا داشتند. ساختار شیمیایی پیگمنت، تأثیر اندکی بر روی برداشت پیگمنت داشت و تمام دیسپرسیون‌های پیگمنت پس از 30 دقیقه به برداشت 98% رسیدند، اما نرخ برداشت مختلف در مرحله اولیه نشان دادند.

مقدمه

منسوجات که با استفاده از دیسپرسیون‌های پیگمنت رنگریزی می‌شوند، مزایای زیادی از قبیل فرآیند تولید ساده و کوتاه، پساب کم و هزینه تولید کم دارند. با توجه به ذخیره‌سازی انرژی و محافظت محیط زیست، کاربرد دیسپرسیون‌های پیگمنت برای رنگریزی منسوج توجه بیشتر و بیشتر مردم را به خود جلب کرده است.

فاکتورهای زیادی از قبیل پتانسیل‌های زتا، اندازه ذرات و دیگر مشخصات ذرات، می‌تواند عملکرد رنگریزی پیگمنت پارچه‌های پنبه را تعیین کند. با استفاده از دیسپرسیون‌های پیگمنت معمولی سخت است تا نیازهای رنگریزی منسوجات برای ذرات بزرگ و با پایداری کم تأمین شود. به منظور برطرف کردن این اشکال، روش‌های زیادی از قبیل آسیاب کردن پیگمنت با هدف دیسپرس‌سازی پلیمری، کپسوله کردن پیگمنت با استفاده از مواد پلیمری که شامل پلیمریزاسیون امولسیون یا نیمه امولسیون، جدایی فاز، پلیمریزاسیون درجا، هم‌ارائی لایه لایه، روش سل-ژل و پلیمریزاسیون رسوب رادیکال آزاد می‌باشد، ایجاد شدند. برخلاف رنگریزی منسوجات با استفاده از رنگزاهای نیروی جذب کوچکی بین ذرات پیگمنت و پارچه‌های پنبه وجود دارد. بعلاوه، الیاف پنبه معمولاً در حمام رنگزا دارای بار منفی می‌باشند، بنابراین، مقداری

نیروی دافعه الکترواستاتیک بین پارچه‌های پنبه و ذرات پیگمنت با بار منفی تولید می‌شود، که سبب برداشت کم پیگمنت می‌شود. جهت برطرف کردن این مشکل، اصلاح کاتیونی معمولاً انجام می‌شود تا مقداری بار مثبت بر روی پارچه‌های پنبه تشکیل شود. اگرچه تحقیقات زیادی برای رنگریزی منسوجات بوسیله پیگمنت وجود دارد، اما آنها عمدتاً بر روی روش رنگریزی و شرایط متمرکز شده‌اند و مقالات کمی رابطه بین مشخصات ذرات پیگمنت و پارچه‌های پنبه را بررسی کرده است. به منظور درک کامل رفتار رنگریزی پیگمنت بر روی پارچه‌های پنبه‌ای، در این مقاله، تأثیرات اندازه ذرات، پتانسیل زتا، و ساختار شیمیایی پیگمنت بر روی مقدار K/S، برداشت پیگمنت، ثبات سایشی و شستشویی و ایزوترم جذب پارچه‌های پنبه، به صورت دقیق بررسی شدند.

بخش تجربی

مواد

پارچه (پنبه) 100% ، شسته شده و سفیدگری شده، tex ۳۲ و 120 گرم بر متر مربع) بوسیله Kuanyang Co., Ltd. Wuxi، چین تهیه شد. C.I. pigment blue 15:3 (C.I. P.B 15:3)، خلوص $99/7\%$ ،



Gemini و Gemini جهت تنظیم پتانسیل زتا پیگمنت استفاده شد. مقادیر مختلف PSMA یا Gemini به دیسپرسیون پیگمنت اضافه شدند و سپس برای مدت ۱۲ ساعت هم زده شد تا دیسپرسیون مطلوب پیگمنت بدست آورده شود.

رنگرزی پارچه‌های پنبه‌ای

پارچه‌های پنبه‌ای بر طبق یک روش رمق‌کشی با نسبت محلول ۱:۲۰ یا دیگر مقادیر مشخص رنگرزی شدند. حمام رنگزای حاوی ۵٪ (نسبت به وزن پارچه، O.W.F) دیسپرسیون‌های مختلف پیگمنت با مقدار pH برابر ۷ بود.

فرآیند رنگرزی بر روی یک ماشین رنگرزی تکان‌دهنده در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد برای مدت زمان مورد نظر انجام شد. در انتهای رنگرزی، مقدار مشخصی از چسب اضافه شد و سپس دما تا ۸۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۳۰ دقیقه افزایش داده شد. پارچه جهت شستشو در حمام حاوی ۲ گرم بر لیتر Na_2CO_3 و ۲ گرم بر لیتر دترجنت غیریونی برای مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد برداشته شد. پارچه‌های رنگرزی شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد در آون خشک شدند و سپس در شرایط اتاق قرار داده شد و پس از آن بررسی شد.

اندازه ذرات و پتانسیل زتا

دیسپرسیون‌های پیگمنت ۲۰۰۰ برابر رقیق شدند. پتانسیل‌های زتا و اندازه ذرات بوسیله Nano-ZS90 (Malvern Instruments Ltd.) اندازه‌گیری شد و هر نمونه ۳ بار بررسی شد تا متوسط پتانسیل‌های زتا و اندازه ذرات بدست آورده شود.

قدرت رنگی

انعکاس نمونه‌ها بر روی اسپکتروفتومتر Perkin- Elmer Lambda 3B UV/Vis اندازه‌گیری شد. قدرت‌های نسبی رنگ (مقادیر K/S) با استفاده از رابطه کیوبلکا-مانک تعیین شدند و بر طبق رابطه (۱) محاسبه شدند:

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} - \frac{(1-R_0)^2}{2R_0}$$

بطوری که R انعکاس پارچه‌های رنگرزی شده می‌باشد، R_0 انعکاس پارچه‌های رنگرزی نشده می‌باشد، K ضریب جذب می‌باشد و S ضریب پخش می‌باشد.

برداشت پیگمنت و ایزوترم جذب

طیف جذبی حمام رنگزا بر روی اسپکتروفتومتر UNICO UV-2000

C.I. pigment Yellow 74 (C.I. P.B 74)، خلوص ۹۹/۸٪

C.I. pigment Red 122 (C.I. P.B 122)، خلوص ۹۹/۹٪

و کربن سیاه از Xinguang Co., Ltd. Wuxi، چین، تهیه شدند. ساختارهای شیمیایی این پیگمنت‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

C. I. name	Chemical structure
C. I. Pigment Blue 15:3 (C.I. P.B 15:3)	
C.I. Pigment Yellow 74 (C.I. P.Y 74)	
C.I. Pigment Red 122 (C.I. P.R 122)	

جدول ۱. ساختار شیمیایی پیگمنت‌های استفاده شده در این بررسی

هیدروکسید سدیم (NaOH، درجه آزمایشگاهی) از Lingfeng chemical reagent Co., Ltd. Shanghai، چین، تهیه شد. اکتا دسیل آمین ۲-اتوکسیلات آمونیوم نوع چهارم (Gemini)، محلول آبی (۵۰٪) از Daochun Science and Technology Co., Ltd. Henan، چین، تهیه شد. پلی (استایرن-کو-مالئیک اسید) (PSMA، $M_n = 9000$) از Nanocolorants and Digital Printing R&D Centre of Jiangnan University، Wuxi، چین، تهیه شد.

تهیه دیسپرسیون پیگمنت

۲۰ گرم پیگمنت با ۱۸۰ گرم از Tween-80 ۲/۵٪ در بشر ۵۰۰ میلی لیتر مخلوط شد و سپس مخلوط با استفاده از Ultra Turrax IKA T18 Basic (IKA Instruments Ltd، آلمان) در ۴۰۰۰ دور بر دقیقه برای مدت ۳۰ دقیقه دیسپرس شد تا مخلوط یکنواخت بدست آورده شود. این مخلوط به آسیاب ساچمه‌ای (Minizeta 03E، Netzsu، آلمان) منتقل شد و ساچمه ZrO_2 (۰/۸ میلی متر، نسبت وزنی ZrO_2 به پیگمنت ۱:۵) به عنوان ابزار آسیاب استفاده شد. مخلوط برای مدت زمان معینی دیسپرس شد تا دیسپرسیون پیگمنت بدست آورده شود.



ثبت شد. برداشت پیگمنت بر طبق رابطه (۲) محاسبه شد:

$$F = \left(1 - \frac{E}{E_0}\right) \times 100\%$$

بطوری که E جذب طول موج حداکثر جذب حمام رنگزا پس از رنگریزی می باشد، E_0 جذب طول موج حداکثر جذب حمام رنگزا قبل از رنگریزی می باشد. مقدار پیگمنت در وزن مشخص پارچه های پنبه ای ($[D]_p$ (g/kg) و مقدار پیگمنت در حمام رنگزا ($[D]_s$ (g/l) به ترتیب بر طبق رابطه (۳) و رابطه (۴) محاسبه شدند:

$$[D]_p = m/M \times F \times 1000 \text{ (g/kg)}$$

$$[D]_s = m/V \times (1 - F) \times 1000 \text{ (g/l)}$$

بطوری که m وزن پیگمنت در پارچه های پنبه می باشد، M وزن پارچه های پنبه ای می باشد، V حجم حمام رنگزا می باشد.

ثبات سایشی و شستشویی

آزمایشات ثبات رنگ نسبت به سایش، (ISO 105-X12 (1987؛ ثبات رنگ نسبت به شستشو، (ISO 105-C02 (1989 انجام شد.

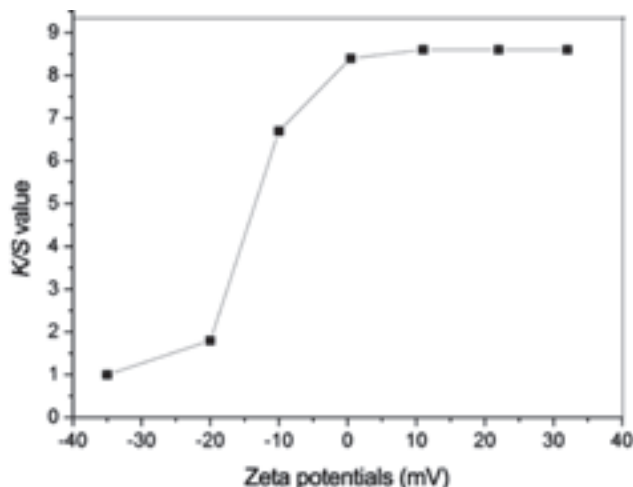
نتایج و بحث

رنگریزی پارچه های پنبه ای بوسیله دیسپرسیون های پیگمنت با پتانسیل های مختلف زتا

پتانسیل های زتا یکی از فاکتورهای مهم می باشند که می توانند بر عملکرد رنگریزی با استفاده از پیگمنت پارچه پنبه موثر باشد. شکل ۱ نشان می دهد که مقدار K/S پارچه های پنبه ای رنگریزی شده با افزایش پتانسیل زتا افزایش می یابند و تقریباً هنگامی که پتانسیل های زتا بیشتر از ۰/۴۶ میلی ولت می باشند، به حداکثر می رسد. می دانیم که پارچه های پنبه ای همیشه به دلیل جذب برخی بارهای منفی در آب، دارای بار منفی می باشند و بنابراین، نیروهای دافعه بین ذرات پیگمنت با بار منفی و پارچه های پنبه ای بوجود خواهد آمد. پتانسیل های زتا بالاتر، نیروهای دافعه کوچکتر بوجود خواهند آورد و بنابراین مقادیر بیشتری از ذرات پیگمنت بر روی پارچه های پنبه جذب خواهند شد.

هنگامیکه پتانسیل های زتا ذرات پیگمنت بیشتر از ۰/۴۶ میلی ولت می باشد، تمام سطح پارچه های پنبه ای بوسیله ذرات پیگمنت اشغال می شود و بنابراین مقدار K/S با افزایش بیشتر پتانسیل های زتا به مقدار کمی تغییر خواهد کرد.

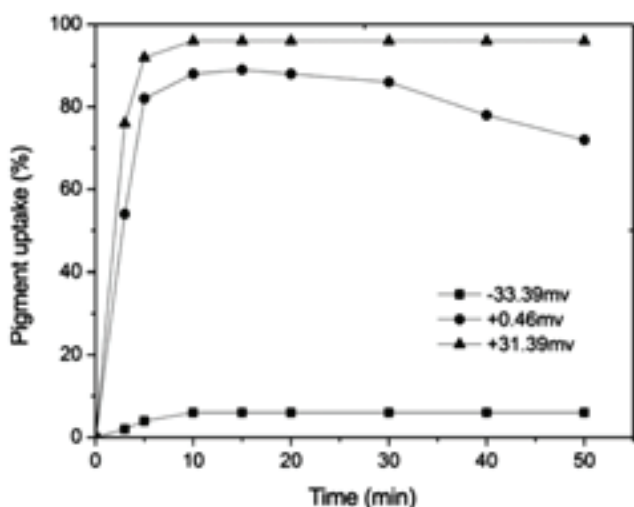
شکل ۲ نشان می دهد که هنگامی که پتانسیل های زتا ۳۳/۳۹-



شکل ۱. تاثیر پتانسیل های زتا روی مقدار K/S پارچه پنبه ای رنگریزی شده

می باشند، مقدار کمی از ذرات پیگمنت بر روی پارچه های پنبه ای جذب می شوند، در حالی که مقادیر بیشتر پیگمنت هنگامی که پتانسیل های زتا به ترتیب ۰/۴۶ میلی ولت و ۳۱/۳۹ میلی ولت می باشند، بدست می آید. در پتانسیل های زتا بالاتر، نیروهای جذبی الکترواستاتیک بیشتر می باشند و بنابراین منجر به برداشت بیشتر می شود.

علاوه بر این، از شکل ۲ می توان مشاهده کرد که برداشت پیگمنت، که با استفاده از دیسپرسیون پیگمنت با ۰/۴۶ میلی ولت رنگریزی شده اند، هنگامی که زمان رنگریزی بیشتر از ۳۰ دقیقه می باشد، به مقدار کمی کاهش می یابد. دلیل این امر این است که نیروهای جذبی برای پتانسیل های زتا کم، بسیار کوچک می باشد که در نتیجه برخی ذرات پیگمنت می توانند از پارچه های پنبه ای رنگریزی شده دفع شوند.



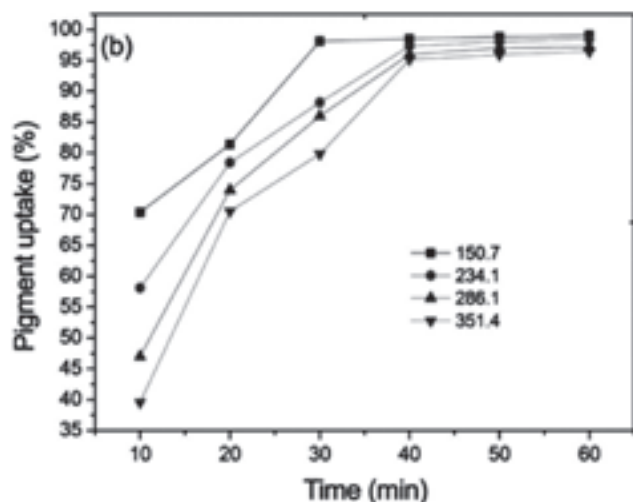
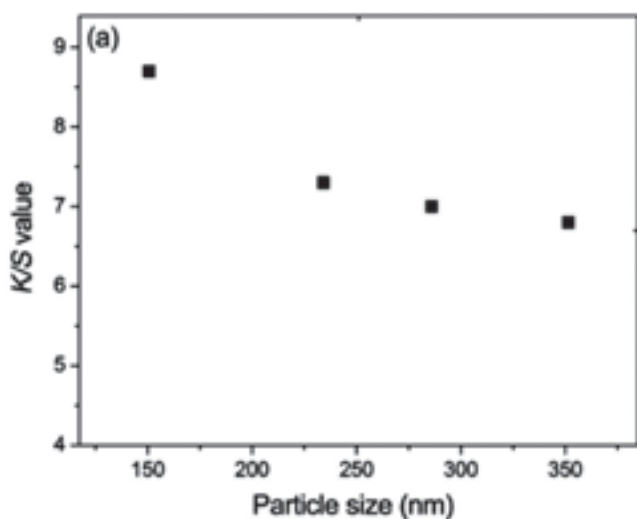
شکل ۲. تاثیر پتانسیل های زتا بر برداشت پیگمنت پارچه های پنبه ای



رنگرزی پارچه‌های پنبه‌ای بوسیله دیسپرسیون‌های پیگمنت با اندازه ذرات مختلف

اندازه ذرات یکی دیگر از فاکتورهای مهم می‌باشد که می‌تواند بر عملکرد رنگرزی پارچه‌های پنبه بوسیله دیسپرسیون‌های پیگمنت موثر باشد. شکل ۴ نشان می‌دهد که مقدار K/S پارچه‌های پنبه رنگرزی شده و نرخ برداشت با افزایش اندازه ذرات دیسپرسیون‌های پیگمنت کاهش می‌یابد.

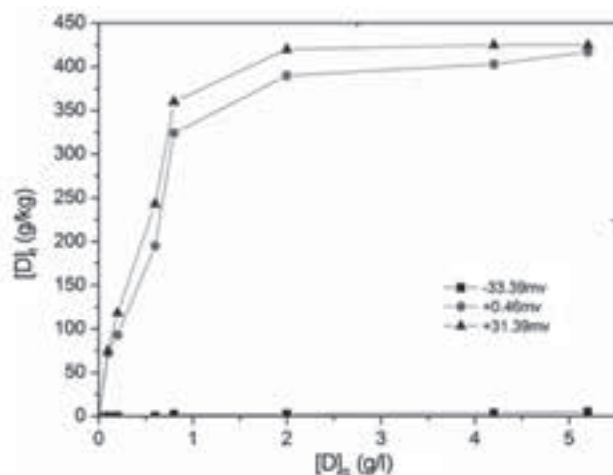
واضح است، هنگامی که اندازه ذرات کوچک می‌باشد، مساحت سطحی بیشتر و قدرت پوشش بالا ایجاد می‌شود که سبب قدرت رنگی بالا می‌شود. علاوه بر این، ذرات پیگمنت کوچک نیز می‌تواند منجر به جابجایی سریع پیگمنت در شرایط مشابه شود و بنابراین منجر به سرعت برداشت سریع می‌شود.



شکل ۴. تاثیر پتانسیل‌های زتا بر (a) مقدار K/S و (b) سرعت رنگرزی

جدول ۳ نشان می‌دهد که ثبات رنگی پارچه‌های پنبه‌ای رنگرزی شده با افزایش اندازه ذرات پیگمنت کاهش می‌یابد. دلیل آن

ایزوترم‌های جذب بر پایه پتانسیل‌های مختلف زتا در شکل ۳ نشان داده شده است. از شکل می‌تواند مشاهده کرد که هنگامی که پتانسیل‌های زتا حدود $-33/39$ می‌باشند، مقدار کمی از ذرات پیگمنت بر روی پارچه‌های پنبه‌ای جذب می‌شوند، در حالی که، هنگامی که پتانسیل‌های زتا به ترتیب حدود $0/46$ میلی‌ولت و $31/39$ میلی‌ولت می‌باشند، مقدار بیشتری می‌تواند جذب شود. رفتار جذبی مشابه که مربوط به لانگمیر می‌باشد، هنگامیکه پتانسیل‌های زتا حدود $0/46$ میلی‌ولت و $31/39$ میلی‌ولت می‌باشند، بدست آورده خواهند شد.



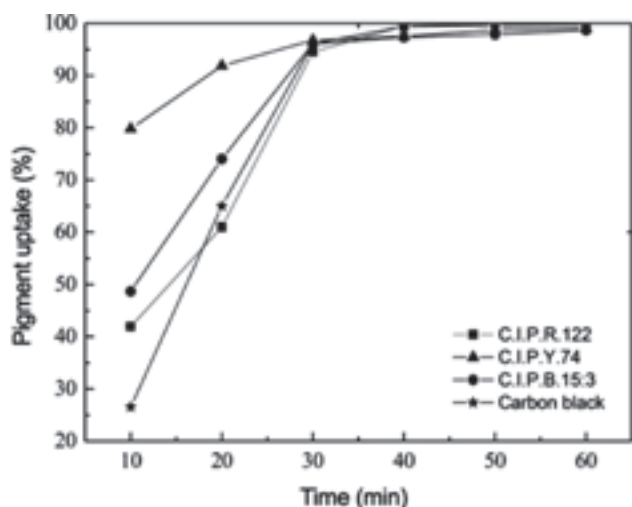
شکل ۳. تاثیر پتانسی‌های زتا بر ایزوترم‌های جذب رنگرزی پیگمنت

جدول ۲ نشان می‌دهد که ثبات رنگی پارچه‌های پنبه‌ای رنگرزی شده با $31/39$ میلی‌ولت بیشتر از $0/46$ میلی‌ولت می‌باشد. هنگامی که پارچه به مقدار کافی ذرات پیگمنت با بار مثبت را جذب کند، مقداری بار مثبت بر روی سطح پارچه‌های پنبه‌ای ایجاد می‌شود و بنابراین، مقدار بیشتری از چسب با بار منفی نیز بوسیله پارچه‌های پنبه‌ای رنگرزی شده جذب می‌شوند که منجر به بهبود ثبات سایشی و شستشویی می‌شود.

پارچه‌های پنبه‌ای رنگرزی شده با $-31/39$ ، ثبات رنگ عالی نشان می‌دهند که می‌تواند به دلیل مقدار کم K/S آنها باشد.

جدول ۲. تاثیر پتانسیل‌های زتا بر ثبات شستشویی و سایشی پارچه‌های پنبه‌ای رنگرزی شده

Zeta potentials (mV)	K/S value	Rub fastness (grade)		Washing fastness (grade)	
		Dry	Wet	Color changing	Staining
-33.39	0.50	5	5	5	5
0.46	8.5	4	2-3	3-4	4
31.39	8.7	4	3	4	4-5



شکل ۵. تاثیر اندازه ذره بر (a) مقدار K/S و (b) سرعت رنگریزی

جدول ۵ نشان می دهد که ثبات رنگی پارچه های پنبه ای رنگریزی شده بوسیله C.I. P.B 15:3، C.I. P.R 122 و C.I. P.Y 74 می تواند نیاز نساجی را برطرف کند، در حالی که ثبات رنگ پارچه های پنبه ای رنگریزی شده بوسیله کربن سیاه نیاز دارد تا بوسیله تنظیم مقدار شرایط چسب و فرآیند بهبود یابد.

Samples	K/S value	Rub fastness (grade)		Washing fastness (grade)	
		Dry	Wet	Color changing	Staining
C.I. PB 15:3	8.7	4	3	4	4-5
C.I. PR 122	6.6	4	2-3	4	3-4
C.I. PY 74	3.7	4	3-4	4-5	5
Carbon black	5.3	2-3	2	4	5

جدول ۵. ثبات سایشی و شستشویی پارچه های پنبه ای با استفاده از دیسپرسیون های مختلف پیگمنت

نتیجه گیری

پتانسیل های زتا و اندازه ذرات فاکتورهای مهمی می باشند که می توانند بر روی عملکرد رنگریزی پیگمنت برای پارچه های پنبه تاثیر بگذارند.

هنگامی که پیگمنت با بار مثبت، دارای ذرات کوچکی بود، مقدار K/S، برداشت پیگمنت، ثبات سایشی و شستشویی بالا برای پارچه های پنبه رنگریزی شده بدست آورده شد. هنگامیکه پتانسیل های زتا حدود ۰/۴۶ میلی ولت و ۳۱/۳۹ میلی ولت بودند، ایزوترم جذب مربوط به نوع لانگمیرور بودند. ساختارهای شیمیایی پیگمنت تاثیر کمی بر روی برداشت پیگمنت دارد، در حالیکه در نرخ برداشت پیگمنت در مراحل اولیه تاثیر زیادی دارد.

می تواند این باشد که اندازه ذرات کوچکتر و انرژی سطح بزرگتر می باشد و بنابراین، نیروهای جذب قوی تر بین ذرات پیگمنت و پارچه های پنبه ای ایجاد می شود.

علاوه بر این، ذرات پیگمنت کوچک نیز می تواند لایه پوشاننده یکنواخت بر روی پارچه های پنبه ای شکل دهند. تمام دلایل فوق می تواند منجر به ثبات رنگی عالی شود.

Samples	Particle size (nm)	Zeta potentials (mV)
C.I. P.B 15:3	150.7	31.39
C.I. P.R 122	149.5	29.0
C.I. P.Y 74	152.1	33.4
Carbon black	159.1	30.3

جدول ۳. تاثیر پتانسیل های زتا بر ثبات سایشی و شستشویی پارچه های پنبه ای رنگریزی شده

رنگریزی پارچه های پنبه ای بوسیله دیسپرسیون های پیگمنت با ساختارهای مختلف شیمیایی

جدول ۴ اندازه ذرات و پتانسیل های زتا دیسپرسیون های پیگمنت بر پایه ساختارهای مختلف شیمیایی را نشان می دهد. می توان مشاهده کرد که تمام دیسپرسیون های پیگمنت تقریباً اندازه ذرات و پتانسیل های زتا مشابه به جز ساختار شیمیایی دارند. شکل ۵ منحنی سینتیکی دیسپرسیون های پیگمنت جهت رنگریزی پارچه پنبه را نشان می دهد.

همانطور که از شکل مشاهده می شود، تمام دیسپرسیون های پیگمنت، به ۹۸٪ برداشت پس از ۳۰ دقیقه دست می یابند اما نرخ برداشت های مختلف از ۰ تا ۳۰ دقیقه نشان می دهند. این نشان می دهد که ساختارهای شیمیایی پیگمنت ها می تواند مقداری تاثیر بر روی برداشت پیگمنت در مراحل جذب اولیه داشته باشد اما دیسپرس کننده ایجاد شده روی پیگمنت ها می تواند به کاهش تاثیر که جذب پیگمنت را تحت تاثیر قرار می دهد، کمک کند. علاوه، شکل ۵ نشان می دهد که برداشت پیگمنت عمدتاً بوسیله پتانسیل های زتا و اندازه ذرات پیگمنت ها تعیین می شود.

Samples	K/S value	Rub fastness (grade)		Washing fastness (grade)	
		Dry	Wet	Color changing	Staining
C.I. PB 15:3	8.7	4	3	4	4-5
C.I. PR 122	6.6	4	2-3	4	3-4
C.I. PY 74	3.7	4	3-4	4-5	5
Carbon black	5.3	2-3	2	4	5

جدول ۴. اندازه ذره و پتانسیل های زتا دیسپرسیون های پیگمنت بر پایه ساختارهای مختلف شیمیایی