رنگرزی چیپس نایلون۶

احسان دربهشتی[*1]، سید حسین امیرشاهی[**2]، محمد مرشد[3]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. دانشیار و عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳. دانشیار و عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده:

در این مقاله، رنگرزی چیپس نایلون۶ با استفاده از روش های متداول رنگرزی مورد مطالعه قرار گرفته و به بررسی خصوصیات سینتیکی این روش رنگرزی پرداخته شده است. نتایج حاصله از بررسی سرعت رنگرزی با استفاده از سه رنگزای متال کمپلکس ۲:۱ در این مقاله گزارش و مورد بررسی قرار گرفته است. ایزوترم جذب رنگزاهای مذکور بر روی چیپس پلی آمید ۶ نیز مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج حاصله نشان می دهند که ایزوترم جذب رنگزاهای مذکور روی چیپس نایلون ۶ از نوع فرندلیچ است .

واژگان کلیدی: چیپس نایلون ۶، رنگزای متال کمپلکس ۲:۱، سرعت رنگرزی، ایزوترم جذب فرندلیچ

مقدمه:

بر خلاف دیگر الیاف مصنوعی اگرچه الیاف نایلون از آغاز تولیدشان مشکل چندانی در یافتن رنگزاها و نحوه رنگرزی مناسب در رنگرزی نداشتند ولی وجود مشکلاتی در کسب ثباتهای عمومی بالا به خصوص در شیدهای تیره و مشکی، تولید کنندگان را به تهیه مواد خام رنگی و نهایتاً ذوب ریسی و تولید الیاف رنگی تشویق می نمود[۴-۱]. بطور کلی استفاده از سه روش تزریق رنگزا به درون مذاب پلیمر در حین پلیمر یزاسیون ، پوشش دهی چیپس خام با ذرات پیگمنت رنگی و رنگرزی چیپس با مواد رنگزای محلول در آب به منظور تولید چیپس رنگی نایلون گزارش شده است. از بین این سه روش، رنگرزی چیپس بدلیل مزایا و محاسن منحصر بفرد خود از جایگاه ویژه ای بر خوردار است[۳-۲]. اصطلاح رنگرزی چیپس بصورت انجام رنگرزی کلاسیک چیپس خام (سفید) در حمام رنگرزی مائی تعریف شده است. این روش که یکی از مهمترین روشهای رنگرزی جرمی می‌باشد برای اولین بار توسط شرکت هوخست آلمان و برای رنگرزی چیپس پلی استر مورد استفاده قرار گرفت، لکن بدلیل مشکلات ناشی از رنگرزی در خصوص پلیمر مذکور تداوم نیافت. سپس شرکت دوپونت امریکا ایده رنگرزی چیپس را برای نایلون۶ وبه میزان کمتر برای نایلون ۶۶ مجددا مطرح کرد و این روش را راهی جهت تولید الیاف رنگی با ویژگیهای منحصر بفرد و دارای خواص ثباتی بالا به ویژه در شید های تیره معرفی نمود[۳-۲].

از مزایای عمده فرآیند رنگرزی در شکل چیپس نسبت به فرآیندهای رنگرزی معمول می توان به عدم نیاز به مواد تعاونی در حمام رنگرزی، برخورداری از هزینه رنگرزی پایین تر، پایین بودن نسبتL:R حمام رنگرزی و در نتیجه آلودگی کمتر محیط زیست، عدم نیاز به کسب یکنواختی کامل رنگی در چیپسهای رنگرزی شده و حصول خواص ثباتی عالی در لیف رنگی تولیدی را اشاره کرد[۴-۳].

[*] مسوؤل مکاتبات، پیام نگار: ehsan_391@yahoo.com

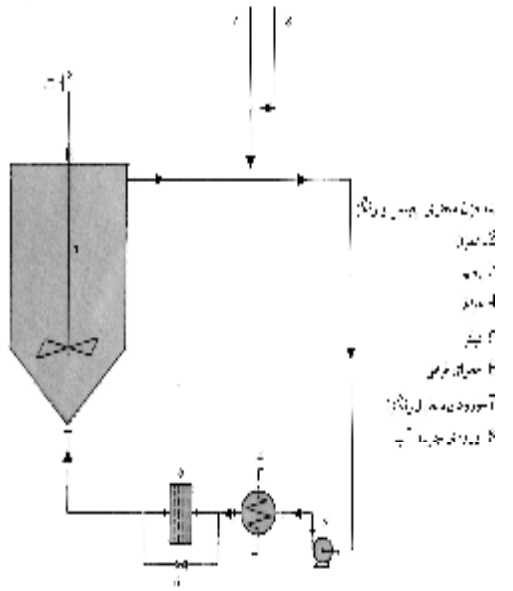
[**] آدرس فعلی: دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران

بر خلاف روشهای دیگر تولید چیپس رنگی که از پیگمنتها جهت تولیدمحصول رنگی استفاده می‌شود، در رنگرزی چیپس نایلون ۶ همانند روش های رنگرزی کلاسیک از دسته رنگزاهای محلول در آب مناسب استفاده می شود و لذا مات بودن ظاهر رنگی لیف که بدلیل وقوع

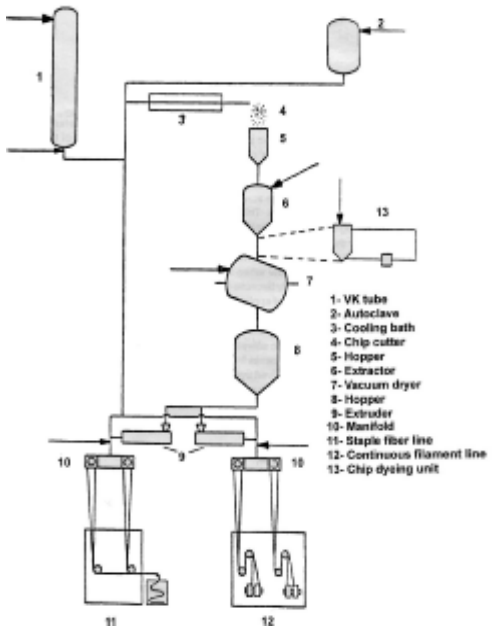
پدیده انتشار نور توسط ذرات پیگمنت در تولید لیف رنگی با استفاده از پیگمنتها رخ می دهد در الیاف رنگی تولیدی به روش رنگرزی چیپس حاصل نمی شود. در رنگرزی چیپس نایلون ۶ به جهت کسب ثباتهای عمومی بالا به خصوص در شیدهای تیره، عمدتاً از دسته رنگزاهای متال کمپلکس (کمپلکس فلزی) کروم ۲:۱ با بنیان آزو و آنتراکینون استفاده می‌شود هرچند استفاده از رنگزاهای دیسپرس و مستقیم انتخابی نیز در مواردی پیشنهاد شده است. خصوصیات مهم این رنگزا ها پایداری بالا در دما و زمان طولانی ذوب ریسی، دارا بودن ثباتهای عمومی بالا و عدم تأثیر روی قدرت مذاب پلیمردر حین فرآیند ذوب ریسی می باشد[۵-۶و۳].

رنگرزی را می‌توان در دمای ۱۰۰°C و بمدت ۴ ساعت در محیط اسیدی ضعیف (حدود۵=pH) انجام داد. با افزایش دما، زمان عملیات کاهش می‌یابد. بهترین رمق کشی از حمام رنگرزی هنگامی حاصل می‌شود که رنگرزی تحت فشار و در دمای ۱۳۰°C و بمدت ۲ ساعت صورت گیرد. برای کسب شیدهای روشن این زمان تا حدود۱ ساعت کاهش می یابد[۶و۳].

شکل۱ خط فرآیند رنگرزی چیپس بصورت شماتیک و شکل ۲ فرآیند ذوب ریسی نایلون ۶ و محل ورود چیپسهای رنگرزی شده به آن را بصورت ساده نشان می دهد.



شکل۱- فرآیند رنگرزی چیپس نایلون۶ به صورت شماتیک[۴].



شکل۲- فرآیند ذوب ریسی نایلون۶ و محل ورود چیپسهای رنگرزی شده به آن[۱].

سرعت رنگرزی در واقع بررسی تغییرات غلظت رنگزا در درون لیف نسبت به زمان است. برای توضیح سرعت رنگرزی منحنی های مختلفی مانند رسم مقدار رمق کشی در برابر زمان، رسم مقدار رنگزای موجود روی کالا در برابر زمان و رسم مقدار رنگزای نفوذ کرده در واحد زمان به غلظت رنگزا درون کالا در حالت تعادل در برابر زمان مورد استفاده قرار می گیرند. بعلاوه برای بیان سرعت از زمان نیمه رنگرزی ($t_{1/2}$) نیز استفاده می شودکه در واقع به زمانی اشاره می کند که نصف رنگزا در مقایسه با حالت تعادل توسط کالا جذب گردیده است. از مهمترین ویژگی های بیان سرعت بصورت زمان نیمه رنگرزی آنست که بطور همزمان سرعت و تعادل مورد توجه قرار می گیرد. روش تعیین $t_{1/2}$ بر مبنای بدست آوردن غلظت رنگزای جذب شده توسط لیف در حالت تعادل (C_∞) است. در حالت تعادل تغییری در غلظت رنگزا در درون کالا و حمام رنگرزی صورت نمی پذیرد و لذا تعیین زمان تعادل روش طولانی و زمان بر می باشد[۷].

از سوی دیگر هدف از رسم ایزوترم های جذب، مطالعه نحوه تغییرات غلظت رنگزا در لیف و حمام رنگرزی و ارتباط این دو با یکدیگر است. در بررسی ایزوترم جذب رنگزاهای متال کمپلکس ۲:۱ بر روی نایلون، در غلظتهای پایین مقدار جذب رنگزا روی کالا بسیار بالاست. در این ناحیه ایزوترم جذب از معادله لانگ میور پیروی می کند. درغلظتهای بالا ایزوترم دارای روند صعودی کمتری می گردد و از معادله نرنست

پیروی می کند. در نتیجه می توان گفت شکل ایزوترم مورد نظر در حالت نهایی تلفیقی از دو شکل یاد شده بوده و در واقع از معادله فرندلیچ پیروی می کند که البته درغلظتهای بسیار بالا این معادله صادق نمی باشد[۷].

در این مقاله، با استفاده از مواد رنگزای متال کمپلکس ۲:۱ به بحث در مورد سینتیک رنگرزی چیپس نایلون ۶ پرداخته شده است و نتایج حاصله از آزمایشات سرعت رنگرزی و ایزوترم جذب مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته اند.

تجربیات:

- **وسایل و مواد مورد استفاده:**

در این تحقیق از چیپس نایلون ۶ از نوع شفاف حاوی ۰۳/٪ دی اکسید تیتانیوم ساخت شرکت الیاف تهران و رنگزاهای متال کمپلکس ۲:۱ با اسامی تجاری Lanyl Red B، Lanyl Brilliant Blue BG و Lanyl Yellow GG ساخت شرکت سوبیتومو استفاده شد. همچنین از دستگاه اسپکتروفتومتر انتقالی با نام تجاری Carry 3 ساخت شرکت Varianجهت اندازه گیری مقادیرجذب پسابها استفاده گردید.

- **روش انجام آزمایش ها:**

در ابتدا طول موج حداکثر جذب هریک از سه رنگزا با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد. سپس محلولهایی با غلظتهای مختلف از این رنگزاها تهیه و میزان جذب آنها اندازه گیری گردید و با استفاده از اطلاعات حاصله نمودار کالیبراسیون هر رنگزا رسم و معادله خط رگرسیونی طبق قانون بیر- لامبرت با استفاده از رابطه (۱) تعیین گردید.

$$A = \alpha C \qquad (۱)$$

که در آن A مقدار جذب محلول و α شیب خط و C غلظت محلول است.

برای انجام آزمایشات سرعت رنگرزی، رنگرزی با سه رنگزای ذکر شده بطور جداگانه در دمای جوش و مدت زمان ۴ ساعت صورت گرفت. وزن کالا ۲ گرم و L:R برابر ۱:۳۰ و مقدار رنگزای مصرفی ۱٪ بر اساس وزن کالا بود و pH حمام در محدوده ۵،۵- ۵ کنترل گردید. از کلیه محلول های رنگی قبل از ورود کالا نمونه گیری بعمل آمد و پس از آن کالا در دمای جوش وارد حمام شد. آنگاه نمونه گیری از پساب در ۲۰ دقیقه اول هر ۲ دقیقه، در ۴۰ دقیق دوم هر ۵ دقیقه و در ۶۰ دقیقه سوم هر۱۰ دقیقه و در ۱۲۰ دقیقه چهارم هر۲۰ دقیقه انجام پذیرفت. برای به حداقل رساندن اثر تغییرات در L: R حمام ها بعد از هر نمونه گیری از پساب به همان میزان آب با درجه حرارت برابر با دمای حمام رنگرزی به حمام اضافه شد. بعد از تهیه نمونه های لازم از پساب حمامهای فوق، میزان جذب آنها در طول موج حداکثر جذب برای هر سه رنگزا اندازه گیری شد. سپس با استفاده از رابطه (۱) میزان غلظت رنگزای باقی مانده در حمام ها در هر بار نمونه گیری تعیین گردید. آنگاه با استفاده از روابط(۲) تا (۴)، به ترتیب مقادیر درصد رمق کشی ($E\%$)، مقدار غلظت رنگزای نفوذ کرده در کالا در زمان t به غلظت رنگزا در درون کالا در حالت تعادل (C_t/C_∞) و مقدار رنگزای موجود در کالا بر حسب mg/g (C_f) برای هر رنگزا بطورجداگانه تعیین گردید ونمودارهای مربوطه رسم گردید.

$$E\% = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن A_0 مقدار جذب محلول اولیه و A_f مقدار جذب پساب در زمانهای ذکرشده است.

$$\frac{C_t}{C_\infty} = \frac{m_t}{m_\infty} \qquad (۳)$$

که m_t غلظت رنگزای جذب شده توسط لیف در زمان t به میلی گرم بر گرم لیف و m_∞ غلظت رنگزای جذب شده توسط لیف در زمان تعادل به میلی گرم بر گرم لیف می باشند.

$$C_f\,(mg/g) = m_0 - m_t \qquad (۴)$$

که در آن m_0 غلظت رنگزا در حمام در آغاز رنگرزی و m_t غلظت رنگزای باقی مانده در حمام در زمان t می باشند.

برای تعیین زمان نیمه رنگرزی از روی نمودار C_t/C_∞ در مقابل زمان، مقدار $\frac{C_t}{C_\infty} = 0.5$ تعیین و زمان متناظر با آن بدست آمد و نهایتاً طبق رابطه (۵) مقدار ثابت سرعت یعنی k بدست آمد.

$$C_t = k\sqrt{t} \qquad (۵)$$

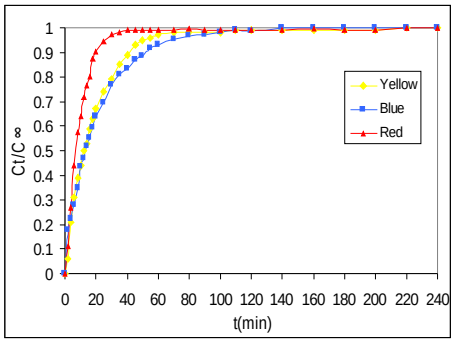
در آزمایشات مربوط به تعیین ایزوترم جذب، رنگرزی با رنگزای قرمز در ۸ غلظت مشخص و در دمای ثابت $۱۰۰^{o}C$ بمدت ۲۴ ساعت صورت گرفت و مقدار C_f بر حسب (mg/g) و مقدار C_s (غلظت رنگزای باقی مانده در حمام رنگرزی بر حسب (mg/lit) طبق روابط (۱) و (۴) تعیین گردید و نهایتاً طبق منحنی های برازش شده برنتایج حاصله و مطابق روابط (۶) و (۷) مقدار K (ثابت ایزوترم فرندلیچ) محاسبه گردید.

$$[C]_f = K[C]_s^x \qquad (۶)$$

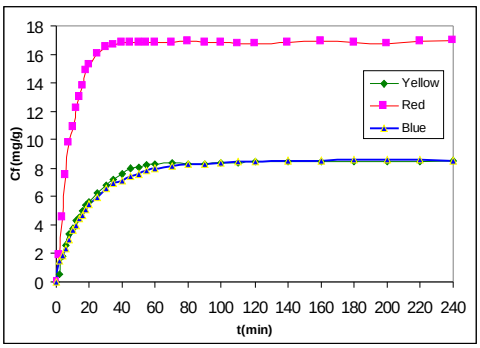
$$\log[C]_f = \log(K) + x\log[C]_s \qquad (۷)$$

نتایج

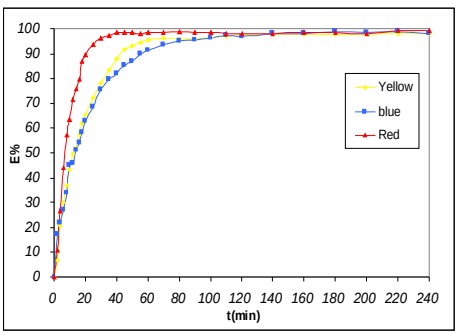
شکل های شماره ۱ تا ۳ منحنی های سرعت رنگرزی و جدول ۱ مقادیر زمان نیمه رنگرزی را برای سه رنگزای مصرفی نشان می دهند.



شکل۱- نمودار C_t/C_∞ در برابر زمان



شکل۲- نمودار C_f در برابر زمان



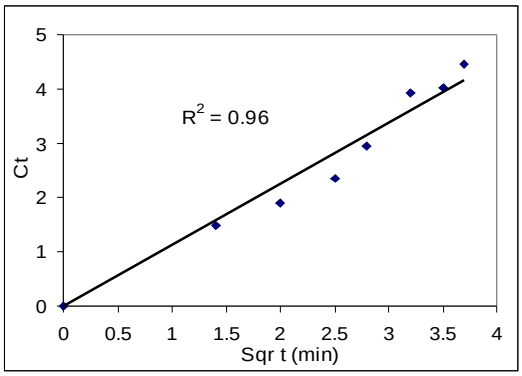
شکل ۳- نمودار E% در برابر زمان

جدول ۱: زمان نیمه رنگرزی برای سه رنگزای بکار رفته

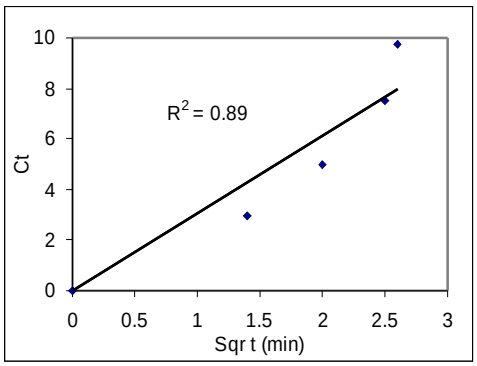
Dye	Lanyl Red B	Lanyl Brill. Blue BG	Lanyl Yellow GG
$t_{1/2}$(min) →	۷	۱۴	۱۲

از آنجا

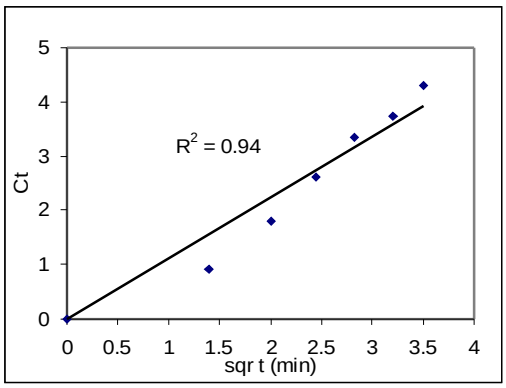
که رسم غلظت رنگزا در برابر مجذور زمان تا قبل از زمان نیمه رنگرزی از یک رابطه خطی پیروی می نماید در شکل های شماره ۴ تا ۶ این موضوع مورد بررسی قرار گرفته است[۷]. همانگونه که مشاهده می گردد این رابطه با انحراف کمی در هر سه رنگزا صادق بوده است. محاسبه شیب خطوط رسم شده که ثابت سرعت (k) را نشان می دهند در جدول شماره ۲ درج گردیده اند.



شکل۴- منحنی C_t در برابر مجذور زمان برای رنگزای آبی



شکل۵- منحنی C_t در برابر مجذور زمان برای رنگزای قرمز



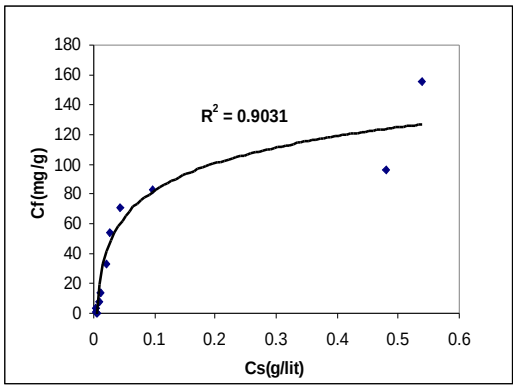
شکل۶- منحنی C_t در برابر مجذور زمان برای رنگزای زرد

جدول۲- مقادیر ثابت سرعت (شیب خط) برای سه رنگزای مصرفی

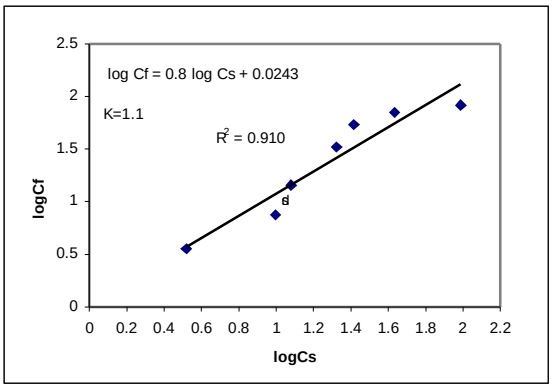
Dye	Lanyl Red B	Lanyl Brill. Blue BG	Lanyl Yellow GG
ثابت سرعت(k)	۳/۱	۱/۱۳	۱/۱۲

با توجه به نتایج حاصله از منحنی های سرعت رنگرزی و نیز ثابت سرعت رنگرزی می توان نتیجه گرفت که رنگزای قرمز از سرعت بالاتری نسبت به دو رنگزای دیگر برخوردار است.اگر چه این امر در مورد رنگرزی کلاسیک الیاف نایلون می تواند به عنوان یک نکته منفی به حساب آید، ولی در مورد رنگرزی چیپس بدلیل عدم نیاز به کسب یکنواختی رنگی بالا بودن سرعت رنگرزی یک ویژگی مثبت شمرده می شود.

در شکل شماره ۷ نیز ایزوترم جذب رنگزای قرمز و در شکل ۸ فرم لگاریتمی آن به همراه مقدار K (ثابت ایزوترم) نشان داده شده است.



شکل۷– ایزوترم جذب رنگزای قرمز



شکل۸– شکل لگاریتمی ایزوترم جذب رنگزای قرمز

همانگونه که در شکل ۷ مشاهده می گردد ایزوترم جذب رنگزای مذکور به شکل محسوسی به معادله فرندلیچ نزدیک بوده و با استفاده از شکل لگاریتمی آن (شکل ۸) امکان محاسبه ثابت ایزوترم (K) به سادگی میسر است.

علت کسب ایزوترم جذب فرندلیچ به نحوه جذب و نگهداری رنگزا توسط چیپس نایلونی مربوط می گردد زیرا در جذب ماده رنگزای متال کمپلکس ۲:۱ توسط کالا علاوه بر نیروهای یونی وهیدروژنی، نیروهای واندروالس نیز در جذب رنگزا دخالت دارندکه علت آن به بزرگ بودن اندازه مولکول رنگزای متال کمپلکس بر می گردد.

نتیجه گیری نهایی

در این مقاله امکان رنگرزی چیپس نایلون ۶ با استفاده از رنگزاهای متال کمپلکس ۲:۱ مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که رنگرزی این پلیمر در چنین شکلی به سادگی میسر است. نتایج حاصله از اندازه گیری سرعت رنگرزی و ایزوترم جذب نشان دهنده شباهت های بسیار بین رنگرزی چیپس و لیف پلی آمیدی است اگرچه آزمایشاتی که در حال انجام هستند تفاوت هایی را از حیث سرعت نفوذ در دو حالت مذکور نشان می دهند که به دلیل محدودیت در حجم گزارش از مقایسه این دو روش خودداری شده است. نتایج این تحقیق نشان می دهند که جذب ماده رنگزا توسط چیپس پلی آمید ۶ بدون نیاز به هیچ ماده تعاونی و تنها با تنظیم pH به سادگی میسر است.

مراجع:

1. Clarke, G., “A Practical Introduction to Fiber and Tow Coloration”, SDC Publishers, Bradford, 1982.
2. Ackroyd, P., “The Mass Coloration of Man-Made Fibers”, Review Progress of Coloration and Related Topics, Vol.5, pp.86-100, 1974.
3. Ciba-Geigy, “A Method of Dyeing Synthetic Polyamide Spinning Composition”, British Patent, GB 1264191, February,1972.
4. Love,G., **“**A Conventional Dyeing: Dyeing of Polyamide Chips in Bath”, Textilia, No.4, April, pp.27-29, 1980.
5. Ciba-Geigy, “Bulk Dyeing Polyamide with Anthraquinone Dyestuffs”, British Patent, GB 1208402, October, 1968.
6. Sriva and Stava, J.K., “Effect of Cross Section on Mass Colored Polyamide 6 Yarn”, Colourage, pp.19-22, 1988.
7. Cegarra, K., Puento,P., and Valldeperas,K., “The Dyeing of Textile Material”, Textilia,Viella, 1998.