شیمی نساجی

# رنگ‌هایی به رنگ طبیعت

Natural Colors

ترجمه: مهندس آزاده موحد

طبیعت انسان به گونه ای است که مدام در پی زیبایی‌هاست. مصرف کنندگان بیشتر از آن که به دنبال کاربرد پوشاک و منسوجات خانگی باشند، به ظاهر و رنگ آن ها اهمیت می‌دهند. تا به امروز بیشتر رنگ‌های به کار رفته در منسوجات، رنگزاها و مواد تعاونی شیمیایی بوده است. درحال حاضر ۱۰۰۰۰۰ رنگزای بشرساخت در دسترس است که حدود ۱۰۰۰۰ تای آن ها دارای کاربردی رایج می باشند. البته هر یک از رنگزاهای بشرساخت تا حد زیادی دارای اثرات منفی بر روی محیط زیست می باشند.

مردم عقیده دارند که ایجاد ظاهری زیبا در محصولات نساجی و پوشاک به قیمت آسیب به محیط زیست تمام می شود،اما به نظر می رسد که با پیشرفت تکنولوژی این نظریه منتفی گردد.

در طبیعت، آب و کوهها سبز رنگ هستند بدون آن که رنگ آمیزی شده باشند. همچنین می توانیم رنگ های مختلفی را در پرندگان و پروانه ها مشاهده کنیم. رنگ های طبیعی چگونه ایجاد شده اند؟ این همان چیزی است که ما به دنبال آن هستیم.

اگر با دقت به رنگ ها نگاه کنیم درمی یابیم که رنگ ها با تغییر زاویه ی دید و نور خورشید تغییر می کنند. در طبیعت رنگ ها از رنگ های پیگمنتی یا رنگدانه ای و رنگ های ساختاری تشکیل می شوند. رنگ های پیگمنتی بر اساس جذب انتخابی نور عمل می کنند در حالی که رنگ های ساختاری توسط بازتاب انتخابی ایجاد می شوند که از پاشش، پراکندگی، تداخل و پراش ناشی می شود. با پیشرفت تکنولوژی و الهام از طبیعت می توان به راز رنگ ها دست یافت و به الیاف و منسوجات رنگ، درخشندگی و تنوع بخشید.

## رنگرزی با کریستال نانوفوتونی

رنگ های متغیر پر طاووس باعث می شود که این پرها دارای جلای فلزی شوند و بدرخشند. زمانی که از نزدیک به پر طاوس نگاه کنید و زاویه ی دید خود را از یک سو به سویی دیگر تغییر دهید متوجه خواهید شد که رنگ آن از آبی–سبز به زرد–نارنجی تغییر خواهد کرد. این همان چیزی است که رنگ آمیزی بر اساس ساختار فیزیکی را نسبت به رنگرزی با مواد شیمیایی، منحصر به فرد و به نوعی دارای جذابیتی جادویی می کند.

مطالعه ی ساختار پر طاووس الهام بخش موسسه ی تکنولوژی پوشاک پکن شد و آن ها را به سوی کشف تکنولوژی های نوری و فیزیکی برای ایجاد رنگ های خاص با کریستال های نانوفوتونی هدایت کرد.

وضعیت تجمعی بلورهای فوتونیکی کراتین ریشه های پر طاووس(ریشه رگه هایی است که ساختمان صفحه ای پر را تشکیل می دهد) باعث ایجاد یک ساختار دو بعدی دوره ای می شود که در موج های مشخصی از سطح بازتاب نوری شدیدی از خود نشان می دهند و این امر منجر به تشکیل طیف های رنگی مختلفی می گردد.

تحقیقات بر روی طیف مادون قرمز نشان داد که اجزای شیمیایی پر طاووس در مناطق زرد و آبی تفاوت چشمگیری ندارند. این موضوع ثابت می کند که اساس رنگ های پر طاووس رنگرزی پیگمنتی یا رنگدانه ای نیست بلکه این رنگ ها از طریق ساختار خود پر ایجاد می شوند. با استفاده از میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۱۰۰ به وضوح می توان مشاهده کرد که پرها در زیر منبع نوری سفید، رنگی هستند. این رنگ ها با تغییر زاویه ی دید مشاهده کننده از زرد روشن تا سبز تیره تغییر می کنند. همچنین با بزرگنمایی ۵۰۰ می توان مشاهده کرد که ریشه های کوچک پر دارای جلای فلزی با یک لایه ی شفاف بر روی سطح هستند که ساختار "بخشی" را ارائه می دهند.

مشاهده ی پرها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی پویشی با بزرگنمایی ۲۰۰ نشان می دهد که میانگین قطر محوری ریشه های کوچک ۸۰–۵۰ میکرومتر و میانگین طول هر بخش ۳۰ تا ۴۰ میکرومتر است. البته این شکل بیرونی عامل مهمی در ایجاد رنگ نیست. رنگ آمیزی شیارهای کوچک مربوط به مکانیزم ساختارهای کوچک تر می باشد.

مشاهده ی ریشه ها توسط میکروسکوپ الکترونی پویشی با بزرگ نمایی ۱۵۰۰، ۸۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۵۰۰۰ نشان می دهد که درون ریشه ها لایه های کراتین وجود دارد. قطر این الیاف پروتئینی بسیار نازک به ۱۶۰–۱۵۰ نانومتر نیز می رسد. نحوه ی آرایش آن ها باعث ایجاد بلورهای فوتونیکی لیفی با ضخامت یکسان و ساختار شفاف می شود که در راستای محور ریشه های کوچک قرار می گیرند. نوردهی توسط یک پرتو نوری باعث تداخل و برهم نهی فوتون ها می شود که مشابه عبور نور سفید از درون یک منشور مثلثی و تجزیه ی آن به ۷ رنگ تشکیل دهنده می باشد.

چنین ساختار میکروسکوپی بلورهای فوتونیک در پر طاووس نور را به شدت منعکس کرده و در زوایای مختلف نور رنگ های مختلفی را ایجاد می کند. آرایش کراتین ها و برهم نهی لایه ها در پر، رنگ های مختلف پر طاووس نظیر زرد، سبز، آبی، قهوه ای و غیره را تعیین می کند. تداخل ناشی از الیاف پروتئینی بلوری باعث می شود تا مخلوقات بی رنگ زیبا به نظر برسند.

رنگی بودن پرهای بسیاری از پرندگان به ساختار نانویی–میکرویی داخل پرها مربوط می شود. این ساختار نشان می دهد که آرایش زیرلایه های نانولیفی دارای نظم و قاعده و تناوب مشخصی بوده که در نتیجه ی آن عملکردهای فوق العاده و شگفت انگیزی از خود نشان می دهد.

## اکتشافات علمی

در زمان های قدیم چینی ها از رنگ های منحصر به فرد پر طاووس برای رنگرزی منسوجات استفاده می کردند. پارچه های ابریشمی با طرح ابر مثال خوبی در این رابطه است. بافندگان طی فرایند خاصی پرهای طاووس را به نخ تبدیل می کردند و آن را به منسوجات می افزودند. این عملیات رنگی شفاف و متغیر در منسوج

به وجود می آورد که با گذشت زمان نیز کم رنگ نمی شد. رنگ منسوجات رنگرزی شده با پیگمنت ها پس از دفن شدن در خاک کم رنگ می شد اما منسوجات حاوی پر طاووس چنین نبود.

مطالعه بر روی رنگ های پر طاووس و تکنولوژی الهام از طبیعت ممکن است نور امیدی برای محققان باشد. در رنگرزی ساختاری از شدت نور کاسته نمی شود و رنگ های ایجاد شده بسیار درخشان و حتی دارای جلای فلزی هستند. رنگرزی با پیگمنت ها بسته به ساختار شیمیایی تغییر می کند و ممکن است رنگ منسوج عوض شده و یا از بین برود در حالی که رنگ های ایجاد شده در رنگزی ساختاری مادامی که نرخ انکسار و سایز مواد اولیه تغییر نکند، از بین نمی روند. تکنولوژی رنگرزی ساختاری با الهام از طبیعت انقلابی در صنعت چاپ و رنگرزی منسوجات ایجاد خواهد کرد.

ساختار نانویی ری‌شه های پر طاووس به صورت دستی قابل تقلید است، برای ایجاد رنگ های خاص مکانیزم رنگرزی ساختاری نانودوره ای در صنعت الیاف به کار گرفته شد. رنگ های ایجاد شده علاوه بر این که درخشان است و هرگز از بین نمی رود، به محیط زیست نیز آسیبی نمی رساند. همچنین می توان با تولید ماشین های چاپ نانو بر پایه ی تئوری فوق، تصویرهای رنگی را بدون استفاده از پیگمنت ها روی کالا ایجاد کرد.

کمپانی ژاپنی تیجین بر اساس تئوری تداخل نوری و با مطالعه ی سطح بال های پروانه، الیاف خود رنگ Morphotex را تولید کرده است. تولید این الیاف لمینت شده از طریق نانوتکنولوژی ممکن گشت و برای ایجاد رنگ های نوری، ضخامت لایه در حد و اندازه ی نانویی کنترل شد. این تکنولوژی با الهام از ساختار میکروسکوپی پر پروانه ایجاد شد. فیلم های نازک ۷۰ نانومتری که از نایلون یا پلی استر تشکیل شده اند متناوبا به تعداد ۶۱ ورقه لایه گذاری می شوند و با کنترل دقیق ضخامت لایه بر اساس طول موج مرئی رنگ ها ایجاد می شوند.

چنانچه ترکیب پلیمری به دقت و با تعداد کافی از لایه ها انتخاب شود، رنگ این الیاف از روشن به تیره تغییر می کند ، در تئوری هر رنگی را می توان به دست آورد.

کمپانی آمریکاییMeadowbrookInventions نیز الیاف Angelina را تولید کرده است که از طریق تداخل نوری غشایی، رنگ لمینتی ایجاد می کند. این الیاف معمولا الیاف کوتاه هستند و از فیلم پلی استر و پلی آمید تشکیل می شوند. فیلم لایه گذاری از ۲۰۰ لایه ی متشکل از دو یا چند پلیمر تشکیل شده است و با تغییر نرخ انکسار و ضخامت پلیمر، تداخل نوری و رنگ های لمینتی مختلفی ایجاد می کند. می توان روی این الیاف روکش فلزی ایجاد کرد و رنگ های مختلفی نظیر طلایی، نقره ای و صدفی به آن ها بخشید، همچنین این الیاف به هر دو صورت صاف و مجعد وجود دارند. الیاف فوق دارای خاصیت رسانایی الکتریکی هستند و مانند الیاف Morphotex به حرارت و رطوبت حساسند و بنابراین برای منسوجات فاقد فرایندهای حرارتی و رطوبتی مناسب هستند.

فیلم های رنگ شده بر مبنای روش ساختاری ترکیبی از فیلم های تک لایه و یا چندلایه می باشند. افکت رنگرزی فیلم تک لایه چندان رضایتبخش نیست و بیشتر این فیلم ها با فلز روکش دهی می شوند و به عنوان فیلم های منعکس کننده کاربرد دارند. ترکیب فیلم های چند لایه می تواند رنگ های مختلفی به وجود آورد. در حال حاضر فیلم های رنگرزی شده به روش ساختاری بیشتر در دکوراسیون، مارک های تجاری و تبلیغات به کار می روند و کمتر در منسوجات استفاده می شوند.

فرایند پوشش دهی منسوجات عبارت است از به کارگیری یک یا چند لایه فیلم پلیمری بر روی پارچه ی مبنا. چنانچه فیلم تشکیل شده دارای ضخامت مناسب بوده و نرخ انکسار پلیمر نیز متوسط باشد می تواند تداخل نوری و در نتیجه رنگ ایجاد کند. بنابراین پارچه های پوشش دهی شده ی خاص می توانند تداخل رنگی به وجودآورند. در این پارچه ها با تداخل فیلم ها رنگ ایجاد می شود، ضخامت فیلم نیز از ضخامت الیاف بیشتر است. چنانچه با روش فوق مسایل مربوط به آرایش و شکل گیری در جهت مناسب، حل شود انتظار می رود در آینده نانوالیاف بشرساخت که از رنگرزی ساختاری پرهای طاووس الهام می گیرند، مزایای زیادی را برای زندگی بشر به ارمغان بیاورند.

## مکانیزم های رنگرزی طبیعی

### پاشش

پاشش ساده ترین روش در رنگرزی ساختاری است. بسیاری از مواد قادر به انجام این فرایند هستند، قطره ی آب در هوا ساده ترین مثال آن است. جواهرات و سایر مواد مشابه می توانند در هنگام انعکاس، پاشش ایجاد کنند برای مثال الماس دارای میزان پاشش بسیار بالایی می باشد و هنگام چرخش برق رنگارنگ و جذابی را ایجاد می کند. چنانچه بعضی از این گونه مواد را به صورت اجزای ریز داخل منسوجات قرار دهیم می توانیم با مکانیزم پاشش رنگ های رنگین کمان را به وجود آوریم.

### پراکندگی

موجودات در طبیعت از طریق پراکندگی از راه ذرات ریز موجود در سطح خود رنگ ها را به وجود می آورند. آن ها بر اساس سایز و شکل ذرات، رنگ های آبی یا سفید ایجاد می کنند. برای مثال ریشه های کوچک موجود بر روی پر کلاغ زاغی آبی روی هم افتاده اند و با قلابی که روی سطح جانبی ریشه های واقع شده است بر روی بافت قرار می گیرند. پوشش خارجی ریشه ها بی رنگ و شفاف است و ضخامت آن ۱۰ میکرومتر می باشد. در زیر این پوشش سلول های جعبه ای شکل قرار می گیرند. این پوشش حاوی مقادیر زیادی کیسه هوای بی قاعده با اندازه های بین ۳۰۰–۳۰ نانومتر است و دارای قابلیت بالایی در پراکندگی نور می باشد. ریشه ها از طریق پراکندگی رایلی(نوعی پراکنش کشسان نور یا سایر امواج الکترومغناطیس است که به وسیله ذرات کوچکتر از طول موج، حتی اتم‌ها یا مولکول‌ها اتفاق می‌افتد) رنگ آبی تولید می کنند.

### تداخل

تداخل همان ظهور متناوب نوارهای تیره و روشن در هنگام تلاقی دو منبع نوری همدوس در فضا می باشد. نوارهای تداخلی بر اساس موقعیت و فاصله ی خود یک تغییر دوره ای را ایجاد می کنند. در تداخل فیلم، کف صابون، لایه ی روغن بر روی آب و بعضی حیوانات خاص رنگین کمان ایجاد می شود. این تداخل نوری تن های رنگی بسیار خالص و شفاف و دارای جلای فلزی ایجاد می کند. پر بسیاری از پرندگان بسته به نرخ انکسار، شکل و ضخامت اجزای روی پر رنگ های مختلفی را به وجود می آورد.

### پراش

پراش به انحراف نور و پخش شدن آن در راستای خطوط مستقیم در هنگام برخورد به یک مانع می گویند. رنگ های پراش بر اساس فاصله ی بین دو لایه و تغییر زاویه ی دید مشاهده کننده تغییر می کند.

اوپال طبیعی و کریستال دو ماده ی مهم هستند که دارای خاصیت پراش می باشند.


ماخذ:

Gong Yan,"Colors of Nature", ATA Journal for Asia Textile & Apparel, Dec 2011/Jan 2012, Page 28