درمان‌های طبیعی برای مشکلات موجود در رنگرزی منسوجات

پس از گذار از مرحله استفاده از رنگزاهای بر پایه گیاهان و حیوانات به استفاده از رنگزاهای مصنوعی اکنون مجددا تقاضا برای رنگزاهای زیست پایه و غیرسمی افزایش یافته تا ضمن افزایش عملکرد محصول نهایی اثرات زیست محیطی آن نیز کاهش پیدا کند.

در مورد خطرات میکروپلاستیک‌های حاصل از الیاف نساجی که وارد محیط زیست می شوند بسیار صحبت شده است اما در مورد رنگزاها چطور؟ بیشتر این رنگزاها از مشتقات نفتی بوده و اثرات نامطلوبی بر روی محیط زیست به جا می گذارند.

در حالی که توجه مصرف کنندگان به لیبل های منسوجات روز به روز بیشتر می شود تا از پایداری تولید محصول خریداری شده اطمینان حاصل کنند و در مورد محتوای الیاف و کشور تولیدکننده آن آگاهی یابند، تعداد کمی به منشا رنگزاها و مواد شیمیایی به کاررفته در تولید پوشاک توجه نشان می دهند.

رنگ یک ویژگی ذاتی در منسوجات به شمار می‌رود به ویژه در منسوجات خانگی و پوشاک که زیبایی بصری مهم‌ترین ویژگی آنهاست.

با این حال رنگزاهای مصنوعی به طور گسترده ای در نساجی و سایر صنایع مورد استفاده قرار می گیرند. سرنوشت نهایی این رنگزاها پساب‌ها بوده که یک تهدید جدی برای زنجیره‌های غذایی، سلامت انسان و همچنین محیط زیست می‌باشند.

برای هزاران سال از پیگمنت های طبیعی برای رنگرزی منسوجات استفاده می‌شد. رنگ ماوین که با نام بنفش آنیلین یا ماو پرکین نیز شناخته می‌شود، نخستین رنگزای مصنوعی در جهان بود که توسط ویلیام هنری پرکین در سال ۱۸۵۶ کشف و سریعا منجر به ایجاد صنعت جهانی رنگزاها در جهان شد.

از آن زمان به بعد بیش از ۱۰۰۰۰ نوع مختلف از رنگزاها سنتز شده اند. در حال حاضر تولید سالانه رنگزاها در جهان یک میلیون تن در بازاری با ارزش سالانه حدود ۴۰ میلیارد دلار تخمین زده می شود.

صنایع نساجی بزرگ ترین مصرف کننده رنگزاهای مصنوعی در جهان است و ۸۰ درصد کل رنگزاهای تولید شده در این صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر آن سالانه حدود ۷۰ میلیارد تن پساب آلوده به رنگزاها توسط این صنعت تولید می شود.

آلودگی پساب‌ها

مهم‌ترین چالش‌های موجود در فرایند رنگرزی منسوجات استفاده از مواد شیمیایی مضر و آلودگی پساب‌هاست.

بسیاری از رنگزاهای مصنوعی حاوی مواد تشکیل دهنده خطرناک مانند فلزات سنگین، آمین های آروماتیک و ترکیبات بر پایه فرمالدهید می‌باشند. همچنین شواهدی وجود دارد که بسیاری از این مواد سمی، سرطان‌زا و یا جهش‌زا هستند.

مطالعات دیگر نشان می‌دهد که ۸۰ درصد پساب های صنعتی حاوی رنگزاها که در کشورهای با درآمد پایین و متوسط ایجاد می‌شوند به صورت عمل نشده وارد آبراه ها شده و یا در آبیاری مورد استفاده قرار می گیرند که به طور مستقیم یا غیر مستقیم تهدیدی برای سلامت انسان ها، حیوانات و کره زمین به شمار می‌روند.

بر اساس برآوردها چین، هند و بنگلادش مجموعا باعث ایجاد حدود ۳/۵ میلیارد تن پساب های نساجی در سال هستند.

رنگزاهای عمل نشده می‌توانند باعث تغییر رنگ آب ها و کاهش میزان نور مریی عبوری از لایه سطحی شده و مانع از فرایند فتوسنتز که برای گیاهان آبی ضروری است، شوند.

زمانی که ریزجلبک‌ها که پایه زنجیره غذای آبی را تشکیل می‌دهند، در معرض رنگزاهای مصنوعی قرار می‌گیرند، رشد آنها متوقف شده و دچار تغییرشکل سلولی می شوند. در ضمن رنگزاها می توانند به تدریج وارد آبشش، خط جانبی و مغز ماهی‌ها شوند که منجر به ایجاد اثرات سمی و کاهش نرخ تولیدمثل می‌شود.

رنگزاهای سمی همچنین می توانند در بافت‌های ماهی‌ها تجمع کنند که باعث می‌شود سلامت انسان‌ها و حیوانات موجود در زنجیره غذایی به خطر بیفتد.رنگزاها بر روی خشکی می‌توانند باعث برهم خوردن تعادل میکروبی خاک و انسان‌ها شوند. قرارگیری در معرض این رنگزاها منجر به آلرژی، آسم و بیماری‌هایی نظیر درماتیت و اختلال در سیستم عصبی مرکزی و همچنین اختلال در عملکرد اندام و افزایش ریسک ابتلا به سرطان می‌شود.

بسیاری از رنگزاها را می توان با استفاده از فناوری های نوظهور فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و فیلتراسیون بر پایه غشا و در مقیاس نانو از پساب‌ها جدا کرد هرچند که بعضی از این روش‌ها نیازمند مصرف انرژی بالایی هستند.

ممکن است برای وادار کردن تولیدکنندگان رنگزاها برای جدا کردن رنگزاها از پساب‌ها پیش از وارد شدن آنها به سیستم های فاضلاب عمومی یا آبراه‌ها نیاز به یک سری قوانین و مقررات باشد.

جایگزین‌های پایدار

استفاده از رنگزاهای غیرسمی و زیست تجزیه پذیر می تواند روشی پایدارتر برای رنگرزی منسوجات باشد که در مسیر حرکت به سمت یک اقتصاد گردشی در صنعت نساجی و چاپ نقش مثبتی دارد. تعدادی از روش‌های جایگزین در این صنعت مطرح شده‌اند و قوانین و مشوق‌هایی نیز برای ترویج روش های مسئولانه در تولید رنگزاها و دورریختن آنها ایجاد شده است.

برای مثال تحقیقات در زمینه استفاده از پیگمنت‌های قارچ ها در صنعت نساجی روز به روز بیشتر می‌شود. غیرسمی بودن، بازدهی بالا در طول تولید و ایمنی طبیعی آنها موجب شده تا این پیگمنت‌ها و رنگزاهای زیست پایه تبدیل به یک جایگزین نویدبخش برای رنگزاهای مصنوعی شوند.

همکاری در زمینه تخمیر میکروبی

در دهه گذشته تعدادی از استارتاپ‌ها به بخش رنگزاهای زیست پایه ورود کرده اند و حامی بیشتر آنها سرمایه‌گذاران مرحله کشت ایده بوده‌اند. فناوری‌های پیشرو و ترکیبات شیمیایی جدیدی نیز در این

عرصه مطرح شده است.

شرکت اکتارین بایو سرمایه خود را به میزان ۴/۳۵ میلیون یورو برای کمک به تولید رنگزاهای زیست پایه تخمیر میکروبی شده، افزایش داده است.

این شرکت دانمارکی متخصص در زمینه استخراج آنزیمی با استفاده از ویولاسین و مشتقات آن موفق به توسعه رنگزاهای طبیعی پایدار و زنده به نام OB-CLR شده است که طیف رنگی های بنفش، آبی، صورتی و سبز زنده را شامل می‌شود.

رنگ های طبیعی قدیمی اغلب دارای فام های کدر و مرده بوده اند. رنگ‌های جدید شرکت اکتارین به طور مستقیم و بدون استفاده از دندانه ها یا سایر مواد شیمیایی افزودنی به منسوج متصل می شوند که عامل کاهش محسوس مصرف آب و انرژی و حذف مواد شیمیایی سمی از فرایند رنگرزی است.

این شرکت در سال ۲۰۲۳ شراکت چند مرحله ای خود را با پلتفورم آمریکایی امنیت زیستی Ginkgo Bioworks واقع در بوستون در زمینه ترکیبات تریپتوفان اعلام کرده است. هدف از این همکاری استفاده از تخمیر میکروبی برای مهندسی یک رشته برای تولید ویولاسین که یک پیگمنت دارای گروه عاملی ایندول و دارای فام بنفش است، می‌باشد. این پیگمنت همچنین دارای خواص زیستی فعال از جمله ضدمیکروبی، آنتی اکسیدان و محافظت در برابر اشعه ماورای بنفش است و دارای پتانسیل خوبی در درمان زخم ها می باشد.

معرفی رنگزاهای زیستی فعال جدید به بازار که برطرف کننده نیاز مصرف کنندگان برای جایگزین های سالم تر، پایدارتر و ایمن تر برای رنگزاهای مصنوعی باشد، هدف دیگر این شراکت است. علاوه بر آن پتانسیل گسترش این همکاری در رابطه با سایر مشتقات تریپتوفان که هر کدام دارای کاربرد منحصر به فردی هستند، وجود دارد.

ایندیگو بر پایه گیاه

شرکت فناوری فرانسوی پیلی در مارس سال گذشته مبلغ ۱۵/۸ میلیون دلار بودجه برای کمک به تولید نخستین محموله از ایندیگو بر پایه گیاه در حجم بالا اختصاص داده است. اساس این فناوری به کارگیری آنزیم های بیولوژیک برای تبدیل کربن حاصل از منابع تجدیدپذیر به ملکول های مورد نیاز برای تولید رنگزاهای نساجی است. این کار باعث کاهش تولید ضایعات و محصولات جانبی در طول فرایند و همچنین کاهش مصرف آب و انرژی می شود.

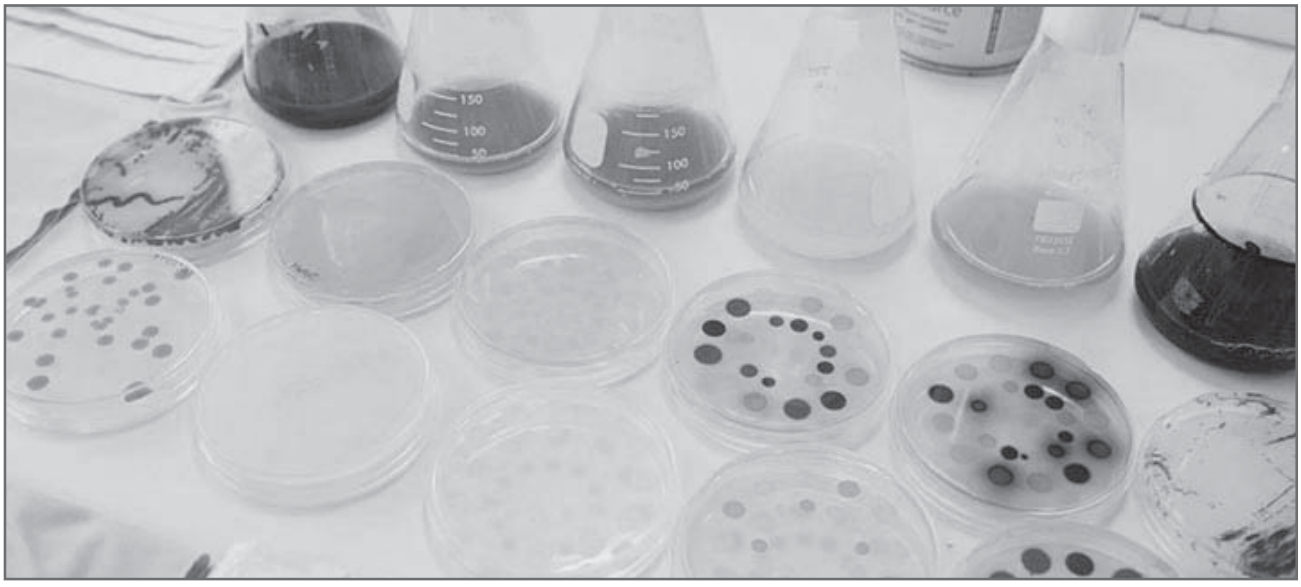
شرکت با استفاده از این فناوری که ترکیبی از شیمی سبز و تخمیر صنعتی است ، موفق به ارایه جایگزینی اکولوژیک و رقابت‌پذیر برای پیگمنت‌ها و رنگزاهای بر پایه نفت و همچنین عرضه محصولات مورد استفاده در صنایع نساجی، جوهر، رنگ و پلاستیک شده است.

در ماه اکتبر شرکت پاکستانی تولیدکننده دنیم ای جی آی دنیم پارچه‌های رنگرزی شده با استفاده از محصولات استارتاپ آمریکایی هیو را عرضه کرده است. این استارتاپ از فرایند تخمیر میکروبی برای هضم قندهای تولیدکننده آنزیم های طبیعی به منظور تولید ایندیگو زیست پایه استفاده می‌کند. هیو در سال ۲۰۲۲، ۱۴/۶ میلیون دلار تامین بودجه کرده است.

پیگمنت سیاه کربن منفی

پیگمنت سیاه BioBlack TX تولید شرکت نیچر کوتینگز که کربن منفی و دارای تاییدیه می باشد و جایگزینی برای کربن سیاه بر پایه نفت به شمار می‌رود توسط شرکت پاکستانی آرتیستیک میلینرز و شرکت ترکیه‌ای اورتا تولیدکننده دنیم و همچنین در کالکشن اخیر لیوایز مورد استفاده قرار گرفته است.

ترکیبات شیمیایی به کاررفته در تولید این پیگمنت شامل دیسپرس



کننده بر پایه آب حاوی یک پیگمنت اختصاصی مشتق شده از ضایعات چوب صنعتی می‌باشد که منابع آن صنایع مبلمان و کف پوش، کاغذ و چوب مدیریت شده به شیوه‌های پایدار و دارای تاییدیه شورای نیکداری جنگل است.

تنها محصول جانبی تولید شده بخار است که جمع آوری شده و برای نیرورسانی به بعضی از کارخانجات تولیدی مورد استفاده مجدد قرار می گیرد.به گفته نیچر کوتینگز ته رنگ آبی منحصر به فرد موجود در این پیگمنت باعث ایجاد عمق رنگی در لباس شده و همچنین در مقایسه با رنگزاهای متداول ثبات نوری عالی ایجاد می‌کند. این شرکت بخشی از سرمایه مورد نیاز خود را از بازیگر هالیوود و فعال محیط زیست لئوناردو دی‌کاپریو دریافت کرده است.

پیگمنت BioBlack TX در چاپ‌های گلدار کالکشن بهار/تابستان ۲۰۲۳ لیوایز مورد استفاده قرار گرفته است. شرکت‌های کرینگ گروپ، جک اند جونز و سلکتد هوم نیز از این پیگمنت برای رنگرزی محصولات خود استفاده کرده اند.

مهندسی ژنتیک

شرکت انگلیسی کالرفیکس از زمان تاسیس خود در سال ۲۰۱۶ تا کنون پیگمنت های مختلفی را وارد بازار کرده است از جمله ایندیگو، بنفش، پاستلی و بژ. تمامی این پیگمنت ها از طریق مهندسی ژنتیک باکتری‌ها به منظور تولید آنزیم‌های رنگزای مشخص ایجاد شده اند. کالرفیکس برای تعیین این که کدام آنزیم مسئول ایجاد رنگ طبیعی در حیوانات، گیاهان، حشرات یا میکروب‌ها هستند از پایگاه داده DNA استفاده کرده است.

از طریق توالی یابی آنلاین DNA ژن های مشخصی که منجر به تولید پیگمنت می شوند شناسایی شده و آن کد DNA به میکروارگانیزم تفسیر می‌شود که بعدا می‌توان با استفاده از آن پیگمنت را همان طور که در طبیعت تولید می‌شود، تولید کرد.

باکتری ها برای آن که در راکتورهای زیستی و در یک محیط کشت مایع از طریق تخمیر تکثیر شوند، باقی می مانند و بر روی مواد اولیه تجدیدپذیر مانند شکر، خمیرمایه و محصولات جانبی گیاه رشد می‌کنند. پس از آن محلول رنگزای حاصل به ماشین رنگرزی استاندارد منتقل می شود.

در آنجا رنگزا به آسانی قابل انتقال به نخ یا پارچه بوده و در نهایت رنگرزی یکنواختی را خواهیم داشت. در نهایت باکتری با حرارت دهی کشته می شود که این فرایند به تثبیت رنگزا نیز کمک می کند.

به گفته شرکت این فرایند بعضی از مشکلات زیست محیطی مربوط به رنگرزی را برطرف کرده ضمن این که سایر مشکلات را نیز تا حد زیادی از بین می‌برد.

فرایند کالرفیکس در مقایسه با فرایند رنگرزی متداول ۸۰ درصد مواد شیمیایی و ۷۷ درصد آب کمتری مصرف می‌کند و میزان انتشارات دی‌اکسید کربن آن نیز ۳۱ درصد کمتر است.

شرکت ادعا می‌کند که قصد دارد تا سال ۲۰۳۰، ۱۵ درصد لباس‌های جهان را رنگرزی کند؛ هدفی که بسیار خوشبینانه اما قابل تحسین است. همین حالا هم پارچه‌های رنگرزی شده با استفاده از پیگمنت‌های کالرفیکس توسط برند سوئدی اچ اند ام و شرکت انگلیسی ولبک که در زمینه تولید لباس‌های آزمایشی و مربوط به آینده فعالیت می‌کند، مورد استفاده قرار گرفته است.برند نرمال فنامنا آو لایف نیز در زمینه رنگرزی باکتریایی پیشتاز بوده است.

یکی دیگر از شرکت‌های فعال در این زمینه نیز برند مد دانمارکی گانی است که از ارگانیزم‌ها برای رشد یک جایگزین کاملا طبیعی برای چرم به نام «سلولز باکتریایی» استفاده می‌کند.

سنت فرهنگی

سال گذشته دانشکده علوم تربیتی دانشگاه هلسینکی فنلاند کمک هزینه‌ای به ارزش ۱/۶۸ میلیون یورو برای پروژه Colour4CRAFTS دریافت کرده که یک پروژه چندرشته ای بوده که سنت فرهنگی رنگزاها و رنگرزی منسوجات را با توسعه رنگزاهای زیست پایه و روش‌های رنگرزی جدید ترکیب می‌کند.

تمرکز این پروژه بیشتر بر روی اصلاح ساختارهای ترکیبات رنگی است که از قدیم مورد استفاده بوده اند و از ترکیبات گیاهی استخراج می‌شدند.علاوه بر آن اصلاح خصوصیات این رنگزاها با استفاده از شیمی مصنوعی نیز یکی دیگر از موضوعات مورد توجه در این پروژه می‌باشد.

مرجع:

Geoff Fisher, "Natural cures to coloration ails", International Fiber Journal", April 2024

تهیه و تنظیم: سیدامیرحسین امامی‌رئوف