

رنگ موهای دائمی، فرمولاسیون، سازوکار عملکرد آن و واکنش‌های جایگزین

فضه آریانسب^{*}، سید حمید سلیمی، علیرضا بنازاده

استادیار، گروه پژوهشی پتروشیمی، پژوهشکده شیمی و پتروشیمی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران، صندوق پستی: ۳۱۷۴۵-۱۳۹

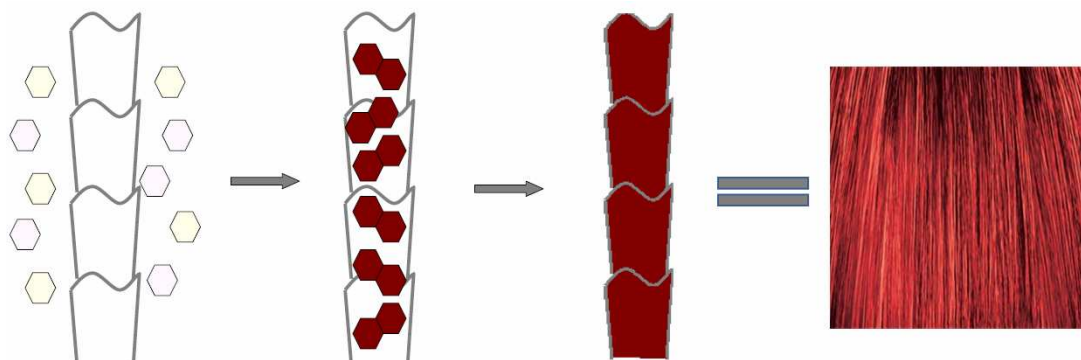
تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۸ تاریخ بازبینی: ۱: ۹۲/۴/۱۶ تاریخ بازبینی: ۲: ۹۲/۵/۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۹

چکیده

امروزه رنگ موهای شیمیایی متنوعی با طیف وسیعی از رنگ‌ها به بازار عرضه شده‌اند که جای رنگ‌های طبیعی را گرفته‌اند. این رنگ‌ها در انواع موقتی، نیمه دائمی و دائمی موجود می‌باشند. در این میان، رنگ موهای دائمی از محبوبیت خاصی برخوردار هستند. این رنگ موها شامل مولکول‌های کوچک بی‌رنگی هستند که به داخل ساقه مو نفوذ می‌کنند و پس از انجام یک سری واکنش‌های شیمیایی، مولکول‌های رنگ بزرگی را به وجود می‌آورند که به دلیل اندازه بزرگشان در داخل ساختار مو به دام می‌افتند. در این مقاله پس از نگاهی گذرا به این نوع رنگ موها، ترکیبات تشکیل دهنده آنها و واکنش‌هایی که این ترکیبات در آنها شرکت می‌کنند، برخی از پیشرفت‌های علمی جدید در این زمینه را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

واژه‌های کلیدی

رنگ موی دائمی، پیش ماده رنگ، حدواسط‌های فعال، جفت کننده رنگ.



*Corresponding author: f_aryanasab@standard.ac.ir

Permanent Hair Dyes, Formulation, Mechanism of Action and Alternative Reactions, F. Aryanasab, S. H. Salimi, A. Banazadeh

۱- مقدمه

یکی از عناصر متمایزکننده ظاهری هر فرد مو می‌باشد. رنگ طبیعی مو به‌طور معمول نشان دهنده خاستگاه جغرافیایی یا بومی هر انسانی است [۱]. رنگ کردن مو با استفاده از رنگ‌های سنتزی، معمولاً به منظور بهبود ظاهر مو یا به عنوان نمادی از مد انجام می‌شود. به گواهی تاریخ، رنگ کردن مو به عنوان یکی از قدیمی‌ترین روش‌های آراستگی و بیانگر نارضایتی از رنگ طبیعی آن بوده است. در نتیجه، تولید رنگ مو در طی سالیان متمادی تبدیل به یک صنعت چند ملیتی و چند میلیارد دلاری شده است. بیشترین درآمد این صنعت (حدود ۸۰٪) حاصل از فروش محصولات رنگ موی دائمی می‌باشد که محبوبیت خود را مدیون دوام بالا، سهولت کاربرد و تنوع زیادشان می‌باشند که با استفاده از آنها تقریباً هر نوع رنگی را می‌توان به‌دست آورد. فرآیندهای مورد استفاده در رنگ کردن مو دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند که آنها را از سایر فرآیندها، به عنوان مثال رنگ کردن منسوجات، متمایز می‌کند. به دلیل اینکه این فرآیند روی سر انسان انجام می‌شود، نمی‌توان آن را در دمای بالاتر از 40°C یا در زمان بیش از ۴۰ دقیقه انجام داد. رنگ کردن نباید به بافت طبیعی یا درخشش مو آسیب برساند یا روی پوست سر لکه رنگ ایجاد کند. رنگ حاصله باید در مقابل هوا، نور، اصطکاک، تعریق و آب کلردار پایدار باشد و تحت تاثیر سایر اعمال انجام شده روی مو قرار نگیرد [۲]. شیمی رنگ کردن دائمی مو بر پایه مشاهدات ۱۵۰ سال قبل هوفمان می‌باشد که نشان داد پارا- فنیلن دی آمین وقتی در معرض عوامل اکسنده، از جمله هوا، قرار می‌گیرد، باعث ایجاد رنگ‌های قهوه‌ای بر روی بسترهای مختلف می‌شود [۳]. جالب توجه است که با وجود پیشرفت‌های بسیار گسترده بعدی، این پدیده همچنان پایه بسیاری از فرآیندهای معمول مورد استفاده برای رنگ کردن را تشکیل می‌دهد. در دهه‌های اخیر، تولیدکنندگان تحقیقات وسیعی در زمینه رنگ‌ها و پیش ماده‌های جدید انجام داده‌اند. این تحقیقات نه تنها در زمینه پتانسیل سم‌شناسی بلکه همچنین در زمینه نقاط ضعف فنی مانند پایداری نامناسب در مقابل نور، نیز می‌باشد.

۲- ساختار و مورفولوژی موی انسان

مو از پروتئین کراتین تشکیل شده که بستری غنی از گوگرد آن را احاطه کرده و با پوششی از سلول‌های فلس مانند پوشیده شده است. مو از دو بخش مجزا تشکیل شده است، بخشی از مو که از نظر زیستی فعال است، پیاز مو (ریشه) و بخش قابل مشاهده بیرونی ساقه مو نامیده می‌شود. ساقه مو از چهار بخش تشکیل شده است: کوتیکول^۱، کورتکس^۲، مدولا^۳ و مجموعه غشاء سلولی^۴. کوتیکول از ۱۰-۶ لایه سلول‌های فلس مانند تشکیل شده است که مو را کاملاً پوشش می‌دهند. این پوشش، مو را در مقابل آسیب‌های خارجی محافظت می‌کند. کوتیکول در سطح مولکولی خیلی سازمان یافته نیست. ساختار داخلی کوتیکول در شکل ۱ نشان داده شده است [۴, ۵, ۲۰].

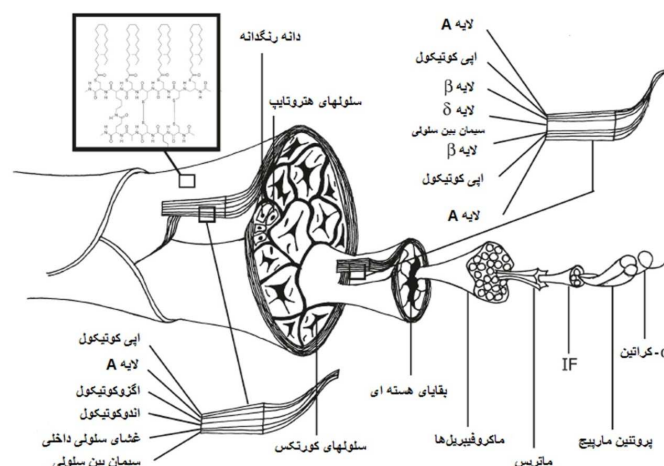
لایه کورتکس توسط کوتیکول احاطه شده و بخش اعظم جرم ساقه مو را تشکیل می‌دهد. سلول‌های کورتکس عموماً $6-10\ \mu\text{m}$ پهنا و $100\ \mu\text{m}$ درازا دارند. با این وجود، ممکن است که اندازه، شکل و ترکیب شیمیایی آنها با تغییر موقعیت‌شان تغییر کند. بزرگترین زیر واحد ساختاری کورتکس بستر می‌باشد. هرچند که این بخش به عنوان ناحیه بی‌شکل شناخته می‌شود اما تشکیلات ساختاری محدودی دارد. بستر حاوی بالاترین غلظت پیوندهای دی‌سولفید است و کمک قابل توجهی به رفتار توری می‌دارد. موهای نازک سر انسان (قطر کمتر از $60\ \mu\text{m}$)، فقط از کوتیکول و سلول‌های کورتکس تشکیل شده‌اند. موهای با مقطع بزرگتر شامل نوع سومی از سلول‌ها (سلول‌های مغزی) نیز می‌باشند که به طور آزادانه کنار هم قرار گرفته‌اند و اسفنجی شکل هستند با خلل و فرج‌ها، پل‌ها و حفره‌ها. مدولا اغلب تعداد کمی از فیبریل‌های کراتین را در بر دارد و می‌تواند به عنوان مخزن رنگدانه عمل کند. اعتقاد بر این است که مدولا در درخشش مو نقش دارد [۶].

¹ Cuticle

² Cortex

³ Medulla

⁴ Cell Membrane Complex, CMC



شکل ۱- ساختار موی انسان.

۳- رنگ طبیعی مو

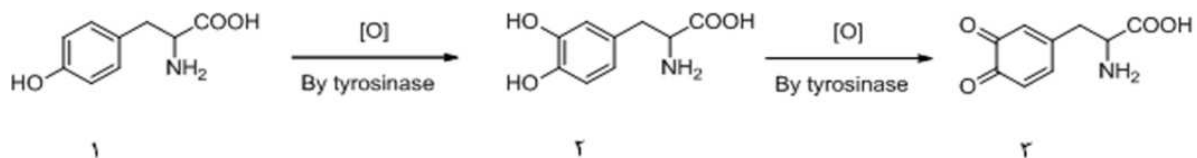
عنوان ماده اولیه مشترک، تشکیل می‌شوند. همان‌طور که در شمای ۱ نشان داده شده است، هیدروکسیل‌دار شدن تیروزین با استفاده از تیروزیناز، یک اکسیداز حاوی مقادیر ناچیز مس^{۲+} تسهیل می‌شود و ۳،۴-دی هیدروکسی فنیل آلانین (DOPA, ۲) تشکیل می‌شود. آنزیم موجب اکسید شدن بیشتر و تشکیل دوپاکوئینون^۵ (۳) می‌شود. در این مرحله، یک انحراف مسیرهای بیوسنتزی را جدا می‌کند که منجر به تشکیل دو نوع ملانین می‌شود. شمای ۲ مسیری را نشان می‌دهد که از طریق آن نهایتاً ائوملانین به وجود می‌آید. ترکیب ۸ حد واسط فعالی است که از آن یک واکنش پلیمرشدن اکسیداسیونی که منجر به تشکیل ائوملانین می‌شود، شروع می‌شود. جزئیات پلیمرشدن هنوز به روشنی مشخص نشده است [۱۰]. آنالیز عنصری نشان داده که فئوملانین نسبت به ائوملانین مقادیر گوگرد بیشتری دارد. رنگدانه‌های فئوملانین پلیمرهایی هستند که حاوی واحدهای بنزوتیازول و تتراهیدرو ایزوکوئینون می‌باشند. این رنگدانه‌ها همچنین از طریق بیوسنتز از دوپاکوئینون (۳) مشتق می‌شوند. مسیر بیوسنتز آنها در شمای ۳ نشان داده شده است [۱۱].

۴- تاریخچه رنگ مو

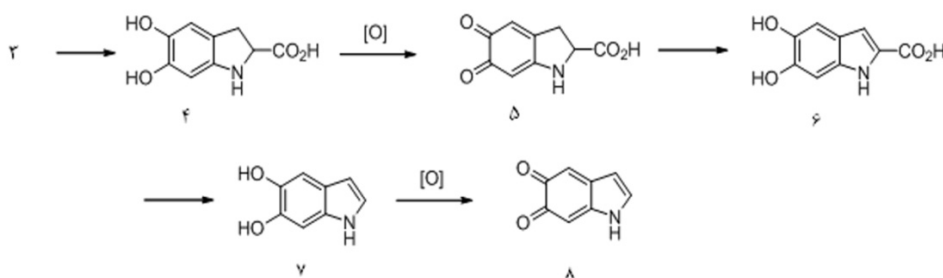
در جدول ۱ خلاصه‌ای از تاریخچه رنگ مو تا سال ۲۰۰۷ آورده شده است.

⁵ Dopaoquinone

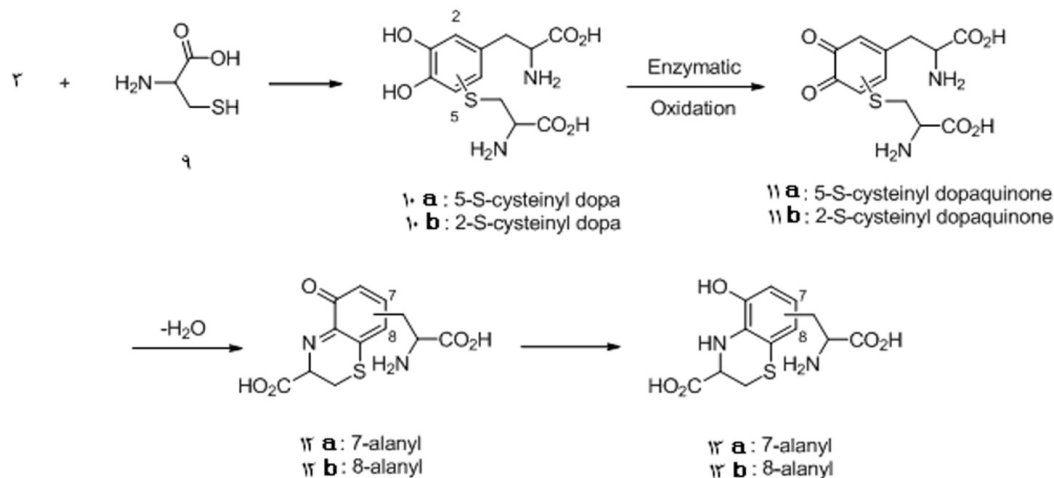
طبیعت، طیف وسیعی از رنگ‌ها و سایه‌های مو، اعم از بلوند روشن، که در میان مردم اسکاندیناوی رایج است، تا سیاه، که مشخصه آسیایی‌ها، اعراب، مردم جنوب اروپا و آفریقایی‌ها می‌باشد، را فراهم می‌آورد. علاوه بر این گستردگی رنگ، موی مردم اروپای مرکزی و شمالی تنوع گسترده‌ای از رنگ‌های قهوه‌ای و قرمز را نشان می‌دهد. رنگ طبیعی مو به دلیل حضور رنگدانه ملانین، به شکل دانه‌هایی با طول تقریبی ۱ و قطر ۰/۳ μm، در کورتکس و مدولا می‌باشد. ملانین در مرحله رشد مو و در سلول‌های ملانین‌ساز (ملانوسیت‌ها) در فولیکول مو تشکیل می‌گردد. در ابتدا این دانه‌ها (ملانوزوما) عمدتاً از پروتئین (ملانوپروتئین) تشکیل شده‌اند. همچنان که دانه‌ها بالغ می‌شوند، پروتئین مقدار بیشتری ملانین جذب می‌کند که سپس از ملانوسیت‌ها به کرانوسیت‌های مربوط تبدیل می‌شوند. بنابراین، همچنان که مو رشد می‌کند، رنگ خود را کسب می‌کند که در تمام طول عمر مو دوام می‌آورد [۷]. ملانوسیت اساساً دو نوع ملانین تولید می‌کند: ائوملانین و فئوملانین (که کمتر رایج است). معمولاً مو حاوی مخلوطی از هر دو رنگدانه است، هرچه مقدار ائوملانین بیشتر باشد، مو تیره‌تر و هر چه فئوملانین بیشتر باشد، مو روشن‌تر است. گستره وسیع رنگ طبیعی مو تنها ناشی از غلظت دو رنگدانه نیست بلکه همچنین ناشی از اندازه و شکل دانه‌ها، الگوهای توزیع و ساختارهای بلوری می‌باشد. با این وجود، رابطه بین این عوامل به طور کامل مشخص نشده است [۸، ۹]. هر چند که دو رنگدانه ویژگی‌های متفاوتی دارند، مسیرهای بیوسنتز آنها خیلی نزدیک به هم می‌باشد. این دو رنگدانه از یک سری واکنش‌های آنزیمی با استفاده از آمینو اسید تیروزین (۱) به



شمای ۱- اکسیداسیون تیروزین به دوپامین از طریق DOPA



شمای ۲- بیوسنتز پیش ماده ائوملانین.



شماي ۳- بیوسنتز پیش ماده‌های رنگدانه‌های فنولانین.

جدول ۱- تاریخچه استفاده از رنگ مو

بعضی از مصریان از رنگ‌های طبیعی مانند کحل (سرمه) و حنا برای تیره کردن مو استفاده می کردند. برخی دیگر نیز، از جمله کلتوپاترا (ملکه مصر)، از کلاه گیس استفاده می کردند.	۱۲۰۰ سال قبل از میلاد
ملکه الیزابت اول با موهای قرمز و پوست سفیدش، به استاندارد زیبایی جهان غرب معنای جدیدی بخشید. زنان در سراسر اروپا به تقلید از ملکه از کلاه گیس قرمز استفاده می کردند.	قرن شانزدهم
شیمیدان آلمانی آگوست هوفمان ^۱ خواص رنگی پارا- فنیلن دی‌آمین (PPD) را گزارش کرد. کشف ایشان منجر به پیدایش صنعت رنگ موی سنتزی شد و امروزه PPD همچنان در صدر این صنعت قرار دارد.	سال ۱۸۶۳
شیمیدان لندن تیلای ^۲ و آرایشگر پارسی لئون هوگات ^۳ ، مزایای هیدروژن پروکسید را به عنوان روش شیمیایی بهتری برای روشن کردن مو، نسبت به محلول‌های قلیایی، نشان دادند.	سال ۱۸۶۷
شولر ^۴ در پاریس، اولین فناوری رنگ موی بلوند را با استفاده از PPD ابداع کرد که به اولین رنگ موی اکسیداسیونی دائمی تبدیل شد.	سال ۱۹۰۷
شرکت Clariol توسط لورنس گلب ^۵ تاسیس شد. شامپوهای رنگ موی فوری این شرکت توانست به سرعت ظاهر آمریکایی‌ها را تغییر دهد.	سال ۱۹۳۱
شرکت Wella اولین کرم رنگ کردن دائمی را تولید کرد که به زنان روش رنگ کردن تمیزتری را ارائه داد.	سال ۱۹۵۳
رنگ موهای نیمه دائمی، که خیلی شبیه به رنگ‌های دائمی هستند اما مقدار مواد تشکیل دهنده فعال آنها کمتر است، معرفی شدند. این رنگ‌ها به میزان قابل توجهی از بی‌رنگ شدن مو جلوگیری می‌کنند و میزان نفوذ رنگ به داخل مو را کاهش می‌دهند، بنابراین رنگ تنها در خارجی‌ترین قسمت ساقه مو تشکیل می‌شود.	دهه ۱۹۸۰
دانشمندان با اضافه کردن عامل کمپلکس‌کننده اتیلن دی‌آمین دی سوسکسینیک اسید (EDDS) به محصولات رنگ مو، آسیب‌های ناشی از رادیکال HO* را کاهش و میزان تشکیل رنگ را افزایش دادند. EDDS از تشکیل مس در ساقه مو جلوگیری می‌کند.	سال ۲۰۰۳
پیشرفت‌هایی که در درک ساختار مو ایجاد شد به دانشمندان اجازه داد تا فناوری‌های اصلاح شده‌ای را ایجاد کنند که میزان آسیب دیدن مو در طی فرآیند رنگ کردن را کاهش دهد. همچنین روش رنگ‌بری جدیدی تولید شده است که به طور قابل توجهی آسیب وارده به ساقه مو و لایه F را کم کرده و زمان لازم برای رنگ کردن را به ۱۰ دقیقه کاهش می‌دهد.	سال ۲۰۰۷

¹ Dr. August Wilhelm von Hofmann (1818-1892)

² E. H. Theillay

³ Leon Hugot

⁴ Eugene Schueller

⁵ Lawrence M. Gelb

۵- رنگ کردن مو

از بیش از ۲۰۰۰ سال قبل رنگ کردن مو با استفاده از ترکیبات گیاهی، معدنی و حیوانی مختلفی انجام می شده است. بعضی از مواد طبیعی شامل رنگدانه هستند (مانند حنا و یا پوست گردو) و بعضی دیگر نیز شامل سفیدکننده های طبیعی می باشند که باعث ایجاد واکنش هایی می شوند که رنگ مو را تغییر می دهد.

رنگ موهای شیمیایی به سه گروه طبقه بندی می شوند [۱۲]:

۱- رنگ های موقتی^۱

۲- رنگ های نیمه دائمی^۲

۳- رنگ های دائمی یا اکسیداسیونی^۳

رنگ موهای موقتی یا رنگ های اسیدی، مشابه رنگ های مورد استفاده در رنگرزی پشم، هستند که به داخل مو نفوذ نمی کنند و اتصال محکمی با مو برقرار نمی کنند. این رنگ ها سطح ساقه مو را می پوشانند اما به داخل کوتیکول نفوذ نمی کنند، بنابراین به آسانی و بعد از اولین شستشو با شامپو، شسته می شوند. رنگ های نیمه دائمی ترکیباتی با وزن مولکولی پایین، مثل آمین های نیترو آروماتیک یا رنگ های آروماتیک، هستند اما حاوی آمونیاک یا پروکسید نمی باشند. این رنگ ها از قبل آماده سازی شده و در هنگام مصرف، مولکول های رنگ به تدریج به لایه کوتیکول اضافه می شوند اما پیوند محکمی با پروتئین های مو برقرار نمی کنند و در نتیجه بعد از چند بار شستشو با شامپو (حدود ۴-۶ بار) از مو خارج می شوند. این رنگ ها می توانند مو را به رنگ پایه طبیعی اش برسانند یا رنگ آن را تیره تر کنند اما نمی توانند مو را روشن تر کنند. رنگ موهای اکسیداسیونی، که اغلب به عنوان رنگ های دائمی شناخته می شوند، حدود ۸۰٪ بازار رنگ مو را در بر می گیرند. این رنگ ها از تنوع زیاد و ماندگاری بالا برخوردار هستند. با استفاده از این رنگ ها می توان مو را دو یا سه درجه روشن تر کرد و آن را به رنگ دلخواه درآورد.

این رنگ ها همچنین می توانند موهای سفید را صد در صد پوشش دهند. رنگ موهای دائمی عموماً شامل پارا-دی آمین ها و پارا-آمینو فنول ها می باشند که توسط هیدروژن پروکسید اکسید می شوند و حدواسط های فعال را به وجود می آورند. این حدواسط های فعال به وجود آمده سپس در داخل بافت مو با جفت کننده های رنگ واکنش می دهند و رنگ موهای مقاوم در برابر شستشو با شامپو را به وجود می آورند.

۵-۱- ترکیبات رنگ موهای دائمی

رنگ موهای اکسیداسیونی از اجزای زیر تشکیل شده اند [۱۳]:

- پیش ماده های رنگ، که حدواسط های فعال را به وجود می آورند. در اثر اکسید شدن این حدواسط های فعال، رنگ به وجود می آید.

- عوامل جفت کننده رنگ یا بهبود دهنده ها، که در اثر اکسید شدن رنگ تولید نمی کنند اما با حدواسط فعال متراکم می شود و باعث ایجاد تغییرات در رنگ آنها می شوند.

- عامل اکسنده (اغلب هیدروژن پروکسید)

- ترکیبات بستر شامل مواد فعال سطح، نگهدارنده ها، افزودنی های تنظیم کننده pH و افزودنی های بهبوددهنده می باشند.

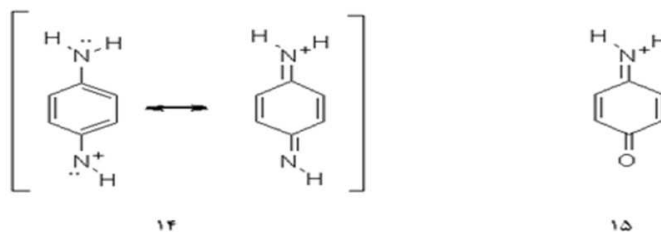
این واکنش ها اغلب در pH قلیایی انجام می شود (معمولاً از ۸ تا ۱۰). با تعدیل کردن ویژگی های پروکسید، پیش ماده و جفت کننده، مو ممکن است در یک فرآیند روشن تر یا تیره تر شود. پیش ماده های رنگ های اکسیداسیونی مشتقات آنیلین هستند. پیش ماده ها، اورتو- یا پارا- دی آمین یا آمینو فنول های دو عاملی هستند که قابلیت اکسید شدن به یون های دی آمینوم (۱۴) یا کوئینوآیمینوم (۱۵) را دارند (شما می ۴). این دو ترکیب به عنوان حدواسط فعال در این فرآیند پیشنهاد شده اند [۱۴]. جفت کننده های رنگ های اکسیداسیونی، گونه های آروماتیک غنی از الکترون هستند. این ترکیبات اغلب رزورسینول ها و متا- فنیلن دی آمین های استخلاف شده هستند که معمولاً موقعیت پارا نسبت به گروه آمینو یا فنولی آنها استخلاف نشده است. پیش ماده های رنگ های اکسیداسیونی وقتی که در غیاب جفت کننده اکسید می شوند، ترکیبات رنگی، اغلب خاکستری یا قهوه ای- سیاه، به وجود می آورند. از طرفی، جفت کننده ها معمولاً یا بی رنگ هستند و یا رنگ کمی تولید می کنند اما این ترکیبات در حضور پیش ماده ها و عوامل اکسنده، رنگ تولید شده توسط پیش ماده را بهبود می بخشند. همان طور که پیشتر اشاره شد، معمولاً از هیدروژن پروکسید به عنوان عامل اکسنده در رنگ موهای اکسیداسیونی استفاده می شود، با این وجود، پراسیدها و پیش ماده های رنگ بسیار غنی از الکترون که توسط هوا اکسید می شوند (خود اکسیداسیونی^۴) نیز مورد بررسی قرار گرفته اند.

⁴ Autoxidation

¹ Temporary dyes

² Semi-Permanent dyes

³ Permanent or Oxidative dyes



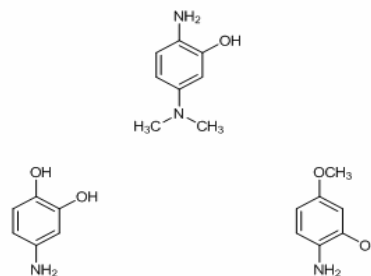
شما می ۴ - ساختار یون های دی آمینوم و کوئینوآیمینوم.

است. رنگ‌های اکسیداسیونی امروزی گاهی علاوه بر پیش‌ماده رنگ و جفت‌کننده، شامل عوامل رنگ‌افزا^۹ نیز می‌باشند. به عنوان مثال، گاهی رنگ‌های مستقیم^{۱۰} مثل دیسپرس بلو^{۱۱} و نیترو فنیلن دی آمین‌ها به عنوان عامل رنگ افزا استفاده شده‌اند (شمای ۶). ممکن است این‌طور پیش‌بینی شود که این ترکیبات می‌توانند وارد واکنش‌های رنگ‌های اکسیداسیونی شوند اما به دلیل حضور گروه‌های نیترو، که الکترون گیرنده قوی هستند، یا گروه‌های آنتراکینون، این گروه‌ها باید سرعت اکسیدشدن و جفت‌شدن این ترکیبات را از سرعت اکسیدشدن و جفت‌شدن واکنش‌دهنده‌های رنگ‌های اکسیداسیونی کمتر کنند. بنابراین، احتمالاً این رنگ‌ها عمدتاً به عنوان بهبوددهنده رنگ مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۲].

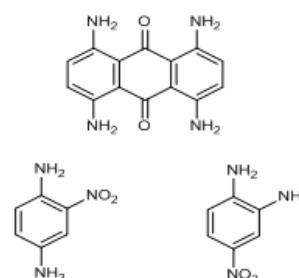
۵-۲- خلاصه واکنش‌های رنگ‌های اکسیداسیونی

در شمای ۷ خلاصه‌ای از واکنش‌های تشکیل رنگ‌های اکسیداسیونی، به همراه مثال‌هایی از انواع رنگ‌هایی که از این واکنش‌ها حاصل می‌آیند، نشان داده شده است. یک پیش‌ماده رنگ (به عنوان مثال پارا- فنیلن دی آمین) اکسید می‌شود و یون دی ایمینیوم مربوطه (۱۴) به‌وجود می‌آید. این حد واسط فعال با یک جفت‌کننده غنی از الکترون متراکم می‌شود که منجر به تشکیل یک محصول دو هسته‌ای می‌شود که سپس اکسید شده و یک رنگ ایندو حاصل می‌آید. این واکنش ممکن است که در مرحله رنگ دو هسته‌ای متوقف شود و یا ممکن است که یک واکنش تراکم-اکسیداسیون دیگر رخ دهد که منجر به تشکیل رنگ‌ها و رنگدانه‌های سه هسته‌ای یا حتی چند هسته‌ای شود.

ماهیت فرایند خود اکسیداسیونی باید شبیه واکنش‌های خود-تراکمی پیش ماده‌های رنگ باشد که در بخش بعدی توضیح داده خواهد شد [۱۵]. در زیر تعدادی از مشتقات سه استخلافی بنزن که به عنوان رنگ‌کننده‌های خود اکسیداسیونی معرفی شده‌اند، نشان داده شده‌اند.



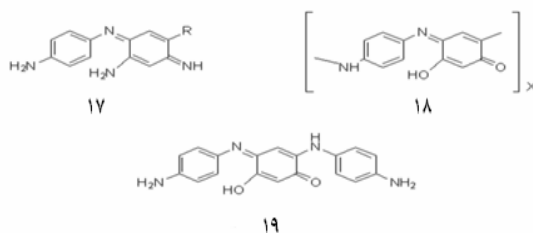
شمای ۵- ساختار تعدادی از مشتقات سه استخلافی بنزن که به عنوان رنگ‌کننده‌های خود اکسیداسیونی معرفی شده‌اند.



شمای ۶- ساختار تعدادی از عوامل رنگ افزا مورد استفاده در رنگ‌های اکسیداسیون.

- ⁶ Wall
- ⁷ Tucker
- ⁸ Corbett
- ⁹ Coloring Agents
- ¹⁰ Direct Dyes
- ¹¹ Disperse Blue 1

علاوه بر اینها، نفتالن‌ها و کوئینولین‌های مشابه به همراه برخی از محصولات رنگ واکنش‌های خود اکسیداسیونی معرفی شده‌اند [۱۵، ۱۶]. وال^۶ [۱۷]، توکر^۷ [۱۸] و کوربت^۸ [۱۴، ۱۵]. جدول‌ها و داده‌های مربوط به رنگ‌های حاصله از واکنش بسیاری از پیش‌ماده‌ها و جفت‌کننده‌های مختلف را ارائه کرده‌اند. خلاصه این داده‌ها در جدول ۲ گردآوری شده

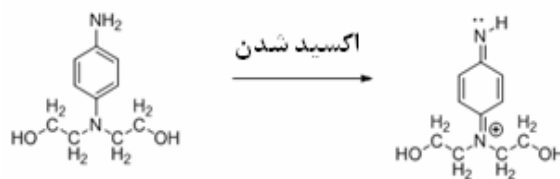


شمای ۷- خلاصه واکنش‌های تشکیل رنگ‌های اکسیداسیونی.

جدول ۲- رنگ حاصل از واکنش جفت‌کننده‌های مختلف با پیش ماده‌های متداول.

رنگ بر روی مو			به تنهایی	جفت‌کننده‌ها
با P. A. D. A. ^۳	با P. A. P. ^۲	با P. P. D. ^۱		
(پیش ماده‌ها)				
مشکی پرکلاغی	ماهاگونی	مشکی پرکلاغی	خاکستری خیلی روشن	متا- فنیلن دی‌آمین
دودی تیره	خاکستری روشن	شرابی تیره	قرمز خیلی روشن قهوه‌ای دودی	کلرو- متا- فنیلن دی‌آمین
قهوه‌ای طلایی	زرد درخشان	بلوند فندقی	زرد درخشان	نیتر- متا- فنیلن دی‌آمین
مشکی پرکلاغی	قرمز تیره	بادمجانی	بلوند فندقی خیلی روشن	متا - تولوئین دی‌آمین
مشکی	قرمز مسی	مشکی	قهوه‌ای دودی روشن	۴-۲ - دی‌آمینو انیسول سولفات
مشکی	قرمز مسی	مشکی	قهوه‌ای دودی متوسط	۴- متوکسی- ۶- متیل - متا - فنیلن دی‌آمین
قهوه‌ای تیره	قهوه‌ای دودی روشن	بورگاندی	بدون رنگ	۵،۳،۱ - تری آمینو بنزن تری‌هیدروکلرید
قهوه‌ای دودی	قهوه‌ای طلایی روشن	قهوه‌ای دودی	بدون رنگ	۶،۴،۲- تری‌آمینو تولوئن تری‌هیدروکلرید
مشکی پر کلاغی	بورگاندی متوسط	دودی بنفش تیره	بدون رنگ	متا - آمینو فنول
بورگاندی	قهوه‌ای دودی مشکی	بورگاندی	بدون رنگ	۵،۳- دی‌آمینو فنول هیدروکلرید
بورگاندی تیره	قهوه‌ای سبز	قهوه‌ای زیتونی قهوه‌ای	خاکستری خیلی روشن	دی‌اتیل- متا - آمینو فنول
بنفش دودی تیره	نارنجی درخشان	شرابی بادمجانی تیره	بلوند طلایی	پارا - آمینو - اورتو - کرزول
	بلوند	خاکستری روشن، قهوه‌ای		هیدروکینون
	بلوند دودی	قهوه‌ای طلایی		رزورسینول
	بورگاندی	قهوه‌ای دودی		پیروکتکول
	بلوند سبز	بلوند فندقی		کلرو رزورسینول
	قهوه‌ای طلایی روشن	قهوه‌ای دودی		پیروگالول
	قرمز	مشکی بنفش		آلفا - نفتول
	قرمز	بنفش سبز		۵،۱ - دی‌هیدروکسی نفتالن
	بلوند زرد	قهوه‌ای دودی		۷،۲- دی‌هیدروکسی نفتالن
	بلوند	قهوه‌ای دودی تیره		۳،۲ - دی‌آمینو پیریدین
	مسی	بورگاندی تیره		۵،۲- دی‌آمینو پیریدین هیدروکلرید
	دودی سبز، بلوند	مشکی		۶،۲ - دی‌آمینو پیریدین
	بلوند روشن	قهوه‌ای تیره		۴،۳ - دی‌آمینو پیریدین
	بلوند قرمز	قهوه‌ای تیره		۶،۲ - دی‌هیدروکسی پیریدین هیدروکلرید

^۱- پارا- فنیلن دی‌آمین، ^۲- پارا- آمینو فنل، ^۳- پارا- آمینو دی‌فنیل آمین



۲۰

۲۱

شمای ۸- تشکیل یون دی‌ایمینیوم بدون نیاز به تشکیل دی‌ایمین مربوطه.

۳- گونه‌های دو هسته‌ای اکسید می‌شوند و رنگ‌های ایندو دو هسته‌ای به وجود می‌آیند. اگر هر چهار موقعیت رنگ ایندو بسته باشد (استخلافی به غیر از هیدروژن داشته باشد)، واکنش در این مرحله متوقف می‌شود.

۴- ممکن است پیش ماده رنگ یا مولکول دیگری از رنگ ایندو از طریق افزایش ۴ و ۱ به رنگ‌های ایندو اضافه شوند و گونه‌های سه یا چند هسته‌ای حاصل آیند.

۵- گونه‌های سه هسته‌ای یا چند هسته‌ای اکسید می‌شوند و رنگ‌های ایندو بزرگتر حاصل می‌آیند. ممکن است مراحل ۴ و ۵ تکرار شوند و رنگ‌های پلیمری بزرگتر به وجود آیند.

۶- ترکیبات بستر

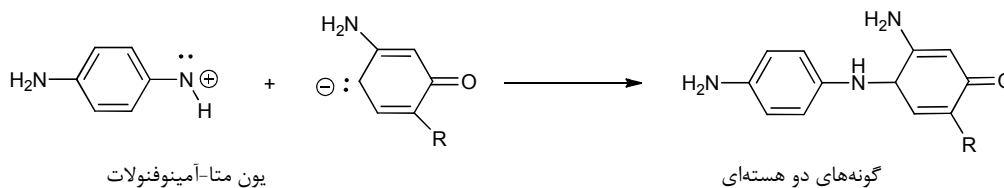
ترکیبات بستر در رنگ کردن مو شامل مواد فعال سطح، تعلیق کننده‌ها، نگهدارنده‌ها، حالت دهنده‌ها^۱ و افزودنی‌های لازم برای کنترل یا تنظیم pH می‌باشد. این ترکیبات، افزودنی‌های ضرورتاً بی‌رنگی هستند که نقش مهمی در رنگ کردن مو دارند (جدول ۲).

^۱ Conditioning Agents

به طور مشابه، یون‌های کوئینوایمینیوم، مانند ۱۵، حد واسطه‌های فعال حاصل از اورتو و پارا-آمینوفنول‌ها می‌باشند. هر چند که دی‌ایمین‌ها در واکنش‌های تشکیل رنگ به وجود می‌آیند، با این وجود، حد واسطه‌های ضروری برای تشکیل رنگ‌های ایندو دو، سه یا چند هسته‌ای نیستند. به عنوان مثال ترکیب ۲۰ که یکی از مشتقات پارا-فنیلن دی‌آمین است و در گذشته در بسیاری از رنگ موهای تجاری مورد استفاده قرار می‌گرفته است، قادر به تشکیل یون دی‌ایمینیوم ۲۱ می‌باشد، هر چند که نمی‌تواند دی‌ایمین مربوطه را تشکیل دهد (شمای ۸). ممکن است گمان شود که ترکیب ۲۰ فقط به عنوان جفت کننده رنگ عمل می‌کند، اما N:N- دی آلکیل پارا-فنیلن دی‌آمین‌های مربوطه، در غیاب پارا-فنیلن دی‌آمین‌های بدون استخلاف، همراه با جفت کننده‌های رنگ معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند که نشان دهنده این است که این ترکیبات در رنگ کردن دائمی مو به عنوان پیش ماده رنگ عمل می‌کنند [۲۰-۱۸].

سازوکار واکنش پنج-مرحله‌ای زیر تشکیل رنگ‌های ایندو دو، سه و چند هسته‌ای، که از واکنش‌های رنگ‌های اکسیداسیونی جداسازی شده‌اند، را توضیح می‌دهد:

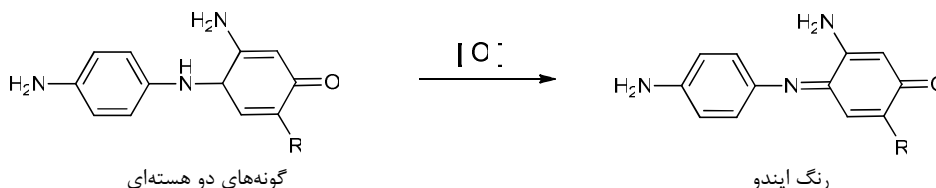
۱- یون دی‌ایمینیوم از پیش ماده رنگ به وجود می‌آید.
 ۲- یون دی‌ایمینیوم به یک جفت کننده اضافه می‌شود (معمولاً به موقعیت پارا نسبت به گروه آمینو یا فنولی) که منجر به تشکیل گونه‌های دو هسته‌ای می‌شود.



یون متا-آمینوفنولات

گونه‌های دو هسته‌ای

شمای ۹- اضافه شدن یون دی‌ایمینیوم به یک جفت کننده و تشکیل گونه دو هسته‌ای.



گونه‌های دو هسته‌ای

رنگ ایندو

شمای ۱۰- تشکیل رنگ ایندو دو هسته‌ای از گونه‌های دو هسته‌ای.

جدول ۳- ترکیبات بستر رنگ موی دائمی.

عملکرد	جزء تشکیل دهنده
مواد فعال سطح/ تعلیق کننده‌ها	اولئیک اسید
کنترل pH	تری اتانول آمین
مواد فعال سطح	سدیم لوریل سولفات
مواد فعال سطح/ تعلیق کننده‌ها	نانوکسی نول-۱۲ (Nonoxynol-12)
آنتی اکسیدان	سدیم سولفیت
نگهدارنده	متیل پارابن
ضد اکسیدکننده/ نگهدارنده	BHT (Butylated Hydroxytoluene)

۷- فرمولاسیون رنگ موهای دائمی

pH بالا مخلوط می‌شوند، غلیظ می‌شوند و یا هنگامی که مخلوط رنگ از روی مو شسته می‌شود، باعث بهبود حالت دهندگی و شستشو می‌شود.

عامل اکسید کننده نقش‌های زیر را ایفا می‌کند:

- منبعی از عامل اکسیدکننده است که واکنش‌های پیش ماده‌های رنگ را کاتالیز می‌کند.

- رنگدانه‌های طبیعی مو (ملانین) را پخش و قابل حل می‌کند و در عین حال، رنگدانه‌های طبیعی مو و هر ماده رنگی مصنوعی دیگری که از قبل در ساقه مو وجود داشته را بی‌رنگ می‌کند.

هنگامی که این اجزا با یکدیگر مخلوط شده و در سطح مو به کار برده می‌شوند، دو فرآیند مکمل اتفاق می‌افتد: بی‌رنگ شدن رنگدانه‌های طبیعی مو و سایر مواد رنگی مصنوعی موجود در مو و نفوذ پیش ماده

رنگ به داخل مو و به دنبال آن واکنش‌های جفت شدن، که نتیجه آن تشکیل کروموفورها در داخل ساقه مو می‌باشد که سپس اندازه آنها به حدی بزرگ می‌شود که امکان خارج شدن از ساقه مو به بیرون را ندارند. نتیجه نهایی به توازن این دو فرآیند، مخلوط پیش ماده‌های رنگ، رنگ اولیه مو و کیفیت مو بستگی دارد. رنگ‌های پیچیده‌تر ممکن است حاوی چندین پیش ماده و تعداد زیادی جفت‌کننده بوده و شامل واکنش‌های متعدد باشند. در جدول ۳ یک نمونه فرمولاسیون

بخش حاوی پیش ماده - جفت‌کننده رنگ موی دائمی آورده شده است. به منظور ساخت فرمول رنگ ذکر شده، سولفونات و نئودل را به آب اضافه کرده و مخلوط را در دمای اتاق هم می‌زنند. آن‌گاه سدیم سولفیت (عامل کاهنده-پایدار کننده) و سپس پیش ماده رنگ و جفت‌کننده را اضافه کرده و مخلوط تا حل شدن کامل این اجزاء هم‌زده می‌شود. سپس، عامل قلیایی کننده و به دنبال آن آمید اضافه می‌شود که در نتیجه آن مخلوط غلیظ می‌شود. در برخی موارد، پیش ماده رنگ و جفت‌کننده در آمید حل می‌شوند و سپس بقیه اجزاء به ترتیبی که ذکر شد افزوده می‌شوند.

رنگ موهای دائمی باید در دو بخش با ترکیب متفاوت فرموله شوند. این دو بخش بلافاصله قبل از مصرف بر روی مو با یکدیگر مخلوط می‌شوند. اولین بخش شامل چندین جزء تشکیل دهنده است که هر کدام عملکرد متفاوتی دارند. این اجزاء کاملاً با یکدیگر سازگارند و باید دور از عامل اکسید کننده (هیدروژن پروکسید) نگهداری شوند. این بخش شامل اجزاء تشکیل دهنده زیر می‌باشد:

۱- عامل قلیایی کننده (معمولاً آمونیاک و/یا مونو اتانول آمین MEA) که در فرآیند رنگ کردن مو نقش‌های متعددی دارد:

- متورم کردن ساقه مو به منظور کمک به نفوذ پیش ماده‌های رنگ

- بالا بردن pH داخلی مو به منظور اینکه کل مخلوط رنگ pH بالایی داشته باشد

- سهولت تشکیل رنگ در ساقه مو و کاتالیز کردن رنگبری ملانین

۲- مخلوطی از پیش ماده‌های رنگ که در داخل ساقه مو با هم واکنش می‌دهند و نتیجه آن تشکیل رنگ است.

۳- مواد فعال سطح (می‌توان از پلیمرها استفاده کرد)، این سیستم تغلیظ‌کننده انحلال دو جزء اول (مخصوصاً رنگ‌ها) را ممکن می‌سازد و وقتی با آب اکسیژنه مخلوط می‌شود، گر انرژی نهایی برای نگه داشتن مخلوط روی ساقه مو را فراهم آورده و در نتیجه فرآیند رنگ کردن با آلودگی کمتر و بدون چکه کردن ممکن می‌شود.

۴- غلظت کمی از یک عامل کاهنده، به منظور پیشگیری از اکسید شدن پیش ماده رنگ به وسیله هوا

۵- آب

دومین بخش از فرمولاسیون رنگ موهای دائمی، عامل اکسید کننده و تثبیت‌کننده (برای پروکسید) می‌باشد. به منظور تضمین پایداری آن، این بخش باید ضرورتاً در pH پایین نگهداری شود. این بخش همچنین می‌تواند حاوی پلیمرها یا مواد فعال سطح باشد که وقتی با رنگ با

جدول ۴- بخش پیش ماده-جفت کننده*.

درصد جزء تشکیل دهنده به منظور دست یابی به رنگ مو مورد نظر				جزء تشکیل دهنده
سیاه	قرمز	قهوه‌ای روشن	قهوه‌ای تیره	
۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	دو دسیل بنزن سولفونات (۰/۵۰)
۹	۹	۹	۹	کوکو دی اتانول آمید
۶	۶	۶	۶	نئودل ۹۱-۲/۵
۶	۶	۶	۶	آمونیم هیدروکسید
۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	سدیم سولفیت
۰/۴	---	---	۰/۴	پارا-فنیل دی آمین
۰/۲	---	۰/۴	۰/۳	اورتو-آمینو فنول
---	۰/۴	۰/۴	---	پارا-آمینو فنول
---	۰/۴	---	---	۴-متیل-۵-آمینو فنول
۰/۲	---	---	---	متا-آمینو فنول
۶۳/۹	۶۳/۹	۶۳/۹	۶۴	آب

۹- فرآیندهای جایگزین برای رنگ کردن دائمی موها [۲۱]

۹-۱- واکنش‌های درجا^۱

۹-۱-۱- تشکیل رنگ افزاهای آزو

رنگ‌ها و رنگدانه‌های آزو از مهم‌ترین رنگ افزاهای تجاری هستند که طیف وسیعی از رنگ‌های درخشان و پررنگ را فراهم می‌آورند. این رنگ‌ها ارزان هستند و در دمای محیط و در آب، از مواد اولیه در دسترس، سنتز تولید می‌شوند. این فرآیند در ابتدا شامل واکنش نمک‌های دیازونیوم پایدار شده با اجزای جفت‌شونده می‌باشد، شبیه جفت‌کننده‌های سنتی که در رنگ کردن اکسیداسیونی مو به کار می‌رود. به عنوان مثال، ۴-(N-فنیل) آمینو بنزن دی آزونیوم تترا کلرو زینکات با α - نفتول رنگ مشکی پررنگی بر روی مو ایجاد می‌کند. این فرآیند شامل کاربرد یک محلول آبی قلیایی جزء جفت‌شونده بر روی مو به مدت ۲۰ دقیقه، اضافه کردن محلول آبی نمک دیازونیوم و سپس ۲۰ دقیقه دیگر زمان برای جفت‌شدن درجای رنگ آزو می‌باشد که گستره محدودی از رنگ‌های قهوه‌ای تا سیاه به وجود می‌آید. سپس فرآیند با استفاده از اجزای جفت‌شونده، با میل ترکیبی بیشتر به مو نسبت به نفتول‌ها، پیشرفت می‌کند که گستره وسیع‌تری از سایه‌ها را فراهم می‌آورد. نمک‌های دیازونیوم حاصل از واکنش آمین‌های آروماتیک، مثل ۲۲-۲۵، با سدیم نیتريت آبی و هیدروکلریک اسید، معمولاً در ۴- $\text{pH}=3$ بر روی مو به کار برده می‌شود. بعد از ۱۰-۲ دقیقه افزایش pH به ۸ تا ۹ موجب واکنش خود-کوپل شدن می‌شود که احتمالاً گونه‌های پلیمری را تولید می‌کند. رنگ‌های حاصل به این صورت هستند: رنگ مسی با ۲۲، رنگ آبی با ۲۳، رنگ قرمز با ۲۴، رنگ نارنجی با ۲۵. (شمای ۱۱). با وجود پتانسیل خطر انفجار در طی نگهداری نمک‌های دیازونیوم، به نظر نمی‌رسد که چنین فرآیندهایی به صورت تجاری درآیند.

اجزاء تشکیل دهنده بخش اکسیدکننده در جدول ۴ آورده شده است. به منظور فرموله کردن بخش اکسیدکننده، سولفونات را به آب اضافه کرده و مخلوط را در دمای اتاق هم می‌زنند. فسفریک اسید را به طور جداگانه به پروکسید اضافه می‌کنند و سپس این مخلوط را به آرامی و همراه با همزدن به مخلوط دترجنت در آب اضافه می‌کنند.

جدول ۵- بخش اکسیدکننده.

درصد	جزء تشکیل دهنده
۵۰	هیدروژن پروکسید (۰/۲۰)
۳۳	دو دسیل بنزن سولفونات (۰/۵۰)
۱	فسفریک اسید
۱۶	آب

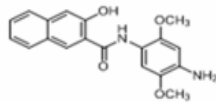
۸- خلاصه واکنش‌های رنگ کردن اکسیداسیونی مو

مطالعاتی که در زمینه فعل و انفعالات رنگ‌های اکسیداسیونی انجام گرفته است نشان می‌دهد که پیش ماده‌های رنگ و جفت‌کننده‌ها هر دو در این فرآیند درگیر هستند. پیش ماده‌ها اکسید می‌شوند و حدواسط‌های فعال به وجود می‌آیند که احتمالاً گونه‌های ایمینیوم یا کوئینوایمینیوم می‌باشند. این حد واسط‌های فعال با رزورسینول واکنش داده که در نتیجه، پلی‌ایندو فنول‌ها و رنگ‌های سه هسته‌ای به وجود می‌آیند، با متا- دی آمین‌ها واکنش می‌دهند و ایندآمین‌ها تشکیل می‌شوند، به متا-آمینو فنول‌ها اضافه می‌شوند و ایندآمین‌ها به وجود می‌آیند و با نفتول و هیدروکینون واکنش می‌دهند و ایندو فنول‌ها تشکیل می‌شوند. باز باندرووسکی، که یک گونه سه هسته‌ای است، محصول واکنش جانبی است که به میزان قابل توجهی در رنگ کردن اکسایشی رخ نمی‌دهد.

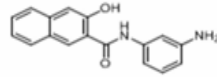
¹ In Situ Reactions



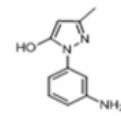
۲۲



۲۳



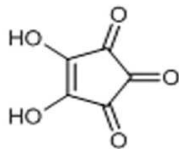
۲۴



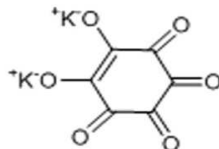
۲۵

شمای ۱۱- ساختار تعدادی از آمین‌های آروماتیک استفاده شده در تشکیل رنگ افزایش آزو.

ترکیبات کربونیل مورد استفاده در این فرآیندها عبارتند از: بنزالدهید و سینامالدهید و مشتقات N, N-۴ دی متیل آمینوی آنها، ایساتین^۳ و مشتقات آن، مشتقات بنزوکینون به ویژه اورتو-بنزوکینون، کروکونیک اسید^۴ و پتاسیم رودیزونات^۵ (شمای ۱۳). فرآیند رنگ کردن در این روش به این شکل است که محلول آلدئید در دمای اتاق بر روی مو به کار برده شده و بعد از ۵ دقیقه، محلول حاوی ترکیب آمینو استعمال می‌شود. پس از ۲۰ دقیقه ماندن در دمای ۴۰ °C، موها با آب شسته می‌شوند.



۲۸



۲۹

شمای ۱۳- ساختار کروکونیک اسید و پتاسیم رودیزونات.

۲-۱-۹-۲ تراکم نووناگل^۶

پیشرفت جالبی که در زمینه رنگ کردن دائمی مو با روش توضیح داده شده در بخش قبلی اتفاق افتاده است، شامل تشکیل رنگ‌های متین یا آزومتین به وسیله تراکم نووناگل درجا می‌باشد. این سیستم نیز نیازی به اکسیدان ندارد و از یک گونه کاتیونی به عنوان یکی از واکنش‌دهنده‌ها استفاده می‌شود. گستره وسیعی از نمک‌های کاتیونی مناسب به همراه آلدئیدهای متنوع در این روش مورد استفاده قرار گرفته‌اند و طیف وسیعی از رنگ‌های متنوع حاصل شده است.

۲-۹-۲ رنگ‌های بالقوه (نهفته)^۷

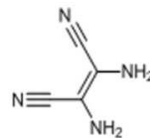
۱-۲-۹-۱ رنگ کردن خمرهای (خمی) لوکو^۸

رنگ‌های خمرهای طبقه مهمی از رنگ‌هایی هستند که برای رنگ کردن فیبرهای سلولزی مانند پنبه به کار می‌روند. این ترکیبات از طریق شکل کاهش یافته (لوکو) بر روی فیبر به کار برده می‌شوند و سپس در فیبر مجدداً اکسید می‌شوند. رنگ‌های خمرهای محلول، سولفات استر رنگ‌های خمرهای لوکو می‌باشند. این رنگ‌ها در اصل برای فیبرهای پروتئینی، پشم

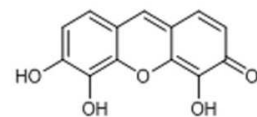
۲-۱-۹ تشکیل رنگ افزایش متین^۱ و آزومتین^۲

۱-۲-۱-۹ تراکم آمین‌ها با ترکیبات کربونیل

یکی از پیامدهای قابل توجه در رنگ کردن اکسیداسیونی موها، آسیب دیدن موها به دلیل استفاده از شرایط قلیایی قوی و عوامل اکسنده می‌باشد. تلاش‌های زیادی برای توسعه سیستم‌های رنگ کردنی که در آن از این شرایط اجتناب شود و در عین حال، رنگ حاصل همچنان پررنگ و پایدار باشد، انجام شده است. چنین سیستمی بر پایه واکنش‌های آمین‌ها با آلدئیدها یا کتون‌ها بوده که در آن از مولکول‌های کوچک استفاده می‌شود که بتوانند به آسانی به ساقه مو نفوذ کرده و سپس دچار تراکم شوند و رنگ‌های متین یا آزومتین تشکیل شده که در داخل مو به دام می‌افتند. دو جزء تشکیل دهنده ممکن است جداگانه به کار روند یا بلافاصله قبل از استفاده با یکدیگر مخلوط شوند. شباهت‌های شیمیایی زیادی با فرآیندهای اکسیداسیونی وجود دارد اما برای توسعه رنگ، هیدروژن پروکسید یا آمونیاک مورد نیاز نمی‌باشد. گزارش‌های مختلفی وجود دارد که از آمین‌های متنوعی در این روش استفاده شده است. از جمله این آمین‌ها مشتقات ایندول، آروماتیک دی آمین‌ها، آمینو فنول‌های دی، تری یا تترا استخلاف شده، بیس فنیل آلکین دی آمین‌ها، پارا- فنیل دی آمین، اورتو- آمینو فنول‌ها، دی آمینو مالئیک اسید دی نیتریل^{۲۶}، مشتقات^{۲۷} (شمای ۱۲)، سانو آنیلین‌ها، هیدرازون‌ها و تیازولون هیدرازون‌ها، آمینو پیریدین‌ها، آمینو پیریمیدین‌ها، آمینوپیرازولین، آمینو ایندازول و آمینو اسیدها می‌باشند که با توجه به ترکیب کربونیل مورد استفاده طیف وسیعی از رنگ‌ها از جمله بلوند، قرمز، نارنجی، قهوه‌ای، زرد تا سرخابی و بنفش حاصل آمده است.



۲۶



۲۷

شمای ۱۲- ساختار تعدادی از آمین‌های استفاده شده در تشکیل رنگ‌های متین و آزومتین.

³ Isatin (1H-indole-2,3-dione)

⁴ Croconic Acid

⁵ Potassium Rhodizonate

¹ Methane

² Azomethine

یکنواخت پخش می‌شود، معرفی کرد. پس از یک سری اعمال فیزیکی یا شیمیایی، رنگدانه به صورت کمی، درجا تولید می‌شود. این روش نوین برای رنگ کردن به منظور کاهش زمان، قیمت و راحت‌تر شدن تبدیل رنگدانه اولیه به ذرات با شکل و اندازه دلخواه، طراحی شده است. سیبا استفاده از این فناوری را برای مواد متخلخل، به ویژه چوب، ثبت کرده است و ادعا کرده که مو نیز ممکن است با این روش رنگ شود. با این حال، رنگدانه‌های نهفته اصلی عموماً به دمای کاربرد زیادی نیاز دارند که برای رنگ کردن مو مناسب نیست. طراحی پیش ماده رنگدانه‌ای که بتواند به مو نفوذ کرده و با اعمال فیزیکی و/ یا شیمیایی بعدی مجدداً رنگدانه‌ای تولید کند که در داخل مو به دام افتد، مفهوم جالبی را برای رنگ کردن دائمی مو ارائه می‌دهد.

شمای ۱۵ فرآیندی را نشان می‌دهد که در آن از ایندیکان^۳ استخراج شده از برگ‌ها برای تهیه ایندیگو طبیعی استفاده شده است. دو فرمولاسیون جداگانه، یکی محتوی ایندیکان و دیگری محتوی آنزیم β -گلوکوزیداز در دمای $40-45^{\circ}\text{C}$ به مدت ۳۰ دقیقه بر روی مو اعمال می‌شود. ترکیب ۳۳ توسط β -گلوکوزیداز آبکافت می‌شود و ایندوکسیل ۳۴ تشکیل می‌شود که در داخل مو به سرعت توسط اکسیژن هوا اکسید شده و ایندیگو ۳۵ به وجود می‌آید.

³ Indican

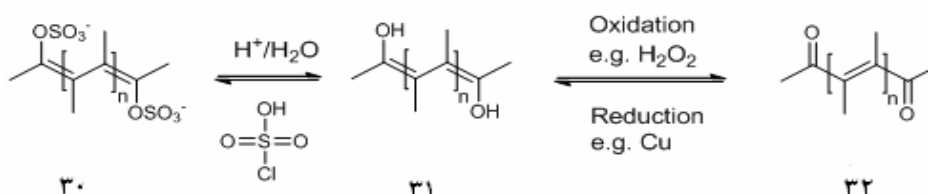
و ابریشم توسعه یافته‌اند، به طوری که ممکن است از شرایط قلیایی شدید که برای تخمیر مورد نیاز است، اجتناب شود. دو نقطه ضعف رنگ موهای اکسداسیونی این است که به آسانی رنگ‌های زرد و قرمز روشن به وجود نمی‌آورند و زمانی که به منظور کاهش آسیب دیدن مو در pH پایین به کار برده می‌شوند، رنگ‌های حاصله مات و کدر هستند. پیش بینی شده که رنگ‌های خمره‌ای محلول ممکن است این مشکلات را برطرف کرده و در عین حال رنگ‌های بادوام عالی در برابر نور و شستشو ایجاد کنند که ویژگی رنگ‌های خمره‌ای می‌باشد. همان‌طور که در شمای ۱۴ نشان داده شده است، این فرآیند شامل کاربرد رنگ خمره‌ای قابل حل ۳۰ بر روی مو، و به دنبال آن آبکافت در pH پایین برای تشکیل رنگ خمره‌ای لوکو ۳۱ می‌باشد که سپس اکسید شده و رنگدانه خمره‌ای ۳۲ به وجود می‌آید که در داخل ساقه مو به دام می‌افتد. شباهت این فرایند با رنگ کردن اکسایشی معمول این است که در آن از هیدروژن پروکسید یا آمونیوم پرسولفات به عنوان عامل اکسنده استفاده می‌شود. این رنگ‌ها همچنین قادرند که در اثر تابش نور رنگدانه تولید کنند.

۹-۲-۲ فناوری رنگدانه نهفته^۱

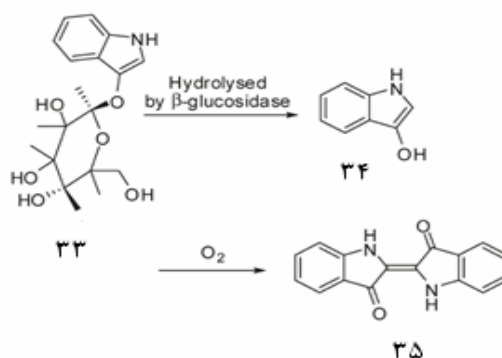
در سال ۱۹۹۵ سیبا^۲ مفهوم فناوری رنگدانه نهفته را بر پایه پیش ماده رنگدانه، رنگدانه نهفته، که به عنوان رنگ در محیط کاربرد محلول است یا به طور

¹ Latent Pigment Technology

² Ciba



شمای ۱۴- فرایند رنگ کردن رنگ‌های خمره‌ای محلول.



شمای ۱۵- تشکیل ایندیگو با استفاده از ایندیکان.

(پشم و مو) و فیبرهای سنتزی ویژه، توسعه یافته است. یک رنگ واکنش چهار ویژگی ساختاری اصلی دارد (شکل ۲):

۱- کروموفور (رنگساز) که به مولکول رنگ می‌دهد و ممکن است در ویژگی‌هایی مثل مقاومت در برابر نور دخالت داشته باشد.

۲- گروه محلول کننده در آب، که معمولاً نمک سدیم گروه سولفونات می‌باشد.

۳- گروه واکنش پذیر با فیبر، که قادر است با فیبر وارد واکنش شیمیایی شود.

۴- گروه پل ساز، که کروموفور را به گروه واکنش پذیر متصل می‌کند. مفهوم اتصال کووالانسی مولکول‌های رنگ به مو بسیار قابل توجه است. تصور می‌شود که یک روش رنگ کردن واکنشی مناسب می‌تواند علاوه بر تولید رنگ‌های درخشان و با مقاومت عالی در برابر شستشو، مقاومت خوبی در مقابل از بین رفتن رنگ در مقابل تعریق یا استفاده از اسپری مو داشته باشد و باعث می‌شود که رنگ کردن موهای تازه روییده شده با سهولت بیشتری انجام شود، زیرا، موهای رنگ شده قبلی مکان‌های اتصال کمتری برای مولکول‌های رنگ جدید دارند. مزیت دیگر این روش نسبت به فرآیند اکسیداسیونی، پتانسیل اجتناب از استفاده از هیدروژن پروکسید یا قلیا برای پیشرفت رنگ می‌باشد.

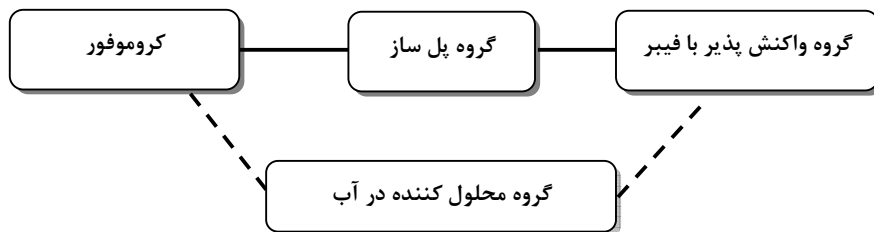
اصولاً اعتقاد بر این است که رنگ‌های واکنشی برای رنگ کردن مو مناسب نیستند چون با شرایط ملایم مورد نیاز، حداقل رنگ شدن حاصل می‌آید. گزارش شده که با استفاده از رنگ‌های واکنشی بر پایه تیو استر ۳۶ (شمای ۱۶)، مو ممکن است به رنگ زرد تا آبی درآید.

رنگدانه‌هایی که با استفاده از این فناوری‌ها در داخل مو تشکیل می‌شوند، احتمالاً به شکل نانوذره می‌باشند. گمان می‌رود، کاربرد نانوفناوری در موی انسان به هزاران سال قبل بر می‌گردد، زمانی که تمدن‌های یونان باستان و امپراطوری رم به منظور دستیابی به رنگ مشکی، نانوبلورهای سرب سولفید را در داخل ساقه مو رشد می‌دادند. در واقع، مطالعه نشان داده که کاربرد مخلوطی از سرب اکسید و کلسیم هیدروکسید در مقدار کمی آب، بر روی موهای خاکستری یا روشن انسان، بلورهای سرب سولفید با اندازه تقریبی ۵ nm تولید می‌کند، که گوگرد توسط آمینو اسیدهای کراتین مو که در واکنش دخیل هستند، فراهم می‌آید. پیشرفت‌های اخیر در نانوفناوری امکانات جدیدی در زمینه رنگ کردن دائمی مو فراهم کرده است. ادعا شده که نانو لوله‌های کربن که از طریق شیمیایی عامل دار شده‌اند و خواص فیزیکی آنها بهبود یافته است، پوشش سیاه رنگ نازکی بر روی مو ایجاد می‌کنند که باعث می‌شوند موها صاف تر و در عین حال حجیم تر به نظر آیند. جالب است که افزایش مساحت سطح این نانوذرات باعث افزایش تماس و برهم کنش آنها با مو می‌شود و در نتیجه رنگ مشکی بادوامی حاصل می‌آید.

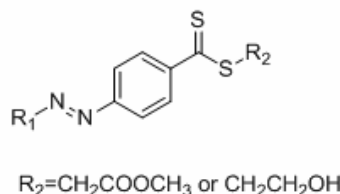
۹-۳- رنگ کردن واکنشی^۱

رنگ‌های واکنشی برای رنگ کردن منسوجات به کار می‌روند و با آنها پیوند کووالانسی تشکیل می‌دهند که معمولاً این پیوند بین اتم کربن رنگ و اتم‌های اکسیژن، نیتروژن یا گوگرد گروه‌های هیدروکسی، آمینو یا تیول موجود در فیبرها می‌باشد. رنگ‌های واکنشی مهم‌ترین رنگ‌های تجاری مورد استفاده برای فیبرهای سلولزی هستند، هر چند که رنگ‌های اختصاصی برای پروتئین‌ها

^۱ Reactive Dyeing

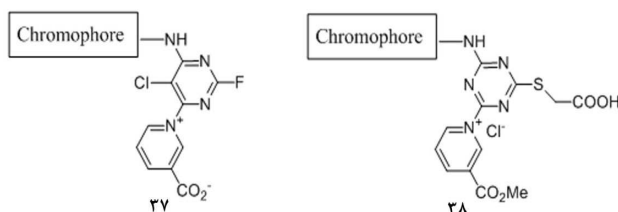


شکل ۲- نمایش شماتیک یک رنگ واکنشی.



۳۶

شمای ۱۶ - ساختار تیو استر مورد استفاده در ساخت رنگ‌های واکنشی زرد تا آبی.



شمای ۱۷- گروه‌های واکنش‌پذیر حاوی عوامل کاتیونی استفاده شده در رنگ موهای واکنشی.

سینتیک این فرآیند تاثیرگذار هستند، به توسعه پیش ماده‌های رنگ مناسب و فناوری‌های جدید، که معمولاً در دستیابی به رنگ موهای دائمی پررنگ تر و بادوام به کار گرفته می‌شوند، کمک می‌کند. علاوه بر این، به منظور غلبه بر نگرانی‌های همیشگی در مورد مسائل سم شناسی مرتبط با مهم‌ترین فناوری‌های تجاری رنگ کردن دائمی مو بر پایه فرآیندهای اکسیداسیونی که از کشف هومن در حدود ۱۵۰ سال قبل نشأت گرفته است، مطالعات متعددی انجام شده است. تعداد قابل توجه پیش ماده‌های رنگ جدید که در طول سالیان متمادی گزارش شده‌اند و مثال‌هایی از نمونه‌های موفق تجاری اخیر مانند دی آمینو-N، N-دی هیدرازوپیرازون‌ها، نشان دهنده این است که فرآیندهای اکسیداسیونی بهینه شده، در آینده نیز به صورت فناوری غالب باقی خواهند ماند. با این حال، زمینه‌های پژوهشی قابل توجهی برای دستیابی به فناوری‌های جدید رنگ کردن دائمی مو باقی مانده است.

رنگ موهای واکنشی با عوامل کاتیونی در گروه‌های واکنش‌پذیر، به عنوان مثال ترکیبات ۳۷ و ۳۸ (شمای ۱۷)، نیز گزارش شده‌اند. به نظر نمی‌رسد که محصولات رنگ مو بر پایه رنگ‌های واکنشی به صورت تجاری در آیند. گرچه این محصولات شدت رنگ‌های بالا و با مقاومت در برابر شستشوی عالی ارائه می‌دهند، ولی ممکن است مقاومت در برابر نور متوسطی داشته باشند. علاوه بر این، شرایط بررسی مشخصات سم شناسی این محصولات، به منظور تصویب و ثبت آنها به عنوان رنگ مو، هزینه‌های قابل توجهی را در بر دارد، آنقدر که مانع معرفی آنها به بازار می‌باشد.

۱۰- نتیجه‌گیری

در دهه‌های اخیر، درک ما از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ساختار مو، سازوکارهای درگیر در فرآیندهای رنگ کردن مو و ارتباط بین این دو عامل، رشد قابل توجهی داشته است. افزایش آگاهی از ترکیب ساقه مو، به ویژه ساختار شیمیایی سطح خارجی آن، درک مسیر نفوذ رنگ و عواملی که بر

۱۱- مراجع

1. J. F. Corbett, "Hair colorants, Chemistry and toxicology", Micelle Press: Dorset, U.K., **1998**.
2. J. F. Corbett, "In The Chemistry of Synthetic Dyes", Venkataraman, K., Ed.; Academic Press: New York, 5, 475, **1971**.
3. A. W. Hofmann, "Organische Basen", Jahr. Chem., 42, **1863**.
4. R. Araújo, M. Fernandes, A. Cavaco-Paulo, A. Gomes, "Biology of human hair: know your hair to control it", Adv. Biochem. Eng/ Biotechnol., 125, 121-143, **2010**.
5. P. Jolles, H. Hocker, H. Zahn, "Formation and structure of human hair", Birkhauser Verlag: Basel, Switzerland, **1996**.
6. S. Nagase, S. Shibuishi, K. Ando, E. Kariya, M. Okamoto, R. Yakawa, A. Mamada, "Lightscattering control at medulla enhances human hair shine", N. Satoh, 21st IFSC International Congress, Berlin, 153, **2000**.
7. G. E. Costin, V. J. Hearing, "Human skin pigmentation: melanocytes modulate skin color in response to stress", The FASEB J, 21, 976-994, **2007**.
8. L. J. Wolfram, L. Albrecht, "Chemical and photobleaching of brown and Red Hair", J. Soc. Cosmet. Chem. 38, 179-191, **1987**.
9. C. E. Orfanos, H. Ruska, "Die Feinstruktur des menschlichen Haares. III. Das Haarpigment", Arch Klin Exp Dermatol 231, 279-292, **1968**.
10. G. Prota, M. Scherillo, R. A. Nicolaus, "Rendiconto dell' Accademia delle Scienze Fifiche eMatematiche (Sezione della Societ_a Reale di Napoli)", 2, **1968**.
11. G. J. Prota, "Recent advances in the chemistry of melanogenesis in mammals", Invest. Dermatol. 75, 122-127, **1980**.
12. C. R. Robbins, "Chemical and Physical behavior of human hair", Springer, Capter 6, **2001**.
13. G. S. Kass, L. Hoehm, "Color reactions of oxidation dye intermediates", J. Soc. Cosmet. Chem., 12, 146-154, **1961**.
14. J. F. Corbett, "The role of meta difunctional benzene derivatives in oxidative hair dyeing: I. Reaction with p-diamines", J. Soc. Cosmet. Chem. 24, 103-134, **1973**.
15. J. F. Corbett, "Recent development in the synthesis of hair dyes", J. Soc. Dyers Col. 84, 556-560, **1968**.
16. D. G. Bruce, "Support for Mannequin Heads", U. S. patent 3,934,804 A, **1976**.
17. F. E. Wall, "In cosmetics science and technology", Sagarin, E., ed., Chap. 21. Interscience, New York, **1957**.
18. H. Tucker, "Hair coloring with oxidation dye intermediates", J. Soc. Cosmet. Chem. 18, 609-628, **1967**.
19. F. Brody, S. Pohl, "Oxidative hair dye compositions" U.S. patent 3, 970, 423, **1976**.
20. H. Husemeyer, "Oxidations farbstoffe: Bildungsmechanismen und Strukturen", J. Soc. Cosmet. Chem. 25, 131-138, **1974**.
21. O. J. X. Morel, R. M. Christie, "Current trends in the chemistry of permanent hair dyeing", Chem. Rev. 111, 2537-2561, **2011**.