

## بررسی امکان استخراج، شناسایی و حذف رزین‌های موجود در خمیر کاغذ کرافت مخلوط گونه‌های پهن برگ استوایی

هایده رحمتی<sup>۱</sup>، علی عبدالخانی<sup>۲\*</sup>، یحیی همزه<sup>۳</sup>

۱- عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی گرگان، واحد گنبد

۲- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

۳- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

### چکیده

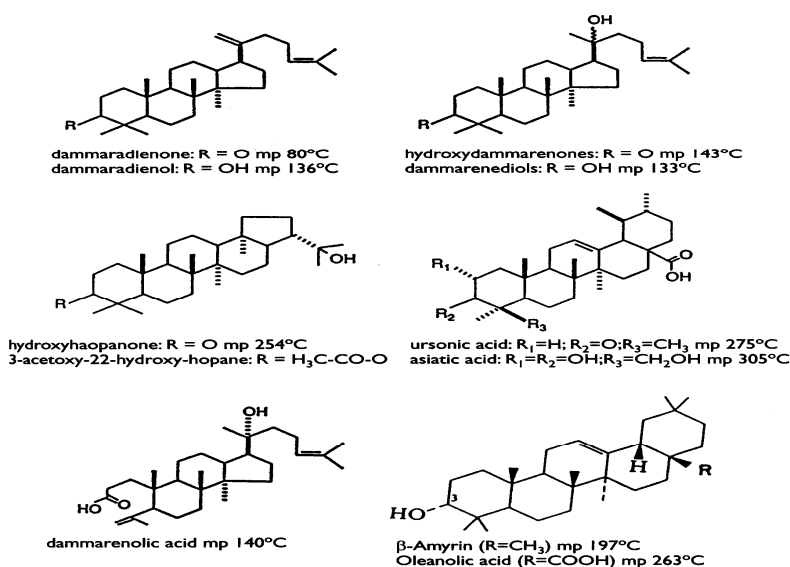
در این پژوهش رزین‌های موجود در خمیر کاغذ کرافت تولیدی از مخلوط گونه‌های پهن برگ استوایی در مراحل مختلف تهیه خمیر استخراج، اندازه‌گیری و شناسایی شدند. شناسایی و تجزیه این رزین‌ها در مراحل مختلف خمیر کاغذسازی با بهره‌گیری از دستگاه پیرولیز کننده متصل به کروماتوگرافی گازی - طیف سنج جرمی (Py - GC - MS) انجام شد. به طور کلی در این پژوهش دو نوع رزین شناسایی شد: (۱) میزان اندکی از رزین واکنش ناپذیر و غیرقابل دسترس دامار که تنها به صورت متمرکز در مواد وارده تمیزکننده‌های مرکز گریز یافت شد، و (۲) میزان زیادی از اسیدهای چرب، الکل‌های چرب و استرول‌ها. نتایج نشان داد که این نوع رزین‌ها را می‌توان با بهره‌گیری از مواد شیمیایی برای مثال از راه افزودن مواد فعال کننده سطح حذف کرد. نتایج آزمایشها نشان دادند که افزودن مواد فعال کننده سطح، سبب افزایش خروج مواد استخراجی از خمیر کاغذ و کاهش میزان مصرف مواد شیمیایی در مرحله رنگ بری آن می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** مواد استخراجی، رزین، طیف سنجی جرمی، مواد فعال کننده سطح، گونه‌های پهن‌برگ، رنگ بری

## مقدمه

هنگام تهیه خمیر کاغذ از چوب پهن برگان این ترکیبها منشاء دشواریهای بیشماری مانند تشکیل مواد چسبناک، باقی ماندن ناخالصیها در خمیر کاغذ و پارگی کاغذ در ماشین کاغذ می شوند. به علاوه، در صورت باقی ماندن این ترکیبها روی کاغذ دشواریهایی مانند ایجاد لکههای تیره و چسبیدن الیاف کاغذ به سطح سیلندر، پارگی ورقه و گرفتگی توری و نمدها ایجاد می شود. از جمله ترکیبهای شناخته شده این رزینها، ترکیب رزینی به نام دامار (Damar) است. این ترکیب در مقابل اکسایش و زرد شدن بسیار مقاوم است و عمل ذخیره سازی چوب و خرده چوبها پیش از تهیه خمیر به دلیل مقاوم بودن رزین دامار تاثیر کمی بر روی آن می گذارد (۵). رزین دامار بیشتر از انواع تری ترپنویدهای غیر استروئیدی خنثی تشکیل شده است (۶). در شکل ۱ شماری از ساختارهای تری ترپنوییدی دامار نشان داده شده است. در پهن برگان مناطق گرمسیری هر دو نوع ساختار سه حلقه‌ای و پنج حلقه‌ای دیده می شود (۶). حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد تری ترپنها به صورت اسیدهای رزینی بوده و بخش زیادی از آنها دارای گروههای الکل‌های یک یا دو عاملی هستند (۷). تری ترپنویدهای دارای گروههای کتونی نیز وجود دارند. در حدود ۲۰ درصد ساختار رزین دامار از نوع  $\beta$ -رسن است (۵).

در سالهای اخیر به واسطه افزایش بسیار سریع مصرف کاغذ، تقاضا برای خمیر الیاف کوتاه در آسیا افزایش یافته است و این روند در آینده نیز ادامه پیدا خواهد کرد. درختان پهن برگ گرمسیری به دلیل هزینه کم، بیش از ۹۰ درصد کل ماده اولیه سلولزی مصرفی در صنایع خمیر و کاغذ این مناطق را تشکیل می دهند (۱،۲). درختان پهن برگ گرمسیری مانند گونه‌های مختلف اکالیپتوس و آکاسیا، دارای مواد استخراجی بیشتری در مقایسه با پهن برگان دیگر مناطق جغرافیایی هستند (۳). قسمت عمده ترکیبهای استخراجی در این گونه‌ها ترکیبهای رزینی است. به طور عام رزینها شامل ترکیبهای آگریزی (بجز ترکیبهای فنلی) هستند که در سوزنی برگان و پهن برگان گرمسیری یافت می شوند (۴). ترکیبهای رزینی به صورت طبیعی در کلیه درختان وجود دارند و به طور معمول ۱ تا ۶ درصد وزن چوب (مواد استخراج شده با دی کلرومتان) را شامل شده و بیشترین میزان آن در سلولهای پارانشیمی بخش درون چوب (به ویژه در درختان کهن سال) یافت می شود. رزینهای موجود در پهن برگان نواحی گرمسیری شامل چربیه‌ها و اسیدهای چرب، استرولها، ترپن‌ها و ترپنویدها و همچنین مومها هستند.



شکل ۱- اجزای اصلی تری ترپنوییدی رزین دامار موجود در رزین چوب پهن برگان مناطق گرمسیری

دستگاه GC-MS انجام شده است. به علاوه، تاثیر افزودن یک ماده فعال کننده سطحی (Surfactant) تجاری بر روی میزان مواد استخراجی و روشنی خمیر کاغذ و همچنین کاهش میزان مواد استخراجی و عدد کاپا در مراحل مختلف رنگبری به روش ECF نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

### مواد و روش‌ها

#### مواد

خمیر کرافت تولیدی از مخلوط گونه‌های پهن‌برگ گرمسیری پیش و پس از لیگنین‌زدایی با اکسیژن از یک کارخانه واقع در اندونزی تهیه شد. خمیر لیگنین‌زدایی شده با اکسیژن با بهره‌گیری از توالی  $D_0ED_1D_2$  رنگبری شد و سپس در درون کیسه‌های پلاستیکی در دمای ۴ تا ۶ درجه سلسیوس نگهداری شد.

#### استخراج رزین

تجزیه Py-GC-MS بر روی مواد استخراجی تولیدی از نمونه خمیر کرافت پیش و پس از لیگنین‌زدایی با اکسیژن، نرمه‌های تولیدی از خمیر کرافت لیگنین‌زدایی شده با اکسیژن (عبور کرده از غربال ۲۰۰-مش) و نمونه وارده تمیزکننده‌های گریز از مرکز انجام شد. عمل استخراج با بهره‌گیری از دی کلرومتان (DCM) بر روی ۲۰ گرم خمیر کاغذ و به مدت ۸ ساعت انجام شد. به منظور افزایش غلظت رزین، نمونه‌ها با استون نیز استخراج شدند. پس از تبخیر حلال، مواد استخراج شده توسط پیرولیز کوریه - کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی تجزیه شدند.

با وجود اینکه بخش عمده‌ای از مواد استخراجی چربی دوست چوب در فرایند پخت کرافت و مراحل بعدی لیگنین‌زدایی با اکسیژن و فرایند شستشوی خمیر، از خمیر کاغذ تولید شده خارج می‌شوند، اما میزان کمی از این مواد استخراجی به همراه خمیر کاغذ رنگ بری نشده به واحد رنگ بری انتقال می‌یابند.

آوندها و سلول‌های پارانشیمی پهن‌برگان نواحی گرمسیری در فرایندهای لیگنین‌زدایی و رنگ بری و همچنین در اثر عمل تمیز کننده‌های مرکز گریز شکسته و در خمیر پراکنده می‌شوند. اگر این رزین‌ها دارای ترکیب‌های فنولی متراکم شده همراه با گروه‌های رنگ‌ساز باشند، در سطح کاغذ دست‌ساز ساخته شده از این خمیرها قابل رویت خواهند بود. به علاوه، این مواد استخراجی ممکن است با مواد شیمیایی رنگ بری واکنش داده و فرآورده‌های تغییر یافته و اکسید شده‌ای را ایجاد کنند (۸، ۹). مواد استخراجی تغییر یافته (بیشتر کلردار شده) باعث بروز مشکل قیر شده و بر روی روشنی خمیر کاغذ تاثیر منفی دارند.

زبان‌های اقتصادی ناشی از قیر در کارخانه‌های کرافت در حدود ۱ درصد کل درآمد آن‌ها گزارش شده است (۱۰). بنابراین انجام کار رنگبری در شرایطی که موجب کمترین میزان مواد استخراجی باقی مانده در خمیر کاغذ شود، بسیار اهمیت دارد. کنترل موثر تشکیل مواد رزینی و چسبناک در یک کارخانه خمیر کاغذ نیاز به تجزیه و شناسایی دقیق اجزای تشکیل دهنده مواد چسبناک و شناخت دقیق از سامانه کارخانه دارد (۱۱). شناسایی ماهیت ساختاری این رزین‌ها به گسترش روش مناسبی برای حذف آنها کمک خواهد کرد.

ساختار شیمیایی رزین‌های موجود در خمیر کاغذ از راه کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) بررسی شده است (۱۴-۱۱). در این پژوهش رزین‌های موجود در خمیر کرافت لیگنین‌زدایی شده با اکسیژن تولیدی از پهن‌برگان مناطق گرمسیری اندازه‌گیری و تجزیه شده است. شناسایی و تجزیه رزین‌های موجود در این خمیر پس از استخراج با دی کلرومتان با روش پیرولیز-متیلاسیون جفت شده به

### جرمی

بنابراین در مقایسه با روش پیرولیز متداول، امکان جداسازی و آشکارسازی فرآورده های مهم تری به لحاظ ساختاری محتمل خواهد بود و از این رو در این پژوهش از پیرولیز همراه با متیلاسیون ترکیب های استخراجی بهره گیری شد.

### فراوری با ماده فعال کننده سطح

ماده فعال کننده سطح با نام تجاری Betz Dearborn 10 از شرکت Tanjong Penjuru Crescent تهیه شد. ماده فعال کننده سطح در آب حل و غلظت آن در حد ۱ درصد تنظیم شد. پس از هر مرحله رنگبری ( $D_0$ ،  $D_1$  و  $D_2$ ) ۰/۲ کیلوگرم ماده فعال سطحی (به ازاء هر تن خمیر کاغذ) به آب شستشو افزوده شد. میزان ماده فعال کننده سطح بهره گیری شده در مراحل استخراج قلیایی (E) در حدود ۰/۳ کیلوگرم به ازای هر تن بود. عمل شستشوی خمیر با محلول تهیه شده از حل کردن ماده فعال کننده سطحی در آب تازه یا آب زیر صافی بدست آمده از مرحله شستشوی بعدی رقیق شده انجام شد. خمیر کاغذ در توالی رنگبری  $D_0ED_1D_2$  با میزان لازم آب مقطر تا رسیدن به درصد خشکی ۳ درصد شستشو داده شد. پس از صاف کردن، آب زیر صافی برای استفاده در دفعات پیشین رنگ بری در سطل های پلاستیکی و در اتاق خنک نگهداری شد.

### اندازه گیری ویژگی های خمیر کاغذ

پس از هر مرحله رنگ بری، عدد کاپا و روشنی ISO خمیر کاغذ به ترتیب برابر با استانداردهای SCAN-C 1:77 و TAPPI T-452 om-87 اندازه گیری شدند. میزان روشنی با بهره گیری از دستگاه Elerpho 2000 اندازه گیری شد. علاوه بر این میزان مواد استخراجی خمیر کاغذ در هر مرحله تعیین شد.

### نتایج و بحث

شناسایی ترکیب های استخراجی در خمیر کاغذ الک شده و شسته شده پیش و پس از لیگنین زدایی با اکسیژن

عدد کاپا و میزان ماده استخراجی خمیر کاغذ پس از

### پیرولیز کوریه - کروماتوگرافی گازی - طیف سنجی

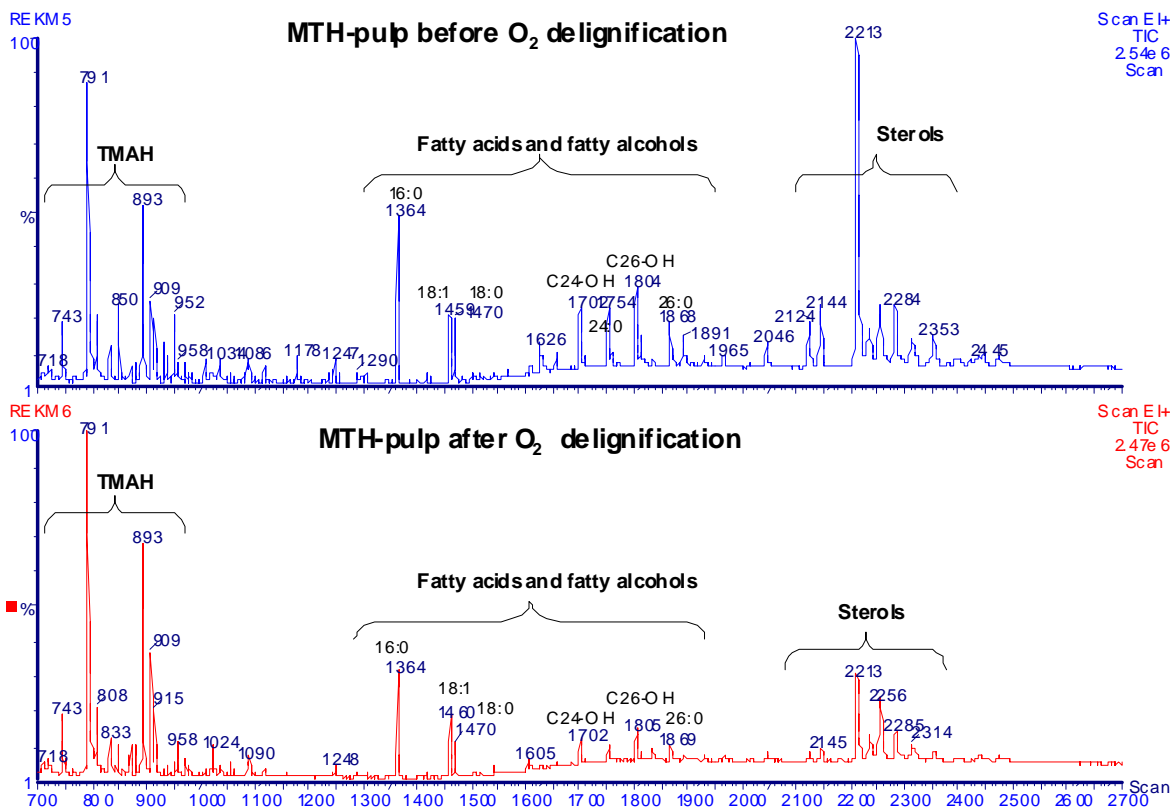
تجزیه نمونه ها با سامانه GC-MS مدل Varian Saturn 2000 جفت شده به یک پیرولایزر کوریه ( Horizon Instruments) با بهره گیری از یک ستون موپین سیلیسی (J & LW, DB-5؛ به طول ۳۰m، قطر درونی ۰/۲۵mm، ضخامت فیلم ۰/۲۵mm) انجام شد. نزدیک به ۱۰۰µg از نمونه بر روی سیم از جنس فرومغناطیسی رسوب داده شده و در درون آستر شیشه ای فرو برده شد، سپس بلافاصله در درون پیرولایزر قرار داده شدند. عمل پیرولیز در دمای ۶۱۰ درجه سلسیوس انجام شد. دمای آن دستگاه کروماتوگرافی به صورت افزایش دما از ۴۰ درجه سلسیوس تا ۳۰۰ درجه سلسیوس با نرخ ۶ درجه سلسیوس در هر دقیقه برنامه ریزی شد و در دمای نهایی برای مدت زمان ۲۰ دقیقه ثابت نگهداشته شد.

دمای تزریق کننده (انژکتور) مجهز به واحد Cryogenic از ۲۳۰ درجه سلسیوس (یک دقیقه) تا ۳۰۰ درجه سلسیوس با نرخ ۲۰۰ درجه سلسیوس در هر دقیقه برنامه ریزی شد، در حالی که دما در فصل مشترک GC-MS در ۳۰۰ درجه سانتی گراد ثابت نگهداشته شد. در جریان تجزیه پیرولیز برخی از ساختارهای رزین در اثر واکنش های ناخواسته گرمایی دستخوش تغییراتی می شوند که ممکن است موجب تفسیر نادرست از ساختار ترکیب ها شوند (۱۵-۱۱). با متیلاسیون ترکیب های بدست آمده از پیرولیز ترکیب های درشت مولکول با تترامتیل آمونیوم هیدروکسیدها در دمای زیاد می توان از رخداد چنین اشتباهاتی جلوگیری کرد. این روش امکان آشکارسازی ترکیب های قطبی را به صورت مشتقات آلکیل آن فراهم می کند (۱۳-۱۲). ماده متیله کننده در حالت گازی TMAH (تترامتیل آمونیوم هیدروکسید)، در دمای پیرولیز فرآورده های قطبی را به مشتقاتی با قطبیت کمتر تبدیل می کند که نسبت به جداسازی با دستگاه کروماتوگرافی سازگارتر هستند. بهره گیری از پیرولیز در حضور TMAH (که به اصطلاح پیرولیز - متیلاسیون نامیده می شود) با حفاظت از گروه های کربوکسیلی از راه تبدیل آنها به استرهای متیل از کربوکسیل زدایی نیز جلوگیری می کند (۱۴-۱۳).

۱۸:۱ نمایش داده شده‌اند. مقایسه دو پیروگرام نشان می‌دهد که بین نوع ترکیب مواد استخراجی دو نمونه تفاوت قابل توجهی دیده نمی‌شود. یکسان بودن ساختار نقطه‌های اوج در دو نمودار یادشده بیانگر این است که گرچه در مرحله لیگنین‌زدایی با اکسیژن میزان ترکیب‌های رزینی ممکن است کاهش یابد، ولی این موجب تغییر ساختار این مواد نمی‌شود و به عبارت دیگر این مواد بدون تغییر باقی می‌مانند.

برابر با شکل ۲ تنها میزان بسیار اندکی و نزدیک به حد آشکارسازی دستگاه از ترکیب‌های مربوط به پیرولیز رزین دامار (ترکیب‌های ترپنوییدی) در پیروگرام‌های یادشده ظاهر شده‌اند. به عبارت دیگر، رزین‌های موجود در هر دو نمونه خمیر کاغذ بیشتر از نوع اسیدهای چرب، الکل‌های چرب و استرول‌ها هستند.

لیگنین‌زدایی با اکسیژن به ترتیب ۹/۵ و ۰/۳۲ درصد تعیین شد. این نتایج نشان می‌دهد که میزان رزین موجود در نمونه‌های خمیر کاغذ خیلی زیاد نیست و در نمونه‌های پس از لیگنین‌زدایی با اکسیژن، نزدیک به چهار برابر کمتر از نمونه‌های پیش از لیگنین‌زدایی است. کروماتوگرام یونی بدست آمده از تجزیه پیرولیتیک مواد استخراجی هر دو نوع خمیر کاغذ شسته شده و الک شده پیش و پس از لیگنین‌زدایی با اکسیژن در شکل ۲ نشان داده شده است. به روشنی دیده می‌شود که هر دو پیروگرام دارای پیک‌های همسانی هستند که به اسیدهای چرب، الکل‌های چرب و استرول‌ها به عنوان اجزای سازنده اصلی رزین‌های چوب مربوط می‌شوند. اسیدهای چرب با نسبت شمار اتم‌های کربن به پیوند دوگانه بیان می‌شوند. بر این پایه، ترکیب‌های تولیدی از پیرولیز پالمیتیک و اولئیک اسید به ترتیب به صورت ۱۶:۰ و



شکل ۲- کروماتوگرام یونی مواد استخراج شده با دی کلرومتان - استون از خمیر کاغذ مخلوط پهن‌برگ پیش (کروماتوگرام بالا) و پس (کروماتوگرام پایین) از لیگنین‌زدایی با اکسیژن

می دهند که ترکیب های ترپنوییدی مانند رزین دامار به طور کامل در جریان فرایندهای پخت کرافت و لیگنین زدایی تخریب نشده و بخشی از آنها در خمیر باقی می ماند. بخشی از این ترکیب های را می توان با بهره گیری از ابزار مکانیکی مانند تمیز کننده های مرکز گریز به طور موثر از خمیر حذف کرد (شکل ۴).

با توجه به اینکه رزین های موجود در خمیر بیشتر از نوع غیر دامار بوده و از اسیدهای چرب، الکل های چرب و استرول ها تشکیل شده اند، تصور می شود که این گونه ترکیب ها را می توان با بهره گیری از ترکیب های شیمیایی مانند مواد فعال کننده سطح از خمیر حذف کرد. از نظر نظری مواد فعال کننده سطح با این رزین ها میسل هایی را تشکیل می دهند و آنها را به صورت امولسیون در آورده و به لحاظ فضایی پایدار می سازد. این ذرات رزین پایدار شده از لحاظ فضایی متراکم نشده و به هنگام شستشو خمیر کاغذ قهوه ای از دستگاه شسته شده و خارج می شوند.

با وجود اینکه قسمت اعظم این رزین ها در مرحله لیگنین زدایی با اکسیژن و مراحل شستشو از دستگاه خارج می شود. ولی بخشی از آنها در خمیر باقی می ماند. استر متیل پالمیتیک اسید ( $C_{16}$ ) همراه با اسید اولئیک غیر اشباع ( $C_{18:1}$ ) از اصلی ترین اسیدهای چرب شناخته شده ای هستند که در خمیر کرافت و لیگنین زدایی شده با اکسیژن خمیرهای تولیدی از پهن برگان نواحی گرمسیری وجود دارند. از طرف دیگر، بررسی مواد چسبناک تشکیل شده پس از رنگ بری با دی اکسید کلر نشان داده است که این رسوب ها دارای اسیدهای چرب با گستره شمار کربن  $C_{12}$  تا  $C_{26}$  هستند که در آنها استر متیل پالمیتیک اسید ( $C_{16}$ ) دارای بیشترین میزان بوده است.

#### تاثیر مواد فعال کننده سطح بر ویژگی های خمیر کاغذ

به منظور حذف کامل مواد استخراجی باقی مانده در خمیر، خمیر کرافت لیگنین زدایی شده با اکسیژن، به روش ECF بدون و با بهره گیری از مواد فعال کننده سطح در مرحله شستشوی خمیر و مرحله استخراج

#### تجزیه نرمه خمیر لیگنین زدایی شده با اکسیژن عبور کرده از غربال ۲۰۰- مش

شکل ۳ تجزیه مواد تولیدی از پیرولیز مواد استخراجی موجود در نرمه های خمیر لیگنین زدایی شده با اکسیژن که از غربال مش ۲۰۰ عبور کرده اند را نشان می دهد. در این نمودار ساختارهای مربوط به اسیدهای چرب دیده می شود. از طرف دیگر، ساختارهای مربوط به فرآورده های تولیدی از پیرولیز رزین دامار در این پیروگرام ها دیده نمی شود. به عبارتی جزء ۲۰۰- مش خمیر کاغذ پس از مرحله لیگنین زدایی با اکسیژن بدون رزین دامار است. نتایج بالا نشان می دهد که بخش عمده رزین باقی مانده در خمیر پیش از فرایند رنگ بری شامل اسیدهای چرب، الکل های چرب و استرول ها است.

#### شناسایی رزین های موجود در مواد وازده تمیزکننده های گریز از مرکز توسط Py-GC-MS

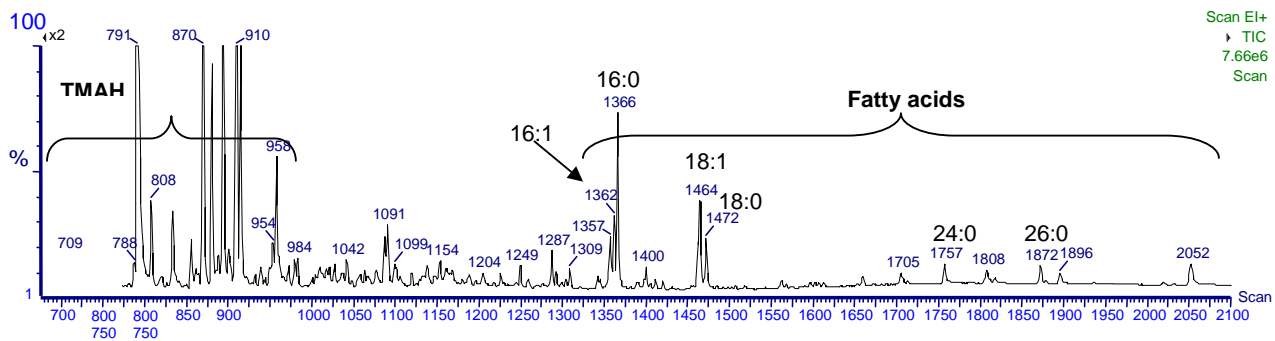
در این مرحله از این پژوهش، ذرات کوچک و پراکنده زرد رنگ رزین از مواد وازده تمیزکننده های گریز از مرکز مستقر در خط خمیر کاغذ با دست از خمیر جدا شده و با بهره گیری از Py-GC-MS تجزیه شدند. نمونه ای از پیروگرام بدست آمده از تجزیه این ذرات در شکل ۴ نشان داده شده است. فرآورده های پیرولیز این ذرات بیشتر از نوع سزکویی ترپن ها و تری ترپن ها هستند. رزین دامار بیشتر از ترکیب های ترپنوییدی تشکیل می شود. با وجود اینکه ذرات پراکنده و زرد موجود در وازد خمیر کاغذ بیشتر دارای ساختار ترپنوییدار هستند، اما ساختارهای دیگری نیز در این ذرات دیده می شود که مربوط به ذراتی به رنگ قهوه ای تیره است که از اسیدهای چرب اشباع با ۱۴ تا ۲۸ اتم کربن تشکیل شده اند.

ذرات تیره رنگ دیگری که در نمونه وازده وجود دارند از آلکیلات های بنزن دارای زنجیر آلکیلی با ۴ تا ۱۲ کربن تشکیل شده اند. منشاء این مواد نامعلوم است.

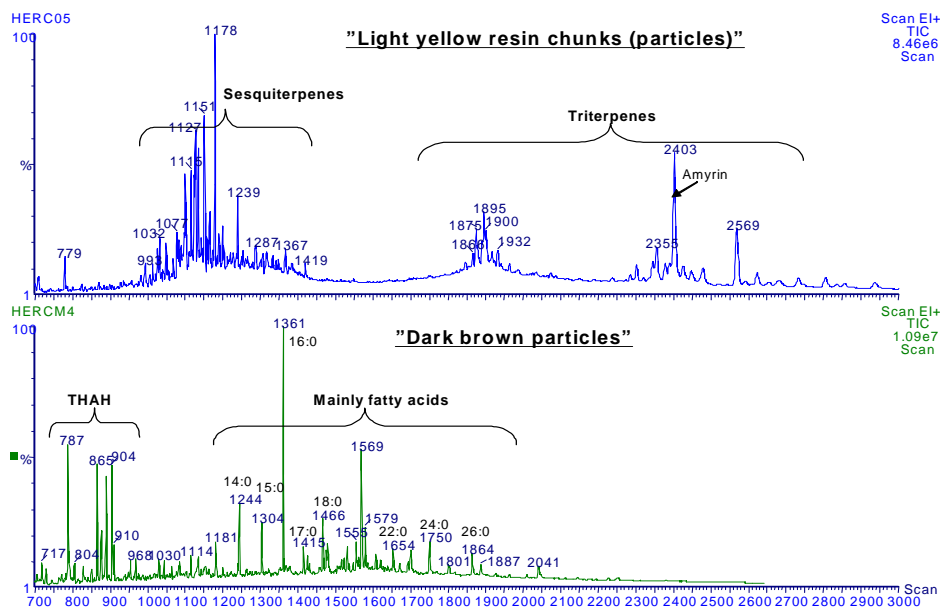
بنابراین بخش عمده ای از این ذرات مربوط به تکه های کوچک رزین زرد روشن است که از ترکیب های ترپنوییدی همانند رزین دامار تشکیل شده اند. نتایج نشان

ملاحظه‌ای روشنی خمیر کاغذ را افزایش نداده است. افزایش روشنی خمیر کاغذ در مرحله  $D_0$  نسبت به مرحله  $D_1$  و  $D_2$  بیشتر است. به علاوه، بازیابی و بهره‌گیری دوباره از آب زیرصافی، روشنی خمیر کاغذ را پس از مرحله  $D_2$  حدود ۴/۳ درصد کاهش داده است.

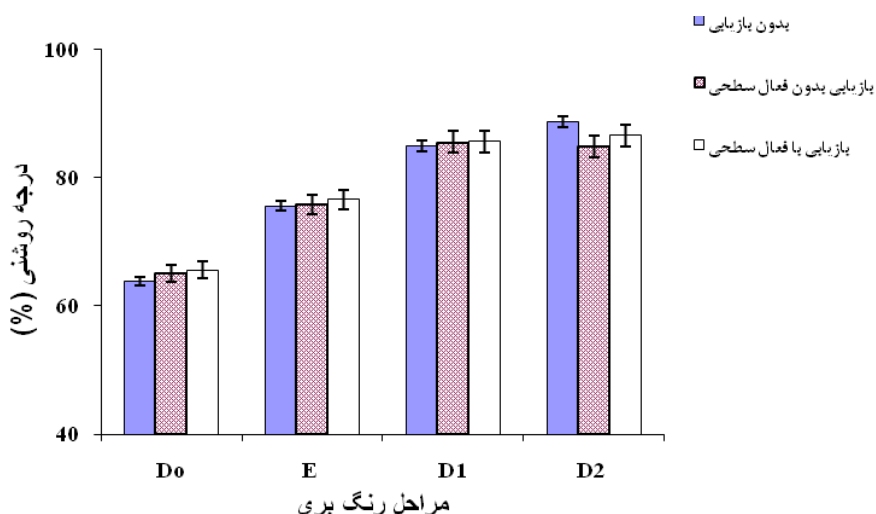
قلیایی رنگ بری شد تا اثر کاربرد مواد فعال‌کننده سطح بر خواص خمیر مشخص شود. هنگام بهره‌گیری از مواد فعال‌کننده سطحی، فرایند شستشوی خمیرها با بازیابی و بدون بازیابی آب زیرصافی انجام شد. روشنی خمیر کاغذ در هر مرحله از رنگ بری و به ویژه پس از مرحله E افزایش یافته است (شکل ۵)، اما نتایج نشان می‌دهد که ماده فعال‌کننده سطح به طور قابل



شکل ۳- کروماتوگرام یونی مواد استخراج شده با دی کلرومتان - استون از جزء ۲۰۰- مش خمیر کاغذ پس از مرحله لیگنین‌زدایی با اکسیژن



شکل ۴- کروماتوگرام یونی مواد استخراج شده با دی کلرومتان - استون از نمونه رزین گرفته شده از مواد واژده خمیر کاغذ تمیز کننده مرکزگریز. کروماتوگرام بالا (ذرات زرد رنگ)، کروماتوگرام پایین (ذرات قهوه ای رنگ)



شکل ۵- تاثیر بازیابی آب زیرصافی و افزودن ماده فعال کننده سطح بر روی روشنی خمیر کاغذ در مراحل رنگبری

زیر صافی و افزودن ماده فعال کننده سطح بر روی میزان ماده استخراجی در دو مرحله پایانی رنگ بری (مرحله  $D_1$  و  $D_2$ ) به اندازه دو مرحله آغازین رنگ بری ( $D_0$  و  $E_0$ ) نبوده است. در شرایط رنگ بری اسیدی، رزین ها بر روی سطح الیاف خمیر کاغذ رسوب می کنند.

همان طور که در جدول ۱ نشان داده شده در اثر بازیابی آب زیر صافی و افزودن ماده فعال کننده سطح، از عدد کاپای خمیر کاغذ در مرحله اول و دوم (مرحله  $D_0$  و  $E_0$ ) اندکی کاسته شده است. ماده فعال کننده سطح موجب کاهش عدد کاپا و میزان ماده استخراجی در مراحل  $D_0$  و  $E_0$  شده است (جدول ۱). تاثیر بازیابی آب

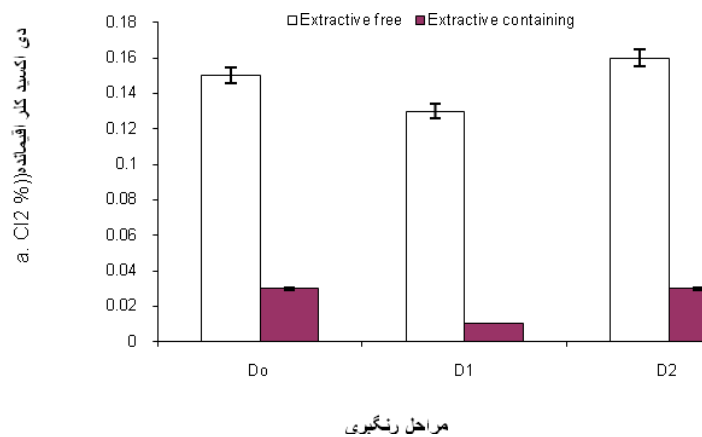
جدول ۱- تاثیر بازیابی آب زیرصافی همراه با افزودن ماده فعال کننده سطح بر روی عدد کاپا

عدد کاپا				نمونه خمیر کاغذ
$D_2$	$D_1$	$E_0$	$D_0$	
-	-	۳/۵	۴/۶	بدون بازیابی آب زیر صافی
-	-	۳/۴	۴/۴	بازیابی بدون افزودن ماده فعال کننده سطح
-	-	۳/۵	۴/۳	بازیابی همراه با افزودن ماده فعال کننده سطح

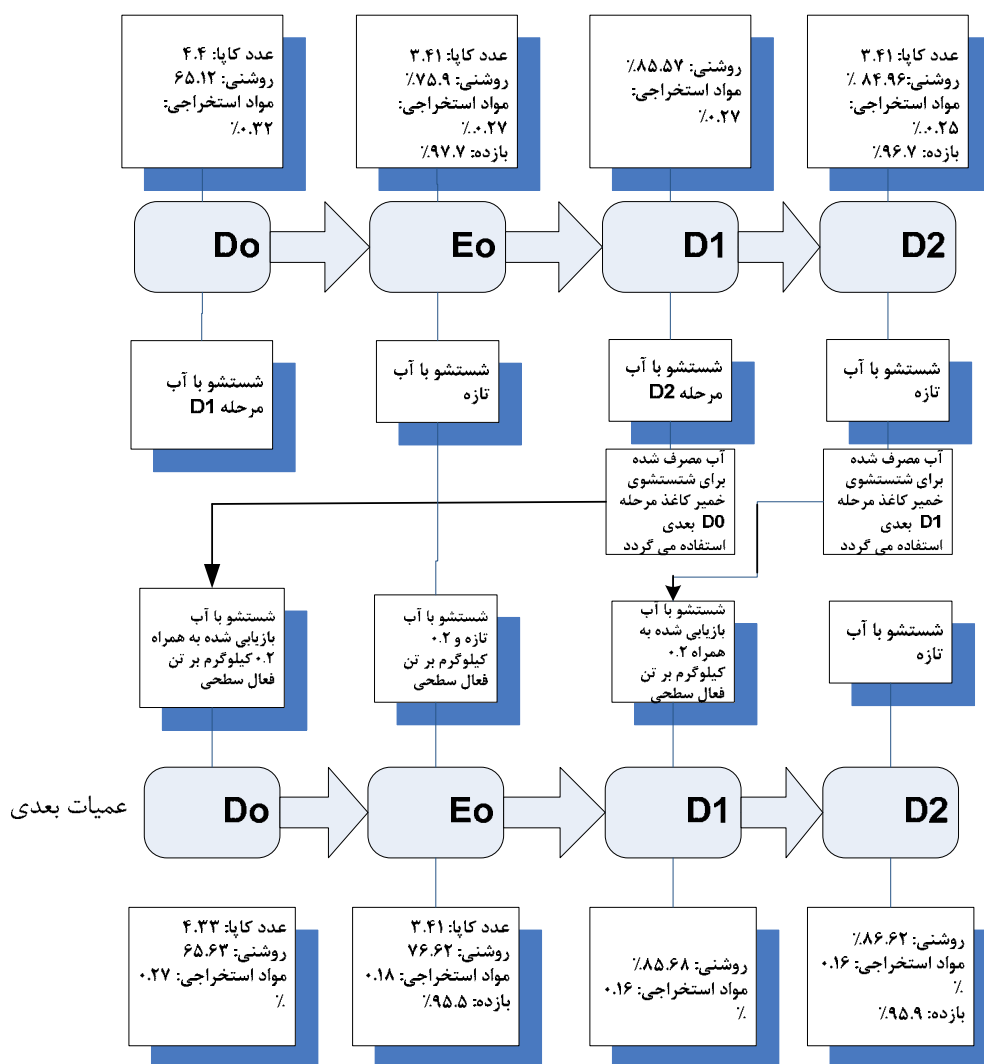


اولیه می‌توان در مصرف مواد شیمیایی صرفه‌جویی کرد. تاثیر کلی افزودن ماده فعال کننده سطح بر روی ویژگی‌های مختلف خمیر کاغذ در مراحل رنگ بری در نمودار گردشی نشان داده شده در شکل ۷ به طور خلاصه منعکس شده است.

تاثیر میزان مواد استخراجی بر روی مصرف مواد شیمیایی رنگ بری به صورت نمودار در شکل ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان دی اکسید کلر باقی‌مانده در نمونه‌های خمیر کاغذ بدون مواد استخراجی، بسیار بیشتر از نمونه‌های دارای مواد استخراجی است. مواد استخراجی به طور مسلم در هر مرحله از رنگ بری مواد شیمیایی را مصرف می‌کنند و به همین دلیل با حذف و خروج مواد استخراجی در مراحل



شکل ۶- تاثیر مواد استخراجی بر روی کاربرد مواد شیمیایی رنگبری



شکل ۷- طرحی از تاثیر کلی بازیابی آب زیر صافی و افزودن ماده فعال کننده سطح بر روی ویژگی‌های خمیر کاغذ تولیدی از مخلوط گونه‌های پهن برگ مناطق گرمسیری

### نتیجه‌گیری

دست نخورده باقی ماند و در نتیجه، در برابر مواد شیمیایی مقاوم است. رزین دامار را می‌توان به طور موثر با تمیز کننده‌های گریز از مرکز از خمیر کاغذ خارج کرد. بهره‌گیری از مواد فعال کننده سطح در مراحل رنگ بری به ویژه مرحله  $E_0$  موجب کاهش میزان مواد استخراجی خمیر می‌شود. به دلیل گرایش به تجمع دوباره رزین در مراحل اسیدی بر روی الیاف، در مراحل  $D_1$  و  $D_2$  کاهش قابل توجهی در میزان مواد استخراجی دیده نشد.

نتایج این پژوهش نشان داد که به طور عمده دو نوع رزین در خمیر کاغذ تولیدی از مخلوط گونه‌های پهن برگ مناطق گرمسیری وجود دارد. بخش اصلی رزین موجود در این خمیرها از اسیدهای چرب، الکل‌های چرب و استرول‌ها تشکیل شده و میزان کمی از آن نیز شامل رزین دامار می‌شود. رزین دامار به علت در دسترس نبودن و به نسبت غیرفعال بودن، در اثر شستشوی خمیر قهوه‌ای

## منابع

- 1- Tao, C., Zhao, W., Ying, Z., Colette, B., Omar, K.A., Eric, Y., Larry, N., 1995. Using solid-phase extraction to assess why aspen causes more pitch problems than softwood in kraft pulping. TAPPI J. 78:43
- 2- Paavilainen, L., 2003. Quality-competitiveness of Asian – fiber raw materials in different paper grades. Jaakko Pöyry Mag. Oy. 98: 4-8
- 3- Jahan M. Sarwar., 2008. Sabina Rowshan, Rubaiyat Arjumand, Alkaline Pulping and Bleaching of *Acacia auriculiformis* Grown in Bangladesh, Turk J. Agric. For., 32 339-347
- 4- Ernst, L., 1996. Preface A: Definitions of Wood Resin and Its Components, in Pitch Control, Wood Resin and Deresination, Atlanta, USA, TAPPI Press, Vii-x.
- 5- Ernst, L.B., 2002. Pattern of parenchyma and canal resin composition in softwoods and hardwoods, J. Wood Sci. 18:167-170
- 6- Malinen, R.O., Pisuttipiched, S., Kolehmainen, H., Kusuma, F.N., 2006. Potential of *Acacia* species as pulpwood in Thailand, Appita J. 59:190-196.
- 7- Gullichsen, J., Fogelholm, C.J., 1999. Chemical Pulping. In: Papermaking Science and Technology. Eds. Gullichsen, J., Paulapuro, H. Fapet Oy, Helsinki. pp. 374-401
- 8- Sjöström, E., 1993. Wood Chemistry: Fundamentals and Applications. Academic Press, New York, 259 p.
- 9- Reeve, D.W., 1996. Introduction to the principles and practice of pulp bleaching. In: Pulp Bleaching, Principles and Practice. Eds. Dence, C.W., Reeve, D.W. TAPPI Press, Atlanta. pp. 36-79
- 10-Marques, M.M., Furtado, F.P., 1995. Influence of acacia wood extractives on pulping process-comparative study with eucalyptus glotulus. The 8th International Symposium on Wood and Pulping Chemistry, Vol. II. Helsinki, Finalnd
- 11-Hardell, H.L., 1993. Characterization of impurities in pulp and paper products using pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry, including direct methylation, J. Anal. Appl. Pyrolysis. 27:73-85.
- 12-Challinor, J.M., 1996. Characterisation of wood extractives by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry of quaternary ammonium hydroxide extracts, J. Anal. Appl. Pyrolysis. 37:1-13
- 13-Del Rio, J.C., Gutierrez, A., Gonzalez-Vilaa, F.J., 1999. Analysis of impurities occurring in a totally chlorine free-bleached Kraft pulp, J. Chromatogr. A. 830: 227–232
- 14-Del Rio, J.C., Gutierrez, A., Gonzalez-Vilaa, F.J., Martina, F., Romero, J., 1998. Characterization of organic deposits produced in the kraft pulping of *Eucalyptus globulus* wood, J. Chromatogr. A. 823:457–465
- 15-Holmbom, B., 1996. Resin Reactions and Deresination in Bleaching In: Pitch Control, Wood Resin and Deresination. Eds. Ernst, L., Back, L., Allen, H. TAPPI Press, Atlanta. pp.198-221.