دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته صنایع خمیر و کاغذ

عنوان:

بررسی مقایسه‌ای استفاده از پراکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم در رنگ‌بری خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده

پژوهش و نگارش:

حمیدرضا مهری ایرائی

استاد راهنما :

دکتر علی قاسمیان

اساتید مشاور:

دکتر حسین رسالتی

دکتر احمدرضا سرائیان

تیر ۱۳۹۱

به نام خدا

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

بدینوسیله اعلام می‌دارد جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد **آقای حمیدرضا مهری ایرائی** به شماره دانشجویی ۸۸۲۳۱۲۳۱۰۹ رشته **صنایع خمیر و کاغذ** با عنوان :

«بررسی مقایسه‌ای استفاده از پراکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم در رنگبری خمیرکاغذ مرکب زدایی شده»

با حضور اعضای هیأت داوران در تاریخ ۱۳۹۱/۰۴/۲۵ ساعت ۱۰ در محل سالن اجتماعات دانشکده به شرح زیر برگزار و با نمره ۱۹,۵ باحروف نوزده و نیم پذیرفته شد.

اعضای هیأت داوران	نام ونام خانوادگی
استاد راهنما	دکتر علی قاسمیان
استاد مشاور	دکتر حسین رسالتی
استاد مشاور	دکتر احمدرضا سرائیان
استاد داور	دکتر الیاس افرا
استاد داور	دکتر محمدرضا دهقانی فیروزآبادی
نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه	دکتر وحیده پیام نور

تعهد نامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی – پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان نامه (رساله) خود، مراتب را قبلا به صورت کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشافات و سایر موارد ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳) انتشار نتایج پایان نامه (رساله) باید با کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **حمیدرضا مهری ایرائی** دانشجوی رشته **صنایع خمیر و کاغذ** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

حمیدرضا مهری ایرائی

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

تقدیر و تشکر

سپاس بی‌کران یگانه خالقم که مرا به رفیع‌ترین روشنایی‌ها هدایت کرد و مرا به نور همیشه فروزان دانش، روشن ساخت. پس از در بندگی خاضعانه ستایشش می‌کنم و در ادامه راه، معرفت نفس خویش را از او طلب دارم.

سپاس ویژه خود را تقدیم می‌کنم به خانواده ارجمندم به ویژه پدر و مادرم به واسطه تشویق‌ها و حمایت‌های بی‌پایان‌شان که مرا در وادی دانش‌اندوزی پرورش دادند و اول بار با آیین علم‌آموزی آشنا نمودند. از خداوند مهر پیشه سربلندی‌شان را طلب می‌کنم.

در مسیری که برگزیدم همسفرانی را همراهم بودند که حضورشان همچون ستارگانی پرنور، فروزنده راهم بود و از این رو بر خود واجب می‌دانم مراتب بی‌پایان سپاس و تقدیر را نثارشان کنم. بیش از همه از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر قاسمیان که هدایت‌ها و رهنمودهای ارزنده‌شان چراغی شد فرا رویم که تا پایان راه روشنگر لحظه‌هایم خواهد بود و اگر نبود این هدایت‌ها و رهنمودها، بی‌شک طی این راه، بس مشکل و چه بسا ناممکن می‌شد. صبر، سعه صدر و نیک‌اندیشی ایشان درس‌هایی است که هرگز از یاد نخواهم برد.

تقدیر و سپاس نثار اساتید مشاورم جناب آقایان دکتر رساتی و سرانیان که مصاحبت و مشورت با آن‌ها را مایه فخر خویش می‌دانم و شاگردی در مکتب‌شان افتخاری است که به آن می‌بالم.

از داوران جناب آقایان دکتر افراد و دکتر دهقانی و نماینده تحصیلات تکمیلی سرکار خانم پیام نور که مدیریت جلسه را تقبل نمودند سپاسگزارم.

چکیده:

این تحقیق به منظور بررسی امکان استفاده از دی‌تیونیت سدیم به جای پراکسید هیدروژن برای رنگ‌بری خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده مخلوط کاغذ روزنامه و مجله باطله(۷۰/۳۰- مجله باطله/روزنامه باطله) انجام شد. در این تحقیق خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده با روش رنگ‌بری یک و دو مرحله‌ای رنگ‌بری شد. در روش رنگ‌بری یک مرحله‌ای خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده با استفاده از از ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد دی‌تیونیت سدیم و پراکسید هیدروژن به مدت ۹۰ دقیقه رنگبری شد. در روش رنگ‌بری دو مرحله‌ای خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده با استفاده از ۱ درصد پراکسید هیدروژن به مدت ۹۰ دقیقه در مرحله اول و در مرحله دوم رنگ‌بری با استفاده از ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد دی‌تیونیت و پراکسید هیدروژن به مدت ۱۲۰ دقیقه رنگ‌بری شد. در پایان رنگ‌بری پساب‌های حاصل از رنگ‌بری جمع‌آوری شده و بار اکسیژن‌خواهی شیمیایی آن‌ها مشخص شد و خمیرکاغذهای حاصل نیز تا درجه روانی حدود CSF ۳۰۰ پالایش شده و پس از ساخت کاغذ دست‌ساز از آن‌ها، ویژگی‌های نوری و مکانیکی آن‌ها تعیین شد. نتایج نشان داد که در مجموع رنگ‌بری یک مرحله‌ای با پراکسید هیدروژن در مقایسه با دی‌تیونیت سدیم خواص نوری و مکانیکی بهتری در خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده ایجاد کرده است ولی بار اکسیژن‌خواهی شیمیایی پساب حاصل از رنگ‌بری با پراکسید هیدروژن بیشتر بوده و درجه روشنی خمیرکاغذ رنگ‌بری شده با دی‌تیونیت سدیم برای ساخت کاغذ روزنامه کفایت می‌کند، بنابراین می‌توان از دی‌تیونیت سدیم به جای پراکسید هیدروژن برای رنگ‌بری خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده استفاده نمود. همچنین نتایج رنگ‌بری دو مرحله‌ای نشان داد که در مجموع خمیرکاغذ رنگ‌بری شده با پراکسید هیدروژن در مقایسه با رنگ‌بری دو مرحله‌ای با پراکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم، از ویژگی‌های نوری و مقاومتی بهتری برخوردار بوده است ولی میزان بار اکسیژن‌خواهی شیمیایی پساب حاصل از رنگ‌بری دو مرحله‌ای با پراکسید هیدروژن بیشتر بوده است. ویژگی‌های نوری خمیرکاغذ رنگ‌بری شده با رنگ‌بری دو مرحله‌ای با پراکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم برای ساخت درجات بالاتر روزنامه کفایت می‌کند، بنابراین می‌توان با استفاده از رنگ‌بری دو مرحله‌ای با پراکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم و با صرف هزینه کمتر تصفیه پساب، خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده را رنگ‌بری نموده و ویژگی‌های نوری محصول تولیدی را تامین کرد.

کلمات کلیدی: رنگ‌بری، پراکسید هیدروژن، دی‌تیونیت سدیم، مرکب‌زدایی، روزنامه باطله، مجله باطله.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱- مقدمه و کلیات ۲
۱-۱ مقدمه ۲
۱-۱ کلیات ۲
۱-۲-۱ اهمیت و نقش بازیافت کاغذ در تامین ماده اولیه صنایع خمیر و کاغذ کشور ۲
۱-۲-۲ الیاف بازیافتی و انواع آن ۳
۱-۲-۳ مرکب‌زدایی ٤
۱- شناورسازی ۵
۲- شستشو ٦
۳- روش‌های ترکیبی ۷
۱-۲-٤ رنگ‌بری خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده ۷
۱-۲-٤-۱ رنگ‌بری خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده شیمیایی ۸
۱-۲-٤-۲ رنگ‌بری خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده مکانیکی ۸
۱-۲-٤-۲-۱ رنگبری با پراکسید هیدروژن ۹
۱-۲-٤-۲-۱-۱ شیمی رنگ‌بری در رنگ‌بری خمیرکاغذ با پراکسید هیدروژن ۱۰
۱-۲-٤-۲-۱-۱-۱ تولید یون فعال رنگ‌بری و چگونگی تاثیر آن بر روی ساختار لیگنین ۱۰
۱-۲-٤-۲-۱-۱-۲ عوامل تخریب کننده پراکسید هیدروژن در رنگ‌بری ۱۱
۱-۲-٤-۲-۱-۲ شرایط فرآیندی در رنگ‌بری با پراکسید هیدروژن ۱۲
۱-۲-٤-۲-۱-۲-۱ شرایط فرآیندی رنگ‌بری یک مرحله‌ای ۱۲
۱-۲-٤-۲-۱-۲-۲ شرایط فرآیندی رنگ‌بری دو مرحله‌ای ۱۲
۱-۲-٤-۲-۱-۲-۲-۱ شرایط فرآیندی رنگ‌بری دو مرحله‌ای با پراکسید هیدروژن ۱۳
۱-۲-٤-۲-۱-۲-۲-۲ شرایط فرآیندی رنگ‌بری دو مرحله‌ای با پراکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم ۱۳
۱-۲-٤-۲-۲ رنگ‌بری با دی‌تیونیت سدیم ۱۳
۱-۲-٤-۲-۲-۱ شیمی رنگ‌بری در رنگ‌بری خمیرکاغذ با دی‌تیونیت سدیم ۱٤
۱-۲-۵-۲-۲-۱-۱ تولید یون فعال رنگ‌بری و چگونگی تاثیر آن بر روی ساختار لیگنین ۱٤
۱-۲-٤-۲-۲-۱-۲ واکنش‌های ناخواسته و عوامل تخریب کننده دی‌تیونیت سدیم در رنگ‌بری ۱۵
۱-۲-٤-۲-۲-۲ شرایط فرآیندی در رنگ‌بری با دی‌تیونیت سدیم ۱٦
۱-۲-٤-۲-۲-۲-۱ شرایط فرآیندی رنگ‌بری یک مرحله‌ای ۱٦
۱-۲-٤-۲-۲-۲-۲ شرایط فرآیندی رنگ‌بری دو مرحله‌ای با پراکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم ۱۷
۱-۲-۵ بیان مساله ۱۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-۲-٦ اهداف تحقیق ۱۸
۱-۲-۷ فرضیات تحقیق ۱۸
فصل دوم: سابقه تحقیق
۲- سابقه تحقیق ۲۰
فصل سوم: مواد و روش‌ها
۳- مواد و روش‌ها ۲۳
۳-۱ تهیه نمونه‌های آزمونی ۲۳
۳-۳ محاسبهٔ درصد رطوبت نمونه‌ها ۲۳
۳-٤ خمیرسازی مجدد ۲۳
۳-۵ مرکب‌زدایی ۲٤
۳-٦ رنگ‌بری یک مرحله‌ای ۲٤
الف) رنگ‌بری با پراکسید هیدروژن و اندازه‌گیری مقدار پراکسید هیدروژن باقی‌مانده در مایع رنگ‌بری پس از انجام رنگبری ۲۵
ب) رنگ‌بری با دی‌تیونیت سدیم ۲۵
۳-۷ رنگ‌بری دو مرحله‌ای ۲۷
۳-۷-۱ مرحله اول رنگ‌بری ۲۸
۳-۷-۲ مرحله دوم رنگ‌بری ۲۸
الف) رنگ‌بری با پراکسید هیدروژن و اندازه‌گیری مقدار پراکسید هیدروژن باقی‌مانده در مایع رنگ‌بری پس از انجام رنگبری ۲۸
ب) رنگ‌بری مرحله دوم با استفاده از دی‌تیونیت سدیم ۲۸
۳-۸ تعیین بازده خمیرکاغذهای تهیه شده ۲۹
۳-۹ تعیین درجه روانی و پالایش خمیرکاغذها ۳۰
۳-۱۰ ساخت کاغذ دست‌ساز ۳۰
۳-۱۱ اندازه‌گیری ویژگی‌های کاغذ ۳۱
۳-۱۱ اندازه‌گیری ویژگی‌های کاغذ ۳۱
۳-۱۱-۱ ویژگی‌های فیزیکی ۳۱
الف) وزن پایه ۳۱
ب) حجیمی ۳۱
۳-۱۱-۲ ویژگی‌های نوری کاغذ ۳۱
الف) درجه روشنی ۳۱

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

ب) ماتی ۳۱
۳-۱۱-۳ ویژگی‌های مکانیکی کاغذ ۳۲
الف) مقاومت به کشش ۳۲
ب) مقاومت به ترکیدن ۳۲
ج) مقاومت به پاره شدن ۳۲
۳-۱۲ ویژگی‌های پساب ۳۲
الف) بار اکسیژن‌خواهی شیمیایی پساب ۳۲
۳-۱۳ روش تجزیه و تحلیل آماری ۳۲
فصل چهارم: نتایج و بحث
٤- نتایج و بحث ۳٤
٤-۱ مرکب‌زدایی ۳٤
٤-۲ رنگ‌بری یک مرحله‌ای ۳٤
٤-۲-۱ پراکسید هیدروژن باقی‌مانده در مایع رنگ‌بری پس از انجام رنگ‌بری ۳٤
٤-۲-۲ بازده ۳٥
٤-۲-۳ تعیین درجه روانی و پالایش خمیرکاغذها ۳٥
٤-۲-٤ ویژگی‌های فیزیکی ۳٦
الف) حجیمی ۳٦
٤-۲-٥ ویژگی‌های نوری ۳۷
الف)درجه روشنی ۳۷
ب) ماتی ۳۸
٤-۲-٦ ویژگی‌های مکانیکی ٤۰
الف) مقاومت به کشش ٤۰
ب) مقاومت به ترکیدن ٤۱
ج)مقاومت به پاره شدن ٤۲
٤-۲-۷ ویژگی‌های پساب ٤۲
الف) بار اکسیژن‌خواهی شیمیایی پساب ٤۲
٤-۳ رنگ‌بری دو مرحله‌ای ٤۳
٤-۳-۱ پراکسید هیدروژن باقی‌مانده در مایع رنگ‌بری پس از انجام رنگ‌بری ٤۳
٤-۳-۲ بازده ٤٤
٤-۳-۳ تعیین درجه روانی و پالایش خمیرکاغذها ٤٥

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

٤-٣-٤ ویژگی‌های فیزیکی ٤٥
الف) حجیمی ٤٥
٤-٣-٥ ویژگی‌های نوری ٤٧
الف)درجه روشنی ٤٧
ب) ماتی ٤٨
٤-٣-٦ ویژگی‌های مکانیکی ٤٩
الف) مقاومت به کشش ٤٩
ب) مقاومت به ترکیدن ٥٠
ج) مقاومت به پاره شدن ٥١
٤-٣-٧ ویژگی‌های پساب ٥٢
الف) بار اکسیژن‌خواهی شیمیایی پساب ٥٢
٤-٤ نتیجه‌گیری کلی ٥٤
٤-٥ پیشنهادات ٥٥

منابع

منابع ٥٧

پیوست‌ها

پیوست‌ها ٦٠

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ گروه‌های رنگ‌ساز موجود در ساختار لیگنین خمیرکاغذ ۹
شکل ۱-۲ تخریب گروه‌های رنگ‌ساز لیگنین خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده در رنگ‌بری با پراکسید هیدروژن ۱۰
شکل ۱-۳ تغییر گروه‌های رنگ‌ساز موجود در ساختار لیگنین خمیرکاغذ به گروه‌های بی‌رنگ در رنگ‌بری با دی‌تیونیت سدیم ۱۵
شکل ٤-۱ تغییرات بازده خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای رنگ‌بری یک مرحله‌ای ۳۵
شکل ٤-۲ تغییرات حجیمی خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای رنگ‌بری یک مرحله‌ای ۳۷
شکل ٤-۳ تغییرات درجه روشنی خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای رنگ‌بری یک مرحله‌ای ۳۸
شکل ٤-٤ تغییرات ماتی خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای رنگ‌بری یک مرحله‌ای ۳۹
شکل ٤-٥ تغییرات شاخص مقاومت به کشش خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای رنگ‌بری یک مرحله‌ای ٤۰
شکل ٤-٦ تغییرات شخص مقاومت به کشش خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای رنگ‌بری یک مرحله‌ای ٤۱
شکل ٤-۷ تغییرات شاخص مقاومت پاره شدن خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای رنگ‌بری یک مرحله‌ای ٤۲
شکل ٤-۸ تغییرات بار اکسیژن‌خواهی شیمیایی پساب حاصل از تیمارهای رنگ‌بری یک مرحله‌ای ٤۲
شکل ٤-۹ تغییرات بازده خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای رنگ‌بری دو مرحله‌ای ٤٥
شکل ٤-۱۰ تغییرات حجیمی خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای رنگ‌بری دو مرحله‌ای ٤٦
شکل ٤-۱۱ تغییرات درجه روشنی خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای رنگ‌بری دو مرحله‌ای ٤۸
شکل ٤-۱۲ تغییرات ماتی خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای رنگ‌بری دو مرحله‌ای ٤۹
شکل ٤-۱۳ تغییرات مقاومت به کشش خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای رنگ‌بری دو مرحله‌ای ٥۰
شکل ٤-۱٤ تغییرات شاخص مقاومت به ترکیدن خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای رنگ‌بری دو مرحله‌ای ٥۱
شکل ٤-۱٥ تغییرات شاخص مقاومت به پاره شدن خمیرکاغذ حاصل از تیمارهای رنگ‌بری دو مرحله‌ای ٥۱
شکل ٤-۱٦ تغییرات بار اکسیژن‌خواهی شیمیایی پساب حاصل از تیمارهای رنگ‌بری دو مرحله‌ای ٥۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ لیست مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق ۲۳
جدول ۳-۲ عوامل و شرایط مورد استفاده در تیمار شیمیایی مرکب‌زدایی ۲٤
جدول ۳-۳ عوامل و شرایط ثابت در مرحله شناورسازی ۲۵
جدول ۳-٤ عوامل و شرایط رنگ‌بری با پراکسید هیدروژن ۲٦
جدول ۳-۵ عوامل و شرایط رنگ‌بری با دی‌تیونیت سدیم ۲۷
جدول ۳-٦ عوامل و شرایط رنگ‌بری مرحله دوم با استفاده از پراکسید هیدروژن ۲۹
جدول ۳-۷ عوامل و شرایط رنگ‌بری رنگ‌بری مرحله دوم با استفاده از دی‌تیونیت سدیم ۳۰
جدول ٤-۱ علائم اختصاری مورد استفاده برای معرفی خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده و تیمارهای رنگ‌بری یک‌مرحله‌ای و دومرحله‌ای ۳٤
جدول ٤-۲ ویژگی‌های خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده ۳٤
جدول ٤-۳ پراکسید هیدروژن باقی‌مانده در مایع رنگ‌بری پس از انجام رنگ‌بری یک مرحله‌ای با پراکسید هیدروژن ۳٤
جدول ٤-٤ درجه روانی اولیه و تعداد دور پالایش مورد نیاز برای دستیابی به درجه روانی حدود ۳۰۰ CSF ۳٦
جدول ٤-۵ پراکسید هیدروژن باقی‌مانده در مایع رنگ‌بری پس از انجام رنگ‌بری مرحله دوم رنگ‌بری دو مرحله‌ای ٤٤
جدول ٤-٦ درجه روانی اولیه و تعداد دور پالایش مورد نیاز برای دستیابی به درجه روانی حدود ۳۰۰ CSF ٤۵

فهرست پیوست‌ها

عنوان **صفحه**

جدول-۱ تجزیه واریانس فاکتورهای اندازه‌گیری شده برای تیمارهای رنگبری یک مرحله‌ای ٦٠
جدول-۲ تجزیه واریانس فاکتورهای اندازه‌گیری شده برای تیمارهای رنگبری دو مرحله‌ای ٦١

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱- مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

امروزه با کاهش منابع جنگلی دنیا به عنوان ماده اولیه مورد نیاز برای ساخت کاغذ و مقوا، کاغذ بازیافتی به بخش ثابتی از ماده اولیه مورد نیاز برای ساخت این کاغذها تبدیل شده است. بخش عمده-ای از کاغذ باطله تولید شده در سطح دنیا را روزنامه و مجله تشکیل می‌دهد (سهم کاغذ روزنامه بسیار بیشتر می‌باشد) که از خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده و رنگ‌بری شده مخلوط آن‌ها، برای تولید انواع درجات کاغذ روزنامه و کاغذهای بهداشتی با کیفیت کم استفاده می‌شود (میرشکرایی، ۱۳۸۰؛ قاسمیان و همکاران، ۱۳۸۳؛ لتیباری و همکاران، ۱۳۸٦ و قاسمیان و خلیلی، ۱۳۹۰). ماده اولیه مورد استفاده برای ساخت کاغذ روزنامه و مجله با استفاده از روش‌های شیمیایی و شیمیایی- مکانیکی (TMP[1]، SGW[2] و غیره) تولید شده و خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده حاصل از مخلوط این کاغذهای باطله نیز همچون خمیرکاغذ مورد استفاده برای ساخت روزنامه و مجله، حاوی مقادیر زیادی لیگنین بوده و در صنعت از روش رنگ‌بری با حفظ لیگنین برای رنگ‌بری آن استفاده می‌شود (سیگستا، ۲۰۰٦؛ میرشکرایی، ۱۳۸۰؛ کارمایکل، ۱۹۹۰؛ گالیسون و هانا ۱۹۹۹؛ میرشکرایی، ۱۳۸۲ و لتیباری و همکاران، ۱۳۸٦). دو ماده متداول برای رنگ‌بری این خمیرکاغذها پراکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم بوده و کارخانه‌های بازیافت در دنیا با توجه به درجه روشنی محصول تولیدی و هزینه رنگ‌بری و تصفیه پساب، از این دو عامل رنگ‌بر در یک مرحله (رنگ‌بری یک مرحله‌ای) و یا در دو مرحله (توالی رنگ‌بری دو مرحله‌ای) برای رنگ‌بری استفاده می‌کنند (هزینه و پیچیدگی فرآیند رنگ‌بری در رنگ‌بری با پراکسید هیدروژن بیشتر از دی‌تیونیت سدیم بوده و به دلیل کمتر بودن بار اکسیژن‌خواهی شیمیایی پساب(COD[3]) حاصل از رنگ‌بری با دی‌تیونیت سدیم در مقایسه با پراکسید هیدروژن، میزان هزینه تصفیه پساب در رنگ‌بری با دی‌تیونیت سدیم کمتر می‌باشد) (میرشکرایی، ۱۳۸۰ و لتیباری و همکاران، ۱۳۸٦).

۱-۲ کلیات

۱-۲-۱ اهمیت و نقش بازیافت کاغذ در تامین ماده اولیه صنایع خمیر و کاغذ کشور

---

[1] . Thermomechanical Pulping
[2] . Stone Groundwood
[3]. Chemical Oxygen Demand

طی سال‌های اخیر با کاهش روزافزون منابع جنگلی در سطح دنیا، استفاده مجدد از کاغذ باطله و بازیافت آن‌ها به عنوان یکی از روش‌های تامین مواد اولیه سلولزی مناسب برای صنایع خمیر و کاغذسازی مورد توجه جدی قرار گرفته است و بسیاری از کارخانه‌ها از مخلوط الیاف بازیافتی کاغذهای باطله و خمیر بکر حاصل از گونه‌های مختلف چوبی، به عنوان ماده اولیه برای تولید کاغذ استفاده می‌کنند (قاسمیان و خلیلی، ۱۳۹۰ و قاسمیان و همکاران، ۱۳۸۳) در کشور ایران نیز صنایع خمیر و کاغذ به دلیل کمبود منابع جنگلی و محدودیت اعمال شده توسط سازمان محیط‌زیست برای قطع درختان جنگلی، برای تامین ماده اولیه خود با مشکل روبرو می‌باشند. بر اساس نتایج آنالیز فیزیکی زباله‌های شهری در ایران، به طور متوسط حدود ۱۰/۹ درصد از زباله‌ها را کاغذ و مقوا تشکیل می‌دهد که فقط می‌توان با بازیافت ۲۵ درصد کاغذ و مقوای موجود در زباله‌های تولیدی، سالانه ۱۰۰ هزار تن کاغذ بازیافتی بدست آورد که این به مفهوم تداوم حیات ۱۷۰۰۰۰۰ اصله درخت در سال، و تامین بخش قابل توجهی از ماده اولیه صنایع خمیر و کاغذ کشور می‌باشد (رسا و همکاران، ۱۳۸۷). در حال حاضر بازیافت کاغذ در کشور ما در مقایسه با سایر کشورهای صنعتی و پیشرفته از وضعیت مناسبی برخوردار نمی‌باشد، ولی می‌توان با انجام اقداماتی مفید و موثر مانند اعمال روش‌های مناسب مدیریت؛ مشارکت‌های مردمی و گسترش فرهنگ بازیافت در سطح جامعه، بازیافت کاغذ را به یک روش مناسب جهت تامین بخشی از مواد اولیه سلولزی صنایع خمیر و کاغذ کشور تبدیل نمود.

۱-۲-۲ الیاف بازیافتی و انواع آن

الیاف دست دوم یا همان الیاف بازیابی شده، شامل تمام مواد لیفی می‌باشند که حداقل یک بار چرخه فرآیند کاغذسازی را طی نموده و برای استفاده مجدد تحت بازیابی قرار می‌گیرند. خرده خمیرکاغذها و خرده‌کاغذهای حاصل از عملیات کاغذسازی و طاقه‌های خمیر شده را نیز می‌توان جزو الیاف دست دوم به حساب آورد؛ ولی در عمل بازیابی‌های درون کارخانه‌ای را معمولا به عنوان الیاف دست دوم دسته‌بندی نمی‌کنند (میرشکرایی، ۱۳۸۰).

درجه‌بندی و جمع‌آوری کاغذ باطله روش استاندارد مشخصی نداشته و روش‌های جمع-آوری کاغذ باطله در حال توسعه و گسترش می‌باشد. اداره تجارت آمریکا انواع کاغذ باطله را به پنج دسته زیر تقسیم نموده است (میرشکرایی، ۱۳۸۰):

۱- کاغذ مخلوط با کیفیت متغییر: این کاغذها شامل کاغذهای باطله اداری، جعبه، بریده‌های کارخانه-ای و کاغذهای باطله بسته‌بندی می‌باشند.

۲- کاغذ روزنامه کهنه(ONP[1]).

۳- مقوای کنگره‌ای کهنه(OCC[2]).

٤- جایگزین‌های خمیرکاغذ: این کاغذها شامل کاغذ و مقوای چاپ نشده بدون پوشش، انواع کارت-ها، کاغذهای سفید و نیمه رنگ‌بری شده، پوشال و لبه‌بری‌ها می‌باشند.

۵- کاغذهای مرکب‌زدایی شده با کیفیت.

۱-۲-۳ مرکب‌زدایی

اکثر کاغذهای موجود در میان کاغذهای باطله چاپ شده می‌باشند. وزن مرکبی که پس از چاپ در کاغذ باقی می‌ماند بسیار کم بوده ولی تاثیر آن بر روی افت درجه روشنی کاغذ چاپ شده قابل ملاحظه می‌باشد؛ به عنوان مثال، وزن مرکب در کاغذ روزنامه فقط ۰/۰۰۲ درصد وزن کل روزنامه را شامل می‌شود، اما وجود همین مرکب‌ها میزان درجه روشنی را تا ۱۹ واحد کاهش می‌دهد. بنابراین در صورت تولید کاغذ از کاغذهای باطله چاپ شده‌ای چون روزنامه، حذف مرکب از خمیرکاغذ حاصل این کاغذها در طی فرآیند بازیافت ضروری می‌باشد. در صنعت بازیافت برای حذف مرکب از خمیرکاغذهای حاصل از کاغذهای باطله چاپ شده، از مرکب‌زدایی استفاده می‌شود. مرکب‌زدایی شامل جداسازی ذرات مرکب از سطح الیاف، و سپس حذف آن از سوسپانسیون خمیرکاغذ توسط شستشو و یا شناورسازی می‌باشد (قاسمیان و همکاران، ۱۳۸۳ و گالیسون و هانا، ۱۹۹۹). مرکب‌هایی که برای چاپ انواع کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرند از سه عامل رنگ‌دانه، حامل‌ها و چسب‌ها تشکیل شده‌اند. حامل‌ها در روش‌های چاپ مختلف یا جذب کاغذ می‌شوند و یا فرار بوده و تبخیر می‌شوند و سپس چسب‌ها (چسب‌های مورد استفاده برای مرکب‌زدایی عمدتا غیر محلول در آب می-باشند) که وظیفه اتصال رنگ‌دانه به کاغذ را بر عهده دارند پلیمر شده و رنگ‌دانه را به الیاف کاغذ می‌چسبانند. بنابراین جداسازی مرکب از سطح الیاف کار آسانی نبوده و جداسازی رنگ‌دانه از سطح الیاف مستلزم تخریب و انحلال چسب‌های اتصال‌دهنده آن‌ها به سطح الیاف می‌باشد. در صنعت بازیافت برای تخریب و انحلال چسب‌های اتصال دهنده رنگ‌دانه به سطح الیاف از تیمار شیمیایی و مکانیکی استفاده کرده و در مرحله بعد، رنگ‌دانه‌های جدا شده از سطح الیاف، توسط روش‌های شناورسازی، شستشو و یا روش ترکیبی شناورسازی – شستشو از سوسپانسیون خمیرکاغذ حذف می-

[1] . Old Newsprint
[2] . Old Corrugated Containers

شوند (مواد شیمیایی مورد استفاده برای روش‌های شناورسازی، شستشو و ترکیبی تا حدودی با هم فرق می‌کنند) (قاسمیان و همکاران، ۱۳۸۳).

در صنعت بازیافت در دنیا، از روش‌های مختلفی برای مرکب‌زدایی استفاده می‌شود که متداول‌ترین این روش‌ها، شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- شناورسازی

فرآیند شناورسازی شامل جداسازی و پراکنده نمودن مرکب در سوسپانسیون خمیرکاغذ توسط تیمار شیمیایی و مکانیکی خمیرکاغذ، و سپس حذف مرکب موجود در سوسپانسیون خمیرکاغذ از طریق عبور حباب‌های هوا از میان سوسپانسیون خمیرکاغذ می‌باشد. فرآیند شناورسازی مناسب و مطلوب جهت جداسازی مرکب دارای سه فاز اصلی می‌باشد (قاسمیان و همکاران، ۱۳۸۳؛ لتیباری و همکاران، ۱۳۸٦؛ میرشکرایی، ۱۳۸۰ و گالیسون و هانا، ۱۹۹۹):

۱) جداسازی ذرات مرکب از سطح الیاف.

۲) چسباندن ذرات مرکب بر روی حباب های هوا.

۳) حذف کف و ذرات مرکب چسبیده به سطح آن از سلول شناورسازی.

در فاز اول کاغذ باطله در حضور مواد شیمیایی چون هیدروکسید سدیم (عامل انحلال چسب)، سیلیکات سدیم (عامل بافر کننده و غیر فعال کننده فلزاتی که سبب تخریب پراکسید هیدروژن می‌شوند)، پراکسید هیدروژن (عاملی که جلوی زرد شدن خمیرکاغذ در حضور هیدروکسید سدیم را می‌گیرد)، DTPA[1] (عاملی غیر فعال کننده فلزاتی که سبب تخریب پراکسید هیدروژن می‌شوند) و عوامل فعال در سطح[2] (عامل تر کننده رنگ‌دانه‌های جدا شده از سطح الیاف، این عوامل می‌توانند کف‌زا و یا غیر کف‌زا باشند) در خمیرساز دفیبره شده و ذرات مرکب از سطح الیاف جدا شده در فاز آبی پراکنده می‌شوند، سپس در فاز دوم و سوم خمیرکاغذ تهیه شده به همراه مواد کف‌زا و جمع‌کننده به سلول شناورسازی افزوده شده و در طی فرآیند شناورسازی، لایه کف حاوی ذرات مرکب از سلول شناورسازی حذف می‌شوند.

یک عامل مهم در فرآیند شناورسازی، اندازه ذرات و سایر مواد آلاینده است. به وسیله این روش می‌توان ذرات مرکب با اندازه‌های بین ۲۵۰-۱۰ میکرومتر را به خوبی حذف نمود. موثرترین

---

[1] . Diethylenetriamine Pentaacetic Acid

[2] . Surfactant

کارآیی شناورسازی زمانی است که زاویه تماس بین آب و ذرات مرکب ۹۰ درجه باشد، به عبارت دیگر در شناورسازی نیاز به ذرات آب‌گریز می‌باشد. ذرات مرکب چاپ افست، لترپرس و روتوگراور دارای ماهیتی آب‌گریز می‌باشند، بنابراین به راحتی می‌توان مرکب کاغذهایی که با این روش‌ها چاپ شده‌اند را با روش شناورسازی حذف نمود (قاسمیان و همکاران، ۱۳۸۳).

۲- شستشو

فرآیند شستشو شامل جداسازی و پراکنده نمودن ذرات مرکب در سوسپانسیون خمیرکاغذ توسط تیمار شیمیایی و مکانیکی خمیرکاغذ، و سپس حذف مرکب موجود در سوسپانسیون خمیرکاغذ از طریق آب‌گیری از خمیرکاغذ می‌باشد. فرآیند شستشو مناسب و مطلوب جهت جداسازی مرکب دارای ۲ فاز اصلی می‌باشد (قاسمیان و همکاران، ۱۳۸۳ و گالیسون و هانا، ۱۹۹۹):

۱) جداسازی ذرات مرکب از سطح الیاف.

۲) حذف ذرات مرکب از سوسپانسیون خمیرکاغذ از طریق آب‌گیری.

در فاز اول کاغذ باطله در حضور مواد شیمیایی چون هیدروکسید سدیم (عامل انحلال چسب)، سیلیکات سدیم (عامل بافر کننده، پراکنده‌ساز ذرات مرکب موجود در سوسپانسیون خمیرکاغذ و غیر فعال کننده فلزاتی که سبب تخریب پراکسید هیدروژن می‌شوند)، پراکسید هیدروژن (عاملی که جلوی زردن شدن خمیرکاغذ در حضور هیدروکسید سدیم را می‌گیرد)، DTPA (عاملی غیر فعال کننده فلزاتی که سبب تخریب پراکسید هیدروژن می‌شوند) و عوامل فعال در سطح (عامل ترکننده رنگ‌دانه‌های جدا شده از سطح الیاف) در خمیرساز دفیبره شده و ذرات مرکب از سطح الیاف جدا شده در فاز آبی پراکنده می‌شوند، سپس در فاز دوم ذرات مرکب از طریق آب‌گیری از سوسپانسیون خمیرکاغذ حذف می‌شوند.

این روش برای زدودن ذرات بسیار ریز (زیر ۳۰ میکرومتر)، به ویژه هنگامی که آب‌دوست هستند کارآمدتر است. ذراتی که در فرآیند شستشو حذف می‌شوند شامل نرمه‌ها، پرکننده‌ها، ذرات مرکب و برخی مواد چسبناک می‌باشند. با توجه به این که فرآیند شستشو یک فرآیند هیدرولیکی بوده و حذف مرکب به وسیله آب‌گیری از خمیرکاغذ انجام می‌شود، بنابراین روش شستشو، در مورد مرکب‌هایی مانند مرکب چاپ افست و لترپرس که به خوبی در سوسپانسیون پخش می‌شوند مناسب می‌باشد (قاسمیان و همکاران، ۱۳۸۳).

۳- روش‌های ترکیبی

به دلیل این که هر کدام از دو روش شناورسازی و شستشو دارای مزیت‌های خاص خود می‌باشند، اخیرا استفاده از روش های ترکیبی مورد توجه قرار گرفته شده است. اما با توجه به این که اصول کار و مواد شیمیایی مورد استفاده در هر دو روش متفاوت است، در استفاده از این دو روش به صورت ترکیبی تا حدی مشکل پیش می‌آید. در شستشو، هدف حذف ذرات مرکب آب‌دوست با ابعاد زیر ۳۰ میکرون است، در حالی که در فرآیند شناورسازی هدف، حذف ذرات مرکب آب‌گریز با ابعادی در حدود ۲۵۰-۱۰ میکرون می‌باشد. با ابداع مواد فعال‌ساز سطحی پراکنده‌ساز – جمع‌کننده، مشکل ناسازگاری دو فرآیند رفع شده است. این مواد آن قدر آب‌دوست هستند که ذرات مرکب را ضمن شستشو پراکنده نمایند، در حالی که چسبندگی بین ذرات و حباب‌های هوا به اندازه‌ای است که ذرات مرکب را در فرآیند شناورسازی حذف نمایند (لتیباری و همکاران، ۱۳۸٦ و میرشکرایی، ۱۳۸۰)

معمولا ابتدا مرحله شستشو و سپس مرحله شناورسازی به کار گرفته می‌شود. در مرحله شستشو ذرات ریز مرکب، پرکننده‌ها و نرمه‌های الیاف حذف می شوند. علاوه بر این، مشخص شده است که برخی از مواد موجود در خمیرکاغذ که از چسبیدن مواد آلاینده به حباب‌های هوا در مرحله شناورسازی جلوگیری می‌کنند، در مرحله شستشو حذف شده و این امر سبب بهبود در عملکرد شناورسازی می‌شود. در سیستم دو مرحله‌ای، در مرحله شناورسازی مواد آلاینده سبک وزن و ذرات مرکبی که به سختی پراکنده می‌شوند، به خوبی حذف می‌شوند (قاسمیان و همکاران، ۱۳۸۳؛ لتیباری و همکاران، ۱۳۸٦؛ میرشکرایی، ۱۳۸۰ و گالیسون و هانا، ۱۹۹۹).

۱-۲-٤ رنگ‌بری خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده

با توجه به افزایش استفاده از خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده در تولید انواع کاغذ، خمیرکاغذ حاصل از کاغذ باطله باید بتواند از نظر کیفی، نیازهای تجاری بازار را برآورده نماید. یکی از نیازهای کیفی مهم و تعیین کننده در محصولاتی مانند کاغذ روزنامه و چاپ و تحریر، درجه روشنی می‌باشد. بنابراین در صورت کمتر بودن درجه روشنی خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده از میزان مطلوب، خمیرکاغذ مرکب-زدایی شده باید جهت ساخت فرآورده مورد نظر رنگ‌بری شود (قاسمیان و همکاران، ۱۳۸۳؛ لتیباری و همکاران، ۱۳۸٦ و میرشکرایی، ۱۳۸۰). خمیرکاغذهای مرکب‌زدایی شده با توجه به کاغذ باطله‌ای که از آن تولید می‌شوند به دو دسته خمیرکاغذهای مرکب‌زدایی شده شیمیایی (مانند خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده حاصل از کاغذ باطله اداری) و مکانیکی (مانند خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده حاصل