بسم الله الرحمن الرحيم

تأییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیئت داوران نسخه نهائی پایان نامه خانم اعظم امانی رشته صنایع چوب
تحت عنوان: تیمار لیکور سیاه حاصل از فرآیند خمیرسازی سودا- آنتراکینون کاه گندم با فرآیند ترکیبی ازن / پراکسید هیدرژن
را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی‌ارشد پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
۱- استاد راهنما	دکتربیع بهروز	استادیار	
۲- استاد مشاور	دکترامیر خسروانی	استادیار	
۳- استاد ناظر	دکترمهدی رحمانی نیا	استادیار	
۴- استاد ناظر	دکترنورالدین نظر نژاد	استادیار	
۵- نماینده‌شورای‌تحصیلات‌تکمیلی	دکتر بهبود محبی	دانشیار	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدید اورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

« اینجانب **اعظم امانی** دانشجوی رشته **مهندسی منابع طبیعی- صنایع چوب** ورودی سال تحصیلی **۱۳۸۹** مقطع **کارشناسی ارشد** دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان نامه خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله براساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

تاریخ ۹۱/۱۱/۸

امضاء

آیین نامه چاپ پایان نامه های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به این که چاپ و انتشار پایان نامه های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت های علمی پژوهشی دانشگاه است. بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهّد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامهٔ خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

" کتاب حاضر، حاصل پایان نامه ارشد نگارنده در رشته **علوم و صنایع چوب و کاغذ** است که در سال **۱۳۹۱** در دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای **دکتر ربیع بهروز** و مشاوره آقای دکتر **امیر خسروانی** از آن دفاع شده است".

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به "دفتر نشر آثار علمی" دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهّد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل کتاب‌های عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶: اینجانب **اعظم امانی** دانشجوی رشته **علوم وصنایع چوب و کاغذ**، مقطع **کارشناسی ارشد** تعهّد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی: اعظم امانی

تاریخ و امضاء:

۹۱/۱۱/۸

دانشکده منابع طبیعی
گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ
پایان نامه کارشناسی ارشد

تیمار لیکور سیاه حاصل از فرآیند خمیرسازی سودا-آنتراکینون کاه گندم با فرآیند ترکیبی ازن/ پراکسیدهیدروژن

نگارش

اعظم امانی

استاد راهنما:

دکتر ربیع بهروز

استاد مشاور:

دکتر امیر خسروانی

زمستان ۱۳۹۱

تقدیم به:

مادرم

آنکه آفتاب مهرش در آستانه قلبم، همچنان پابرجاست و هرگز

غروب نخواهد کرد.

سپاس خدایی را که اول و آخر وجد است

به حمد قوه الهی و سپاس ایزد منان بر خود لازم می دانم از استاد راهنمای عزیز و ارجمندم، **جناب آقای دکتر بهروز** که با صبر و حوصله فراوان در تمامی مراحل پایان نامه، اینجانب را راهنمایی و در پیشبرد این پایان نامه سعی تمام نمودند، نهایت سپاس و قدردانی را به جای آورم. همچنین از استاد مشاور گرامی **جناب دکتر خسروانی** که در انجام این پایان نامه مرا یاری رساندند صمیمانه تشکر می کنم.

از اساتید محترم داور جناب آقای **دکتر نظرنژاد** و جناب آقای **دکتر رحمانی نیا** به دلیل مطالعه دقیق و ارائه نظرات ارزشمند خود کمال تشکر و قدردانی را دارم. و جناب آقای **دکتر مجی** نماینده محترم تحصیلات تکمیلی کمال امتنان را دارم.

وظیفه خود می دانم که از اساتید محترم گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده که راه این توفیق را برای من هموار کردند، تشکر نمایم.

از کارشناسان محترم آزمایشگاه مرکزی دانشکده، سرکار خانم **مهندس حقدوست** و آقایان **مهندس بور**، **حسینی**، **اسدالله زاده** و **آقای کرمانشاهی** جهت همکاری در پیشبرد آزمایشات کمال قدردانی را دارم.

از **سرکار خانم مهرنوش محمدی** دوست مهربان و دلسوزم که کمک های فراوانی به اینجانب ارائه داشتند صمیمانه تشکر می کنم.

از پدر عزیز و خواهر و برادران مهربانم که آفتاب مهر و محبتشان گرمابخش جان و دلم در مسیر زندگی ام بوده اند با تمام وجود تشکر می کنم.

در پایان از همه دوستان عزیز و همکلاسی های مهربانم که لحظات زیبای این دوره با حضورشان رقم خورد تشکرم.

آنچه امروز به آن می اندیشم و آنچه هستم، همه از لطف پروردگار رحمان و رحیم و رسالت و راهنمایی عزیزان فوق الذکر است که با تشکر و قدردانی از همه آنان برایشان سعادت، کامروایی و سرانجام نیک آرزو می کنم.

اعظم امانی بهمن ماه ۹۱

چکیده

یکی از عوامل بازدارنده استفاده از کاه گندم به عنوان یک منبع لیگنوسلولزی غیرچوبی با قابلیت مناسب جهت تولید خمیرکاغذ، پراکندگی آن در مناطق مختلف است. با توجه به اینکه کارخانجات بزرگ مشکلاتی از جمله جمع‌آوری و نگهداری الیاف غیرچوبی را پیشرو دارند، تاسیس کارخانجات کوچک می‌تواند یک راهکار مناسب باشد. در این نوع کارخانجات کوچک، به دلیل هزینه بالای سرمایه‌گذاری، طراحی و ساخت بخش بازیابی مواد، به لحاظ اقتصادی میسر نمی‌باشد. بنابراین وجود راهکاری دیگر جهت کنترل مواد خروجی از فرآیند خمیرسازی ضروری به نظر می‌رسد. وجود مقادیر زیادی رنگ و آلاینده‌های آلی در لیکور سیاه می‌تواند باعث خطرات جدی زیست‌محیطی گردد. هدف اصلی از این مطالعه به دست آوردن شرایط بهینه آزمایشگاهی در کاهش مواد فنلی، رنگ، COD، BOD_5 ، TSS و TS لیکور سیاه حاصل از فرآیند خمیرسازی کاه گندم با استفاده از فرآیند ترکیبی ازن/ پراکسیدهیدروژن بوده است. بدین منظور چهار متغیر pH، زمان، غلظت پراکسیدهیدروژن و غلظت کاتالیزور آهن هر یک در پنج سطح مورد بررسی قرار گرفتند. از طراحی آزمایش به روش تاگوچی برای دستیابی به شرایط بهینه استفاده گردید. به لحاظ pH بیشترین کاهش فنل و رنگ در pH =۱۰/۵، در حالی که در مورد COD وBOD_5 در pH =۸، TS در pH =۲/۵ و TSS در pH=۵ حاصل شدند. در خصوص بهترین زمان تیمار به غیر از کاهش COD (۹۰ دقیقه) و TS (۱۵ دقیقه)، در ۱۲۰ دقیقه بالاترین نتایج بدست آمد. بهترین غلظت پراکسیدهیدروژن در کاهش COD، BOD_5 و رنگ ۱/۵ مولار و TS، TSS ۰/۷۵ مولار و فنل ۰/۵ مولار همچنین بیشترین کارایی کاتالیزور آهن در حذف COD، BOD_5، فنل در ۰/۰۲۵ میلی‌مولار و TS و رنگ در ۰/۵ میلی‌مولار و TSS در ۰/۱ میلی‌مولار به دست آمد. تیمار ازن به تنهایی فقط در کاهش رنگ و فنل کارایی داشت در حالی که برای افزایش حذف دیگر آلاینده‌ها فرآیند ترکیبی ازن/ پراکسیدهیدروژن بسیار موثرتر بوده است.

واژه‌های کلیدی: لیکور سیاه، ازن، پراکسیدهیدروژن، فنل، رنگ، COD، BOD_5، TSS، TS.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱ مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ کلیات و مفاهیم ۳

۱-۲-۱ روش‌های معمول تصفیه پساب ۳

۱-۲-۱-۱ تصفیه فیزیکی ۳

۱-۲-۱-۲ تصفیه شیمیایی ۴

۱-۲-۱-۳ تصفیه بیولوژیکی ۴

۱-۲-۱-۴ تصفیه پیشرفته ۵

۱-۲-۲ آلوده‌کننده‌ها در صنایع خمیر وکاغذ ۶

۱-۲-۳ لیکور سیاه ۷

۱-۲-۴ ضرورت توسعه روش‌های تصفیه پساب در صنایع خمیروکاغذ ۸

۱-۲-۵ مکانیسم ازن در تصفیه پساب ۹

۱-۲-۶ روش‌های ترکیبی اکسیداسیون با ازن ۱۱

۱-۳ اهداف و ضرورت انجام تحقیق ۱۲

۱-۴ سوالات تحقیق ۱۴

۱-۵فرضیه‌های تحقیق ۱۴

۲ سابقه تحقیق

۲-۱ کنترل پساب تولیدی در صنعت خمیروکاغذ ۱۶

۲-۲ روش‌های تصفیه پساب در صنعت خمیروکاغذ ۱۷

۲-۳ روش تصفیه ازن ۱۹

۲-۳-۱ پساب صنعتی ۱۹

۲-۳-۲ پساب صنعت خمیر و کاغذ ۲۱

۳ مواد و روش‌ها

۳-۱ مواد و تجهیزات ۲۵

۳-۱-۱ تهیه و آماده‌سازی لیکور سیاه ۲۵

۳-۱-۲ تجهیزات ۲۶

۳-۲ جزء جزء کردن لیکور سیاه ۲۷

۳-۳ تیمار ترکیبی ازن/ پرکسیدهیدروژن ۲۸

۳-۴ اندازه‌گیری خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ۲۹

۳-۴-۱ اندازه‌گیری میزان اکسیژن خواهی شیمیایی (COD) ۲۹

۳-۴-۲ اندازه‌گیری میزان فنل کل ۳۰

۳-۴-۳ اندازه‌گیری رنگ ۳۱

۳-۴-۴ اندازه‌گیری مقدار جامدات معلق (TSS) ۳۲

۳-۴-۵ اندازه‌گیری مقدار جامدات کل (TS) ۳۲
۳-۴-۶ اندازه‌گیری میزان اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی BOD_5 ۳۳
۳-۵ تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها ۳۴

۴ نتایج و بحث

۴-۱ نتایج ۳۷
۴-۲ عملکرد تیمار ترکیبی ازن/ پراکسیدهیدروژن درکاهش آلاینده‌ها ۳۹
۴-۲-۱ عملکرد تیمار ترکیبی ازن/ پراکسیدهیدروژن درکاهش COD ۳۹
۴-۲-۲ عملکرد تیمار ترکیبی ازن/ پراکسیدهیدروژن درکاهش رنگ ۴۱
۴-۲-۳ عملکرد تیمار ترکیبی ازن/ پراکسیدهیدروژن درکاهش فنل ۴۳
۴-۲-۴ عملکرد تیمار ترکیبی ازن/ پراکسیدهیدروژن درکاهش BOD_5 ۴۵
۴-۲-۵ عملکرد تیمار ترکیبی ازن/ پراکسیدهیدروژن درکاهش TSS ۴۷
۴-۲-۶ عملکرد تیمار ترکیبی ازن/ پراکسیدهیدروژن درکاهش TS ۴۹
۴-۲-۷ بهترین سطوح متغیرها برای حذف هر یک از آلاینده‌ها ۵۱
۴-۳ بررسی اثر متغیرها بر روی عملکرد تیمار ترکیبی ازن/ پراکسیدهیدروژن ۵۲
۴-۳-۱ اثر عامل تغییر pH ۵۲
۴-۳-۲ اثر عامل زمان ۵۴
۴-۳-۳ اثر عامل غلظت های مختلف در فرآیند فنتون (Fe^{+2} و H_2O_2) ۵۵
۴-۴ بررسی مقایسه‌ای تیمار ترکیبی ازن/ پراکسیدهیدروژن در کاهش آلاینده‌های

لیکورسیاه صنعتی و آزمایشگاهی ۵۸

۴-۵ ارزش حرارتی ماده خشک روی فیلتر ۵۹

۴-۶ مقایسه میزان پارامترهای اندازه‌گیری شده پس از تیمار با استاندارد محیط‌زیست فاضلاب‌های صنعتی ۶۰

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱ نتیجه‌گیری ۶۱

۵-۲ بررسی فرضیه‌های تحقیق ۶۳

۵-۳ پیشنهادات پژوهشی ۶۴

فهرست مراجع ۶۵

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول۳-۱ شرایط فرآیندی خمیرسازی	۲۴
جدول ۳-۲ ویژگی‌های لیکور سیاه تیمار نشده	۲۵
جدول ۳-۳ ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی محلول‌های تهیه شده قبل از تیمار	۲۷
جدول ۳-۴ طرح آزمایشی تاگوچی	۳۵
جدول ۳-۵ سطوح pH ، زمان، غلظت H_2O_2 وغلظت Fe^{2+} در آزمایشات طراحی شده	۳۵
جدول۴-۱ میانگین و نرخ S/N خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در روش تاگوچی	
جدول ۴-۲ نتایج تحلیل واریانس عوامل متغیر تیمار روی میزان کاهش COD لیکور سیاه	۴۰
جدول ۴-۳ نتایج تحلیل واریانس عوامل متغیر تیمار روی میزان کاهش رنگ لیکور سیاه	۴۲
جدول ۴-۴ نتایج تحلیل واریانس عوامل متغیر تیمار روی میزان کاهش فنل لیکور سیاه	۴۴
جدول ۴-۵ نتایج تحلیل واریانس عوامل متغیر تیمار روی میزان کاهش BOD_5 لیکور سیاه	۴۶
جدول۴-۶ نتایج تحلیل واریانس عوامل متغیر تیمار روی میزان کاهش TSS لیکور سیاه	۴۹
جدول ۴-۷ نتایج تحلیل واریانس عوامل متغیر تیمار روی میزان کاهش TS لیکور سیاه	۵۱
جدول ۴-۸ بهترین سطوح پارامترها برای هریک از خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی	۵۱
جدول ۴-۹ بررسی مقایسه‌ای اثرتیمار ترکیبی در کاهش آلاینده‌های لیکورسیاه صنعتی و آزمایشگاهی	۵۹
جدول۴-۱۰ ارزش حرارتی ترکیبات زیست توده	۶۰
جدول۴-۱۱ مقایسه میانگین کیفیت فاضلاب با استاندارد محیط‌زیست	۶۰
جدول ۵-۱ سطوح بهینه پارامترها برای هریک از آلاینده‌ها	۶۲

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ۴- ۱ تاثیر پارامترهای pH، زمان، غلظت Fe^{2+} و غلظت H_2O_2 بر کاهش COD ۳۹

نمودار ۴-۲ تاثیر پارامترهای pH، زمان، غلظت Fe^{2+} و غلظت H_2O_2 بر کاهش رنگ ۴۱

نمودار ۴-۳ تاثیر پارامترهای pH، زمان، غلظت Fe^{2+} و غلظت H_2O_2 بر کاهش فنل ۴۳

نمودار ۴-۴ تاثیر پارامترهای pH، زمان، غلظت Fe^{2+} و غلظت H_2O_2 بر کاهش BOD_5 ۴۶

نمودار ۴-۵ تاثیر پارامترهای pH، زمان، غلظت Fe^{2+} و غلظت H_2O_2 بر کاهش TSS ۴۸

نمودار ۴-۶ تاثیر پارامترهای pH، زمان، غلظت Fe^{2+} و غلظت H_2O_2 بر کاهش TS ۵۰

نمودار ۴-۷ درصد کاهش کل آلاینده‌ها پس از فیلتر و تیمار ۵۲

نمودار ۴-۸ بررسی کارایی سیستم در زمان‌های کمتر از سطوح مشخص شده ۵۵

نمودار ۴-۹ اثر ازن به تنهایی در کاهش آلاینده‌ها ۵۶

نمودار ۴-۱۰ اثر تیمارها به تنهایی در حذف آلاینده‌ها ۵۷

نمودار ۴-۱۱ بررسی مقایسه‌ای اثرتیمار ترکیبی در کاهش درصد آلاینده‌های لیکورسیاه صنعتی و آزمایشگاهی ۵۹

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱ نمای سیستم ازن ۲۶

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

افزایش روز افزون جمعیت و به تبع آن افزایش تقاضا جهت رفع نیازهای انسان مشکلاتی از قبیل بهره برداری از منابع موجود را ایجاد می‌کند، که منجر به آلودگی محیطزیست می‌شود و تلاش در جهت حفظ محیطزیست و اکوسیستم‌های طبیعی، یکی از سیاست‌های دولت‌های کنونی جهان است. به همین منظور مقررات زیست‌محیطی مختلفی وضع گردیده و روز به روز سخت‌گیری‌های شدیدتری اعمال می‌شود. این قوانین به ویژه در مورد پساب‌های صنعتی نیز اعمال شده و بر اساس آن پساب‌های صنایع مختلف قبل از تخلیه به طبیعت و آب‌های جاری مانند رودخانه‌ها باید استانداردهای مربوطه را دارا باشند (قدبنان و همکاران، ۱۳۸۱). تولید پساب حتی با وجود روش‌ها و فرآیندهای پیشرفته، اجتناب‌ناپذیر است. یکی از این پساب‌های صنعتی که اساسا در آلودگی آب نقش بسزایی دارد، پساب حاصل از صنعت خمیروکاغذ است صنایع خمیروکاغذسازی یکی از بزرگترین صنایع تولیدکننده پساب های آلوده هستند (Usepa، ۱۹۹۸). این پساب‌ها به علت دارا بودن ترکیبات مختلفی مانند لیگنین،

انواع رزین‌ها و سایر آلاینده‌های پلیمری علاوه بر رنگ بسیار شدید، به دلیل سمیت بالا بر روی زندگی موجودات به شدت تاثیرگذار می‌باشند که اثرات زیست‌محیطی مخربی در پی دارد. ترکیبات رنگی موجود در پساب‌های صنایع کاغذسازی از مهمترین آلوده‌کننده‌های این صنعت به شمار می‌آیند. تخلیه این فاضلاب رنگی به محیط‌زیست جدای از تاثیر مستقیم سمیت آن‌ها روی آبزیان، با کاهش رسیدن نور خورشید به آب، مانع فعالیت فتوسنتزی گیاهان آبزی می‌شود و میزان انحلال اکسیژن را کاهش می‌دهد (Ackel، ۱۹۸۸). از این رو لزوم حذف رنگ و ضرورت تصفیه پساب، پیش از تخلیه به رودخانه یا محیط‌زیست را روشن‌تر می‌سازد. طی چند دهه اخیر مسئله کاهش حجم بار آلودگی و حذف رنگ از پساب صنعت خمیروکاغذ، یکی از مهمترین موضوعات پژوهشی بوده و تلاش‌های بسیاری در این زمینه صورت گرفته تا روش‌های کارا و با توجیه اقتصادی مناسب نیز ارائه گردد. فرآیندهای تولید کاغذ با تنوع بسیار زیاد در مراحل تولید آن، از پیچیده‌ترین فرآیندهای صنعتی به شمار می‌آیند که این فرآیندها به شدت متاثر از هم هستند و بسته به نوع ماده‌اولیه، نوع فرآیند، تکنولوژی به کار رفته در فرآیند، مسیر گردش داخلی پساب برای بازیابی و مقدار آب استفاده شده برای فرآیند خاص، متفاوت هستند. در سال‌های اخیر سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، بهره‌برداری از جنگل‌های صنعتی شمال کشور را به شدت کاهش داده است و با به کارگیری توانمندی‌های موجود و قابل دسترس در مورد استفاده از مواد لیگنوسلولزی قابل جایگزین چوب همانند کاه گندم، کلش برنج و باگاس در کارخانه‌های جدید و در حال احداث، تلاش‌های جدی و متعددی صورت گرفته است؛ لذا در این زمینه آمادگی و اطلاعات لازم برای تصفیه هر نوع پساب تولید شده لازم است.

۱-۲ کلیات و مفاهیم

۱-۲-۱ روش‌های معمول تصفیه پساب

اساسا روش‌های تصفیه پساب شامل تصفیه فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و پیشرفته می‌باشد (افیونی و عرفان‌منش، ۱۳۸۵). در ذیل اصول هر یک از این روش‌ها به طور خلاصه تشریح می‌گردد. البته متذکر می‌گردد که بسته به ماهیت پساب‌ها این روش‌ها به صورت ترکیبی نیز می‌توانند به کار روند. ترکیب این روش‌ها تصفیه چند سیستمی نام دارد روش‌های ترکیبی معمولا برای پساب‌هایی که به راحتی و با استفاده از یک روش نمی‌توان آن‌ها را تصفیه‌سازی کرد به کار گرفته می‌شود. برای پساب‌هایی که از قسمت‌های مختلف فرآیند حاصل می‌شوند بسته به نوع آلودگی نیازمند روش‌های تصفیه گوناگونی است.

۱-۲-۱-۱ تصفیه فیزیکی

تصفیه فیزیکی شامل ۳ مرحله اساسی شامل حذف مواد جامد شناور و درشت، عبور از کانال شن‌گیر و چربی‌گیر و ته‌نشین کردن ذرات در حوضچه ته‌نشینی می‌باشد. در هر یک از این مراحل کم و بیش تصفیه بیولوژیکی نیز به صورت خود به خود و توام با تصفیه فیزیکی انجام می‌گردد ولی میزان و اثر آن کم است. طی این روش تصفیه معمولا، حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد مواد جامد معلق و ۲۵ تا ۴۰ درصد BOD[۱] حذف می‌گردد. مواد جامدی که در این مرحله از فاضلاب جدا می‌شوند را لجن خام یا لجن اولیه می‌نامند (افیونی و عرفان‌منش، ۱۳۸۵).

[۱] : Biochemical Oxygen Demand

۱-۲-۱-۲ تصفیه شیمیایی

تصفیه شیمیایی شامل حذف مواد جامد معلق، ذرات کلوئیدی، مواد شناور، رنگ‌ها و ترکیبات سمی می‌باشد که به وسیله روش‌های مختلفی از قبیل رسوب‌گذاری توسط مواد شیمیایی، انتقال گاز، جذب سطحی، اکسیداسیون و استفاده از منعقد کننده‌های شیمیایی انجام می‌شود (Pokhrel و Viraraghavan، ۲۰۰۴). روش شیمیایی برای رسیدن پساب به سطح قابل قبول تخلیه در محیط، نیاز به مصرف مواد شیمیایی بالایی داشته که این امر مقدار قابل توجهی لجن تولید می‌کند (Kalyani و همکاران، ۲۰۰۹). اثرات طولانی مدت محیطی لجن، رسوب‌گذاری کم و ته‌نشینی ضعیف و هزینه‌های بالای دفن لجن از معایب روش‌های شیمیایی هستند.

۱-۲-۱-۳ تصفیه بیولوژیکی

روش تصفیه بیولوژیکی یک فرآیند تصفیه ثانویه برای حذف ماده آلی حل شده در پساب است. در این روش میکروارگانیسم‌های کشت داده شده به پساب اضافه می‌گردند تا مواد آلی را به عنوان منبع غذایی جذب کنند. هدف اصلی تصفیه بیولوژیکی کاهش BOD پساب و تجزیه ذرات معلقی است که در مرحله تصفیه فیزیکی از فاضلاب جدا نشده‌اند. تصفیه بیولوژیکی برای پساب‌هایی که شامل غلظت‌های بالایی از مواد زیست تخریب‌پذیر هستند استفاده می‌شوند که عموما به روش‌هایی چون رشد معلق (لجن فعال)، رشد چسبیده (فیلتر غشایی) و سیستم ترکیبی لجن فعال و رشد چسبیده تقسیم می‌شوند (افیونی و عرفان‌منش، ۱۳۸۵). پساب‌های با شاخص تخریب‌پذیری کمتر از ۰/۳ برای تصفیه بیولوژیک مناسب نیستند (Morais و Zamora، ۲۰۰۵). برای تخریب‌پذیری کامل، پساب باید دارای شاخص

حداقل ۰/۴ باشد (Chamarro و همکاران، ۲۰۰۱)، در بین روش‌های تصفیه بیولوژیکی استفاده از لجن فعال کاربرد بیشتری دارد.

۱-۲-۱-۴ تصفیه اکسیداسیون پیشرفته

اگرچه فرآیندهای متداول تصفیه فاضلاب می‌تواند ۸۵ درصد BOD، جامدات معلق و تقریبا همه موجودات بیماری‌زا را حذف کند ولی بعضی از آلاینده‌ها از قبیل ازت و فسفر حذف نمی‌شوند (Bitton، ۱۹۹۹). همچنین افزایش روز افزون تولیدات صنعتی، حضور ملکول‌های مقاوم و ترکیبات تخریب‌ناپذیر زیستی در پساب صنایع گوناگون را به دنبال داشته است که بسیاری از این ترکیبات، با فرآیندهای معمول در تصفیه پساب قابل حذف نیستند (Feigelson و همکاران، ۲۰۰۰). تحقیقات جدید به منظور تبدیل ملکول‌های پیچیده و مقاوم به ملکول‌های ساده‌تر، منجر به معرفی روش‌های جدید تصفیه تحت عنوان فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته گردید. این فرآیندها به منظور تصفیه پساب‌های صنعتی از جمله پساب کارخانه‌های تولید مواد شیمیایی، پالایشگاه‌ها، صنایع لاستیک، صنایع کاغذسازی و بسیاری از صنایع دیگر، با موفقیت به کار گرفته شده‌اند. در فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته از هیدروژن پروکسید، ازن یا هوا به عنوان اکسیدکننده استفاده می‌کنند همچنین امواج ماورای بنفش و نور خورشید به عنوان منابع انرژی هستند، که باعث تسریع فرآیند اکسیداسیون می‌شوند (Gogate و همکاران، ۲۰۰۴). امروزه علاوه بر حذف فسفر و ازت، عناصر سمی و خطرناکی مثل فلزات سنگین از اهداف تصفیه اکسیداسیون پیشرفته به شمار می‌رود (افیونی و عرفان‌منش، ۱۳۸۵). این گونه فرآیندها کیفیت فاضلاب را تا حدی که برای استفاده مجدد مناسب باشند، بهبود می‌بخشند و آنچه را که اساسا یک فاضلاب دور ریختنی است، به یک منبع آب با ارزش تبدیل می‌کنند.