دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد هفدهم، شماره اول، ۱۳۸۹
www.gau.ac.ir/journals

بررسی تاثیر pH بر کارآئی رنگ‌بری آنزیمی خمیر کرافت باگاس

*مرتضی عبداله بیک‌مرندی[۱]، حسین رسالتی[۲]، احمدرضا سرائیان[۳] و محمدهادی آریائی‌منفرد[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۴]دانشجوی دکتری علوم و صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۱۶

چکیده

بهبود رنگ‌بری خمیرکاغذ به‌وسیله پیش‌تیمار آنزیمی به اثبات رسیده است، اما کارآئی پیش‌تیمار آنزیمی بسته به فرآیند خمیرسازی و ماده اولیه متفاوت است. در این پژوهش، تأثیر pH آنزیم زایلاناز در پیش رنگ‌بری خمیر کرافت باگاس با توالی D_1ED_2 (دی‌اکسید کلر ۸ درصد + استخراج قلیایی + دی‌اکسید کلر ۲ درصد برحسب کلر فعال) در مقیاس آزمایشگاهی بررسی گردید. خمیر کرافت باگاس با عدد کاپای ۲۰ به‌وسیله آنزیم زایلاناز تجاری به‌دست آمده از قارچ *Trichoderma viride* در مقادیر ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ واحد و مدت زمان ۲ ساعت و در دو سطح pH (۷/۵ و ۵) تیمار شد. نتایج نشان داد که کارآئی آنزیم زایلاناز در pH اسیدی در مقایسه با pH خنثی در کاهش عدد کاپا و درجه زردی و افزایش درجه زردی و ماتی به‌طور معنی‌داری ($P<0/01$) بیشتر می‌باشد. در هر دو pH با افزایش مقدار آنزیم از ۵U/g تا ۲۵U/g درجه روشنی خمیر کاغذ افزایش و در مقدار آنزیم ۵۰U/g، کاهش یافت. همچنین افت بازده در pH اسیدی در مقایسه با pH خنثی بیشتر بود. با توجه به نتایج حاصل، pH اسیدی به‌عنوان pH بهینه در پیش رنگ‌بری آنزیمی خمیر کرافت باگاس پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: زایلاناز، باگاس، pH، رنگ‌بری آنزیمی

مسئول مکاتبه: morteza_mabm@yahoo.com

مقدمه

افزایش هشدارها و فشارهای زیست‌محیطی موجب کاهش مصرف کلر عنصری در رنگ‌بری خمیرکاغذ و در نتیجه کاهش تخلیه مواد آلی کلردار از صنایع خمیر و کاغذ شده است (میشرا و همکاران، ۲۰۰۱). در صنایع خمیر و کاغذ مواد آلی کلردار به‌طور عمده از واکنش لیگنین باقی‌مانده در خمیر با کلر مورد استفاده برای رنگ‌بری خمیرکاغذ تشکیل می‌شوند و بعضی از این مواد سمی، جهش‌زا، مقاوم در برابر تخریب زیستی، زیست تجمع‌شونده[1] و مضر برای سیستم‌های اکولوژی می‌باشند (باجپای و باجپای، ۱۹۹٦؛ سلومون، ۱۹۹٦). با تغییرات انجام شده در فرآیند تهیه خمیر کرافت مانند پخت تغییر یافته، لیگنین‌زدایی با اکسیژن و با جایگزینی کلر عنصری با دی‌اکسید کلر در رنگ‌بری خمیر کرافت مقدار ترکیبات آلی کلردار به‌مقدار زیادی کاهش یافته است (ویکاری و لانتو، ۲۰۰۲). روش رنگ‌بری بدون کلر عنصری هم‌اکنون در اتحادیه اروپا و آمریکای‌شمالی به‌عنوان بهترین فن‌آوری موجود برای رنگ‌بری خمیر کرافت شناخته شده است و مزایای متعددی مانند تولید خمیر و کاغذ با کیفیت بالا، حذف تقریباً مطلق دی‌اکسین و ۱۲ ماده با خطرزایی بالا، کاهش تشکیل کلروفورم و آلودگی‌های زیست‌محیطی سیستم رنگ‌بری خمیر را تا حد ۹۰ درصد دارد (باجپای و همکاران ۲۰۰٦).

در سال‌های اخیر استفاده از زیست فن‌آوری در صنایع خمیر و کاغذ، به‌ویژه در واحدهای رنگ‌بری خمیرکاغذ به‌شدت افزایش یافته است. با استفاده از زیست فنآوری در رنگ‌بری خمیرکاغذ می‌توان در مصرف مواد شیمیایی رنگ‌بری، انرژی و آب صرفه‌جوئی کرده و همچنین با صرفه‌جوئی در موارد یاد شده می‌توان از انتشار آلاینده‌ها به محیط‌زیست جلوگیری به‌عمل آورد (رونسرو و همکاران، ۲۰۰۵). در این بین توجه خاصی به آنزیم زایلاناز شده است. این آنزیم به‌طور مستقیم لیگنین را تخریب نمی‌کند بلکه به‌صورت غیرمستقیم و با هیدرولیز همی‌سلولزهای خمیر به ذرات کوچک‌تر، موجب حذف شدن راحت‌تر لیگنین متصل شده به ذرات کوچک‌تر همی‌سلولزها از خمیر می‌شود که در نهایت منجر به کاهش مصرف مواد شیمیایی رنگ‌بری خواهد شد (جفریز و ویکاری، ۱۹۹٦). از سوی دیگر این آنزیم با تخریب و حذف همی‌سلولز زایلان رسوب کرده بر روی الیاف در جریان خمیرسازی کرافت موجب دسترسی بیشتر لیگنین به مواد شیمیایی رنگ‌بری می‌شود و کارایی

1. Bioaccumulating

این مواد را افزایش می‌دهد (جفریز و همکاران، ۱۹۹۸؛ مانسفیلد و همکاران، ۱۹۹٦). به‌عبارت دیگر آنزیم زایلاناز رنگ‌بری خمیر کاغذ کرافت را آسان‌تر کرده و موجب کاهش آلودگی‌های زیست محیطی رنگ‌بری خمیرکاغذ می‌شود (دهیمانا و همکاران، ۲۰۰۹).

چندین عامل در کارائی آنزیم زایلاناز در پیش رنگ‌بری خمیرکاغذ دارای اهمیت است. وزن ملکولی و pH بهینه آنزیم از عوامل مهم در پیش رنگ‌بری آنزیمی به‌شمار می‌آید. کم بودن وزن ملکولی آنزیم سبب تسهیل نفوذ آنزیم در خمیرکاغذ شده و آزاد سازی گروه‌های رنگ‌ساز و لیگنینی را افزایش می‌دهد (جفریز و ویکاری، ۱۹۹٦). آنزیم زایلاناز دارای منشاء گوناگونی بوده و فعالیت آن وابسته به pH است. به‌طوری‌که آنزیم زایلاناز با منشاء قارچی در محدوده اسیدی فعال است، در حالی‌که آنزیم زایلاناز با منشاء باکتریایی در محدوده خنثی و قلیایی فعالیت می‌کند. مهم‌ترین منابع باکتریایی تولیدکننده آنزیم زایلاناز، گونه‌های *Actinomycet* و*Bacillus* هستند. از بهترین منابع قارچی تولیدکننده آنزیم زایلاناز می‌توان به انواع گونه‌های *Aspergillus ,Trichoderma* و *Aerubasidium pullans* اشاره کرد (سوبرامانیان و پریا، ۲۰۰۲). صنایع خمیر و کاغذ جهت استفاده از آنزیم‌ها نیازمند آشنایی کامل با شرایط بهینه استفاده از آنها هستند. با توجه به این‌که آنزیم یک ماده بیوشیمیایی است و در شرایط محدود دمایی و pH فعالیت بهینه دارد، بنابراین تغییرات جزئی این عوامل می‌تواند در میزان فعالیت این مواد موثر باشد. در حال حاضر برای استفاده از آنزیم‌های فعال در محیط‌های اسیدی، قلیایی و خنثی نظرات متفاوتی وجود دارد.

شوهام و همکاران (۱۹۹۳)، آنزیم زایلاناز تخلیص شده از قارچ مقاوم به گرما و قلیا Bacillus stearothermophilus را از نظر قابلیت استفاده در رنگ‌بری آنزیمی خمیر سوزنی‌برگ بررسی کردند. آنزیم زایلاناز در محدوده وسیع pH (۱۰-٦) و دما (٦۵-۵۸) فعال و مقاوم بود. حداکثر فعالیت آنزیم در pH ۷ و ۸ و دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین آنزیم زایلاناز در pH، ۹ و دمای ٦۵ درجه سانتی‌گراد فعالیت بسیار خوبی از خود نشان داد. آنزیم زایلاناز در pH ۹ و دمای ٦۵ درجه سانتی‌گراد به‌خوبی میزان لیگنین باقی‌مانده در خمیرکاغذ را کاهش داد. حداکثر انحلال لیگنین در مقدار ۱۰ واحد آنزیم (۱۰U/g)، زمان تیمار ۱۸ ساعت، pH ۹ و دمای ٦۵ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاد.

مندوزا و همکاران (۱۹۹۸)، اثر آنزیم زایلاناز خالص شده از گونه Bacillus sp. NM-118 را بر قابلیت رنگ‌بری خمیرکاغذ پهن‌برگان مطالعه کردند. آنزیم زایلاناز خالص شده در دامنه pH ۵ تا ۱۰ و درجه حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد فعال بود. دما و pH بهینه آنزیم زایلاناز به‌ترتیب ۷۰ درجه

سانتی‌گراد و ۹ گزارش شد. توانایی این آنزیم در بهبود خواص نوری خمیرکاغذ و کاهش مصرف مواد شیمیایی رنگ‌بری مطلوب گزارش گردید.

چاهان و همکاران (۲۰۰٦)، آنزیم زایلاناز تهیه شده از ***Bacillus coagulans*** را به‌عنوان ماده پیش رنگ‌بر روی سه نوع خمیرکاغذ غیر چوبی و با مقادیر مختلف pH (۸/۵ و ۷) مورد بررسی قرار دادند. تأثیر آنزیم زایلاناز بر روی خمیر کاه گندم، کاه برنج و الیاف جوت در دو pH اولیه متفاوت بررسی گردید. بیشترین افزایش درجه روشنی حدود ۵/۱ درصد ایزو در خمیر کاه برنج با pH ابتدایی ۸/۵ فراهم شد. در مورد خمیر کاه گندم و جوت بیشترین افزایش درجه روشنی در pHهای زیادتر صورت گرفت.

آگایارکانی و همکاران (۲۰۰٦)، آنزیم زایلاناز را از سه قارچ ***Aspergillus indicus***، ***A. flavus*** و ***A.niveus*** استخراج و شناسایی نمودند. این آنزیم‌ها در پیش تیمار خمیر کرافت پهن‌برگان پیش از رنگ‌بری اصلی با توالی EDED[1] مورد استفاده قرار گرفتند. خمیر کرافت با عدد کاپای اولیه ۱۸/٦ بعد از تیمار آنزیمی در حدود ۵، ٦/۲ و ٦/۸ واحد کاهش، و همچنین درجه روشنی خمیرهای تیمار شده از درجه روشنی اولیه ۱۹/۸۳ درصد ایزو به ٤۳/۱۲، ٤۲/۲ و ٤۵/۱۹ درصد ایزو به‌ترتیب برای ***A. indicus***، ***A. flavus*** و ***A.niveus*** افزایش یافت. همچنین در این پژوهش pH بهینه برای فعالیت این سه قارچ به‌ترتیب ٦/۵، ۵ و ۵ و دمای بهینه ۵۰ درجه سانتی‌گراد برای هر سه قارچ گزارش گردید.

سلطانعلی و ضیائی‌شیرکلائی (۲۰۰۷)، تأثیر شرایط فرایندی دما (۵۵-٤۵-۳۵ درجه سانتی‌گراد)، زمان (۳-۲/۵-۲ ساعت)، pH (۵-٤-۳) و غلظت خمیرکاغذ (۱۲-۹-٦ درصد) را در رنگ‌بری آنزیمی خمیر سودا باگاس با توالی XP[2] (کاتازیم- پراکسید هیدروژن) مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تیمار آنزیمی باعث افزایش درجه روشنی و کاهش عدد کاپا و بهبود ویژگی‌های مقاومتی خمیرکاغذ می‌شود. بر اساس نتایج به‌دست آمده شرایط بهینه فرایندی دما، زمان، pH و غلظت خمیرکاغذ به‌ترتیب ۳۵ درجه سانتی‌گراد، ۲ ساعت، ۵ و ۱۲ درصد گزارش شد.

هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر سطوح مختلف pH (۵ و ۷/۵) در رنگ‌بری آنزیمی خمیر کرافت باگاس و بررسی بهبود خواص نوری خمیر کاغذ حاصل در رنگ‌بری ECF[3] می‌باشد.

1. EDED: Extraction-Chlorine Dioxide-Extraction-Chlorine Dioxide
2. XP: Xylanase (Catazyme)-Hydrogen Peroxide
3. Elemental Chlorine Free

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه: باگاس مغززدایی شده مورد نیاز در این پژوهش از کارخانه صنایع کاغذ پارس، واقع در هفت‌تپه خوزستان تهیه گردید. باگاس‌ها در محیط آزمایشگاه کاغذسازی دانشکده جنگل‌داری و فناوری چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان هوا خشک شده و پس از تعیین درصد رطوبت به‌منظور عدم تبادل رطوبت با محیط، در داخل پلاستیک‌های پلی‌اتیلنی قرار داده شد.

تولید خمیر و کاغذ: با استفاده از فرایند کرافت و تحت شرایط فرایندهای مختلف شامل درجه حرارت بیشینه پخت ۱۵۵ درجه سانتی‌گراد، قلیای فعال ۱۰، ۱۲ و ۱٤ درصد، نسبت مایع پخت به جرم خشک ماده چوبی هفت به یک، و سولفیدیته ثابت ۱۸ درصد و زمان پخت ۳۰، ٤٥ و ٦۰ دقیقه، پخت‌های متعددی برای رسیدن به عدد کاپای ۲۰، با استفاده از دیگ پخت ناپیوسته چرخان به گنجایش ۲/۵ لیتر انجام شد. با توجه به عدد کاپای پخت‌های انجام شده در شرایط فرایندی مختلف، شرایط قلیای فعال ۱۲ درصد و زمان پخت ۳۰ دقیقه برای رسیدن به عدد کاپای مورد نظر انتخاب گردید. به‌منظور تأمین خمیر کاغذ در مراحل بعدی پژوهش حدود ۲۰ پخت در شرایط یاد شده تکرار شد. بازده خمیر کاغذ به‌صورت وزنی و عدد کاپای خمیرکاغذ بر طبق استاندارد شماره ۹۹-om ۲۳٦ آئین‌نامه تاپی[1] تعیین گردید.

آنزیم: برای انجام تیمارهای آنزیمی از آنزیم زایلاناز تجارتی استفاده شد. این آنزیم از شرکت فلوکا[2] تهیه، و مشخصات آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات آنزیم مورد استفاده در این پژوهش.

نام آنزیم	۱،٤- اندو زایلاناز
میکروارگانیزم تولیدکننده	Trichoderma viride
حالت ماده	پودری شکل
فعالیت آنزیم[3]	۳/۲U/mg
شرکت تولیدکننده	فلوکا

1. TAPPI (Technical Association of Pulp and Paper Industries)
2. Fluka
3. Enzyme Activity

شرایط پیش رنگ‌بری آنزیمی: شرایط پیش رنگ‌بری آنزیمی در جدول ۲ نشان داده شده است. برای انجام پیش‌رنگ‌بری آنزیمی از کیسه پلاستیکی زیپ‌دار استفاده شد. ابتدا مقدار آنزیم مورد نظر (۵U، ۱۰U، ۲۵U و ۵۰U برای هر گرم جرم خشک خمیر) در هر تیمار وزن، و در آب مقطر حل، و به کیسه‌های زیپ‌دار محتوی خمیرکاغذ افزوده شد. سپس کیسه‌ها به داخل حمام آب گرم منتقل و مدت زمان لازم برای تیمار آنزیمی (۲ ساعت) اعمال گردید. همچنین به‌منظور ثابت نگه داشتن pH تنظیم شده و جلوگیری از تغییر pH در اثر فعالیت آنزیم از فسفات پتاسیم (۵۰ میلی‌مولار) به‌عنوان بافر استفاده شد. در تمام مدت زمان تأثیر آنزیم محتوی کیسه‌ها به‌طور متناوب هم‌زده، و پس از اتمام مدت زمان لازم برای پیش رنگ‌بری، محتوی کیسه‌ها بر روی الک ۲۰۰ مش تخلیه و شستشو داده شد.

جدول ۲- شرایط پیش رنگ‌بری با آنزیم زایلاناز.

زمان تاثیر	۲ ساعت
مقدار آنزیم	۵U، ۱۰U، ۲۵U و ۵۰U در هر گرم وزن خشک خمیر
دمای بهینه	۵۳ درجه سانتی‌گراد
درصد خشکی	۱۰ درصد
pH	۵-۷/۵

رنگ‌بری خمیرکاغذ: بعد از انجام پیش رنگ‌بری آنزیمی، رنگ‌بری خمیرکاغذ با توالی D_1ED_2 (دی‌اکسید کلر- استخراج قلیایی- دی‌اکسید کلر) انجام گردید. شرایط رنگ‌بری خمیرکاغذ تیمار شده با آنزیم در جدول ۳ نشان داده شده است. رنگ‌بری خمیرکاغذ با توالی D_1ED_2 مانند پیش رنگ‌بری با آنزیم در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار انجام شد.

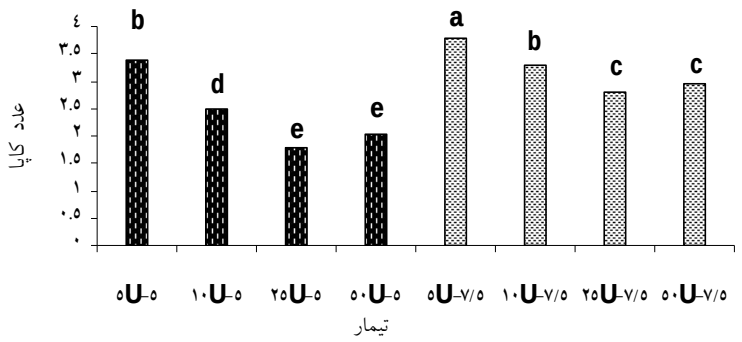
ارزیابی خمیر کاغذ و کاغذ حاصل: از خمیرهای تیمار شده با آنزیم زایلاناز در pHهای متفاوت کاغذ دست‌ساز استاندارد تهیه و ویژگی‌های نوری آنها بر طبق استانداردهای مربوطه در آئین‌نامه تاپی که در زیر ذکر شده، تعیین گردید. تهیه کاغذ دست‌ساز: $T_{۲۰۰}$om-۸۸، درجه روشنی و درجه زردی کاغذهای دست‌ساز: $T_{۴۵۲}$om-۹۸، ماتی کاغذهای دست‌ساز: $T_{۴۵۲}$om-۹۶، تجزیه و تحلیل نتایج ارزیابی ویژگی نوری کاغذها و ویژگی‌های خمیرکاغذ رنگ‌بری شده مانند عدد کاپا و طبقه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس‌ها و به کمک آزمون آماری دانکن یک طرفه (در سطح ۱ درصد ($P<۰/۰۱$) انجام شد.

جدول ۳- شرایط رنگ‌بری شیمیایی خمیر کرافت.

شرایط	دی‌اکسید کلر (D_1)	استخراج قلیایی (E)	دی‌اکسید کلر (D_2)
زمان (دقیقه)	۹۰	٦۰	۱۸۰
دما (درجه سانتی‌گراد)	۷۰	۷۰	۷۰
درصد خشکی	۱۰	۱۰	۱۰
مصرف دی‌اکسید کلر (برحسب کلر فعال بر وزن خشک خمیر)	٪۸	–	٪۲
مصرف سود (وزن خشک خمیر)	–	٪۱	–
pH ابتدایی	۳/۵	۱۲	۳/۵
pH انتهایی	۵	۱۰/۵	۵

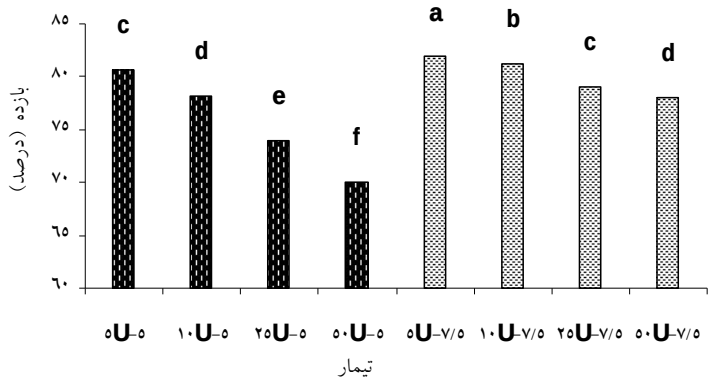
نتایج و بحث

عدد کاپا: عدد کاپا در واقع معیاری از لیگنین باقی‌مانده در خمیرکاغذ می‌باشد. تغییرات عدد کاپا در تیمارهای آنزیمی با pHهای متفاوت در شکل ۱ نشان داده شده است. با افزایش مقدار آنزیم زایلاناز کاهش عدد کاپا در هر دو pH مشاهده می‌شود. حداکثر و حداقل عدد کاپا به‌ترتیب مربوط به تیمار ۵U-۷/۵ و ۲۵U-۵ می‌باشد که تیمار ۵U-۷/۵ با تمام تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۱) بوده در حالی‌که تیمار ۲۵U-۵ با تمام تیمارها به غیر از تیمار ۵U-۵۰ دارای اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۱) می‌باشد. تیمار ۱۰U-۷/۵ با مصرف دو برابر آنزیم در مقایسه با تیمار ۵U-۵، دارای اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۱) با این تیمار نیست. در pH اسیدی اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۱) بین دو تیمار ۲۵U-۵ و ۵۰U-۵ مشاهده نمی‌شود. همچنین این معنی‌دار نبودن در pH خنثی نیز مشاهده می‌شود. آنزیم زایلاناز با هیدرولیز همی‌سلولز زایلان و حذف کمپلکس لیگنین- کربوهیدرات باعث کاهش عدد کاپا می‌شود (باجپای و همکاران، ۲۰۰٦). کاهش عدد کاپا در تیمارهای آنزیمی توسط دیگر محققان مانند سلطانعلی و ضیائی‌شیرکلائی (۲۰۰۷) و جفریز و ویکاری (۱۹۹٦) گزارش شده است. در این رابطه دهیمانا و همکاران (۲۰۰۹)، کاهش ۱٦/۹ درصدی عدد کاپا را با استفاده از ۵U/g آنزیم زایلاناز را گزارش و بر معنی‌دار نبودن کاهش عدد کاپا با افزایش مقدار آنزیم تاکید کردند. همچنین مقدار اختلاف عدد کاپا در تیمارهای آنزیمی با pHهای متفاوت، مختلف بود.



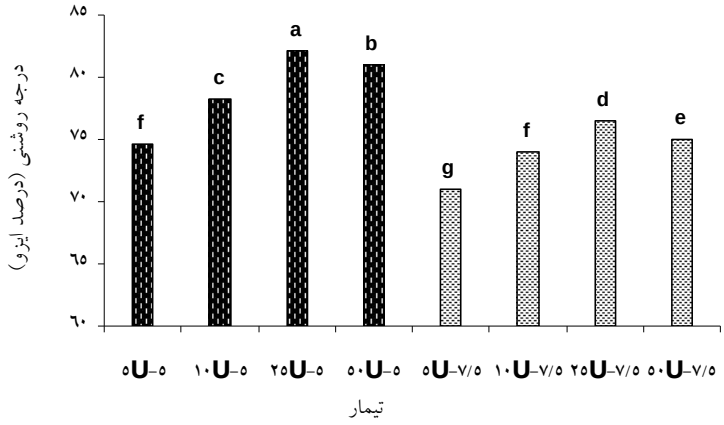
شکل ۱- اثر متغیر pH در عدد کاپا نهایی خمیرکاغذ رنگ‌بری شده.

بازده: تغییرات بازده در تیمارهای آنزیمی با pHهای متفاوت در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بازده نهایی خمیرهای تیمار شده با آنزیم زایلاناز در pHهای مختلف با افزایش مقادیر آنزیم و کاهش pH به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۱) کاهش یافته است. حداکثر و حداقل بازده مربوط به‌ترتیب مربوط به تیمار ۵U-۷/۵ و ۲۵U-۵ می‌باشد. با افزایش مقدار آنزیم در تیمارهای مختلف هیدرولیز همی‌سلولز زایلان افزایش یافته و افت بازده افزایش می‌یابد. چاهان و همکاران (۲۰۰٦)، کاهش بازده خمیرهای غیرچوبی تیمار شده با آنزیم زایلاناز در pHهای مختلف را گزارش کرده و همچنین افت به نسبت زیاد بازده خمیرهای غیرچوبی تیمار شده با زایلاناز را به‌دلیل وجود پنتوزان‌های زیادتر در خمیرهای غیرچوبی دانست.



شکل ۲- اثر متغیر pH در بازده نهایی خمیرکاغذ رنگ‌بری شده.

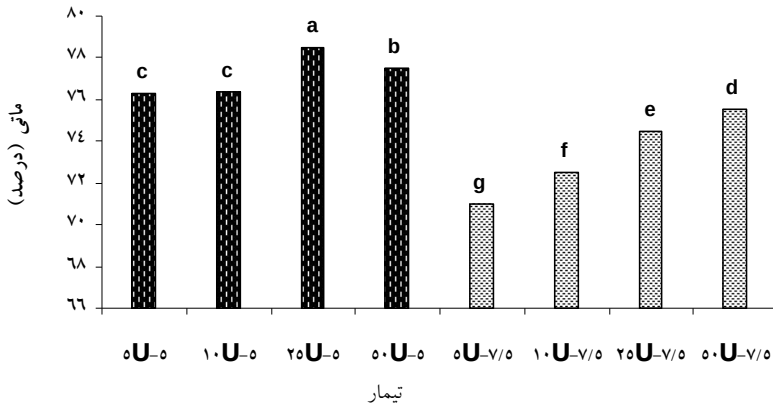
درجه روشنی: تغییرات درجه روشنی خمیرکاغذ رنگ‌بری شده در تیمارهای آنزیمی با pHهای متفاوت در شکل ۳ نشان داده شده است. حداکثر درجه روشنی مربوط به تیمار آنزیمی ۵-۲۵U و حداقل درجه روشنی مربوط به تیمار ۷/۵-۵۰U می‌باشد. در بین تمام تیمارهای آنزیمی به غیر از تیمار آنزیمی ۷/۵-۱۰U و ۵-۵U اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۱) در درجه روشنی مشاهده می‌شود. دسترسی‌پذیری ماده شیمیایی رنگ‌بر به لیگنین و گروه‌های رنگ‌ساز با هیدرولیز همی‌سلولز زایلان به‌وسیله آنزیم زایلاناز افزایش می‌یابد و کارائی رنگ‌بری از جمله درجه روشنی نهایی خمیرکاغذ افزایش می‌یابد. چاهان و همکاران (۲۰۰۶)، حداکثر افزایش درجه روشنی به‌وسیله آنزیم زایلاناز در پیش رنگ‌بری خمیر سودای کاه گندم را در مقایسه با تیمار شاهد و تیمارهای آنزیمی با pHهای مختلف (۸/۵-۷) در حدود ۵/۱ درصد ایزو گزارش کردند. دهیمانا و همکاران (۲۰۰۹)، افزایش درجه روشنی را با استفاده از ۵-۲/۵U/g آنزیم زایلاناز بعد از مرحله کلردهی در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب ۳۰ و ٤٨ درصد گزارش و بر معنی‌دار نبودن افزایش درجه روشنی از مقدار آنزیم ۵U/g تا ۱۲/۵U/g تاکید کردند.



شکل ۳- اثر متغییر pH در درجه روشنی نهایی خمیرکاغذ رنگ‌بری شده.

ماتی: ماتی با مجموع نور عبور کرده از کاغذ تعیین می‌شود. ماتی یک خاصیت مهم کاغذهای چاپ و تحریر و اوراق بهادار می‌باشد و معمولاً بخشی از مشخصه‌های آنها می‌باشد. عوامل متعددی بر ماتی کاغذ مؤثر است که عبارتند از: ساختار کاغذ، وزن پایه، فاصله الیاف از یکدیگر، میزان پالایش، فشار

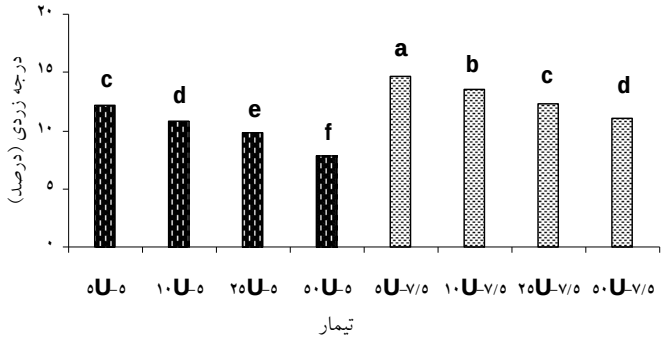
پرس در پایانه مرطوب، مواد رنگی، نوع فیلر، مقدار و اندازه پرکننده‌ها، میزان پراکندگی پرکننده‌ها. همان‌طور که در شکل ٤ مشاهده می‌شود حداکثر ماتی مربوط به تیمار ۵–۲۵U و حداقل ماتی مربوط به تیمار ۷/۵–۵U می‌باشد. در بین تمام تیمارهای آنزیمی به غیر از تیمار آنزیمی ۵–۱۰U و ۵–۵U اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۱) در ماتی مشاهده می‌شود. از دلایل با اهمیت افزایش ماتی کاغذهای دست‌ساز در تیمارهای آنزیمی با pHهای مختلف می‌تواند هیدرولیز همی‌سلولز زایلان باشد. هیدرولیز همی‌سلولز زایلان و حذف آن از شبکه الیاف باعث کاهش واکشیدگی الیاف، جذب آب و کاهش اتصال بین الیاف می‌شود که این عوامل با افزایش مقدار آنزیم زایلاناز در هر دو pH سبب افزایش ماتی می‌گردند (مانسفیلد و همکاران، ۱۹۹٦).



شکل ٤- اثر متغیر pH در ماتی نهایی خمیرکاغذ رنگ‌بری شده.

درجه زردی: همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود با افزایش میزان آنزیم زایلاناز در هر دو pH از تیمارهای آنزیمی مقدار درجه زردی کاغذهای دست‌ساز کاهش می‌یابد. حداکثر و حداقل میزان زردی به‌ترتیب مربوط به تیمار ۷/۵–۵U و ۵–۵۰U می‌باشد. تیمارهای آنزیمی دو تیمار ۵–۵U و ۷/۵–۲۵U، و دو تیمار ۵–۱۰U و ۷/۵–۵۰U با یکدیگر دارای اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۱) نیستند. در حالی‌که در بین دیگر تیمارهای آنزیمی اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۱) مشاهده می‌شود. حذف غیرمستقیم لیگنین، ترکیبات آروماتیکی و رنگ‌ساز به‌وسیله هیدرولیز آنزیمی و افزایش دسترسی پذیری ماده شیمیایی ماده رنگ‌بر باعث کاهش درجه زردی و افزایش درجه روشنی کاغذهای

دست‌ساز می‌شود (جفریز و همکاران، ۱۹۹۸). در این ارتباط بگ و همکـاران (۲۰۰۰)، کـاهش زردی خمیرهای تیمار شده با آنزیم زایلاناز را به‌مقدار ۱۸ درصد گـزارش کردنـد. همچنـین کـاهش درجـه زردی خمیرهای تیمار شده با آنزیم زایلاناز و در دو pH مختلف ۹/۵ و ۱۲/۵ به‌ترتیب ۱۱/۵ و ۷/۴۹ درصد، توسط دهیمانا و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شد.



شکل ۵- اثر متغییر pH در درجه زردی نهایی خمیرکاغذ رنگ‌بری شده.

سپاسگزاری

در پایان از مسئولان آزمایشگاه کاغذسازی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌ویژه سرکار خانم مهندس حسین‌خانی و همچنین از سرکار خانم مهندس کلانتری مسئول آزمایشگاه خمیر و کاغذ کارخانه چوب و کاغذ مازندران، تشکر و سپاسگزاری می‌نمائیم.

منابع

1.Augayarkanni, J., Palaniswamy, M., Pradeep B.V., and Swaminathan, K. 2006. Biochemical substitution of fungal xylanases for prebleaching of hardwood kraft pulp. Afric. J. Biotech., 5:10. 921-929.
2.Bajpai, P., Anand, A., Sharma, N., Mishra, S.P., Bajpai, P.K., and Lachenal, D. 2006. Enzymes improve ECF bleaching of pulp. Bio. Res., 1:1. 34-44.
3.Bajpai, P., and Bajpai, P.K. 1996. Realities and trends in enzymatic prebleachig of kraft pulp. Adv. Biochem. Eng. Biotechnol. 56:1-31.
4.Beg, Q.K., Bhushan, B., Kapoor, M., and Hoondal, G.S. 2000. Enhanced production of thermostable xylanase from Streptomyces sp QG-11-3 and its application in bleaching of kraft pulp. Enzyme and Microbial Technol. 27: 459-466.

5.Chauhan, S., Choudhury, B., Singh, S.N., and Ghosh, P. 2006. Application of xylanase enzyme of *Bacillus Coagulans* as prebleaching agent on non-woody pulps. Process Biochemistry. 41: 226-231.
6.Dhimana, S.S., Gargb, G., Mahajanb, R., Gargc, N., Sharma, J., and Sharma, J. 2009. Single lay out' and 'mixed lay out' enzymatic processes for bio-bleaching of kraft pulp. Biore. Techno., 100: 20. 4736-4741.
7.Jeffreis, T.W., Davis, M., Rosin, B., and Landucci, L. 1998. Mechanism for kappa reduction and color removal by xylanases. The 7th ICBPPI Conference, June 16-19. Vancouver, BC, Canada. Abstract-book, Pp: 81-87.
8.Jeffries, T.W., and Viikari, L. 1996. Enzymes for pulp and paper processing. American Chemichal Society, Washington, DC. 326p.
9.Mansfield, D., Wong, K.K.Y., Jong, E., and Saddler, J.N. 1996. Xylanase prebleaching of fractions of Douglas-fir kraft pulp of different fibre length. Appl, Microbiol, Biotechnol. 46: 319-326.
10.Mendoza, N.S., Bigol, M.B., Unciano, N.M., Almonte, B.F., and Borromeo, C.C. 1998. A thermophilic alkaline xylanase produced by a thermophilic alkalophilic Bacillus sp. strain NM-118. Proceedings of the JSPS-NRCT/ DOST/LIPI/VCC Joint Seminar on Biotechnology for Sustainable Utilization of Biological Resources in the Tropics. 12: 48-54.
11.Mishra, D.K., Joshi, H.C., Bhatia, H.C., Chandarana, D.P., and Lakhotia, R.L. 2001. Enzyme pre-bleaching towards ECF pulp: a successful attempt at Century Pulp and Paper. IPPTA Convention Issue. 5-14.
12.Roncero, M.B., Torres, A.L., Colom, J.F., and Vidal, T. 2005. The effect of xylanase on lignocellulosic components during the bleaching of wood Pulps. Biore. Techno., 96: 21-30.
13.Shoham, Y., Zosim, Z., and Rosenberg, E. 1993. Partial decolorization of kraft pulp at high temperature and at high pH values with an extracellulare xylanase from Bacillus stearothermophilus. J. Biotech., 30: 123-131.
14.Solomon, K.R. 1996. Chlorine in the bleaching of pulp and paper. Pur. and Appl. Chem. 68: 9. 1721-1730.
15.Soltanali, S., and Ziaie-shirkolaee, 2007. Biobleaching of bagasse pulp with xylanase enzyme and hydrogen peroxide. Iran. J. Biotech., 5: 3. 170-177. (In Persian)
16.Subramaniyan, S., and Prema, P. 2002. Biotechnology of microbial xylanases: enzymology, molecular biology and application. Criti. Revi. in Biotech., 22: 1. 33-46.
17.Viikari, L., and Lantto, R. 2002. Biotechnology in the pulp and paper industry. Elsevier Sience Press. Netherlands First Edition. 345p.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 17(1), 2010
www.gau.ac.ir/journals

Investigation of pH effect on enzymatic bleaching efficiency of bagasse kraft pulp

***M. Abdollah Beik Marandi[1], H. Resalati[2], A.R. Saraeian[3] and M.H. Aryaie Monfared[4]**

[1]Former M.Sc. Student, of Wood and Paper Sciences and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Dept. of Wood and Paper Sciences and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., Dept. of Wood and Paper Sciences and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [4]Ph.D. Student, of Wood and Paper Sciences and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

It has been demonstrated that pulp bleaching can be enhanced by enzymatic pretreatment, but their efficiency differ with pulping method and raw materials. In present study, the effects of xylanase pH in bagasse kraft pulp pretreatments on D_1ED_2 (Dioxide chlorine 8% + Alkaline extraction + Dioxide chlorine 2% as active chlorine) bleaching sequence was investigated at laboratory scale. Bagasse kraft pulp with initial kappa number 20 was treated by commercial xylanase from *Trichoderma viride* at 5, 10, 25 and 50U/g doses, for reaction time 2 hours and two levels of pH (5, 7.5). The result showed that the efficiency of commercial xylanase in acidic pH was significantly higher ($P<0.01$), as compared to neutral pH in reduction of kappa number and yellowness and increase of brightness and opacity. Increasing enzyme content from 5U/g to 25U/g in both pH values led to improved brightness and in enzyme content 50U/g decreased brightness. In addition, yield loss was more in acidic pH than netural pH. Therefore, regarding the obtained results, acidic pH can be suggested as optimal in enzymatic prebleaching of bagasse kraft pulp.

Keywords: Xylanase, Bagasse, pH, Enzymatic bleaching

* Corresponding Author; Email: morteza_mabm@yahoo.com