

اثر قارچ *P.chryso sporium* بر ویژگی‌های نوری خمیر کاغذ CMP ممرز*

جعفر ابراهیم‌پور کاسمانی¹، احمد ثمریها²، عبدالله علیزاده³، علیرضا خاکی فیروز⁴، سعید مهدوی⁵

تاریخ دریافت: 89/3/10 تاریخ پذیرش: 89/8/22

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر تیمار خرده‌چوب ممرز با قارچ *P.chryso sporium* در رنگبری خمیر کاغذهای شیمیایی - مکانیکی انجام شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌های قارچی، خرده‌چوب‌های ممرز در سه زمان 1، 2 و 4 هفته‌ای تحت دمای 39 °C با رطوبت نسبی 65% با این قارچ تیمار شدند. تهیه خمیر کاغذهای شیمیایی - مکانیکی از خرده‌چوب‌های تیمار شده، در دمای پخت 165 درجه سلسیوس، زمان پخت 80 و 90 دقیقه، 14 و 22 درصد سولفیت سدیم و نسبت مایع پخت به خرده‌چوب 7 به 1 در نظر گرفته شد. خمیرهای شیمیایی مکانیکی تهیه شده با DTPA پیش‌تیمار و سپس با پروکسید هیدروژن رنگبری شدند. از آنها کاغذ دست‌ساز با جرم پایه 60 g/m² تهیه و خواص نوری آنها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که عامل تیمار قارچی، زمان و مواد شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر روی روشنی و زردی نمونه‌های کاغذهای دست‌ساز داشته است. همچنین عامل تیمار قارچی، تأثیر معنی‌داری بر روی ماتی نمونه‌های کاغذهای دست‌ساز داشته است. اما تأثیر مواد شیمیایی و زمان بر ماتی کاغذهای دست‌ساز، معنی‌دار نبود. مقایسه بین تیمارها نیز نشان داد که خمیر کاغذ تیمار شده با قارچ طی دو هفته، دارای خواص نوری بهتری نسبت به تیمارهای شاهد، 1 و 4 هفته‌ای می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رنگبری، قارچ *P.chryso sporium*، خواص نوری، خمیر کاغذ CMP.

* مستخرج از طرح پژوهشی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه

1- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه، نویسنده مسوول jafar_kasmani@yahoo.com

2- باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران a_samariha@yahoo.com

3- دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه، ایران

4- رئیس پژوهشگاه استاندارد akhakirooz@yahoo.com

5- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

smahdavi@rifr-ac.ir

مقدمه

Phanerochaete chrysosporium هستند [11 و 15]. این قارچ‌ها به‌طور انتخابی لیگنین را حذف می‌کنند و یا تغییراتی را در ساختار آن بوجود می‌آورند [4]. قارچ *P. chrysosporium* اثرات خود را به‌طور موفقیت‌آمیزی در زیست‌خمیرکاغذسازی نشان داد به‌گونه‌ای که 33 درصد کاهش مصرف انرژی و همچنین 39 درصد بهبود شاخص مقاومت به پارگی حاصل شد [2 و 4]. همچنین قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید تغییراتی در ساختار لیگنین به‌وجود می‌آورند که این تغییرات در بحث انرژی پالایش، خواص مقاومتی کاغذ، رنگبری خمیرکاغذ و مسایل زیست‌محیطی نتایج مثبتی به‌همراه دارد. اریکسون و والاندر³ (1982) خرده‌چوب‌های ممرز را با قارچ *S. pulverulentum* و *P. chrysosporium* مورد تیمار قرار دادند. نتایج نشان داد با افزایش زمان تیمار قارچی خواص نوری کاغذ کاهش می‌یابد [6]. اسکات و همکاران⁴ (1998) خرده‌چوب صنوبر را در طول 4 هفته با قارچ تیمار نمودند و از خرده‌چوب‌های تیمار شده به روش مکانیکی خمیر تهیه کردند. در این تحقیق روشنی خمیرکاغذها کاهش یافت [13]. دجونگ و همکاران⁵ (1997) نشان دادند که روشنی خمیر حاصل از ماده اولیه لیگنوسلولزی تیمار شده با قارچ *P. chrysosporium* بعد از رنگبری با

امروزه کاربرد زیست‌فناوری¹ در صنعت خمیر و کاغذ به‌صورت زمینه‌ای فعال و کارآمد در اجرا و تحقیقات در آمده‌است. زیست‌خمیرکاغذسازی² به‌عنوان پیش‌تیمار خرده‌چوب‌ها با قارچ‌های تخریب‌کننده لیگنین پیش از خمیرسازی تعریف شده‌است. این فرآیند قادر است مشکلات زیست‌محیطی ناشی از خمیرسازی را کاهش داده و ویژگی‌های الیاف را بهبود بخشد [16]. در این زمینه ارگانوسم‌های مختلفی می‌توانند ساختار چوب را تخریب کنند؛ اما بیشترین تغییرات توسط قارچ‌ها انجام می‌شود و قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید تنها میکروارگانوسم‌هایی هستند که می‌توانند لیگنین موجود در چوب را تجزیه کنند. این قارچ‌ها ساختار چوب را تخریب کرده و باعث کاهش مصرف انرژی در فرآیندهای خمیرسازی مکانیکی می‌شوند. همچنین خواص مقاومتی کاغذهای ساخته شده را بهبود می‌بخشند [1 و 16]. گونه‌هایی از قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید توانایی بیشتری برای حذف لیگنین دارند. این گونه‌ها که به‌طور انتخابی میزان لیگنین را کاهش می‌دهند برای زیست‌خمیر کاغذسازی مناسب‌ترند. برخی از قارچ‌ها برای پهن‌برگان و برخی برای سوزنی‌برگان مناسب‌ترند. در عین حال برخی گونه‌ها برای هر دو گونه مناسبند [15]. در این زمینه موثرترین گونه‌ها *Ceriporiopsis subvermispora*

³ Erickson and Vallander⁴ Scott et al.,⁵ Dejong et al.,¹ Biotechnology² Biopulping

قارچ مورد استفاده در این تحقیق *Phanerochaete chrysosporium* BKM-1767 بود. نمونه‌ی قارچی بر اساس روش Kirk آماده شد [11]. بر اساس این روش، خرده‌چوب‌ها به مدت 30 دقیقه در اتوکلاو قرار داده شد تا از آلودگی به میکروارگانسیم‌ها جلوگیری شود. در شرایط استریل حدود 1500 گرم خرده‌چوب (بر مبنای وزن خشک) داخل بیورآکتور ریخته شد. مایع تلقیح با عصاره غذایی ذرت⁵ غیر استریل مخلوط شده و روی خرده‌چوب‌ها پاشیده شد. برای اطمینان از تأثیر مایع تلقیح روی تمام خرده‌چوب‌ها، آنها را زیر و رو کرده و با ریختن آب استریل رطوبت خرده‌چوب‌ها به رطوبت مناسب رشد قارچ‌ها (حدود 55 تا 60%) رسانده شد. بیورآکتور در انکوباتوری با دمای 39 °C و رطوبت نسبی 65% قرار داده شد. مدت تیمار با قارچ، سه زمان 1، 2 و 4 هفته در نظر گرفته شد.

تولید خمیر کاغذ

بعد از تیمار قارچی و تعیین درصد رطوبت، از خرده‌چوب‌های تیمار داده شده با قارچ و همچنین خرده‌چوب‌های شاهد (تیمار نشده)، با توجه به شرایط مندرج در جدول (1) خمیر شیمیایی - مکانیکی (CMP) تهیه شد. برای پخت خمیر کاغذها از لیکور سفید پخت کارخانه چوب و کاغذ مازندران استفاده گردید.

پروکسید به مقدار مختصری بهبود می‌یابد [5]. جیووانوزی و کاپلتو¹ (1997) نشان دادند که پیش‌تیمار کاه گندم، ساقه پنبه، کنف و کلش برنج توسط آنزیم سبب بهبود خصوصیات نوری در خمیرهای پیش تیمار شده می‌شود [8]. هارموهایندر و همکاران² (1994) نشان دادند که تیمار دو هفته‌ای خرده‌های کنف با قارچ *C.subvermispora* سبب افزایش ماتی کاغذ می‌شود [9]. بلندچت و همکاران³ (1990) گزارش کردند که تیمار 4 هفته‌ای خرده‌چوب‌های صنوبر توسط قارچ مولد پوسیدگی سفید قبل از خمیرسازی مکانیکی سبب کاهش زردی کاغذ حاصل از آن می‌شود [3]. ونیک و همکاران⁴ (2006) گزارش کردند تأثیر پیش‌تیمار قارچی 4 هفته‌ای خرده‌چوب‌های نوئل با قارچ *T.versicolor* بر زردی کاغذ حاصل موثر بوده و از مقدار این صفت کاسته شد [14]. بنابراین این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تیمار خرده‌چوب ممرز با قارچ *P.chrysosporium* در رنگبری خمیر کاغذهای شیمیایی - مکانیکی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه

خرده‌چوب‌های ممرز از خط تولید خمیر کاغذ CMP کارخانه چوب و کاغذ مازندران به صورت برداشت تصادفی تهیه شد.

تیمار قارچی

¹ Giovannozzi and Cappelletto

² Harmohinder et al.

³ Blanchette et al.

⁴ Van beek et al.

⁵ Corn steep liquor

جدول 1- شرایط پخت خرده‌چوب ممرز جهت تهیه خمیر کاغذ CMP

نسبت L:W	7:1	مواد شیمیایی مصرفی (%)	14 و 22
زمان پخت (دقیقه)	80 و 90	مواد شیمیایی لیکور سفید پخت	سولفیت سدیم (Na_2SO_3)
دما ($^{\circ}\text{C}$)	165	(gr/l) Na_2O	100
pH	7	(gr/l) SO_2 فعال	115

رنگبری خمیر کاغذ

از سیلیکات سدیم به مقدار 3 درصد بر مبنای وزن خشک خمیر در مورد تهیه کاغذ استفاده گردید. درصد خشکی خمیر کاغذ در زمان رنگبری به 12 درصد رسانده شد. آنگاه مواد مذکور به انضمام خمیر کاغذ در یک کیسه پلاستیکی مخلوط شده و کیسه در حمام آب گرم با دمای 70°C به مدت 120 دقیقه تحت گرما قرار گرفت و در خاتمه خمیر کاغذ شستشو شدند. رنگبری با پروکسید هیدروژن و تحت شرایط مندرج در جدول 2 انجام گرفت:

پیش از رنگبری خمیر کاغذ شیمیایی- مکانیکی، برای جذب یون‌های سنگین فلزی احتمالی تولید شده، از عامل کی‌لیت‌کننده دی‌اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید به مقدار 0/3 درصد بر اساس وزن خشک برای پیش تیمار استفاده شد. برای خنثی نمودن گروه‌های اسیدی و اسیدهای پدید آمده در خمیر و همچنین استخراج ترکیب‌های لیگنین حاصل شده از رنگبری، از هیدروکسید سدیم معادل 0/7 درصد وزن پراکسید هیدروژن و برای تثبیت رنگ خمیر

جدول 2- شرایط رنگبری خمیر CMP با پراکسید هیدروژن

دما ($^{\circ}\text{C}$):	70	درصد خشکی خمیر:	12 درصد
زمان (دقیقه):	120	میزان مصرف H_2O_2 :	6 درصد (بر مبنای وزن خشک خمیر)
میزان مصرف NaOH :	0/7 نسبت وزنی H_2O_2	غلظت سیلیکات سدیم:	3 درصد

طبق دستورالعمل شماره T205-om-88 آیین‌نامه TAPPI تهیه شدند. ویژگی‌های نوری کاغذها شامل ماتی، روشنی و زردی با استفاده از

پس از رنگبری با پروکسید هیدروژن، خمیر کاغذها با کوبنده آزمایشگاهی PFI Mill تا رسیدن به درجه روانی حدود 40°SR پالایش شدند. کاغذ دست‌ساز با جرم پایه 60 g/m^2

نتایج

استانداردهای T 452 om- و T 425 om-01

01 اندازه گیری شد.

در این تحقیق ویژگی های نوری خمیرکاغذ

جهت مقایسه میانگین های نتایج آزمون های مختلف

شیمیایی - مکانیکی از چوب ممرز تحت شرایط

نوری کاغذهای دست ساز از آنالیز تجزیه واریانس و

فرآیندی مختلف (جدول 3) بررسی شد.

آزمون چند دامنه ای دانکن استفاده شد.

جدول 3- مشخصات فرآیندی پخت CMP تعداد دور پالایشگر برای رسیدن به درجه روانی نهایی و

مقادیر خواص نوری کاغذهای 60 گرمی حاصل از ممرز

زردی ³ (%)	روشنی ² (%)	ماتی ¹ (%)	درجه روانی بعد از پالایشگر (SR)	تعداد دور پالایشگر	درجه روانی بعد از رنگبری (SR)	میانگین بازده (%)	شرایط پخت		پیش تیمار با قارچ
							درصد مواد شیمیایی (%)	زمان پخت (دقیقه)	
32/19	51/81	99/63	38	6600	11	83/8	14	80	شاهد
31/28	51/17	99/65	43	6450	9	84/3	14	90	
28/83	54/73	99/7	43	5800	11	82/9	22	80	
27/57	58	99/42	38	5100	11	82	22	90	
31/96	49	99/74	38	6000	10	81/5	14	80	یک هفته ای
29/55	48/17	99/84	39	5550	11	80/8	14	90	
28/71	60/32	99/67	39	5650	10	82/3	22	80	
28/12	61/7	99/82	38	4800	10	82/8	22	90	
29/18	52/21	99/85	40	9450	10	80/7	14	80	دو هفته ای
28/17	52/23	99/88	38	7200	9	79/2	14	90	
25/65	59/6	99/94	37	7000	9	82/3	22	80	
25/61	60/37	99/79	37	6000	10	81/8	22	90	
28/4	49/5	99/51	38	6700	11	76/7	14	80	چهار هفته ای
26/43	48/8	99/84	39	6000	10	76/7	14	90	
27/43	55/91	99/5	41	6600	12	80	22	80	
26/14	55/15	99/8	38	5800	10	78/7	22	90	

1- Opacity
2- Brightness
3- yellowness

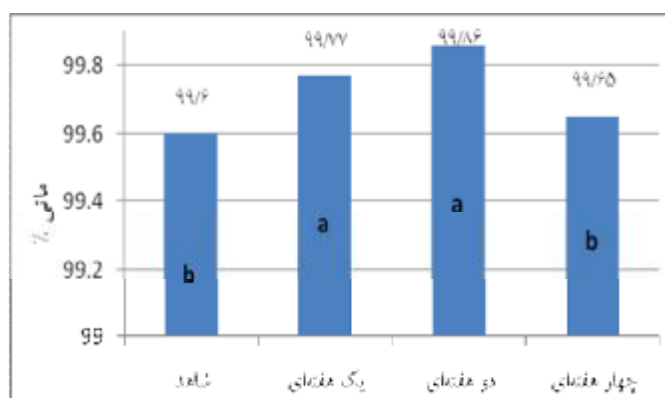
سطح اعتماد ۵٪ معنی‌دار نیست. نتایج حاصل از گروه‌بندی دانکن ماتی کاغذهای CMP (شکل ۱) نشان می‌دهد که با تغییر تیمار قارچی اختلاف بین میزان ماتی کاغذها (بدون در نظر گرفتن زمان پخت و درصد مواد شیمیایی) در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده‌است، به طوری که ماتی کاغذهای ساخته شده در تیمار قارچی دو هفته‌ای با میانگین ۹۹/۸۶ درصد دارای بیشترین ماتی بوده و به همراه ماتی کاغذهای ساخته شده در تیمار قارچی یک هفته‌ای در گروه a قرار گرفته‌اند. ماتی کاغذهای ساخته شده در تیمار قارچی چهار هفته‌ای و نمونه شاهد نیز در گروه b قرار گرفت.

ماتی: طبق جدول ۴، تحلیل واریانس چندطرفه در بررسی عوامل متغیر (تیمار، زمان و مواد شیمیایی) بر روی ماتی نمونه‌های کاغذهای دست‌ساز نشان داد که عامل تیمار قارچی، تأثیر معنی‌داری بر روی ماتی نمونه‌های کاغذهای دست‌ساز داشته‌است. اما تأثیر مواد شیمیایی و زمان بر ماتی کاغذهای دست‌ساز، در سطح اعتماد ۵٪ معنی‌دار نیست.

در بررسی اثر متقابل عوامل متغیر مشاهده شد که تأثیر تیمار و مواد شیمیایی، و زمان و مواد شیمیایی بر ماتی کاغذهای دست‌ساز معنی‌دار است ولی اثر تیمار و زمان و اثر تیمار و زمان و مواد شیمیایی بر ماتی کاغذهای دست‌ساز، در

جدول ۴- نتایج آنالیز ماتی خمیر کاغذهای CMP ممرز تحت تأثیر تیمار قارچی، زمان پخت و مواد شیمیایی

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسباتی	مقدار معنی‌داری
تیمار	0/486	3	0/162	11/293	0/000
زمان	0/016	1	0/016	1/098	0/303
مواد شیمیایی	0/049	1	0/049	3/397	0/075
تیمار * زمان	0/010	3	0/003	0/232	0/873
تیمار * مواد شیمیایی	0/364	3	0/121	8/443	0/000
زمان * مواد شیمیایی	0/043	1	0/043	2/967	0/095
تیمار * زمان * مواد شیمیایی	0/054	3	0/018	1/250	0/308
خطا	0/459	32	0/014		
کل	1/481	47			



شکل ۱- گروه‌بندی دانکن تأثیر تیمار قارچی بر ماتی کاغذ

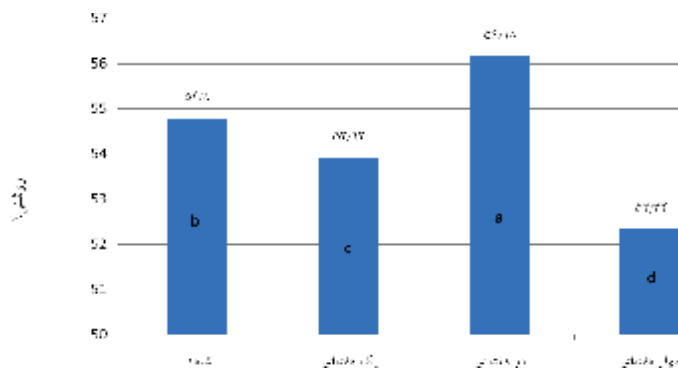
نتایج حاصل از گروه‌بندی دانکن روشنی کاغذهای CMP (شکل 2) نشان داد که با تغییر تیمار قارچی اختلاف بین میزان روشنی کاغذها (بدون در نظر گرفتن زمان پخت و درصد مواد شیمیایی) در سطح 5 درصد معنی‌دار شده است، به طوری که کاغذهای ساخته شده در تیمار قارچی دو هفته‌ای با میانگین 56/18 درصد، دارای بیشترین روشنی بوده که در گروه a قرار گرفتند و کاغذهای ساخته شده با تیمار قارچی چهار-هفته‌ای با میانگین 52/34 درصد، دارای کمترین میزان روشنی بوده و در گروه d قرار گرفتند.

میزان ماتی کاغذهای دست‌ساز در تیمارهای مختلف بین 99/42 تا 99/94 درصد اندازه‌گیری شده است.

روشنی: طبق جدول 6 تحلیل واریانس چند طرفه در بررسی عوامل متغیر (تیمار، زمان و مواد شیمیایی) بر روی روشنی نمونه‌های کاغذهای دست‌ساز نشان داد که عامل تیمار قارچی، زمان و مواد شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر روی روشنی نمونه‌های کاغذهای دست‌ساز داشته است. در بررسی اثر متقابل عوامل متغیر مشاهده شد که تأثیر تیمار و مواد شیمیایی، زمان، مواد شیمیایی تیمار و زمان و اثر تیمار و زمان و مواد شیمیایی بر روشنی کاغذهای دست‌ساز معنی‌دار است.

جدول 6- نتایج آنالیز روشنی خمیر کاغذهای CMP مرز تحت تأثیر تیمار قارچی، زمان پخت و مواد شیمیایی

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسباتی	مقدار معنی‌داری
تیمار	93/403	3	31/134	174/610	0/000
زمان	0/888	1	0/888	4/982	0/033
مواد شیمیایی	733/751	1	733/751	4115/066	0/000
تیمار * زمان	6/281	3	2/094	11/742	0/000
تیمار * مواد شیمیایی	96/005	3	32/002	179/474	0/000
زمان * مواد شیمیایی	9/568	1	9/568	53/658	0/000
تیمار * زمان * مواد شیمیایی	6/444	3	2/148	12/047	0/000
خطا	5/706	32	0/178		
کل	952/047	47			



شکل 2- گروه‌بندی دانکن تأثیر تیمار قارچی بر روشنی کاغذ

معنی‌داری بر روی زردی نمونه‌های کاغذهای دست‌ساز داشته‌است. در بررسی اثر متقابل عوامل متغیر مشاهده شد که اثرات متقابل تیمار و مواد شیمیایی، زمان، مواد شیمیایی، تیمار و زمان و اثر تیمار و زمان و مواد شیمیایی بر زردی کاغذهای دست‌ساز معنی‌دار است.

میزان روشنی کاغذهای دست‌ساز در تیمارهای مختلف بین 48/17 تا 61/7 درصد اندازه‌گیری شده‌است.

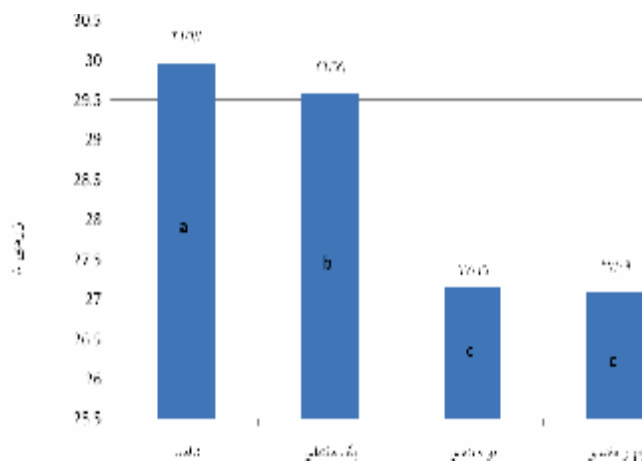
زردی: طبق جدول تجزیه واریانس (جدول 8)، تحلیل واریانس چند طرفه در بررسی عوامل متغیر (تیمار، زمان و مواد شیمیایی) بر روی زردی نمونه‌های کاغذهای دست‌ساز نشان داد که عامل تیمار قارچی، زمان و مواد شیمیایی تأثیر

جدول 8- نتایج آنالیز زردی خمیر کاغذهای CMP ممرز تحت تأثیر تیمار قارچی، زمان پخت و مواد شیمیایی

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسباتی	مقدار معنی‌داری
تیمار	85/334	3	28/445	193/716	0/000
زمان	10/519	1	10/519	71/635	0/000
مواد شیمیایی	83/541	1	83/541	568/319	0/000
تیمار * زمان	1/797	3	0/599	4/080	0/015
تیمار * مواد شیمیایی	6/197	3	2/066	14/069	0/000
زمان * مواد شیمیایی	1/829	1	1/829	12/457	0/001
تیمار * زمان * مواد شیمیایی	1/793	3	0/598	4/070	0/015
خطا	4/699	32	0/147		
کل	195/619	47			

درصد دارای کمترین میزان زردی بوده و در گروه C قرار گرفتند.

نتایج حاصل از گروه‌بندی دانکن زردی کاغذهای CMP (شکل 3) نشان داد که با تغییر تیمار قارچی اختلاف بین میزان زردی کاغذها (بدون در نظر گرفتن زمان پخت و درصد مواد شیمیایی) در سطح 5 درصد معنی‌دار شده‌است. به طوری که کاغذهای ساخته شده در تیمار شاهد با میانگین 29/97 درصد دارای بیشترین زردی بوده که در گروه a قرار گرفته‌اند، و کاغذهای ساخته شده با تیمار قارچی چهار هفته‌ای با میانگین 27/09



شکل 3 - گروه بندی دانکن تاثیر تیمار قارچی بر زردی کاغذ

گزارش کردند که تیمار 4 هفته ای خرده چوب های صنوبر توسط قارچ مولد پوسیدگی سفید قبل از خمیرسازی مکانیکی، سبب کاهش ماتی آن می شود [3]. هارموهایندر و همکاران (1994) نشان دادند که تیمار دو هفته ای خرده های کف با قارچ *C.subvermispora* سبب افزایش ماتی کاغذ می شود [9]. ون بیک و همکاران (2006) گزارش کردند در اثر پیش تیمار قارچی 4 هفته ای خرده چوب های نوئل با قارچ *T.versicolor* ماتی کاغذ حاصله کاهش می یابد [14].

روشنی: در بین کاغذهای ساخته شده، کاغذهایی که با قارچ تیمار شده بودند، به غیر از تیمار دوهفته ای، دارای روشنی کمتری می باشند. علت آن کاهش اتصالاتی است که منجر به کاهش تقابل نوری شده است و در نتیجه تفرق و انکسار نور افزایش یافته است. نتایج این تحقیق با نتایج اریکسون و والاندرا (1982) و اسکات و همکاران (1998) مشابه می باشد [6 و 13]. اختر و همکاران (1998) بر این باورند که در فرآیند

میزان زردی کاغذهای دست ساز در تیمارهای مختلف بین 26/14 تا 32/19 درصد اندازه گیری شده است.

بحث و نتیجه گیری

ماتی: ماتی با مجموع نور عبور کرده از کاغذ تعیین می شود. ماتی در کاغذهای چاپ و تحریر نظیر کاغذ روزنامه بسیار اهمیت دارد. زیرا سبب می شود تا مطالب پشت کاغذ از سمت دیگر دیده نشوند. طبق تئوری Kubelka Munk مقدار ماتی کاغذ بستگی به تعداد ذرات جدا و منفکی که در ورق وجود دارند، می باشد. عوامل مؤثر روی ماتی عبارتند از: فاصله الیاف از یکدیگر، ساختار کاغذ، نوع الیاف، مقدار الیاف ریز و کوتاه. به نظر می رسد در خرده چوب های تیمار شده به علت وجود الیاف کوتاه بیشتر، فاصله الیاف کمتر شده است. به همین علت ماتی کاغذهای حاصل از خرده چوب های تیمار شده تقریباً 0/26 درصد افزایش یافته است. بلنچت و همکاران (1990)

شده به خصوص تیمار 4 هفته‌ای مشاهده می‌کنیم. اطلاعات موجود بیانگر این مطلب است که زرد شدن کاغذ ناشی از شکل‌گیری گروه‌های رنگ‌ساز در لیگنین است که به‌عنوان مهمترین آنها می‌توان از گروه‌های 0- کینوئیدی، گروه‌های کربونیل و فنوکسیل نام برد. این گروه‌ها به‌عنوان گروه فعال نوری (گروه عاملی که در اثر نور برانگیخته می‌شود)، در واکنش‌های برگشت رنگ شرکت می‌کند. فعالیت قارچ‌ها باعث می‌گردد شکل‌گیری گروه‌های رنگ‌ساز کاهش یافته یا در مکانیسم شکل‌گیری این گروه‌ها تغییری حاصل شود و یا حتی شکل‌گیری این گروه‌ها را به تأخیر بیندازد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج به‌دست آمده توسط سایر پژوهشگران از جمله [3] و [14] هم‌خوانی دارد. کاهش زردی کاغذ در اثر رنگبری از نتایج مثبت این تحقیق می‌باشد.

در خاتمه با توجه به ویژگی‌های نوری اندازه‌گیری شده در این تحقیق می‌توان تیمار قارچی دوهفته‌ای را به‌عنوان تیمار مناسب توصیه نمود.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی تحت عنوان "تاثیر پیش تیمار قارچی خرده‌چوب‌ها روی خواص نوری کاغذ رنگبری شده حاصل از فرآیند CMP" می‌باشد. نویسندگان تشکر خود را از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه اعلام می‌دارند.

زیست‌خمیرکاغذسازی توسط قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید، مکانیسم اصلی که روی روشنی کاغذ تأثیرگذار است، میزان تولید کروموفورها در مرحله پخت می‌باشد [2]. به نظر می‌رسد در تیمارهای 1 و 4 هفته‌ای، تیمار قارچی ممرز موجب تولید کروموفورهای بیشتری شده‌است. افزایش تولید کروموفورها نیز سبب کاهش روشنی کاغذهای حاصله گردیده‌است. ولی در تیمار 2 هفته‌ای، میزان روشنی به‌دلیل تولید کروموفورهای کمتر، افزایش یافته‌است. این نکته بیانگر آن است که در مورد ممرز، تأثیرگذاری مثبت تیمار قارچی روی روشنی کاغذ، فقط در تیمار 2 هفته‌ای اتفاق می‌افتد.

زردی: حداکثر میزان درجه زردی خمیرهای رنگبری شده مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقدار درجه زردی مربوط به تیمار چهارهفته‌ای می‌باشد (شکل 3). متأسفانه زردشدن سریع، از مهمترین مشکلات کاغذهای روزنامه تولید شده با فرآیند CMP می‌باشد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که زردشدن خمیرکاغذهای پربازده در اثر دو پدیده نور و گرما به اکسایش و تغییر رنگ لیگنین می‌انجامد [12]. به‌علاوه احتمالاً عمل‌آوری مکانیکی - شیمیایی ساخت خمیر و کاغذ، ساختارهای جدیدی را در لیگنین بوجود می‌آورند که این ساختارها سبب زردی کاغذ می‌شوند [10]. وجود یون‌های فلزی از جمله آهن و مس در خمیرکاغذهای پربازده به سرعت زرد شدن آنها می‌افزاید [7]. پیش تیمار قارچی خرده‌چوب‌ها تا حدودی اثر این یون‌های فلزی را کاهش داده‌است و اثر این کاهش را در خرده‌چوب‌های تیمار داده

منابع

- 1- Akhtar, M. (1994). "Biomechanical pulping of aspen wood chips with three strains of *Ceriporiopsis subvermispora*". *Holz forschung J.* 48, 199-202.
- 2- Akhtar, M., Blanchette, R.A., Myers, G., and Kirk, T.K. (1998). "Environmentally Friendly technologies for the pulp and paper Industry". Wiley, New York.
- 3- Blanchette, R.A., Leatham, G.F., Myers, G.C., Wegner, T.H., (1990). Biomechanical Pulping of aspen chips: paper strength and optical Properties Resulting from Different Fungal Treatment, USDA Forest Service, Forest Products, Laboratory, Madison. Wis. 53705-2398
- 4- Breen, A., Singleton, F.L., (1999). "Fungi in lignocelluloses breakdown and Biopulping," *Current opinion in Biotechnology.* 10, 252-258.
- 5- Dejong, E., Chandra R.P., Saddler J.N. (1997). Effects of a Fungal Treatment on the Brightness and Strength Properties of a Mechanical Pulp from Douglas – Fir. *Bioresource Technology* 61: (1) 61-68 Jul.
- 6- Eriksson, K.L., and Vallander, L., (1982). "Properties of pulps from thermo mechanical of chips pretreated with fungi". *Svensk Papperstid.* Vol 85. No 6. Page R33.
- 7- Ghosh A., Ni Y., (1998). "Metal Ion to Lignin Complexes and Their Relationship to the Brightness of Bleached Mechanical Pulps", *J. Pulp Pap. Sci.*, 24, 26-31.
- 8- Giovannozzi, G., Cappelletto, P., (1997). "Enzymatic pretreatment of nonwoody plants for pulp and paper production" *TAPPI Journal* Vol. 80: No. 6
- 9- Harmohinder. S.S., Akhtar, M., Blanchette, A., (1994). "Biomechanical pulping for kenaf" *TAPPI Journal* vol. 77, No. 12.
- 10- Johanson M., Zhang L., Gellerstedt G. (2002). "On Chromophores and Leucochromophores Formed During the Refining of Wood, Nord". *Pulp Pap. Res. J.*, 17, 5-8.
- 11- Kirk, T.K., Koning, J.W., Burgess, R., Akhtar, M., Blanchette, R., Cameron, D.C., Cullen, D., Kerstin, P., Light foot, E.N., Mayers, G., Sykes, M.B., and Wall, M.B., (1993). "Biopulping A Glimpse of the Future?" *Madison: Wisconsin. Rep. FPI- RR- 523.*
- 12- Leary G.J., (1994). Recent Progress in Understanding and Inhibiting the Light-Induced Yellowing of Mechanical Pulps, *J. Pulp Pap. Sci.* 20, 154-160, 1994.
- 13- Scott G.M, Akhtar M, Lentz MJ, Kirk TK & Swaney R (1998). New technology for papermaking: commercializing biopulping. *TAPPI J.* 81: 220–225.
- 14- Van beek, T.A., Kuster, B., Claassen, F.W., Tienvieri, T., (2006). "Fungal bio-treatment of spruce wood with *Trametes versicolor* for pitch control: Influence on extractive contents, pulping process parameters, paper quality and ezuent toxicity" *Bioresource Technology* 98 302–31.
- 15- Villalba, L., Scott, G.M., Schroeder, L.R., (2006). "Modification of Loblolly Pine Chips with *Ceriporiopsis subvermispora* Part 2 : Kraft Pulping of Treated Chips" *Journal of wood chemistry and technology* Volume 26, Issue 4 December 2006 , pages 349 – 362.
- 16- Wall, M.B., Cameron, D.C., Lightfoot, E.N. (1993). "Biopulping process design and kinetics" *Biotechnology Advances J.* 11. 645-662.