

## تعیین شرایط بهینه تیمار آنزیمی در کاهش مصرف انرژی پالایش

### خمیر شیمیایی - مکانیکی چوب ممرز

جعفر ابراهیم پور کاسمانی\*<sup>1</sup>، محمد طلایی پور<sup>2</sup>، امیر هومن حمصی<sup>3</sup> و احمد ثمریها<sup>4</sup>

تاریخ دریافت: 90/5/22 تاریخ پذیرش: 91/5/7

### چکیده

در این بررسی میزان بازده و مصرف انرژی پالایش خمیر کاغذهای حاصل از تیمار با قارچ *Phanerochaete chrysosporium BKM – 1767* مورد ارزیابی قرار گرفته و با نمونه شاهد مقایسه گردید. پس از آماده سازی نمونه های قارچی، خرده چوب های ممرز در سه سطح 1، 2 و 4 هفته ای تحت دمای 39 درجه سانتی گراد با رطوبت نسبی 65 درصد تیمار شدند. به منظور تهیه خمیر CMP از خرده چوب های تیمار شده، دمای پخت 165 درجه سانتی گراد، زمان پخت 80 و 90 دقیقه، درصد مواد شیمیایی سولفیت سدیم: 14، 18 و 22 درصد و نسبت مایع پخت به خرده چوب 7 به 1 در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که در خرده چوب های تیمار شده با قارچ نسبت به نمونه شاهد میزان بازده کاهش یافته است. این کاهش برای تیمارهای 1، 2 و 4 هفته ای به ترتیب حدود 1/64، 2/84، 6/20 درصد بود. علاوه بر این با افزایش میزان مصرف مواد شیمیایی بازده خمیر کاغذ افزایش یافته است، که احتمالاً افزایش شدت واکنش های تراکمی سبب افزایش بازده بعد از پخت می گردد. نتایج پالایش نشان داد که با افزایش مدت تیمار قارچی و افزایش مصرف مواد شیمیایی، پالایش آسان تر و میزان انرژی مصرفی جهت پالایش نیز کم می شود، به طوری که تیمار 4 هفته ای، کاهش 40 درصدی انرژی پالایش را به همراه داشته است.

**واژه های کلیدی:** قارچ، خرده چوب ممرز، بازده، پالایش، خمیر شیمیایی - مکانیکی

\*1- باشگاه پژوهشگران جوان، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران (مسوول مکاتبات)

Jafar\_Kasmani@yahoo.com

2- استادیار گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

3- دانشیار گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

4- باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

## مقدمه

صنعت خمیر و کاغذ صنعتی است که فرآیندهای آن مقادیر بالایی انرژی مصرف می‌کنند و 24/5 درصد هزینه‌های تولید در آن مرتبط با انرژی است (کریمی و همکاران، 1388). به دلیل کمبودهای موجود در میزان دسترسی انرژی و افزایش هزینه‌های آن، محافظت از منابع انرژی به‌عنوان یک مساله مهم در صنعت کاغذ مورد توجه می‌باشد. در نتیجه، هر فرآیندی که از میزان نیاز به انرژی به‌طور قابل ملاحظه‌ای بکاهد، تاثیری به‌سزا در کل میزان انرژی ورودی به فرآیند خواهد داشت. اخیراً، در صنعت خمیر و کاغذ توجه زیادی به فرآیندهای فناوری زیستی با دیدگاه حفاظت از منابع انرژی و بهبود کیفیت محصولات شده است. خمیرسازی زیست<sup>1</sup> نیز به‌عنوان پیش‌تیمار خرده‌چوب‌ها با قارچ‌های تخریب‌کننده لیگنین پیش از خمیرسازی تعریف شده است. موثرترین گونه‌های یافت شده از قارچ‌ها در این ارتباط عبارتند از: *Ceriporiopsis* و *Phlebia brevispore subvermispora* و *Phanerochaete chrysosporium* (ویلالبا<sup>2</sup> و همکاران، 2006). همچنین خمیرسازی زیستی قادر است مشکلات زیست‌محیطی ناشی از خمیرسازی را کاهش دهد (وال<sup>3</sup> و همکاران، 1993). سیستم‌های مطلوب برای خمیرسازی زیستی باید پتانسیلی برای کاهش تاثیر محیطی و کاهش مصرف انرژی داشته باشد. بلندچت<sup>4</sup> و همکاران (1990) نشان دادند که هنگام تهیه

خمیرکاغذ RMP از خرده‌چوب‌های صنوبر تیمار شده با قارچ *P.chrysosporium* مصرف انرژی پالایش کاهش می‌یابد. هارموهایندر<sup>5</sup> و همکاران (1994) تولید خمیر مکانیکی پیش-تیمار شده توسط قارچ *Ceriporiopsis subvermispora* از ساقه‌کنف را بررسی و بیان داشتند که تیمار دو هفته‌ای خرده‌های کنف سبب کاهش مصرف انرژی در پالایشگر می‌شود. هرناندز<sup>6</sup> و همکاران (2005) نشان دادند که پیش‌تیمار قارچی سبب کاهش انرژی مورد نیاز پالایش حدود 24 تا 30 درصد می‌شود. ویلالبا<sup>7</sup> و همکاران (2006) نشان دادند تیمار قارچی خرده‌چوب کاج با قارچ مولد پوسیدگی سفید *Ceriporiopsis subvermispora* به مدت 2 و 4 هفته سبب کاهش مصرف انرژی پالایش می‌شود. ون‌بیک<sup>8</sup> و همکاران (2006) اظهار داشتند که تیمار قارچی خرده‌چوب‌های نوئل با قارچ *Trametes versicolor* سبب کاهش مصرف انرژی پالایش در طی خمیرسازی می‌گردد. نکته قابل توجهی که در اینجا بایستی مدنظر قرار گیرد این است که معمولاً در اثر تیمار قارچی خرده‌چوب‌ها، بازده بعد از پخت خمیر کاهش می‌یابد. اختر<sup>9</sup> (1994) مشاهده کرد که در فرآیند بیوسولفیت از خرده‌های چوب صنوبر پیش‌تیمار-شده توسط قارچ *Ceriporiopsis subvermispora* (به مدت ده روز) بازده خمیر کاهش می‌یابد. اختر و اسوانی<sup>10</sup> (1999) بعد از 2

5. Harmohinder  
6. Hernandez  
7. Villalba  
8. Van beek  
9. Akhtar  
10. Swaney

1. Biopulping  
2. Villalba  
3. Wall  
4. Blanchette

انجام شده است، هدف این تحقیق، بررسی اثر تیمار قارچی و مصرف مواد شیمیایی بر بازده و مصرف انرژی پالایش خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی چوب گونه ممرز بود، که هم از پهن برگان با دانسیته بالا می باشد و هم مهمترین ماده اولیه در صنعت کاغذسازی ایران است.

### مواد و روش ها

#### تهیه نمونه

خرده چوب های ممرز از یارد خرده چوب خط تولید خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی کارخانه چوب و کاغذ مازندران به صورت تصادفی تهیه شد.

#### تیمار قارچی

قارچ مورد استفاده *Phanerochaete chrysosporium* BKM-1767 بود. نمونه ی قارچی بر اساس روش کرک<sup>6</sup> و همکاران 1993 آماده شد. بر اساس این روش، خرده چوب ها به مدت 30 دقیقه در اتوکلاو قرار داده شد تا از آلودگی به میکروارگانیسم ها جلوگیری شود. در شرایط استریل حدود 1500 گرم خرده چوب (بر مبنای وزن خشک) داخل بیورآکتور ریخته شد. مایع تلقیح با عصاره غذایی ذرت<sup>7</sup> غیر استریل مخلوط شده و روی خرده چوب ها پاشیده شد. برای اطمینان از تأثیر مایع تلقیح روی تمام خرده چوب ها، آنها را زیر و رو کرده و با ریختن آب استریل رطوبت خرده چوب ها به رطوبت مناسب رشد قارچ ها (حدود 55 تا 60 درصد) رسانده شد. بیورآکتور در انکوباتوری با دمای 39

هفته پیش تیمار قارچی، کاهش بازده را گزارش کردند. چاندرا<sup>1</sup> و همکاران (1999) نشان دادند که پیش تیمار قارچی خرده چوب های دوگلاس فر قبل از خمیرسازی TMP سبب کاهش بازده خمیر کاغذ می شود. ولفارت<sup>2</sup> و همکاران (2004) گزارش کردند که تیمار قارچی با قارچ پوسیدگی سفید سبب کاهش بازده خمیر کاغذ های حاصل می شود. در این تحقیق برای انتخاب قارچ به منظور پیش تیمار خرده چوب، مطالعات گسترده ای انجام شد و از مقاله های متعددی که در این زمینه به چاپ رسیده است، استفاده گردید. آخرین تحقیق جامعی که در این زمینه صورت گرفته است توسط آزمایشگاه محصولات جنگلی آمریکا (FPL)<sup>3</sup> انجام شده بود. در این آزمایش ها، قارچ هایی انتخاب شدند که کاهش دهنده مقدار لیگنین باشند و طی فرآیند کاغذسازی مقدار انرژی پالایش را کاهش دهند. نتایج نشان داد که قارچ های *Ceriporiopsis subvermispora* و *Phanerochaete chrysosporium* بیشترین تاثیر را داشته اند. از میان این دو قارچ نیز قارچ *Phanerochaete chrysosporium* اثر خود را به طور موفقیت آمیزی در خمیرسازی زیستی نشان داد، به طوری که این قارچ منجر به کاهش 33 درصدی مصرف انرژی پالایش شد (اختر و همکاران، 1998؛ برین<sup>4</sup> و سینگلتون<sup>5</sup>، 1999). با توجه به این که اکثر تحقیقات صورت گرفته قبلی روی سوزنی برگان و پهن برگان دارای دانسیته کم

1. Chandra

2. Wolfaardt

10. Forest Product Laboratory

4. Breen

5. Singleton

6. Kirk

7. Corn steep liquor

نشده (شاهد)، خمیر شیمیایی - مکانیکی (CMP) تهیه شد.

برای پخت خرده‌چوب‌ها از لیکور سفید پخت کارخانه چوب و کاغذ مازندران با مشخصات جدول ۱ استفاده گردید.

درجه سانتی‌گراد 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، از خرده‌چوب‌های تیمار شده با قارچ و همچنین خرده‌چوب‌های تیمار-

جدول 1- شرایط پخت خرده‌چوب ممرز جهت تهیه خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی

نسبت L:W	7:1	مواد شیمیایی مصرفی (%)	18، 14 و 22
زمان پخت (min)	80 و 90	مواد شیمیایی مایع پخت	سولفیت سدیم (Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> )
دما (°C)	165	Na <sub>2</sub> O (gr/l)	100
pH	7	SO <sub>2</sub> فعال (gr/l)	115

### پالایش

در این تحقیق میزان مصرف انرژی، جهت پالایش خمیر کاغذهای تیمار شده با قارچ و شاهد اندازه‌گیری و با یکدیگر مقایسه گردید. برای اندازه‌گیری میزان مصرف انرژی، از پالایشگر آزمایشگاه مرکزی کارخانه چوب و کاغذ مازندران مجهز به شمارنده میزان انرژی مصرف- شده استفاده شد. تمامی خمیر کاغذها طبق استاندارد شماره T248-Om88 آیین‌نامه TAPPI با کوبنده آزمایشگاهی PFI Mill تا رسیدن به درجه‌روانی C.S.F 300 ml پالایش شدند.

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

طرح آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق، از نوع بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. به- منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از تجزیه واریانس چند طرفه و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

### نتایج

#### اثر مواد شیمیایی بر بازده

**اثر تیمار قارچی بر بازده**  
 پس از پخت خمیر کاغذ و جداسازی الیاف، بازده کل یا (بازده بعد از پخت) خمیر کاغذها اندازه‌گیری شد. میانگین بازده خمیرهای کاغذ در جدول 2 نشان داده شده است.  
 بر طبق جدول تحلیل واریانس چندطرفه (جدول 3)، بررسی عامل متغیر تیمار قارچی بر بازده نشان داد که عامل تیمار قارچی، تأثیر معنی‌داری بر بازده داشته است. نتایج حاصل از گروه‌بندی دانکن بازده خمیر کاغذهای CMP نشان می‌دهد (شکل 1) که با تغییر تیمار قارچی اختلاف بین میزان بازده در سطح 1 درصد معنی‌دار شده است، به طوری که خمیر کاغذهای تهیه شده از نمونه شاهد با میانگین 83/2 درصد دارای بیشترین بازده بوده که در گروه a قرار گرفته است و بازده خمیر کاغذهای تهیه شده از تیمار قارچی چهار هفته‌ای با میانگین 78 درصد دارای کمترین میزان بازده بوده و در گروه d قرار گرفت.

به طوری که بیشترین میزان بازده مربوط به 22 درصد مصرف مواد شیمیایی (81/6 درصد) بوده که در گروه a قرار گرفته و کمترین میزان آن مربوط به مصرف 14 درصد مواد شیمیایی (80/4 درصد) بوده است که در گروه c قرار می‌گیرد (شکل 2).

طبق نتایج تجزیه واریانس چندطرفه (جدول 3)، بررسی عامل متغیر مصرف مواد شیمیایی بر بازده نشان داد که عامل مواد شیمیایی، تأثیر معنی‌داری بر بازده داشته است. نتایج حاصل از گروه بندی دانکن بازده خمیرکاغذهای CMP نشان می‌دهد (شکل 2) که با تغییر مواد شیمیایی اختلاف بین میزان بازده در سطح 1 درصد معنی‌دار شده است،

جدول 2- میانگین بازده در شرایط مختلف پخت و نتایج حاصل از پالایش خمیرکاغذها

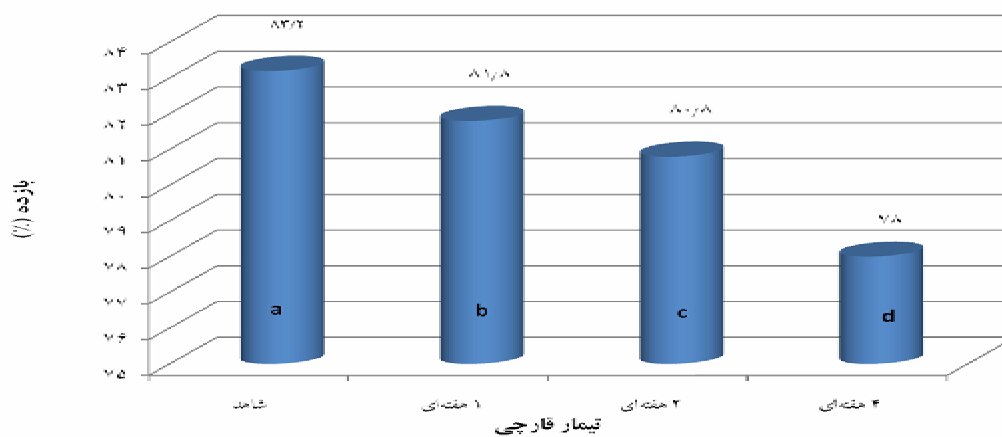
دما	زمان	مواد شیمیایی	میانگین بازده (%)	دور پالایشگر	انرژی (وات ساعت)	درصد کاهش بر اساس دور	درصد کاهش بر اساس انرژی
شاهد							
		14	83/8	5200	185	0	0
	80	18	83/7	4750	165	0	0
	165	22	82/9	4600	160	0	0
		14	84/3	5000	180	0	0
	90	18	82/3	4950	175	0	0
		22	82	4600	160	0	0
1 هفته‌ای							
		14	81/5	4900	175	5/77	5/41
	80	18	81/5	4700	165	1/05	0
	165	22	82/3	4550	155	1/09	3/13
		14	80/8	4900	175	2	2/78
	90	18	82	4750	165	4/04	5/71
		22	82/8	4600	160	0	0
2 هفته‌ای							
		14	80/7	4700	165	9/62	10/81
	80	18	81	4700	165	1/05	0
	165	22	82/3	4600	160	0	0
		14	79/2	4500	150	10	16/67
	90	18	79/8	4350	145	12/12	17/14
		22	81/8	3950	125	14/13	21/88
4 هفته‌ای							
		14	76/7	4050	130	22/12	29/73
	80	18	79/2	3700	115	22/11	30/3
	165	22	80	3500	105	23/91	34/38
		14	76/7	3600	110	28	38/89
	90	18	76/8	3450	105	30/3	40
		22	78/7	2900	90	36/96	43/75

جدول ۳- تجزیه واریانس مقادیر بازده خمیرکاغذها

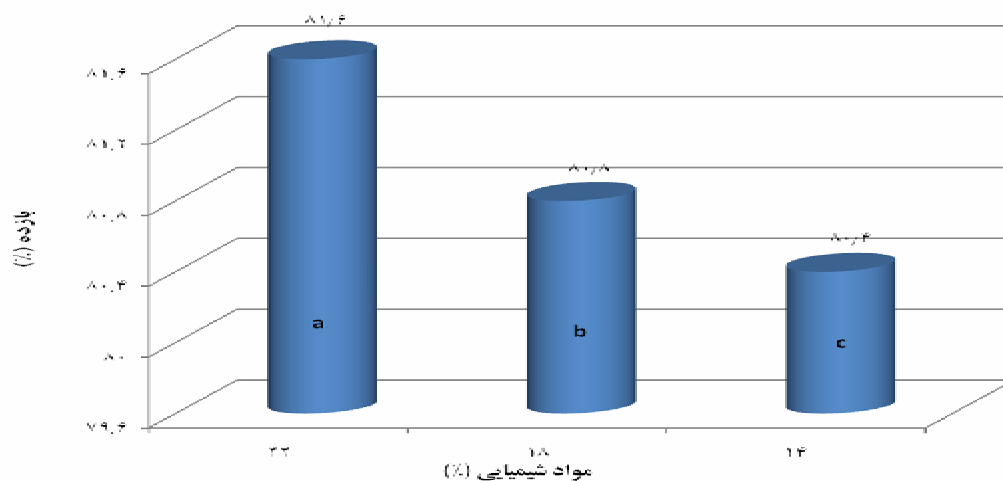
منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسباتی	سطح معنی داری
تیمار قارچی	236/516	3	172/079	245/884	0/000**
زمان پخت	796/16	1	16/796	23/961	0/000**
مواد شیمیایی	981/32	2	16/490	23/563	0/000**
تیمار * زمان پخت	9/528	3	3/176	4/538	0/005**
تیمار قارچی * مواد شیمیایی	67/265	6	11/211	16/019	0/000**
زمان پخت * مواد شیمیایی	3/072	2	1/536	2/195	0/116 <sup>ns</sup>
تیمار قارچی * زمان پخت * مواد شیمیایی	15/580	6	2/597	3/710	0/002**
خطا	83/980	120	0/700		
کل	745/412	143			

ns: عدم معنی داری

\*\* معنی داری در سطح احتمال 0/01



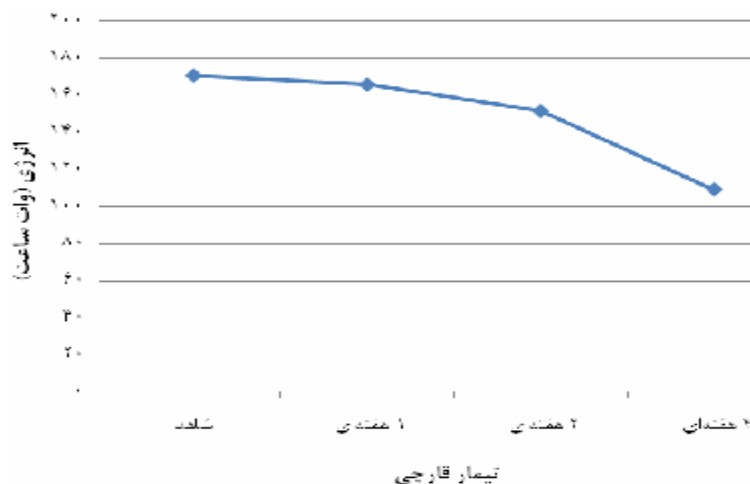
شکل ۱- اثر پیش تیمار قارچی بر بازده خمیرکاغذ



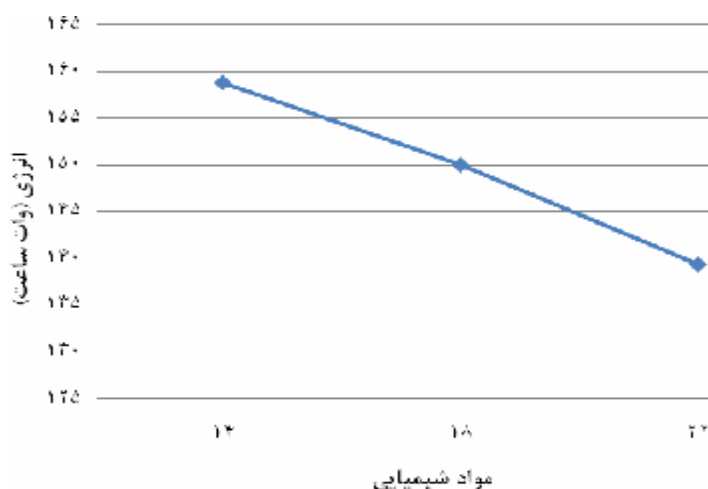
شکل 2- اثر مصرف مواد شیمیایی بر بازده پخت خمیرکاغذ

انرژی پالایش نیز کم شد. تا حدی که تیمار 4 هفته‌ای، باعث 40 درصد کاهش مصرف انرژی پالایش گردید، همچنین مصرف 22 درصد مواد-شیمیایی، منجر به کاهش 13 درصدی مصرف انرژی پالایش شد (شکل 3 و 4).

**اثر تیمار قارچی و میزان مصرف مواد-شیمیایی بر مصرف انرژی پالایش**  
مقایسه نحوه پالایش خمیرهای تیمار شده با نمونه شاهد بسته به مدت تیمار، زمان پخت و درصد مواد شیمیایی مورد استفاده متفاوت است. به طور کلی، با افزایش زمان تیمار قارچی و افزایش مصرف مواد شیمیایی، پالایش آسان تر و میزان



شکل 3- اثر پیش تیمار قارچی بر مصرف انرژی پالایش



شکل ۴- اثر مصرف مواد شیمیایی بر بر مصرف انرژی پالایش

## بحث و نتیجه گیری

### اثر تیمار قارچی بر بازده

میزان بازده خمیرکاغذ برای چوب‌های تیمار- شده نسبت به نمونه شاهد کاهش یافته است. کاهش برای تیمارهای 1، 2 و 4 هفته‌ای به ترتیب حدود 1/64، 2/84 و 6/2 درصد بوده است. عنایتی و سلیمی (1381) میزان کاهش بازده را بعد از 2 هفته پیش تیمار قارچی 4/7 درصد ذکر کردند. ملایی در سال (1386) گزارش کرد که پیش تیمار قارچی به مدت 2 هفته سبب کاهش بازده به میزان 20 درصد نسبت به نمونه شاهد می شود. اختر و اسوانی (1999) بعد از 2 هفته پیش تیمار قارچی کاهش بازده کمی گزارش کردند. ولفارت و همکاران (2004) تاثیر قارچ‌های پوسیدگی سفید در خمیرسازی کرافت سوزنی‌برگان را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که تیمار قارچی سبب کاهش بازده کاغذهای حاصل می شود. هرماندز و همکاران (2005) اثر پیش تیمار 2 هفته‌ای توسط قارچ *Streptomyces cyaneus*

بر روی خرده‌چوب‌های نوئل جهت خمیرسازی مکانیکی را مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که پیش تیمار قارچی سبب کاهش بازده به میزان 11- 6 درصد نسبت به نمونه شاهد می شود. نکته قابل توجهی که در اینجا بایستی مدنظر قرار گیرد میزان کاهش بازده در تیمارهای مورد نظر می باشد که با توجه به کمبود جدی مواد اولیه جهت تولید خمیرکاغذ، می تواند به عنوان یک محدودیت مطرح شود. با ایجاد شرایط بهتر تیمار به طوری که قارچ مورد نظر از امکان فعالیت مفید و گزینشی برخوردار باشد می توان میزان افت بازده خمیر را به حداقل رساند. نتایج نشان می دهد که بازده خمیر تهیه شده از خرده‌چوب‌های تیمار- شده با قارچ *Phanerochaete chrysosporium* نسبت به نمونه شاهد کاهش یافته است. علت این است که قارچ مورد استفاده ترجیحا لیگنین خرده‌چوب‌ها را مورد حمله قرار داده و آنرا تخریب نموده است و یا ساختار آنرا طوری تغییر داده که در مرحله پخت به سهولت توسط مایع



کاهش می‌یابد و این پلی‌ساکارید نیز عمدتاً همی سلولز است.

#### اثر مواد شیمیایی بر بازده

مقایسه بین درصدهای مختلف مواد شیمیایی نشان داده‌است که با افزایش درصد مواد شیمیایی میزان بازده بعد از پخت افزایش یافته‌است. در درصدهای بالاتر مواد شیمیایی، افزایش شدت واکنش‌های تراکمی سبب افزایش بازده بعد از پخت می‌گردد (بلندپت و همکاران، ۱۹۹۰). به عبارتی در درصدهای بالاتر، پیوندهای تراکمی و کندانس شدن لیگنین بیشتر اتفاق می‌افتد و خروج لیگنین دشوارتر می‌گردد. در نتیجه بازده بعد از پخت افزایش می‌یابد.

#### اثر تیمار قارچی و میزان مصرف مواد-

##### شیمیایی بر مصرف انرژی پالایش

به‌طور کلی، با افزایش زمان تیمار قارچی و افزایش مصرف مواد شیمیایی، میزان انرژی پالایش نیز کم شد. به‌طوری‌که در تیمارهای ۲ و ۴ هفته‌ای در زمان پخت ۹۰ دقیقه و ۲۲ درصد درصد مواد شیمیایی، کاهش انرژی پالایش قابل توجه می‌باشد. ساموئل‌سون<sup>۲</sup> و همکاران (۱۹۸۰) گزارش کردند که تیمار خرده‌چوب با نوع جنگلی قارچ مولد پوسیدگی سفید *Phlebio radiata*، میزان انرژی مورد نیاز را برای رسیدن به یک مقاومت‌کششی مشخص افزایش داد در حالی‌که نوع مصنوعی آن انرژی مورد نیاز را کاهش داد. ستلایف<sup>۳</sup> و همکاران در سال ۱۹۹۰ از دو قارچ *Phanerochaete chrysosporium* و *Ceriporiopsis subvermispora* برای تیمار

پخت جدا گردد (کاسمانی، ۱۳۸۹). مسنر<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۸) بر این باورند که در فرآیند بیوپالپینگ با استفاده از قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید دو مکانسیم دخالت دارند. (۱) اصلاح دیواره سلولی به‌احتمال بسیار قوی توسط آنزیم‌های قارچی و (۲) بهبود نفوذ و پخش مواد شیمیایی پخت تحت تاثیر عمل قارچ روی بستر مواد اولیه. با توجه به نتایج بازده چنین به‌نظر می‌رسد که نتایج این تحقیق با فرضیه‌های فوق‌الذکر هم‌خوانی دارد و تیمار قارچی با عنایت به دو مکانسیم یادشده موجب افزایش نفوذ و پخش مایع پخت در اعماق دیواره‌های سلولی خرده‌چوب‌ها گردیده و موجب خروج بیشتر و سهل‌تر لیگنین‌ها شده است (کاسمانی، ۱۳۸۹). از آنجا که قارچ مورد استفاده یک قارچ مولد پوسیدگی سفید بوده و چنین قارچ‌هایی در مراحل اولیه فعالیت خویش بر روی بستر مواد لیگنوسلولزی به ترشح آنزیم‌های تخریب‌کننده لیگنین مبادرت می‌ورزند، می‌توان نتیجه گرفت که قسمت اعظم کاهش مشاهده‌شده در بازده خمیر حاصل از خرده‌چوب‌های تیمار شده، مربوط به تجزیه و تخریب بیشتر لیگنین است (کاسمانی، ۱۳۸۹). بخش دیگری از کاهش بازده می‌تواند مربوط به کاهش همی سلولزها باشد. نتایج تحقیقات دیگران (برین و سینگلتون، ۱۹۹۹؛ هراندز و همکاران، ۱۹۹۴) نیز این مورد را نشان داده است که در تیمار قارچی خرده‌چوب‌ها با قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید، همراه با کاهش لیگنین، حداقل یکی دیگر از پلی‌ساکاریدها

<sup>۲</sup>. Samuelson

<sup>۳</sup>. Setliff

<sup>۱</sup>. Messner

### پالایش

نحوه پالایش تاثیر زیادی روی خواص مقاومتی کاغذ ساخته شده دارد. در این تحقیق کاهش انرژی پالایش در مقایسه با تحقیقات قبلی بیشتر بوده است. این امر نشان دهنده این است که قارچ مذکور روی کاهش مصرف انرژی پالایش و زمان پالایش اثرات مثبت دارد. همچنین یکی از فاکتورهای تعیین کننده در تیمار خرده چوب ها با قارچ مولد پوسیدگی سفید، نوع گونه چوبی است. مطالعات نشان داده است در اکثر موارد با تاثیر قارچ ها انرژی پالایش مصرفی کاهش پیدا می کند. تیمار قارچی باعث کاهش ضخامت دیواره سلولی، افزایش قطر حفره سلولی، سست شدن و تخریب دیواره سلولی می گردد (کاسمانی، ۱۳۸۹). در خرده چوب های تیمار شده نیز حفره سلولی بزرگتر، دیواره سلولی نازک تر و در بسیاری از مناطق تخریب شده می باشد (کاسمانی، ۱۳۸۹). مسلماً با کاهش ضخامت دیواره الیاف، از سختی آن نیز کاسته شده و در پالایش به انرژی کمتری نیاز دارند. به طور کلی در خرده چوب های تیمار شده میزان مصرف انرژی پالایش کمتر شده است، ساختار بازر و نرم تر خرده چوب های تیمار شده سبب می گردد که لیگنین زدایی به طرز موثرتری صورت گرفته، در نتیجه موادشیمیایی راحت تر وارد ساختار خرده چوب ها می شوند.

خرده چوب های پهن برگ و سوزنی برگ استفاده کردند. میزان انرژی پالایش خرده چوب های صنوبر تیمار داده شده با *Ceriporiopsis subvermispora* برای خمیرسازی مکانیکی حدود ۲۰ درصد کاهش یافت در حالی که میزان کاهش انرژی پالایش خرده چوب های تیمار داد شده با قارچ *Phanerochaete chrysosporium* حدود ۱۳ درصد بوده است. هارموهایندر<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۴) مشاهده کردند که تیمار دو هفته ای خرده های کنف با قارچ *Ceriporiopsis subvermispora* سبب کاهش مصرف انرژی در پالایشگر می شود. اسکات<sup>۲</sup> و همکاران (۱۹۹۸) در یک بررسی اقتصادی نشان دادند که استفاده از پیش تیمار قارچی در خمیرسازی مکانیکی سبب کاهش انرژی مورد نیاز طی پالایش می شود. اخترا و اسوانی<sup>۳</sup> (۱۹۹۹) گزارش کردند که پیش تیمار قارچی قبل از خمیرسازی مکانیکی سبب صرفه جویی انرژی مکانیکی در حدود ۳۰٪ می شود. همچنین گزارش کردند که پس از ۲ هفته پیش تیمار خرده چوب ها تحت خمیرسازی TMP، انرژی پالایش ۳۳٪ کاهش یافت. هرماندز<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۵) میزان کاهش انرژی را ۲۴ تا ۳۰ درصد ذکر کردند. ویلالبا<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که مصرف انرژی پالایش خمیر تهیه شده از خرده چوب تیمار شده با فرآیند CMP کمتر از خمیر تهیه شده از خرده چوب تیمار نشده بود.

1. Harmohinder

2. Scott

3. Akhtar and Swaney

4. Hernandez

5. Villalba

5. Akhtar, M., 1994, Biomechanical pulping of Aspen wood chips with three strains of *Ceriporiopsis subvermispota*. Holz forschung J. 48, 199-202.

6. Akhtar, M., Blanchette, R. A., Myers, G., & Kirk, T. K., 1998, Environmentally Friendly technologies for the pulp and paper Industry, John Wiley and Sons, New York, 592 pages.

7. Akhtar, M., Swaney, E. S., 1999, Biomechanical Pulping: A Mill-Scale Evaluation, International Mechanical Pulping Conference, TAPPI Proceedings, Atlanta, GA: TAPPI Press, 1-10.

8. Blanchette, A. R., Behrendt, C. D., 1998, A New Approach to Effective Biopulping: Treating Logs with *Phlebiopsis Gigantea*, 7<sup>th</sup> International Conference on Biotechnology in the pulp and paper industry, A51-A54.

9. 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, TAPPI J, 73(3): 249-255.

10. Breen, A., Singleton, F. L., 1999, Fungi in lignocellulose breakdown and biopulping Current opinion in Biotechnology. 10, 252-258.

11. Chandra R. P., Beatson R. P., De Jong E., Saddler J. N., 1999, The effects of treatment with the white-rot fungus *Trametes versicolor* and laccase enzymes on the brightness of Douglas-Fir heartwood derived thermomechanical pulps, Journal of wood chemistry and technology, 19(1): 61-78.

12. Harmohinder. S. S., Akhtar, M., Blanchette, A., Young, R. A., 1994, Biomechanical pulping of Kenaf, TAPPI Journal 77(12). 105-112.

## منابع

1. ملایی، م. 1386. بررسی اثر پیش تیمار قارچی بر روی روشنی خمیر کاغذ سودا حاصل از پس مانده‌های کلزا پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ. صفحه 128.
2. عنایتی، ع، سلیمی، ب، 1381. بررسی امکان تولید خمیر کاغذ از باگاس نیشکر به روش بیوسودا، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ صفحه 132.
3. کاسمانی، ج. 1389. تاثیر فرآیند بایوپالپینگ بر تولید خمیر شیمیایی مکانیکی از چوب ممرز. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. صفحه 150.
4. کریمی، ع. ن، نقدی، ر، نادعلی، ا. 1388. بیوتکنولوژی در صنعت خمیر و کاغذ راهی برای صرفه جویی انرژی، انتشارات آبیژ، صفحه 152.

13. Hernandez, M., Hernández-Coronado, M. J., Isabel Perez, M., Revilla, E., Villar, J. C., Ball, A. S., Viikari, L., Arias M. E., 2005, Biomechanical pulping of spruce wood chips with *Streptomyces cyaneus* CECT 3335 and handsheet characterization. *Holzforschung*, 59(2): 173-177.
14. Kirk, T. K., Koning, J. W., Burgess, R., Akhtar, M., Blanchette, R., Cameron, D. C., Cullen, D., Kersten, P., Light foot, E.N., Mayers, G., Sykes, M.B., and Wall, M. B., 1993, *Biopulping A Glimpse of the Future?*, Madison: Wisconsin. Rep. FPL- RR-523.
15. Messner, K., Koller, K., Wall, M. B., Akhtar, M., and Scott, G. M., 1998, Fungal Treatment of wood chips for chemical pulping. In: *Environmentally Friendly Technologies for the pulp and paper Industry* (Eds. Young R. A., and Akhtar, M.). John Wiley and Sons, New York, 385-398.
16. Samuelson, L., Mjober, P. J., Harder, N., Vallander, L. and Erikson, K. L., 1980, Influence of fungal treatment on the strength as a function of energy relationship in mechanical pulping. *Svensk Papperstid.* 8, 221-224.
17. Scott, G. M., Akhtar, M., Lentz, M. J., and Swaney, R E., 1998, Engineering, scale up, and economic aspects of fungal pretreatments of wood chips, in: *Environmentally Friendly Technologies for the Pulp and Paper Industry*, John Wiley & Sons, Inc. New York, 341-383.
18. Setliff, E. C., Marton, R., Granzow, S. G., and Erikson, K. L., 1990, Biomechanical pulping with white-rot fungi, *Tappi J.* 73(8), 141-147.
19. Van beek, T. A., Kuster, B., Claassen, F. W., Tienvieri, T., Bertaud, F., Gilles Lenon, G., Petit-Conil, M., and Sierra-Alvarez, R., 2007, Fungal bio-treatment of spruce wood with *Trametes versicolor* for pitch control: Influence on extractive contents, pulping process parameters, paper quality and effluent toxicity, *Bioresource Technology*, 98(2): 302–311.
20. Villalba, L. 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*, 26(4): 349–362.
21. Wall, M. B., Cameron, D. C., Lightfoot, E. N., 1993, Biopulping process design and kinetics, *Biotechnology Advances J.* 11(3): 645-662.
22. Wolfaardt, F., Taljaard, J. L., Jacobs, A., 2004, Assessment of wood-inhabiting Basidiomycetes for biokraft pulping of softwood chips, *Bioresource Technology*, 95(1): 25-30.