# بررسی امکان تولید خمیر بیوسودا از باگاس نیشکر[1]

علی‌اکبر عنایتی[2] بهمن سلیمی[3]


## چکیده

از روش بیوپالپینگ با استفاده از پیش‌تیمار قارچی برای تولید خمیر کاغذ از باگاس نیشکر استفاده گردید. به‌این ترتیب که خرده‌های باگاس نیشکر خوزستان به مدت دو هفته در دمای ۲۷°C و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد و در شرایط غیراستریل تحت تیمار قارچ گزینش شده مولد پوسیدگی سفید "سرپیوریوپسیس سابورمیسبورا L-14807" قرار گرفتند. آنگاه از خرده‌های باگاس تیمار شده و نمونه‌های شاهد با به‌کارگیری سه مقدار مختلف قلیا (۱۴، ۱۶ و ۱۸ درصد) و دو سطح زمان پخت (۱۵ و ۲۰ دقیقه) در درجه حرارت ۱۷۰°C خمیر کاغذ بروش سودا تهیه شد.

نتایج به‌دست آمده نشان داد که در اثر پیش‌تیمار قارچی عدد کاپای خمیر کاغذ به مقدار ۲۰/۹ و بازده آن ۵۸/۷ درصد به ۵۵/۹ درصد کاهش یافته است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای دست‌ساز نشان دادکه پیش‌تیمار قارچی مقاومت به ترکیدن ومقاومت به کشش را بهبود می‌بخشد اما از دوام کاغذ در برابر تاشدن می‌کاهد.

بهترین مقاومت به ترکیدن و مقاومت به کشش کاغذ دست‌ساز مربوط به کاغذهای ساخته شده از خمیرهای حاصل از نمونه‌های باگاس تیمار شده با قارچ، زمان پخت ۱۵ دقیقه، قلیاییت ۱۶ درصد وبهترین کاغذها از نقطه‌نظر دوام به تاشدن مربوط به خمیرهایی بودند که از نمونه باگاس تیمار شده، زمان پخت ۱۵ دقیقه و قلیاییت ۱۸ درصد تهیه گردیدند.


**واژه‌های کلیدی:** *باگاس نیشکر، خمیرکاغذ بیوسودا، عدد کاپا، دوام در برابر تاشدن، مقاومت به کشش، مقاومت به ترکیدن.*

---

[1] - تاریخ دریافت: ۸۲/۴/۹ تاریخ پذیرش: ۸۲/۱۰/۲۹

[2] -دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (E-mail: aenayati@chamran.ut.ac.ir)

[3] - فارغ‌التحصیل کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

## مقدمه

کاغذ و فرآورده‌های کاغذی به عنوان یکی از کالاهای مصرفی روزانه، نقش مهمی در زندگی انسان ایفا می‌کنند. به‌طوری که امروزه مصرف کاغذ به عنوان یکی از شاخص‌های مهم از توسعه فرهنگی و اجتماعی جوامع مختلف مطرح می‌باشد. صنایع خمیر و کاغذ از طریق تولید فرآورده‌های کاغذی به‌عنوان یکی از نیازهای حیاتی و مهم در توسعه فرهنگی، اجتماعی، بهداشتی و اقتصادی نقش برجسته و بزرگی در مقایس جهانی ایفا می‌نماید.

صنعت خمیر کاغذ، روش‌های خمیرسازی مکانیکی و شیمیایی یا ترکیبی از این دو را جهت تولید خمیرهای با ویژگی‌های موردنظر به‌کار می‌گیرد. در خمیرسازی مکانیکی از نیروی مکانیکی برای جداسازی الیاف چوبی استفاده می‌شود. فرآیندهای مکانیکی بازده بالایی دارند (بالای ۹۵درصد) و کاغذهایی حجیم، با ماتی خوب و چاپ‌پذیری عالی تولید می‌کنند. ولی مصرف انرژی آنها بالاست و در مقایسه با روش‌های شیمیایی، کاغذی با مقاومت پایین‌تر، و با "برگشت رنگ" سریع‌تر تولید می‌کنند. در خمیر سازی شیمیایی از مواد شیمیایی برای تجزیه وجداسازی لینگین از دیواره‌های سلول چوب استفاده می‌شود که منجر به آزادسازی بیشتر الیاف می‌گردد. فرآیندهای خمیرسازی شیمیایی خمیرهایی با مقاومت بیشتر تولید می‌کنند ولی بازده این فرآیندها پایین (حدود ۴۰ تا ۵۰درصد) بوده و به سرمایه‌گذاری اولیه بسیار زیادی نیاز دارند.

تولید کنندگان خمیر کاغذ برای کاهش آلاینده‌های محیط زیست از سوی سازمان‌های مختلف مدافع حفظ محیط زیست شدیدا تحت فشار قرار دارند. از این‌رو درحال حاضر تولید خمیرکاغذ در جهان به سوی سه هدف اصلی جهت یافته است: آلودگی کمتردر فرآیند، مصرف تلفیقی منابع اولیه و فناوری‌های اقتصادی‌تر.

یکی از راه‌حل‌هایی که برای نیل به اهداف یادشده توسط دانشمندان پیشنهاد شده است، استفاده از فرآیندهای بیوتکنولوژیکی می‌باشد.

بیوتکنولوژی تحت عنوان کلی در صنعت خمیر و کاغذ مطرح شده است:

۱- بیوپالپینگ (زیست خمیرسازی)،

۲- بیوبلیچینگ (زیست رنگبری) و استفاده از آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیگنین،

۳-استفاده از زیست صافی‌ها به‌عنوان کلیدها برای حذف مواد آلی در آب سفید تحت شرایط بسته کارخانه.

قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید تنها ریزارگانیزم‌هایی هستند که می‌توانند لیگنین را تا حد زیادی تجزیه کنند. ازاین‌رو استفاده از این نوع قارچ‌ها در آنچه که در دهه ۷۰ بیوپالپینگ نامیده شد، انتخاب آسانی بود. تلاش‌های اولیه برای بیوپالپینگ در انستیتوی خمیرکاغذ سوئد به مورد اجرا درآمد. نظریه اصلی عبارت از تیمار خرده‌های چوب با بهترین قارچ مولد پوسیدگی سفید قابل دسترسی با هدف حذف لیگنین بود تا اندازه‌ای که صرفه‌جویی در مصرف انرژی در خمیرسازی مکانیکی را فراهم آورد. بهترین قارچ مولد پوسیدگی سفید که در آن زمان برای بررسی توانایی آن در تجزیه لیگنین موردمطالعه قرارگرفت *Phanerochaete chrysosporium* بود. این قارچ همه ترکیبات چوب را همزمان تجزیه می‌کند. وقتی که گونه اصلی آن برای تیمار خرده‌های چوب به‌کار می‌رود، نه تنها موجب تجزیه و حذف لیگنین می‌شود، بلکه ترکیبات دیگر را نیز تخریب می‌کند. برای رفع این مشکل گونه‌های جهش یافته واجد سلولاز کمتر، تهیه گردید.

در زمینه کاربرد بیوتکنولوژی در صنایع خمیر و کاغذ تحقیقات زیادی صورت گرفته است از جمله:

رسالتی (۱۹۸۰) در مورد مقایسه فرایند کرافت، سودا-AQ و اورگانوسلو با استفاده از باگاس کانادا به این نتیجه دست یافت که در عدد کاپای حدود ۲۰، شرایط تهیه خمیرکاغذ از باگاس و به روش سودا – AQ، دمای ۱۳۰° C، زمان سه ساعت، مقدار مصرف AQ ۰/۰۲۵ تا ۰/۰۵ درصد و قلیاییت موثر بر مبنای $Na_2O$ برابر ۱۴ درصد است. در این شرایط سطح لیگنین زدایی به اندازه ۲ الی ۸ درصد بیشتر از لیگین‌زدایی به طریقه اورگانوسلو می‌باشد.

پنگ[۱] و همکاران (۱۹۹۲) طی تحقیقات گسترده‌ای بر روی باگاس با استفاده از آب و غلظت‌های متفاوتی از هیدروکسیدسدیم و آب اکسیژنه و درفرآیند پربازده دریافتند که مقاومت در برابر کشش و مقاومت در برابر پارگی کاغذهای ناشی از باگاس مشابه کاغذتهیه شده از پهن‌برگان به روش سودا می‌باشد. به‌علاوه، با استفاده توام از آب اکسیژنه و سود، خواص نوری خمیر کاغذ به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد.

وال[۲] و همکاران (۱۹۹۳) در مورد تاثیر دو قارچ "فانروکیت کریسوسپوریم"[۳] و "سریپوریوپسیس سابورسیسپورا"[۴] بر روی مقدار مصرف انرژی برای جداسازی الیاف و ویژگی‌های خمیر حاصل به روش مکانیکی تحقیق نموده و نشان دادند که با تیمار مواد خام با قارچ اولی و تولید خمیر بیومکانیکی انرژی مصرفی ۳۳درصد کاهش و شاخص مقاومت به پارگی نسبت به نمونه شاهد (مکانیکی) ۳۹ درصد بهبود می‌یابد.

سیکس[۵] (۱۹۹۴) بر روی پس آب خمیر بیومکانیکی صنوبر (Aspen) بررسی‌هایی را انجام و نشان داد که پیش‌تیمار خرده‌های چوب با قارچ، قبل از پالایش مکانیکی ضمن صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ویژگی‌های فیزیکی بهتر کاغذ حاصل را به‌دنبال دارد. به‌علاوه درجه سمیت پساب کاهش یافته و اکسیژن خواهی زیستی (BOD) به‌طور مختصری افزایش می‌یابد.

سابهاروال[۶] و همکاران (۱۹۹۴) تحقیقی را روی تهیه خمیرکاغذ بیومکانیکی از کنف با استفاده از قارچ "سریپوریوپسیس سابورمیسپورا" انجام دادند. بازده خمیرحاصل از مواد خام پیش‌تیمار شده در مقایسه با نمونه شاهد کاهش اندکی داشت (از ۹۶ درصد به ۹۳درصد). مصرف انرژی در دستگاه پالایش به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش (۲۷درصد) و ویژگی‌های مقاومتی از قبیل مقاومت به ترکیدن (۶۵درصد)، مقاومت به کشش (۵۸/۳درصد) و مقاومت به پارگی (۵۶/۶درصد) نسبت به نمونه شاهد (در درجه روانی ۳۰۰mL) افزایش یافت. ویژگی‌های ماتی و زهکشی[۷] نیز بهبود یافتند ولی از درجه روشنی آن کاسته شد. دجونگ[۸] و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادندکه روشنی خمیرحاصل از ماده اولیه لیگنوسلولزی تیمار شده باچندین نژاد قارچی از جمله پ. کریسوسپوریم قبل و بعد از رنگبری با پروکسید به مقدار مختصری بهبود می‌یابد.

چن[۹] و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که خرده‌های چوب تازه متراکم تیمار شده با قارچ پ. کریسوسپوریوم خمیری با ویژگی‌های مقاومتی بالاتر و با انرژی ورودی کمتری تولید می‌کنند بدون اینکه به بخار زنی خرده‌های چوب با شرایط بیورآکتور ویژه نیازی باشد.

چن و همکاران (۱۹۹۸) چنین نتیجه گرفتند که تلقیح دسته‌های متراکم و غیر استریل خرده‌های چوب کاج جک با قارچ "سریپورپوپسیس سابومیسپورا" منجر به کاهش ۲۰ درصدی در زمان خمیرسازی کرافت برای دستیابی به ویژگی‌های خمیر و کاغذ قابل مقایسه با نمونه شاهد می‌گردد. در خمیرهای پالایشی حاصل از خرده‌های چوب متراکم تیمار شده افزایش معنی‌داری در مقاومت‌های ترکیدن، کشش و پارگی کاغذ مشاهده گردید.

دورادو و همکاران (۱۹۹۹) به‌این نتیجه رسیدند که قارچ‌های "ترامتس ورسیکالر"[۱۰] و بییرکاندرا[۱۱] طی دو هفته ۳۴ تا ۵۱درصد از کل رزین کاج اسکات را تجزیه می‌کنند. ضمن اینکه تری گلیسریدهای چوب سریع‌تر از ترکیبات دیگر مواد استخراجی حذف می‌شوند.

موسایی[۱۲] و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که در تهیه خمیر با فرآیند بیوسولفیت از خرده‌های چوب اکالیپتوس پیش‌تیمار شده توسط قارچ "س. سابورمیسپورا" (به مدت ۱۰ روز)، عدد کاپای خمیر ۲۹درصد کاهش، روشنی آن

۱- Peng
۲- Wall
۳- *Phanoroceate crisisporium*
۴- *Ceriporoopsis*
۵-Sykes
۶-Sabhar wall H.S.
۷-Drainage
۸-Dejong E.
۹-Chen
۱۰-Terametes versicolor
۱۱-Bjerkandera SPP
۱۲-Mosai.S.

۱۲ درصد افزایش و بازده خمیر کاهش می‌یابد. اما با کاهش زمان پیش‌تیمار قارچی به مدت ۵ روز عدد کاپا به مقدار ۵ درصد کاهش و روشنی آن ۱۱ درصد افزایش یافت، ضمن اینکه هیچ کاهشی در بازده خمیر مشاهده نشد.

مولینا[۱] و همکاران (۲۰۰۰) گرده‌بینه‌های صنعتی کاج رادیاتا را با قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید(گونه‌ای از پلوتوروتوس) تیمار نموده آنگاه از آنها خمیر کرافت تولیدکردند. نتایج نشان داد که این گونه قارچی از قدرت لیگنین زدایی موثر برخوردار است. گرانروی خمیر تهیه شده از چوب گرده‌بینه‌های تیمار شده کمی بیشتر از گرانروی خمیر شاهد و عدد کاپای خمیر بیوکرافت از خمیر شاهد کمتر می‌باشد.

بهرنت[۲] و همکاران (۲۰۰۰) در طی تحقیقی نشان دادند که قارچ پ.گیگانته‌آ[۳] می‌تواند به سرعت و با موفقیت بر روی گرده‌بینه‌ها تثبیت شود و همچنین ویژگی‌های فیزیکی کاغذ دست‌ساز حاصل را بهبود بخشد. نتایج این تحقیق نشانگر این حقیقت است که پ. گیگانته‌آ از طریق تجزیه مواد استخراجی چوب، انرژی مصرفی طی پالایش مکانیکی را کاهش و خواص مقاومتی کاغذ را بهبود می‌بخشد.

با توجه به بررسی‌های فوق و درنظرگرفتن اینکه باگاس مهم‌ترین و اصلی‌ترین ماده اولیه لیگنوسلولزی برای تهیه کاغذ و دیگر فرآورده‌های سلولزی مورد نیاز کشور در سال‌های آینده محسوب می‌شود. لازم است فرآیندهای نوین و پیشرفته تولید خمیر کاغذ از این ماده مورد بررسی قرارگیرد. در این تحقیق سعی شده است که تاثیر پیش‌تیمار قارچی بر روی فرآیند خمیرسازی سودا از باگاس و نیز ویژگی‌های خمیر و کاغذ حاصل بررسی گردد.

## مواد و روش‌ها

باگاس موردنیاز برای این تحقیق از کارخانه کاغذ پارس (هفت تپه خوزستان) تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌ها از باگاس تازه و بعد از مراحل مغززدایی و شستشوی‌تر[۴] انتخاب شد و پس از حمل به آزمایشگاه در هوای آزاد پخش شدند تا آب اضافی خود را از دست داده و خشک شوند. باگاس خشک شده در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی تا برای آزمایش‌ها مورد استفاده قرارگیرد.

قارچ مولد پوسیدگی سفید سریپوریوپسیس سابورمیسپورا 14807-ss3L [۵] از آزمایشگاه فرآورده‌های جنگلی (FPL) وابسته به بخش جنگل وزارت کشاورزی آمریکا (USDA) دریافت و مورداستفاده قرارگرفت.

برای جلوگیری از کاهش یا از دست رفتن قدرت رشد قارچ، از نمونه دریافتی تعداد کشت مورب[۶] تهیه و در طول مدت تحقیق عمل تجدید کشت به دفعات صورت پذیرفت.

برای تهیه مایع تلقیح، یکی از ارلن‌های حاوی میسلیوم قارچ به‌داخل یک قیف چینی استریل تخلیه و با آب مقطر استریل شستشو گردید.

مقدار ۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر گندزدایی شده به آن اضافه تا حجم کل محلول به ۱۸۰میلی‌لیتر برسد (تا رطوبت هر یک از نمونه‌های باگاس موردآزمایش پس از آغشته شدن به مایع تلقیح به مقدار مناسب ۵۵ درصد رسیده و مناسب رشد قارچ باشد).

مقدار سه میلی‌لیتر ماده مغذی لیکور ذرت جوشانده[۷] (CSL) به منظور تسریع در آغاز رشد قارچ بر روی بستر باگاس به کل محلول آماده شده اضافه گردید.

برای تلقیح نمونه‌های آزمونی باگاس از ۱۲ ظرف از جنس پلاستیک غیرقابل انعطاف به ابعاد ۱۵×۲۰×۴۰ سانتیمتر به‌عنوان بیورآکتور استفاده گردید. در داخل هر یک از ظرف‌ها ۵۰ گرم خرده‌های باگاس حاوی ۲۵ درصد رطوبت ریخته شد. سپس با استفاده از پیپت استریل ۱۵

---

۱ -Gonzales Molinaa J.

۲-Behrendt C.J.

۳-Phlebiops gigantea

۴-Wet Washing

۵-*Ceriporiopsis subvermispora L14807-ss-3*

۶- Slant Culture

۷- Com Steep Liquor

میلی‌لیتر از مایع تلقیح آماده شده بر روی نمونه‌های باگاس ریخته و در ظرف بلافاصله بسته شد. پس از انجام عمل تلقیح، کلیه نمونه‌ها (۱۲ نمونه) به مدت ۱۴ روز در محفظه‌ای با شرایط رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد و دمای ۲۷ درجه سانتیگراد قرارگرفتند. برای برقراری تهویه مناسب و تامین اکسیژن موردنیاز قارچ در کشویی محفظه و در ظروف حاوی نمونه‌ها قدری باز نگه داشته شد.

خرده‌های باگاس حاوی ۲۵ درصد رطوبت ریخته شد. سپس با استفاده از پیپت استریل ۱۵ میلیمتر از مایع تلقیح آماده شده بر روی نمونه‌های باگاس ریخته و درب ظرف بلافاصله بسته شد. پس از انجام عمل تلقیح، کلیه نمونه‌ها (۱۲ نمونه) به مدت ۱۴ روز در محفظه‌ای با شرایط رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد و دمای ۲۷ درجه سانتیگراد قرارگرفتند. برای برقراری تهویه مناسب و تامین اکسیژن موردنیاز قارچ درکشویی محفظه ودر ظروف حاوی نمونه‌ها قدری باز نگه داشته شد.

**تهیه خمیرکاغذ**

برای تهیه خمیر موردنیاز از نمونه‌های باگاس، کار پخت آنها در دیگ پخت[1] آزمایشگاهی صورت گرفت. درجه حرارت مورد استفاده برای پخت کلیه نمونه‌ها ۱۷۰ درجه سانتیگراد، درصد قلیاییت در سه سطح ۱۴، ۱۶ و ۱۸ درصد و زمان پخت در دو سطح ۱۵ و ۲۰ دقیقه درنظر گرفته شد. نسبت مایع پخت به باگاس (L/B) طبق پیشنهاد شفیعی‌نیا (۱۳۷۵) هشت به یک انتخاب شد. قابل ذکر اینکه با توجه به تیمارهای درنظرگرفته شده کار تهیه خمیر بر روی جمعا ۲۴ نمونه انجام پذیرفت. پس از هر پخت خمیرهای حاصل با آب شیر به دقت شستشو شدند.

**اندازه‌گیری ویژگی‌های خمیر**

تعیین بازده خمیر

برای این منظور خمیرهای مربوط به هر تیمار در هوای آزاد خشک شدند. سپس مقدار مشخصی از هر یک از آنها با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و به مدت ۲۴ ساعت در اتو با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار داده شد. پس از اندازه‌گیری جرم خشک نمونه‌ها، بازده خمیر با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{بازده‌خمیر} = \frac{\text{وزن کاملاخشک خمیرکاغذ}}{\text{وزن کاملا خشک باگاس مصرف شده}} \times ۱۰۰$$

**تعیین عدد کاپای خمیر**

اندازه‌گیری عدد کاپای خمیرهای مربوط به تیمارهای مختلف با استفاده از استاندارد شماره T2360s76 آیین نامه TAPPI انجام شد.

**اندازه‌گیری درجه روانی خمیرکاغذ**

تعیین درجه روانی خمیرکاغذ طبق استاندارد شماره T227 om-92 آیین‌نامه TAPPI انجام شد.

برای تبدیل درجه روانی از SR[2] به CSF از رابطه زیر استفاده شد.

$$SCF=972-20SR+0.12(SR)^2$$

**تهیه کاغذ دست ساز**

باتوجه به اینکه ویژگی‌های مقاومتی کاغذ سودا و بیوسودا می‌بایست در درجه روانی یکسان مقایسه شود و با در نظرگرفتن این که برای خمیر کاغذ با وزن پایه ۶۰ $g/m^2$ درجه روانی ۳۰۰ml در نظرگرفته می‌شود، از این رو خمیر کاغذ تیمارهای مختلف تا رسیدن به درجه روانی فوق پالایش گردیدند.

برای ساخت کاغذ دست‌ساز از استاندارد شماره T205om-M آیین‌نامه TAPPI استفاده شد. نمونه‌های کاغذهای دست‌ساز به همراه صفحه پلاستیکی روی یک چهارچوب قرار گرفته و در محیط آزمایشگاه خشک گردید.

**اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی کاغذ**

برای این منظور نمونه‌های موردنیاز برای هر آزمایش مطابق استاندارد شماره T 222om-89 از کاغذهای دست‌ساز تهیه گردید. قبل از اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای تیمارهای مختلف، وزن پایه و ضخامت آنها طبق استاندارد شماره T411om-۸۹ آیین‌نامه TAPPI تعیین گردید.

---

۱- Digester

۲-Schopper Rigler

**شاخص مقاومت به کشش[1]**

اندازه‌گیری اندیس مقاومت به کشش کاغذ طبق استاندارد شماره T494om-۸۸ ، آیین‌نامه TAPPI انجام گرفت. نمونه‌های بریده شده به‌طول ۱۶۰ و عرض ۱۵ میلیمتر در بین دوگیره دستگاه اندازه‌گیری مقاومت به کشش قرارگرفته و پس از پاره شدن نمونه نیروی لازم یادداشت و با استفاده از رابطه زیر شاخص مقاومت به کشش محاسبه شد.

$$\text{اندیس مقاومت به کشش} = \frac{\text{نیرو}}{\text{وزن پایه}} \quad (Nm^2/g)$$

**شاخص مقاومت در برابر ترکیدن[2]**

برای اندازه‌گیری این شاخص از استاندارد شماره ۹۸-T403om آیین‌نامه TAPPI استفاده شد. کاغذ در محل وارد شدن فشار قرارگرفته و پس از اعمال فشار و پاره‌شدن نمونه نیروی مربوطه برحسب $kp/cm^2$ یادداشت و با استفاده از رابطه زیر شاخص مقاومت به ترکیدن محاسبه گردید.

$$\text{شاخص مقاومت به ترکیدن} = \frac{\text{فشار وارده}}{\text{وزن پایه}} \quad (kp.m^2/g)$$

**دوام در برابر تا شدن[3]**

برای اندازه‌گیری دوام در برابر تا شدن از استاندارد شماره T.494om-97 آیین‌نامه TAPPI استفاده شد. و نمونه به‌طور جداگانه بین دو گیره دستگاه قرارگرفته و حرکت رفت و برگشت آنها آنقدر ادامه یافت تا نمونه پاره شد. عدد ثبت شده یادداشت و به‌عنوان دوام به تا شدن درنظر گرفته شد.

بررسی آماری نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های خمیرکاغذهای دست‌ساز مربوط به تیمارهای مختلف توسط آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با استفاده از تجزیه واریانس و گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت.

## نتایج

تجزیه واریانس نتایج مربوط به بازده خمیر نشان می‌دهد که اثر تیمار قارچی بر بازده خمیردر سطح ۱ درصد، معنی‌دار بوده و موجب کاهش آن شده است (جدول ۲). مقدار این کاهش ۱۴ درصدنسبت به نمونه شاهد می‌باشد (شکل ۱).

شکل (۲) روند تغییرات راندمان خمیر بر اثر تیمار قارچی در زمان‌های پخت ۱۵ و ۲۰ دقیقه را نشان می‌دهد، همان‌طوری‌که مشاهده می‌شود شیب منحنی مربوط به نمونه‌های شاهد در زمان‌های پخت ۱۵ و ۲۰ دقیقه بیشتر از نمونه‌های تیمار شده با قارچ است، ضمن اینکه زمان پخت ۲۰ دقیقه اثر شدیدتر بر روی کاهش راندمان خمیر نسبت به زمان پخت ۱۵ دقیقه داشته است.

شکل (۳) نشان می‌دهدکه کاهش مقدار راندمان خمیر حاصل از نمونه‌های تیمار شده با قارچ درصدهای مختلف قلیاییت فعال تقریبا به یک اندازه بوده و به عبارت دیگر بین سطوح مختلف اثر این عامل اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که خمیرهای حاصل از نمونه‌های تیمار شده با قارچ تحت شرایط زمان پخت ۱۵ دقیقه و قلیاییت فعال ۱۴درصد دارای بیشترین مقدار راندمان بوده‌اند (جدول ۱).

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهند که اثر تیمار قارچی بر روی عدد کاپای خمیر در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده و باعث کاهش آن شده است (جدول ۲).

به‌علاوه ، نتایج نشان می‌دهند که تیمار قارچی در هر دو زمان پخت ۱۵ و ۲۰ دقیقه به یک اندازه بر روی عدد کاپای خمیر تاثیر گذاشته است (شکل۴). ضمن اینکه اثر سطوح مختلف درصد قلیاییت فعال نیز، اختلاف معنی‌داری را نشان نداده است (شکل۵). شایان ذکر است که خمیرهای به‌دست آمده از نمونه‌های تیمار شده با قارچ تحت شرایط زمان پخت ۲۰دقیقه و قلیاییت فعال ۱۸درصد دارای کمترین مقدار عدد کاپا بوده‌اند. اما با مقدار عدد کاپای خمیرهای تهیه شده در شرایط پخت ۱۵ دقیقه و قلیاییت فعال ۱۸درصد اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهند.

---

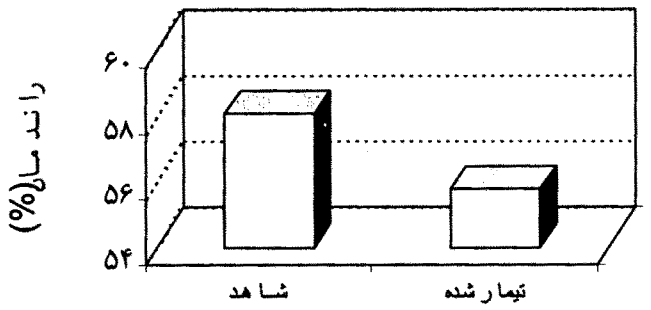
۱-Tensile Index
۲-Burst Index
۳-Folding Endurence

جدول ۱- میانگین راندمان و عدد کاپای خمیرکاغذ نمونه‌های شاهد و تیمار شده با قارچ

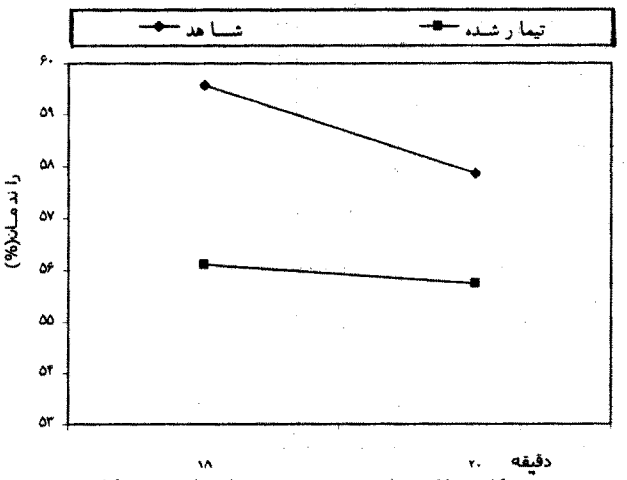
| زمان پخت (دقیقه) | قلیاییت فعال (درصد) | بازده خمیر (درصد) | | عدد کاپای خمیر | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | تیمارشده | شاهد | تیمارشده | شاهد |
| ۱۵ | ۱۴ | ۵۸/۳۱ | ۶۱/۹۲ | ۲۳/۱۸ | ۲۵/۶۷ |
| | ۱۶ | ۵۵/۴۵ | ۵۹/۵۹ | ۲۰/۲۱ | ۲۲/۹۵ |
| | ۱۸ | ۵۴/۵۶ | ۵۷/۲۱ | ۱۸/۹۹ | ۲۰/۷۸ |
| ۲۰ | ۱۴ | ۵۷/۹۲ | ۶۰/۶۹ | ۲۳/۴۹ | ۲۶/۷۳ |
| | ۱۶ | ۵۵/۹۶ | ۵۷/۱۸ | ۲۱/۲۳ | ۲۴/۴۱ |
| | ۱۸ | ۵۳/۳۳ | ۵۵/۷۳ | ۱۸/۳۶ | ۲۱/۹۴ |

جدول ۲-تجزیه واریانس عدد کاپا، بازده خمیر، مقاومت به ترکیدن، مقاومت به کشش و دوام در برابر تا شدن کاغذهای دست‌ساز

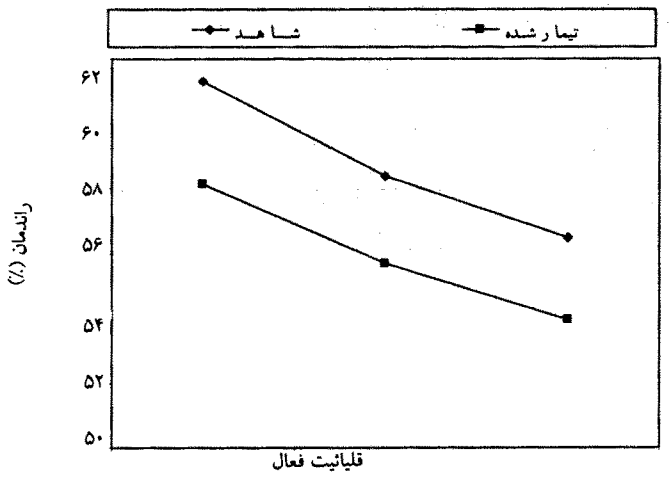
| منبع تغییرات | بازده | | عددکاپا | | مقاومت به ترکیدن | | مقاومت به کشش | | دوام دربرابر تاشدن | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | df | F | df | F | df | F | df | F | df | F |
| تیمار قارچ | ۱ | ۱۲۸/۹۹ | ۱ | ۹۵/۳۲ | ۱ | ۲۰/۷۳ | ۱ | ۴/۵۵ | ۱ | ۵/۰۵ |
| زمان پخت | ۱ | ۱۸/۲۵ | ۱ | ۶/۳۳ | ۱ | ۰/۲۰ | ۱ | ۰/۸۰ | ۱ | ۱۰۴/۸۳ |
| قلیاییت | ۲ | ۱۱۲/۸۵ | ۲ | ۸۹/۲۹ | ۱ | ۸/۳۳ | ۲ | ۲/۲۸ | ۲ | ۱۱۲/۸۵ |



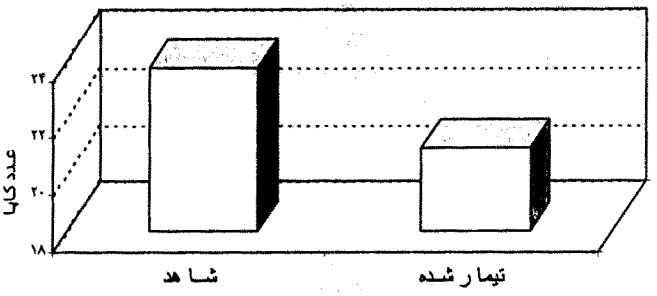

شکل ۱- اثر تیمار قارچی بر روی راندمان خمیر



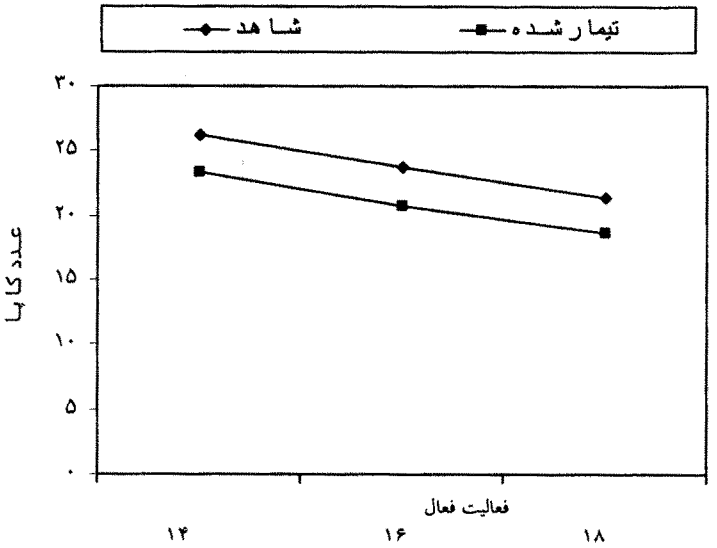

شکل ۲-اثر زمان پخت بر روی راندمان خمیر کاغذ



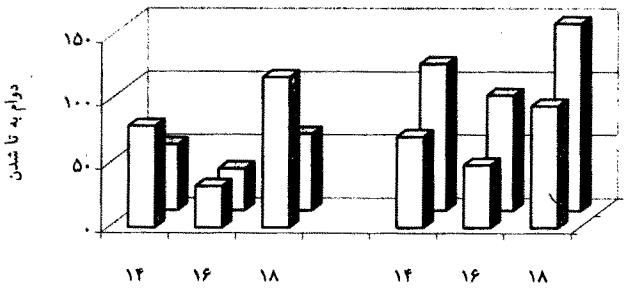

شکل ۳- اثر مقدار قلیاییت فعال بر روی راندمان خمیر کاغذ



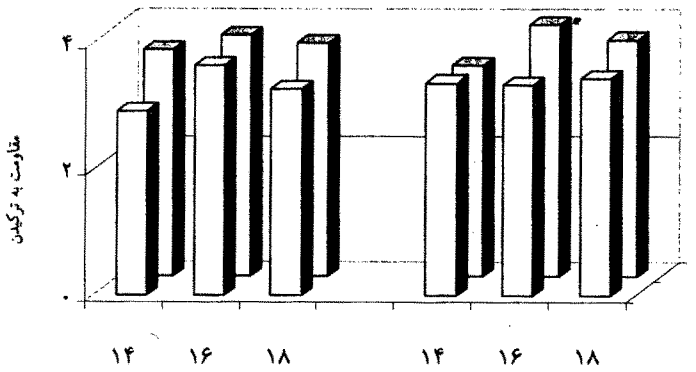

شکل ۴- اثر تیمار قارچی بر روی عدد کاپا خمیر کاغذ



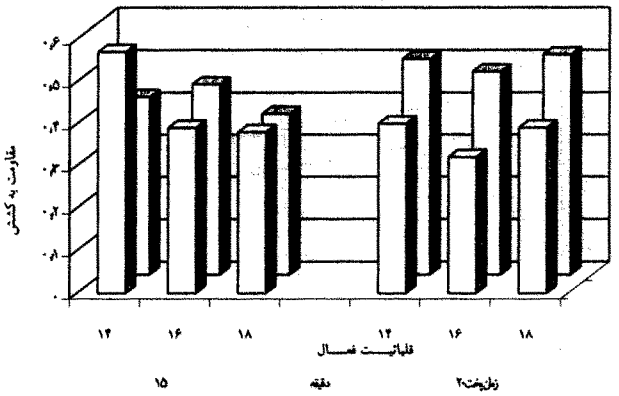

شکل ۵- اثر مقدار قلیاییت فعال بر روی عدد کاپا




شکل ۶- تغییرات دوام به تا شدن کاغذ تیمارهای مختلف




شکل ۷- تغییرات دوام به تا شدن کاغذ تیمارهای مختلف




شکل ۸-تغییرات مقاومت به کشش کاغذ تیمارهای مختلف

## ویژگی‌های مقاومتی کاغذ دست‌ساز

بررسی میانگین نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی کاغذ تهیه شده از نمونه‌های خمیر تیمار شده و شاهد تفاوت معنی‌دار بین آنها را نشان می‌دهد (جدول ۲).

طبق جدول (۲) دوام در برابر تاشدن کاغذهای حاصل از خمیر تهیه شده از باگاس تیمار شده با قارچ و کاغذهای حاصل از خمیر شاهد در سطح ۱درصد معنی‌دار می‌باشد. همان‌طوری‌که در شکل (۶) مشاهده می‌شود کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیرهای مربوط به باگاس تیمار شده با قارچ در اکثر تیمارها (به‌جز تیمارهای مربوط به زمان پخت ۱۵ دقیقه و قلیاییت ۱۴ و ۱۸ درصد) دوام در برابر تا شدن کمتری نسبت به کاغذهای حاصل از خمیر شاهد می‌باشد. ضمن اینکه با افزایش درصد قلیاییت این ویژگی در تمام تیمارها ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. به‌علاوه با افزایش زمان پخت این مقاومت در مورد کاغذهای حاصل از خمیرهای ناشی از باگاس تیمار شده کاهش و در مورد کاغذهای شاهد افزایش می‌یابد.

نتایج مربوط به مقاومت به ترکیدن (شکل ۷) نشان می‌دهند که این ویژگی در مورد اکثر تیمارهای مربوط به کاغذهای تهیه شده از خمیرهای حاصل از باگاس تیمار شده با قارچ نسبت به کاغذهای حاصل از خمیر شاهد افزایش یافته است (به‌جز تیمار مربوط به زمان پخت۱۲۰ دقیقه و قلیاییت ۱۴ درصد) و تفاوت بین آنها در سطح ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). به‌علاوه مشاهده می‌شود که با افزایش درصد قلیاییت این مقاومت در مورد کاغذهای ناشی از خمیر تیمار شده ابتدا افزایش و سپس کاهش و در مورد کاغذهای تهیه شده از خمیر شاهد دارای روندی متفاوت و برعکس می‌باشد. از این گذشته افزایش زمان پخت از ۱۵ به ۲۰ دقیقه اثر معنی‌داری بر روی این مقاومت کاغذهای حاصل از خمیرهای تیمار شده و شاهد نداشته است.

با بررسی میانگین مقاومت به کشش نمونه‌های آزمونی تهیه شده از کاغذهای حاصل از خمیر تیمار شده و شاهد (شکل ۸) ملاحظه می‌شود که تیمار قارچی در اکثر موارد باعث افزایش مقاومت به کشش کاغذهای تهیه شده گردیده است. به‌جز تیمار مربوط به زمان پخت ۱۵ دقیقه و قلیاییت ۱۴ درصد) و تفاوت آن با مقاومت به کشش کاغذهای حاصل از خمیر شاهد در سطح ۵درصد معنی‌دار است در جدول (۲) مشاهده می‌شود که با افزایش زمان پخت از ۱۵ به ۲۰ دقیقه مقاومت به کشش کاغذ ساخته شده از خمیر ناشی از باگاس تیمار شده افزایش، امادر مورد کاغذهای حاصل از خمیر شاهد کاهش یافته است، ضمن اینکه با افزایش درصد قلیاییت، مقاومت به کشش کاغذهای حاصل از خمیرهای تیمار شده و شاهد، تغییراتی با روند نامشخص داشته است.

## منابع

۱- سلیمی، بهمن، ۱۳۷۹. بیوپالپینگ (فناوری جدید برای تولید خمیر و کاغذ) سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- شفیعی نیا، عظیم، ۱۳۷۵. بررسی اثر کاتالیزور آنتراکینون بر ویژگی‌های خمیر و کاغذ در فرایند سودا با استفاده از باگاس، پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه تهران.

3-Behrendt, C.J., et al, 2000. Biomechanical Pulping with *Phlebiopsis Gigantea* Reduced Energy Consumption and Increased Paper Strength, TAPPI Journal, 83:(6) 65 Sept.

4-Chen, Y. R.Schmidt, E.L., Olsen, K.K., 1998. Effect of Compression of Green Wood Chips on Conidial Germination and Colonization of a Biopulping Fungus, Fanerochaete Chrysosporium, Wood and Fiber Science 30:(1) 18-26JAN.

5-Chen-Y.R., et al -1998, A Biopulping Fungus in Compression-Baled, Nonsterile Green Pine Chips Enhancing Kraft and refiner Pulping, wood and Fiber Science. 31: (4) 376-384..

6-Dejong, E.et al, 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..

7-Dorado, J., et al, 1999. Degradation of Lipophilic Wood Extractive Constituents in Pinus Sylvestris By the Whigte-Rot Fungi, Bjerkandera SP. And Trametes Versicolor, Wood Science and Technology 35:(1-2) 117-125.

8-Eriksson, K-E., 1990. Biotechnology in the Pulp and Paper Industry, Wood Science and Technology, 29, 79-101.

9-Farrell, R.L and Allison , R.W. 1997 Effect of Cartapip Preatreatment on the Kraft Pulping of radiate Pine, TAPPI Biological Seiences Symposium, OCT 19-23, San Francisco Marriott, San Francisco, CA, PP, 15-18.

10-Molina, J.G., Donoso, J.E., et al, 2000. Yield Increase with Softwood Kraft Biopulping, Wood Science and Technology,University of Chile.

11-Mosai, S., Wolfaardt, J.E., et al, 1999. Evaluation of Selected White-Rot Fungi for Biosulfite Pulping Bioresource Technology 68:(1) 89-93 APR.

12-Resalati, H. 1980. Comparison of the soda, Soda – AQ and Organosolv Process for the Delignification of Bagasse, University of Washington. 86PP.

13-Rita-Dhawan, Karira – B.G., 1992. Newsprint – grade Pulp Furnishes from Plantation Grown Eacalyptus in Admixture with bagasse. Indian Forester, 1992. 118: (9) 686-679.

14-Sabharwal, H.S., Akhtar, M. et al, TAPPI J. 1994. 77, PP 105-112.

15-Sykes, M., 1994. Environmental Compatibility of Effluents of aspen Biomechanical Pulps, TAPPI Journal 77: (1) 160-166 JAN.

16-Wall MB., et al, 1993. Biopulping Process Design and Kinetics, Biotechnology Advances 11: (3) 654-662.

# Bio – Soda Pulping of Bagasse

A. A. Enayati [1] B. Salimi[2]

**Abstract**

Sugar cane bagasse is an alternative non-wood source of fiber for producing various grades of paper. In this study, a biotechnological approach was employed applied as pretreatment to produce pulp from bagasse. Bagasse from Khouzestan was treated with selected white-rot fungus, namely *Ceriporiopsis subvermispora* L-14807 in non-sterile conditions (temperature=27° C and relative humidity = 85-90%) . Then, both pretreated and control samples were digested using 14,16 and 18% alkali for 15 and 20 min. It was found that as a result of fungal pretreatment, kappa number decreased significantly (from 23.7 to 20.9) while yield loss being also observed (from 58.7% to 55/9%). Meanwhile, the results also indicated that fungal pretreatment improved paper burst as well as tensile strength, but reduced folding endurance. Optimum bio-pulp (high burst and high tensile strength) could be obtained by cooking fungal pretreated bagasse fibers for 15 min at an alkali concentration of 16% .

**Keywords:** Sugar cane bagasse, Bio-soda pulping, Kappa number, Burst strength, Tensile strength, Folding endurance.

[1] *-Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran (E-mail: Aenayati@ut.ac.ir)*
[2] *-Former Gratuate student of Wood and paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*