

## تاثیر استفاده از آنزیم پروتکسین برای انبارش باگاس بر خواص خمیر و کاغذ

## چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تاثیر استفاده از آنزیم پروتکسین (Protexin) به عنوان یک پروبیوتیک برای تیمار باگاس جهت انبارش شش ماهه بر خواص کمی و کیفی باگاس انبار شده برای تولید خمیر کاغذ و کاغذ انجام شد. برای این منظور از آنزیم پروتکسین در سه غلظت ۰/۱۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد نسبت به وزن خشک باگاس در دو دوره زمانی یک‌بار تیمار (افزودن پروتکسین در ابتدا و ذخیره‌سازی به مدت شش ماه) و دوبار تیمار (افزودن پروتکسین در ابتدا و تکرار پس از سه ماه در طی مدت انبارش) انجام شد. سپس باگاس حاصل، از نظر خواص فیزیکی (افت وزن و pH) و ترکیبات شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت و در ادامه خمیر کاغذ سودا تحت قلیائیت ۱۷ درصد، دمای پخت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و مدت پخت ۳۰ دقیقه تهیه و خواص خمیر کاغذ و کاغذ آن اندازه‌گیری و با نمونه سبز و شاهد بدون تیمار مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهد دوبار استفاده آنزیم پروتکسین با غلظت ۰/۵ درصد بیشترین شرایط حفاظت از باگاس انبار شده در خصوص کیفیت ماده اولیه، خواص خمیر کاغذ و کاغذ تولیدی ایجاد کرد. در مجموع، هرچه غلظت و تعداد دفعات استفاده از آنزیم پروتکسین در انبارش باگاس بیشتر شود بهبود بیشتری در کیفیت باگاس، خمیر و کاغذ تولیدی حاصل خواهد شد.

**واژگان کلیدی:** انبارش باگاس، پروبیوتیک، آنزیم پروتکسین، خمیر کاغذ سودا، خواص فیزیکی و مکانیکی.

عزیزی موصول<sup>۱\*</sup>

احمد سواری<sup>۲</sup>

پژمان رضایتی چرانی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه مهندسی صنایع سلولزی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، ایران

<sup>۲</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، ایران

<sup>۳</sup> استادیار گروه مهندسی صنایع سلولزی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، ایران

مسئول مکاتبات:

[azizi1353@gmail.com](mailto:azizi1353@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۶

## مقدمه

تفاله نیشکر یا باگاس به دلیل داشتن ویژگی‌های ممتاز نظیر سهولت دسترسی، فراوانی و پایین بودن هزینه جمع‌آوری دارای پتانسیل مناسبی برای استفاده در صنعت خمیر و کاغذ است. در ایران بیش از ۶۰ هزار هکتار از اراضی استان خوزستان مزارع نیشکر است که دلالت بر توانایی بسیار خوب این منطقه در تامین ماده اولیه مورد نیاز کارخانجات مرتبط را دارد [۱]. اما به دلیل اینکه نیشکر یک گیاه فصلی است کارخانجات مرتبط مصرف کننده در فصول معینی از سال می‌توانند به باگاس تازه دسترسی

داشته باشند. در آب و هوای مناطق معتدل برداشت نیشکر معمولاً ۲ تا ۵ ماه به طول می‌انجامد. در ساختار نیشکر قندهای مزاحمی مثل رافینوز وجود دارد که مانع از استخراج کامل قندهای موجود در نیشکر می‌شود، این پدیده باعث می‌شود باگاس تازه حدود ۲ تا ۴ درصد ترکیبات قندی باقیمانده در ساختار خود داشته باشد. علاوه بر آن، برداشت نیشکر به دلیل دستیابی به بیشترین مقدار شکر، زمانی صورت می‌گیرد که ساختمان گیاه هنوز تکامل نیافته است [۲]، در نتیجه به دلیل عدم لیگنینی شدن کامل بافت ساقه و همچنین وجود شکر باقیمانده در

محصولات تولیدی بوده است [۷، ۱۴، ۱۵]. لذا انجام تحقیقات کاربردی در زمینه یافتن راهکارهای مفید برای انبارش باگاس در راستای نیاز صنایع مرتبط لازم بوده و در همین راستا در تحقیق حاضر تاثیر استفاده از آنزیم پروتکسین<sup>۲</sup> برای انبارش باگاس جهت ارزیابی اثرات آن بر خواص کمی و کیفی آن و همچنین خمیر کاغذ تولیدی به روش سودا و کاغذ حاصل از آن مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

### مواد

الیاف باگاس تازه از کارخانه کاغذسازی پارس، واقع در هفت تپه- خوزستان (که این شرکت‌ها باگاس مورد نیاز خود را از شرکت تولیدی توسعه نیشکر و صنایع جانبی تهیه می‌کنند) تهیه و به آزمایشگاه خمیر و کاغذ کارخانه منتقل شد. آنزیم پروتکسین به صورت پودر سفید در بسته بندی ۵۰۰ گرمی محصول شرکت بین المللی پروبیوتیک<sup>۳</sup> کشور انگلستان از طریق شرکت نیکوتک تهران تهیه شد. چسب نشاسته از شرکت پارس خوشه پرداز، الکل ۹۶ درصد از شرکت الکل سازی خرمشهر و سایر مواد لازم برای تعیین عدد کاپا و آنالیز شیمیایی از برند شرکت مرک آلمان استفاده شد.

### روش

نمونه باگاس تازه و مغزدايي شده به مدت یک هفته در فضای آزمایشگاه قرار گرفت تا به رطوبت تعادل با محیط برسند. سپس مقدار ۱۰۰۰ گرم باگاس (بر مبنای وزن خشک در خشک کن در دمای ۱۰۳ درجه سانتی گراد) برای هر نمونه انتخاب شد. در ادامه، آنزیم پروتکسین با غلظت‌های ۰/۱۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد بر مبنای وزن خشک باگاس در ۱ لیتر آب حل شد و با استفاده از آبپاش به صورت یکبار و دوبار (در فاصله زمانی ۳ ماهه) به نمونه‌ها پاشیده شد (شکل ۱). رطوبت تمام نمونه‌های باگاس در حدود ۵۰ درصد تنظیم گردید و برای یکسان بودن شرایط در بشکه‌های پلاستیکی ۲۰ لیتری سر بسته در محیط

آن، قارچ‌ها و باکتری‌ها باعث افت کیفیت باگاس در زمان انبار آن می‌شوند [۳-۵]. برای کاهش آسیب‌های ناشی از عوامل مخرب زنده در دوره انبارش، روش‌های مختلفی علاوه بر مغزدايي از جمله انبارش تر و انبارش خشک [۴، ۶، ۷] و فرایند ریتر [۲، ۸، ۹] گزارش شده است.

انبارداری باگاس به روش ریتر<sup>۱</sup> اولین بار توسط ارنست ریتر در سال ۱۹۶۴ میلادی در کارخانه لادسمای<sup>۲</sup> آرژانتین انجام شد که از طریق کاهش اثرات حمله میکروارگانیسم‌ها موجب حفظ کیفیت باگاس و در نتیجه محصول نهایی شد [۲، ۸، ۹]. از محدودیتهای این روش به مصرف آب، خروج شیرابه و بوی نامطلوب در توده ذخیره شده اشاره شده است [۱۰]. این روش در ایران نیز در سالهای ۱۳۵۴-۱۳۴۹ توسط یک کارشناس آلمانی به نام مستر میولیک به صورت کاملاً محرمانه در کاغذ پارس مورد استفاده قرار گرفت ولی به دلیل عدم آموزش و انتقال دانش فنی به کارشناسان، بعد از رفتن کارشناس آلمانی متوقف شد [۱۱]. این فرآیند بر اساس استفاده از باکتریها به عنوان میکروارگانیسم‌های مفید که نوعی پروبیوتیک محسوب می‌شوند در حالت غنی شده با ملاس و پاشیدن آن به منطقه انبار باگاس است که نگهداری طولانی مدت باگاس را ممکن می‌سازد [۲، ۸، ۹]. در این روش از باکتری‌های تولید کننده اسید استفاده می‌شود که با مصرف باقیمانده قندها در باگاس ترکیبات اسیدی مثل اسید لاکتیک تولید کرده و محیط را اسیدی می‌کنند [۱۲، ۱۳]. پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که وقتی در مقادیر کافی استفاده شوند مزایای مناسبی از جمله کنترل دیگر میکروارگانیسم‌های مضر برای میزبان خود دارند [۲]. از طرفی پروتکسین یک پروبیوتیک چند-نژادی مورد استفاده در خوراک ماکیان است. این پروبیوتیک جزء دوستانه‌ترین باکتری‌هایی محسوب می‌شود که شامل باکتری‌های مفید دستگاه گوارش بوده [۱۲] و می‌تواند برای استفاده در انبارش باگاس در فرایند ریتر مورد بررسی قرار گیرد. از طرف دیگر متاسفانه در کشور مطالعات چندانی در خصوص روش‌های مناسب ذخیره‌سازی باگاس انجام نشده است و بیشتر پژوهش‌ها در زمینه اثرات ذخیره‌سازی متداول بر خواص باگاس و

<sup>۲</sup> Protexin

<sup>۳</sup> Probiotic International Ltd.

<sup>۱</sup> Ritter



باگاس ذخیره شده به‌ویژه در شرایط دوبار تیمار داشته است.

### افت وزن توده باگاس

شکل ۲ (ب) درصد افت وزن توده باگاس انبار شده را در بازه زمانی شش ماه نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج، باگاس انبار شده بدون تیمار دارای بیشترین افت (۲۰/۷۰ درصد) در وزن باگاس بود و تیمار آنزیمی باگاس باعث کاهش افت وزنی باگاس شده است. در این زمینه، افزایش غلظت آنزیم و تعداد مراحل استفاده (یکبار و دوبار) به طور معنی‌داری باعث کاهش افت وزن باگاس شده است، به‌طوریکه دو مرحله استفاده از آنزیم پروتکسین با غلظت ۰/۵ درصد باعث کمترین افت (۱۳/۹ درصد) در وزن باگاس شد. عامل اصلی تخریب باگاس در طول ذخیره-سازی ناشی از اثرات میکروارگانیسم‌های مخرب گزارش شده است که در شرایط هوازی ضمن حمله به توده باگاس باعث افت وزن می‌شوند [۵]. فعالیت این میکروارگانیسم‌های تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله درجه حرارت، pH و میزان اکسیژن در دسترس می‌باشد [۱۸]. آنزیم پروتکسین به دلیل داشتن باکتری‌های مفید تولیدکننده اسید لاکتیک [۱۲] می‌تواند به‌عنوان یک پروبیوتیک عمل کند. همان‌طور که گفته شد مواد پروبیوتیک در صورت افزودن به باگاس ضمن مصرف قندهای باقیمانده در آن، با ایجاد محیط اسیدی و شرایط بی‌هوازی مانع یا موجب کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌های مخرب و نامطلوب می‌شوند [۸]. به عبارتی، با افزایش درصد پروتکسین، درصد افت وزنی باگاس انبار شده کاهش یافته است که می‌تواند نشان از مفید بودن آنزیم پروتکسین از طریق جلوگیری از فعالیت عوامل مخرب قلمداد شود.

که هر دو فاکتور (درصد استفاده و مراحل استفاده از آنزیم) و همچنین اثر متقابل آنها دارای تاثیر معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر کاهش مواد استخراجی باگاس بود. کاهش محسوس‌تر مواد استخراجی می‌تواند به دلیل اثر شرایط اسیدی حاصل از فعالیت آنزیم از طریق مصرف قندهای باقیمانده در باگاس باشد [۸، ۱۹]. عموماً زیاد بودن مواد استخراجی در اثر مصرف بخشی از مواد شیمیایی در فرآیند پخت خمیرکاغذ باعث افزایش هزینه تولید می‌شود که کاهش آن از طریق ذخیره‌سازی باگاس بخصوص تیمار با آنزیم می‌تواند به‌عنوان یک امتیاز مثبت تلقی گردد.

### سلولز

مقدار سلولز در باگاس تیمار نشده پس از انبارش شش ماهه، به طور نسبی کاهش یافت. این روند با نتایج حاصل از تحقیقات خلیلیان و همکاران (۱۳۹۶) همخوانی دارد (شکل ۲ (ت)). کاهش درصد سلولز در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌های مخرب توسط دیگران نیز گزارش شده است [۵]. تیمار با آنزیم پروتکسین در غلظت‌های بیشتر و اعمال دوباره آن باعث حفظ مقدار بیشتری از سلولز در طول انبار باگاس شد. البته قابل ذکر است که افزایش درصدی سلولز به تناسب کاهش درصدی مواد استخراجی باگاس تیمار شده با آنزیم در مقایسه با باگاس سبز می‌تواند بیانگر ثابت ماندن مقدار سلولز در اثر نقش حفاظتی آنزیم باشد. این اثر با توجه به اینکه سلولز مهم‌ترین جزء تشکیل دهنده دیواره الیاف یا اسکلت آنها محسوب می‌شود و تعیین کننده ویژگی‌های گیاه از نظر کاغذسازی است، دارای اهمیت است [۲۰].

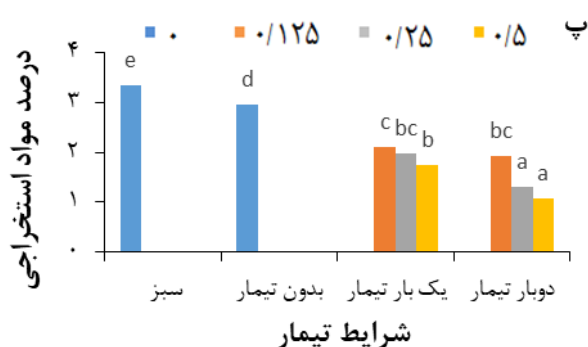
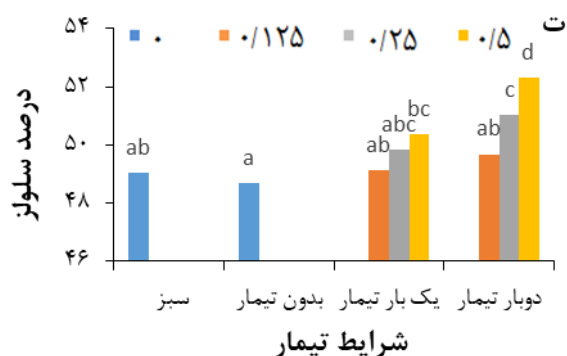
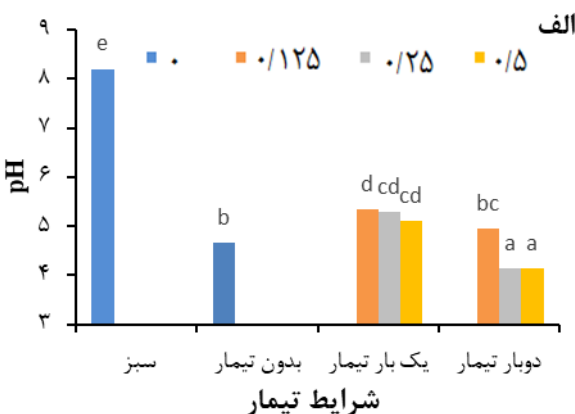
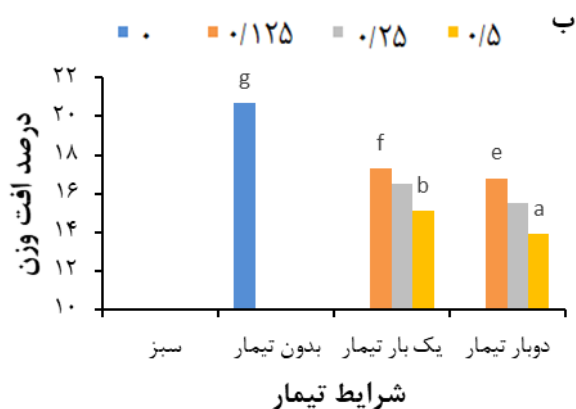
### همی سلولز

همی سلولز یکی دیگر از ترکیبات اصلی باگاس است که به دلیل طبع آبدوستی خود در زمان پخت باگاس و پالایش خمیرکاغذ با جذب آب و متورم شدن باعث بهبود تشکیل ورق می‌شود [۲۱]. درصد همی سلولز باگاس تازه تیمار نشده نیز مشابه سلولز، طی انبارش شش ماهه کاهش یافت. اما استفاده از آنزیم پروتکسین از کاهش شدید آن جلوگیری شد (شکل ۳ الف)). نتایج تجزیه

### مواد استخراجی

باگاس سبز دارای بیشترین درصد (۳/۳۳) ماده استخراجی بود (شکل ۲ (پ)). با ذخیره باگاس مواد استخراجی آن کاهش یافت. در صورت استفاده از آنزیم کاهش مواد استخراجی چشمگیر بود به‌طوری‌که باگاس دوبار تیمار شده با آنزیم غلظت ۰/۵ درصد دارای کمترین درصد مواد استخراجی (۱/۰۸) بود. ارزیابی آماری نشان داد

طی یک بار و نیز ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد طی دو بار تیمار تاثیر آنزیم در جلوگیری از افت همی سلولز معنی دار بوده است.



شکل ۲- تاثیر غلظت و دفعات تیمار باگاس با آنزیم پروتکسین بر pH (الف)، درصد افت وزن (ب)، مواد استخراجی (پ) و درصد سلولز (ت) توده باگاس

بیشتر به حفظ سلولز و همی سلولز در طول انبارش باعث کاهش سهم لیگنین در نمونه ها شده است (شکل ۳ ب)). نتایج تجزیه واریانس نشان می دهد غلظت و مراحل استفاده از آنزیم تاثیر معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد داشتند. قابل ذکر است که هر چقدر درصد لیگنین در ماده لیگنوسلولزی کمتر باشد شاهد تسهیل فرآیند پخت همراه با راندمان بیشتر و مسایل زیست محیطی کمتر خواهد بود [۲۰].

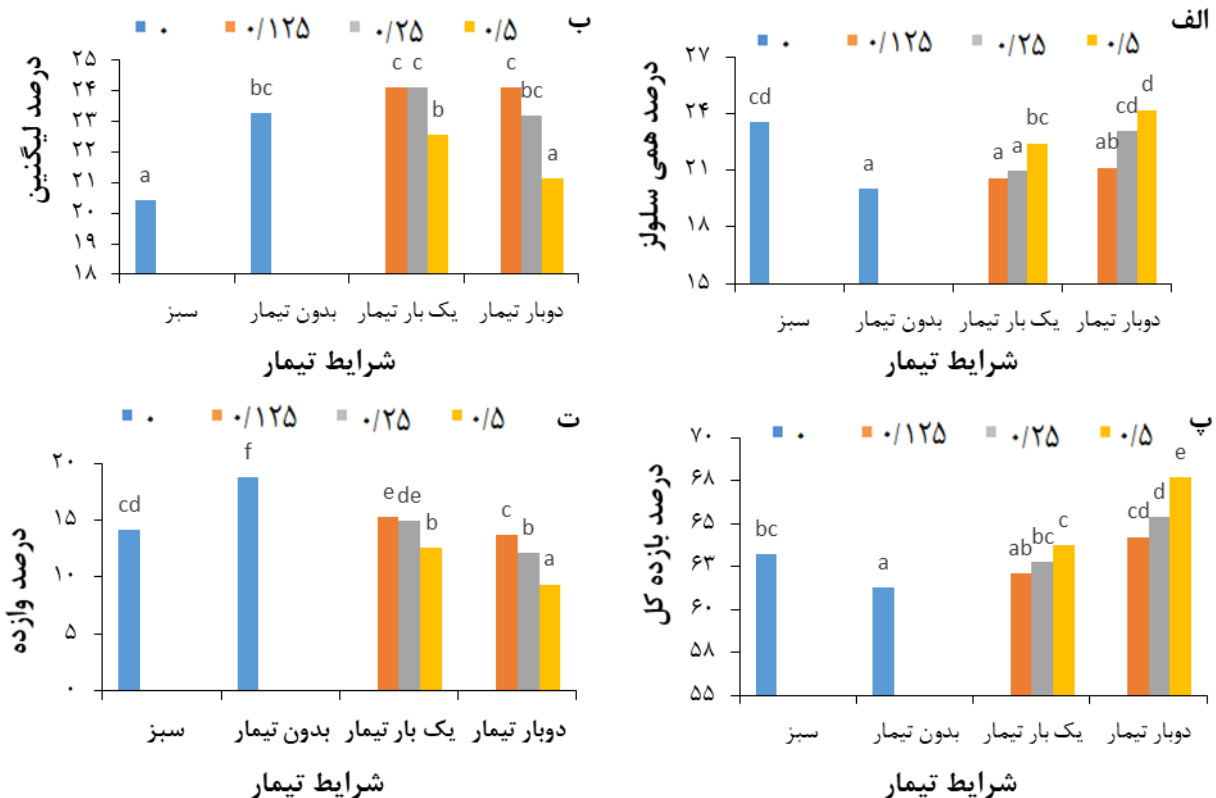
بازده کل خمیر کاغذ (خمیر کاغذ غربال نشده) بازده کل خمیر کاغذ سودای باگاس تازه ۶۳/۱۹ درصد برای مبنای وزن خشک اولیه بود که پس از انبارش بدون

#### لیگنین

مقدار لیگنین باگاس تازه ۲۰/۴۴ درصد بود که با انبارش آن به مدت شش ماه درصد لیگنین نه تنها کاهش نیافته است بلکه باعث افزایش به ۲۳/۲۷ درصدی نیز شده است (شکل ۳ ب)). این تغییرات، ممکن است به دلیل مقاومت لیگنین در مقابل حمله میکروارگانیسم ها [۱۴، ۲۲]، مصرف قندهای باقیمانده در باگاس [۸]، کاهش سلولز (از ۵۰/۰۶ به ۴۸/۶۷ درصد)، همی سلولز (از ۲۳/۵۹ به ۲۰/۰۵ درصد) و به ویژه مواد استخراجی (از ۳/۳۳ به ۲/۹۴ درصد) باشد که منتهی به افزایش معنی داری در سهم لیگنین باقیمانده شده است (شکل ۳). در مقایسه با نمونه تیمار نشده، استفاده از آنزیم به دلیل کمک

داشته‌اند. باگاس یک بار تیمار شده با ۰/۲۵ درصد آنزیم پس از شش ماه انبارش دارای راندمان مشابه با باگاس تازه بود. بازده باگاس دوبار تیمار شده نیز به‌طور معنی‌داری بیشتر از باگاس تازه به‌دست آمد. این نتایج می‌تواند به دلیل نقش حفاظتی آنزیم پروتکسین به‌عنوان یک پروبیوتیک، در ایجاد یک محیط بی‌هوازی با قابلیت کاهش رشد و توسعه میکروارگانیسم‌های نامطلوب، باعث حفاظت حداکثری از باگاس در برابر تخریب لیاف در طول ذخیره سازی شود [۸، ۹].

تیمار، خمیرکاغذی با بازده کمتر (۶۱/۲۶ درصد) تولید نمود (شکل ۳ (پ)) که بر اساس تحقیقات قبلی به‌دلیل تخریب فیزیکی و شیمیایی باگاس ذخیره شده در اثر حمله میکروارگانیسم‌های مخرب است [۳]. اما استفاده از آنزیم پروتکسین با غلظت‌های مختلف (۰/۱۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد) و تعداد مراحل تیمار (یکبار و دوبار) باعث افزایش بازده کل خمیرکاغذهای حاصل از باگاس‌های تیمار شده گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد استفاده و مراحل استفاده از آنزیم تاثیر معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر بازده کل خمیر تیمار شده



شکل ۳- تاثیر غلظت و دفعات تیمار باگاس با آنزیم پروتکسین بر درصد همی سلولوز (الف)، لیگنین (ب) توده باگاس، و بازده کل (پ) و درصد وازده (ت) خمیر کاغذ سودا قهوه‌ای حاصل از آن

باشد [۱۴، ۲۲] که منجر به پخت ناقص باگاس به‌صورت لیاف به‌هم پیوسته و افزایش وازده در خمیرکاغذ شود [۲۳]. اما استفاده از آنزیم پروتکسین با غلظت‌های مختلف (۰/۱۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد) و تعداد مراحل تیمار (یکبار و دوبار) باعث کاهش وازده خمیرکاغذهای حاصل از باگاس‌های تیمار شده است. نتایج تجزیه واریانس بازده کل نیز نشان داد هر دو عامل یاد شده تاثیر معنی‌داری در

### وازده خمیر کاغذ

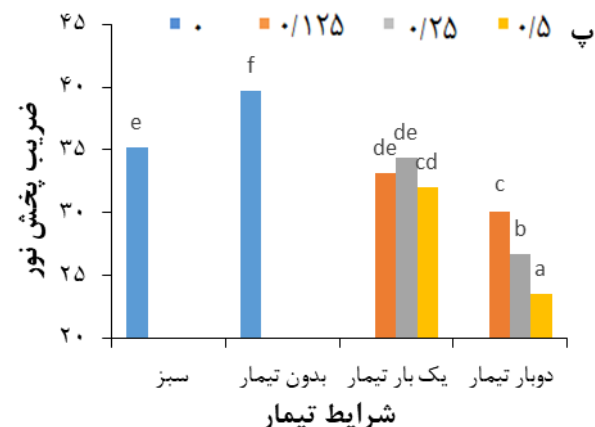
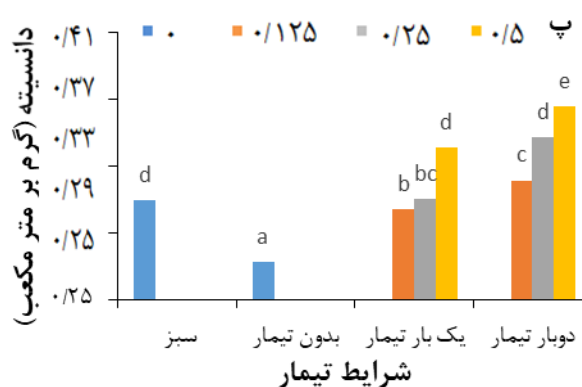
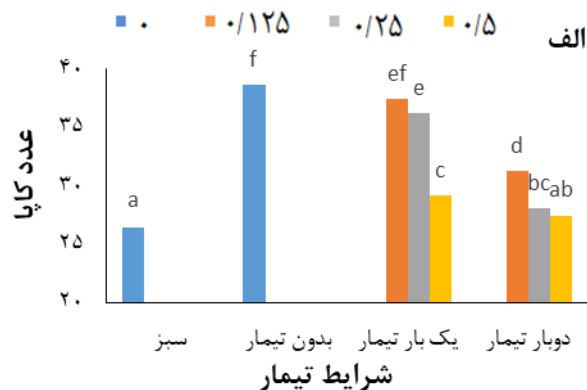
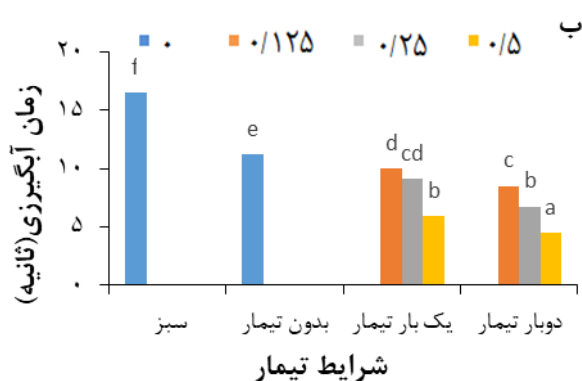
شکل ۳ (ت) نشان می‌دهد خمیرکاغذ باگاس تازه دارای ۱۴/۱۲ درصد وازده بر مبنای وزن خشک می‌باشد. با انبارش باگاس به مدت شش ماه مقدار وازده به ۱۸/۷۵ درصد افزایش یافت. این افزایش، می‌تواند به‌دلیل مقاومت و پایداری بهتر لیگنین در مقابل این میکروارگانیسم‌ها و افزایش سهم لیگنین در باگاس ذخیره شده تیمار شده

خمیرکاغذهای حاصل از باگاس‌های تیمارشده گردید. نتایج تجزیه واریانس نیز نشان داد که عوامل فوق و همچنین اثر متقابل آنها تاثیر معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر عدد کاپا خمیرکاغذ تیمارشده داشت. با توجه به اینکه عدد کاپا شاخصی برای بیان لیگنین باقیمانده در خمیرکاغذ است، افزایش لیگنین باگاس موجب پخت محدودتر باگاس و نتیجه تولید خمیرکاغذی با عدد کاپا بیشتر از باگاس تیمار نشده می‌شود. با توجه به افزایش سهم سلولز و همی‌سلولز در اثر نقش حفاظتی آنزیم پروتکسین در باگاس تیمارشده، سهم لیگنین کاهش یافته که در نتیجه پخت نیز خمیرکاغذی با عدد کاپا کمتر به دست آمده است.

سطح اطمینان ۹۵ درصد بر وازده خمیرکاغذ داشته‌اند. استفاده از آنزیم پروتکسین به دلیل کمک به حفظ سلولز و همی‌سلولز و کاهش درصد مواد استخراجی و لیگنین در طی انبارش، سبب پخت راحت‌تر و ساده‌تر همراه با راندمان بیشتر و وازده کمتر در خمیرکاغذ تولیدی خواهد شد [۲۰].

### عدد کاپا

شکل ۴ (الف) عدد کاپا خمیرکاغذ سودا از باگاس تازه و انبارشده را نشان می‌دهد که در خمیرکاغذ سودا باگاس تازه ۲۶/۳۹ بود و بعد از انبارش به مدت شش ماه به ۳۸/۶۳ رسید. اما استفاده از آنزیم پروتکسین با غلظت‌های مختلف و تعداد مراحل تیمار باعث کاهش عدد کاپا



شکل ۴- تاثیر غلظت و دفعات تیمار باگاس با آنزیم پروتکسین بر عدد کاپا (الف)، زمان آبیگری (ب) خمیرکاغذ سودا قهوه‌ای باگاس، ضریب پخش نور (پ) و دانسیته (ت) کاغذ حاصل از آن

خمیرکاغذ باگاس تازه ۱۶/۵۱ ثانیه بود که با ذخیره‌سازی بدون تیمار باگاس به مدت شش ماه زمان آبیگری از خمیرکاغذ کاهش یافته و به ۱۱/۲۴ ثانیه رسید. همچنین

### زمان آبیگری خمیرکاغذ

شکل ۴ (ب) زمان آبیگری از خمیرکاغذ سودا باگاس تازه و انبار شده را نشان می‌دهد. زمان آبیگری از



### دانسیته کاغذ

دانسیته کاغذهای ۸۰ گرمی ساخته شده از خمیر کاغذ سودا باگاس تازه ۰/۳۲۴ گرم برسانتی متر مکعب بود که با ذخیره سازی باگاس به مدت شش ماه دانسیته کاهش یافته و به ۰/۲۷۸ گرم برسانتی متر مکعب رسید (شکل ۴ (ت)). اما استفاده از آنزیم پروتکسین با غلظت‌های مختلف و تعداد مراحل تیمار باعث افزایش دانسیته کاغذهای حاصل از باگاس‌های تیمار شده شود. نتایج تجزیه واریانس دانسیته کاغذ بر دلالت بر تاثیر معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد که هر دو عامل بود. قبلاً ذکر گردید در اثر انبارش بدون تیمار باگاس، می‌توان انتظار انعطاف-پذیری ضعیف‌تر و خلل و فرج بیشتر در زمان تشکیل ورق و به تبع آن دانسیته کمتر را داشت [۲۳، ۲۵]. بر عکس به دلیل نقش حفاظتی آنزیم پروتکسین در دوره انبارش انتظار انعطاف‌پذیری بهتر الیاف و در نتیجه تشکیل ورقه با دانسیته بیشتر را داشت [۲۶، ۲۷].

### مقاومت به پارگی

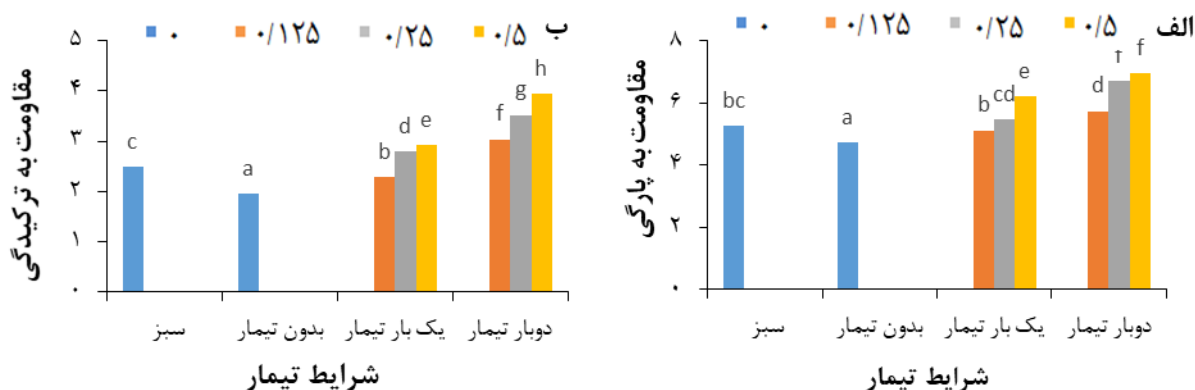
مقاومت به پارگی کاغذ دست‌ساز حاصل از باگاس تازه ۵/۲۶ میلی‌نیوتن‌مترمربع بر گرم بود که با ذخیره سازی باگاس به مدت شش ماه بدون تیمار کاهش یافته و به ۴/۷۳ میلی‌نیوتن‌مترمربع بر گرم رسید (شکل ۵ (الف)). استفاده از آنزیم با درصدهای مختلف پروتکسین و تعداد مراحل تیمار باعث بهبود مقاومت به پارگی کاغذهای ساخته شده از باگاس‌های تیمار شده گردید و نتایج تجزیه واریانس مقاومت به پارگی نیز دلالت بر معنی داری تاثیر درصد استفاده و مراحل استفاده از آنزیم و نیز اثر متقابل آنها در سطح اطمینان ۹۵ درصد داشت. مقاومت به پارگی در درجه نخست به طول الیاف، و مقاومت خود الیاف و در درجه دوم به پیوند بین الیاف بستگی دارد [۲۶]. به دلیل اینکه میکروارگانیزم‌های مضر هنگام انبارش بدون تیمار باگاس موجب آسیب به الیاف می‌شوند کاهش مقاومت به پارگی قابل توجه خواهد بود. در عوض با توجه به نقش حفاظتی آنزیم در جلوگیری از آسیب الیاف و تسهیل فرآیند پخت که از افزایش بازده پخت نتیجه‌گیری می‌شود، می‌توان انتظار تولید کاغذی با خواص مقاومتی بیشتر از جمله مقاومت به پارگی را داشت.

استفاده از غلظت‌های مختلف آنزیم پروتکسین و تعداد مراحل تیمار باعث کاهش زمان آبیگری از خمیر کاغذ حاصل از باگاس‌های تیمار شده شد و نتایج تجزیه واریانس زمان آبیگری خمیر کاغذ نشان داد که هر دو عامل یعنی درصد استفاده و مراحل استفاده از آنزیم دارای تاثیر معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر زمان آبیگری از خمیر کاغذ تیمار شده داشتند. در اثر مصرف قند، جدا شدن پیتها و نرمه‌ها از باگاس در انبارش باگاس برای مدت شش ماه، سبب کاهش زمان آبیگری به دلیل سطح تماس کمتر و تسهیل امکان خروج آب از خمیر کاغذ می‌شود [۲۳، ۲۴] که از منظر سرعت تولید ماشین کاغذ می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

### ضریب پخش نور کاغذ

ضریب پخش کاغذ ۸۰ گرمی دست‌ساز حاصل از باگاس تازه ۳۵/۱۶ بود (شکل ۴ (پ)) که در مورد کاغذ حاصل از خمیر کاغذ تولیدی از باگاس انبار شده به مدت شش ماه به ۳۹/۷۲ افزایش یافته است. اما استفاده از غلظت‌های بیشتر آنزیم پروتکسین و تعداد مراحل تیمار باعث کاهش ضریب پخش کاغذ-های حاصل از باگاس‌های تیمار شده است و نتایج تجزیه واریانس نتایج نشان داد که هر دو عامل و همچنین اثر متقابل آنها تاثیر معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارد. همانطور که قبلاً ذکر گردید در اثر انبارش بدون تیمار باگاس و اثرات مخرب میکروارگانیزم‌های مضر، سهم لیگنین افزایش و به تبع آن کاهش سهم سلولز و همی سلولز آن [۱۴، ۲۲] می‌توان انتظار کاهش انعطاف‌پذیری و افزایش خلل و فرج در زمان تشکیل ورق و به تبع آن ضریب پخش بیشتر کاغذ را داشت [۲۳، ۲۵]. در عوض، به دلیل نقش مثبت آنزیم پروتکسین در دوره ذخیره سازی ضمن کاهش مواد استخراجی که منجر به افزایش سهم درصد سلولز و همی سلولز می‌شود می‌توان انتظار تولید کاغذی با انعطاف‌پذیری بهتر و ضریب پخش کمتر را داشت. چرا که ضریب پخش نور به طور غیر مستقیم بیانگر شاخصی از سطح تماس اجزا تشکیل دهنده کاغذ است [۲۶].





شکل ۵- تاثیر غلظت و دفعات تیمار باگاس با آنزیم پروتکسین بر مقاومت به پارگی (الف) و مقاومت به ترکیب کاغذ حاصل از خمیر کاغذ سودا قهوه ای باگاس

از باگاس مجبور به انبارش حجم انبوهی از آن شده که متأسفانه این مواد در طول دوره انبارش به دلیل تاثیر قرار گرفتن میکروارگانیسم‌های مخرب، دچار افت شدیدی از لحاظ کمی و کیفی می‌شوند که بر فرآیند استفاده و کیفیت محصولات تولیدی اثر منفی دارد، لذا نگهداری و انبارش مناسب باگاس ضروری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. استفاده از آنزیم پروتکسین به‌عنوان یک پروبیوتیک می‌تواند نقش موثری برای رسیدن به این هدف ایفاء کند. بر اساس نتایج این تحقیق استفاده از آنزیم پروتکسین در درصدهای مختلف مثلاً ۰/۱۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد و دفعات استفاده در طول دوره انبارش (یکبار یا دوبار) می‌تواند ضمن جلوگیری از آسیب میکروارگانیسم‌ها، با کاهش برخی منابع قندی و مواد استخراجی به تسهیل فرایند پخت باگاس کمک نماید و هرچه غلظت و تعداد دفعات استفاده از آنزیم بیشتر شود بهبود بیشتری در کیفیت باگاس، خمیر و کاغذ تولیدی می‌شود. برای توصیه نتایج این پژوهش به صنایع مرتبط ضرورت دارد بررسی جامع تری در مقیاس نیمه‌صنعتی و صنعتی انجام گیرد.

### سپاسگزاری

نویسندگان کمال تشکر خود را از صنایع کاغذ پارس برای همکاری و مساعدت در تهیه باگاس و انجام آزمایشات مربوطه اعلام می‌دارد.

### مقاومت به ترکیب

کاغذ دست ساز ۸۰ گرمی حاصل از خمیر کاغذ باگاس تازه دارای مقاومت به ترکیب ۲/۴۹ کیلوپاسکال مترمربع بر گرم بود که با ذخیره سازی باگاس به مدت شش ماه به ۱/۹۶ کیلوپاسکال مترمربع برگرم کاهش یافت (شکل ۵ (ب)). اما استفاده از آنزیم پروتکسین با درصدهای مختلف و تعداد مراحل تیمار باعث بهبود مقاومت به ترکیب کاغذهای ساخته شده از باگاس‌های تیمار شده مشابه مقاومت به پارگی شد و نتایج تجزیه واریانس مقاومت به ترکیب نیز مشابه مقاومت به پارگی نشان داد که هر دو عامل یعنی درصد استفاده و مراحل استفاده از آنزیم و نیز اثر متقابل آنها دارای تاثیر معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر مقاومت به ترکیب کاغذهای حاصل از باگاس تیمار شده با آنزیم پروتکسین داشت. از آنجایی که مقاومت به ترکیب به دو عامل طول الیاف و پیوند بین الیاف بستگی دارد پیوند بین الیاف بیشتر مقاومت به ترکیب را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۲۸]. از طرف دیگر استفاده از آنزیم پروتکسین منجر به بهبود بازده و کاهش وزده خمیر کاغذ شده که در ادامه با تولید کاغذی با دانسیته بیشتر و انعطاف‌پذیری بهتر ورقه کاغذ که کاهش ضریب پخش نور آن را تایید می‌کند موجب بهبود پیوند بین الیاف در ساختار ورق کاغذ و در نتیجه افزایش مقاومت به ترکیب کاغذهای حاصل شده‌اند [۲۶، ۲۷].

### نتیجه‌گیری

با توجه به فصلی بودن برداشت باگاس و عدم دسترسی در طول سال، واحدهای صنعتی استفاده‌کننده

- [1] Chavooshi, A., Bahmani, A.A., Darijani, A., Mootab Saei, A., Mehrabi, E. and Gholipour, M., 2012. The role of wood and paper industries management of Iran in sustainable development. *Conservation and Utilization of Natural Resources*, 1(3):79-95.
- [2] Atchison, J.E., 1971. Modern methods of purchasing, handling, storage and preservation of bagasse-Major advances in the sixties. Report of Tappi Non-Wood Plant Fibers Committee, p 5-29.
- [3] Ramaswamy, V., Ramanathan, T. and Venkataraman, T., 1989. Role of fungi in the biodegradation of wet pile stored bagasse under tropical conditions. *TAPPI pulping conference*, 803-806.
- [4] Purchase, B., Rosettenstein, S. and Bezuidenhout, D.J.I.S.J., 2014. Challenges and potential solutions for storage of large quantities of bagasse for power generation. 116:592-602.
- [5] Lois-Correa, J., Flores-Vela, A., Ortega-Grimaldo, D. and Berman-Delgado, J., 2010. Experimental evaluation of sugar cane bagasse storage in bales system. *Applied research and technology*, 8(3):365-375.
- [6] Adam, A.B.A., Basta, A.H. and El-Saied, H., 2012. Properties of medium-density fiberboards from bagasse digested with different retention times. *Forest products*, 62(5):400-405.
- [7] Habibi, M., Jahan Latibari, A. and Mahdavi, S., 2017. The effect of moisture content and storage time of bagasse on particleboard physical and mechanical properties. *Scientific journal management system*. 32:541-552.
- [8] Salabar, M.J. and Francisco, M.R., 1970. Ritter biological treatment process for bagasse bulk storage. Tappi, Atlanta, Georgia,. Progress report No.2.
- [9] Sharma, H.J.I.B., 1987. Studies on chemical and enzyme retting of flax on a semi-industrial scale and analysis of the effluents for their physico-chemical components, 23(6):329-342.
- [10] Sharma, H.S.S. and Van Sumere, C.F., 1992. Enzyme treatment of flax. *Genetic Engineering and Biotechnology*, 12:19-23.
- [11] Mossello, A.A., 2017. Reiter process for storing bagasse, in National Conference on knowledge and innovation in the wood and paper industry with an environmental approach. Karaj, Iran, (In Persian).
- [12] Hossein, I.A., Oraj, H., Yegane, S. and Shahabi, H., 2014. The effect of probiotic bacterium on growth performance, blood parameters and some serum parameters in Caspian salmon (*Salmo Caspius*). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 23:35-44.
- [13] Tabari, F., 2012. Bagasse as a resource with potential which is lost, The first national congress of plan supply of raw materials and the development of wood and paper Industry in 1404, Tehran, p. 157-171.
- [14] Joonobi, M., Salehpour, S., Araznia, Z. and Hamzeh, Y., 2016. Investigation on the effect of storage time on color and chemical compositions of bagasse particleboard, *Wood and paper science research*, 31(1):58-66.
- [15] Khalilian Shalamzari, M., Sadat Nia, M.A. and Pirayesh, H.R. 2017. The effects of natural weathering on different properties of paper made in Pars factory. *Scientific Journal Management System*, 32:509-517.
- [16] Wise, L.E., Murphy, M. and D'adioco, A., 1946. A chlorite holocellulose, its fractionation and bearing on summative wood analysis and studies on the hemicelluloses. *Paper Trade J.*, 122:35-43.
- [17] Young, R.A. 1997. Processing of agro-based resources into pulp and paper, *Composites from agro-based resources.*, Crc Press/Lewis Publishers, New York.

- [18] Singh, N., 2007. Influence of fungal diversity and production of cellulolytic enzymes on decay of stored bagasse., University of Pretoria.
- [19] Luz, S.M.D., Goncalves, A.R. and Del'Arco Jr, A.P., 2007. Mechanical behavior and microstructural analysis of sugarcane bagasse fibers reinforced polypropylene composites. *Composites Part A: applied science and manufacturing*, 38(6):1455-1461.
- [20] Rodríguez, A., Moral, A., Serrano, L., Labidi, J. and Jiménez, L.J.B.T., 2008. Rice straw pulp obtained by using various methods. 99:2881-2886.
- [21] Biermann, C.J., 1996. *Handbook of pulping and papermaking*. Elsevier.
- [22] Kim, M., Aita, G. and Day, D.F., 2010. Compositional changes in sugarcane bagasse on low temperature, long-term diluted ammonia treatment. *Applied biochemistry and biotechnology*, 161(1-8):34-40.
- [23] Mossello, A.A., Harun, J., Resalati, H., Ibrahim, R., Shams, S.R.F. and Tahir, P.M., 2010. New approach to use of kenaf for paper and paperboard production. *BioResources*, 5(4):2112-2122.
- [24] Villar, J.C., Revilla, E., Gómez, N., Carbajo, J.M. and Simón, J.L., 2009. Improving the use of kenaf for kraft pulping by using mixtures of bast and core fibers. *Industrial crops and products*, 29(2-3): 301-307.
- [25] Seth, R.S., 2001. The difference between never-dried and dried chemical pulps. *Tappi conference proceedings*, 1(1).
- [26] Page, D. H. and MacLeod, J.M., 1992. Fiber strength and its impact on tear strength. *Tappi journal*, 75(1): 172-174.
- [27] Mohta, D.C., Roy, D.N. and Whiting, P., 2004. Refiner mechanical pulp from kenaf for newsprint manufacture. *Tappi journal*, 3(4):9-14.
- [28] Clark, J.D.A., 1978. *Pulp technology and treatment for paper*. Pulp technology and treatment for paper. 848 p.
- [29] CE., B., 1981. *Properties of paper*. Pulp and paper, chemistry and chemical technology. JP Casey, Ed., New York, NY.

## The effect of protexin enzyme for bagasse storage on pulp and paper properties

### Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of using the protexin enzyme (percentage and repetition) as a probiotic agent on the properties of stored bagasse for pulp and paper production. For this purpose, the protexin was added at three concentrations of %0.125, %0.25 and %0.5 based on oven-dry weight of bagasse and two treatment times: once (adding protexin at the beginning and storage for six months) and twice (adding protexin at the beginning and after three months). Then, the treatment bagasse was evaluated for physical properties (weight loss and pH), and chemical compositions. After that, soda pulp was done under active alkali 17%, cooking temperature of 170 °C and cooking time of 30 minutes. Finally, the properties of pulp and paper were measured and compared with green and control samples without treatment. Results showed that using of protexin enzyme with a concentration of 0.5%, twice resulted in the highest conservation status of stored bagasse in terms of the quality of the raw material and pulp and paper properties. In general, the greater the concentration and frequency of using of the enzyme protexin in bagasse storage, a greater improvement in the quality of bagasse and pulp and paper properties can be achieved.

**Keywords:** bagasse storage, probiotic, protexin enzyme, soda pulp, pulp and paper properties.

**A. Azizi Mossello**<sup>1\*</sup>  
**A. Savari**<sup>2</sup>  
**P. Rezayati-Charani**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Assistant prof., Department of cellulose technology engineering, Natural resources faculty, Behbahan Khatam Alanbia university of technology, Behbahan, Iran

<sup>2</sup> Graduated Master of pulp and paper technology, Department of cellulose technology engineering, natural resources faculty, Behbahan Khatam Alanbia university of technology, Behbahan

<sup>3</sup> Assistant prof., Department of cellulose technology engineering, natural resources faculty, Behbahan Khatam Alanbia university of technology, Behbahan, Iran

Corresponding author:  
[Azizi1353@gmail.com](mailto:Azizi1353@gmail.com)

Received: 2019/06/01  
Accepted: 2019/07/07