

بررسی امکان تولید خمیر و کاغذ از علف‌های هرز

چکیده

افزایش روزافزون مصرف فرآورده‌های کاغذی از یک طرف و محدودیت منابع چوبی از طرف دیگر، ضرورت توجه به منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی را بیش از پیش آشکار می‌سازد. در این پژوهش، امکان تولید خمیر کاغذ و کاغذ از سه گونه گیاهی بومی منطقه اردبیل بانام‌های تاتاری، توق و پایپروس با نام‌های علمی *Carduus pycnocephalus* و *Xanthium spinosum L* مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا درصد اجزا شیمیایی شامل مواد استخراجی، سلولز و لیگنین تعیین و سپس پارمترهای خمیر و کاغذ حاصل از گونه‌ها اعم از میزان بازده غربال، وازد، عدد کاپا، ویژگی‌های فیزیکی، مقاومتی و نوری ارزیابی شدند. بر اساس نتایج به دست آمده از این پژوهش، میانگین مقدار اجزا شیمیایی شامل مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر به ترتیب برابر با ۳۸/۱۵، ۱۳/۵، ۴/۷۲ و ۵/۸۱ برای توق و به ترتیب ۳۸/۲۵، ۱۰/۳، ۲/۹۵ و ۵/۴۸ برای گونه‌ی تاتاری و برای گونه پایپروس به ترتیب ۱۹/۳۸، ۲/۴ و ۴/۶۴ اندازه‌گیری شد. حداکثر بازده به دست آمده در بین تیمارهای مختلف مورد بررسی، مربوط به تیمار پایپروس (۳۹/۸ درصد) بود. در این تیمار، دمای بیشینه ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد، نسبت مایع به گونه ۶ به ۱، قلیائیت فعال ۳۰ درصد و زمان ماند ۹۰ دقیقه اعمال شد. کمترین مقدار شاخص پارگی برای تیمار سودا تاتاری (۲/۴۹ میلی نیوتن مترمربع بر گرم) و بیشترین مقدار برای تیمار کرافت توق (۸/۱ میلی نیوتن مترمربع بر گرم) به دست آمد. همچنین کمترین و بیشترین میزان شاخص ترکیدن به ترتیب مربوط به تیمار سودا پایپروس (۰/۶۱ کیلوپاسکال مترمربع بر گرم) و تیمار کرافت توق (۲/۴۸ کیلو پاسکال مترمربع بر گرم) بود. همچنین تیمار سودا پایپروس با مقدار ۴۵ درصد ایزو دارای بیشترین مقدار درجه روشنی در بین تیمارهای مورد بررسی بود.

واژگان کلیدی: علف هرز، مواد لیگنوسلولزی، بازده خمیر کاغذ، عدد کاپا، مقاومت کاغذ، درجه روشنی.

امید غفارزاده ملباشی^{۱*}
معراج شرری^۲
محمدتقی آل ابراهیم^۳

^۱ مربی، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

^۲ استادیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

^۳ دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

مسئول مکاتبات:

Omid_ghaffarzadeh@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۳۰

مقدمه

از نقطه نظر تاریخی، اولین بار کاغذ با استفاده از الیاف غیرچوبی ساخته شد ولی با توسعه سریع و رشد روزافزون این صنعت، بر استفاده از ماده اولیه چوبی تمرکز یافت. در حال حاضر حجم گسترده ارتباطات فرهنگی، اقتصادی،

اجتماعی و تبادل اطلاعات سبب افزایش مصرف کاغذ و محصولات کاغذی شده اما در عین حال با محدودیت منابع چوبی از جنگل‌های دنیا مواجه بوده‌ایم؛ لذا تمایل به استفاده از منابع سلولزی غیرچوبی افزایش یافته است. در این راستا کشورهای وجود دارند که از ماده اولیه چوبی مناسبی برخوردار نبوده و یا به دلیل محدودیت آن سعی و

گونه پاپیروس^۳ نمونه دیگری از گونه‌های خودرو که بومی اردبیل است نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. گیاهی از تیره گندمیان که با ساقه زرد رنگ بسیار شبیه به ساقه گندم است. برخلاف دو گونه تاتاری و توق، مطالعه فعلی اولین بررسی انجام شده در زمینه تولید کاغذ از پاپیروس نیست. مصریان باستان، اولین کاغذ را از ساقه‌های گیاه پاپیروس تهیه کردند. برای این منظور گیاه پاپیروس در نزدیکی سطح زمین قطع می‌شد و سپس به صورت لایه‌لایه برش داده می‌شد. از آنجاکه این روش با تکنولوژی امروزی تولید کاغذ کاملاً متفاوت است. از این رو در این مطالعه، قابلیت تولید کاغذ از این گونه نیز با بهره‌گیری روش‌های رایج آزمایشگاهی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در سال‌های اخیر بررسی قابلیت تولید خمیر کاغذ و کاغذ از برخی گونه‌های غیر چوبی و علفی نظیر باگاس، کاه گندم و کاه برنج به نتایج خوبی منجر شد و حتی در برخی کشورها از قبیل چین و برخی کشورهای آمریکای جنوبی نیز به تولید صنعتی رسیده است. Qi-peì و همکاران (۲۰۰۶)، خمیرسازی از کاه گندم با مایع پخت شامل ترکیبی هیدروکسید پتاسیم- آمونیوم را بررسی و شرایط بهینه خمیرسازی را اعلام نمودند [۴]. Rodriguez و همکاران (۲۰۰۸)، روش‌های مختلف تولید خمیر کاغذ از کاه برنج شامل روش‌های سودا، سودا-آنتراکینون، سودا-پارابنزنوکینون، هیدروکسید پتاسیم و سولفات سدیم (کرافت) را بررسی کردند [۵]. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که کاغذهای ساخته شده از پخت بهینه سودا-آنتراکینون دارای بیشترین میزان روشنی بودند. Latibari و همکاران (۲۰۱۲) استفاده از خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی کاه گندم در خمیرسازی نیمه شیمیایی سولفیت خنثی بررسی و شرایط بهینه تولید کاغذ فلوتینگ را تعیین نمودند. با اعمال زمان پخت ۴۰ دقیقه، ۱۰ درصد هیدروکسید سدیم و ۹۵ درجه سانتی‌گراد دمای پخت، بازده ۷۲/۲ درصد به دست آمد. به علاوه دانسیته کاغذ ۴۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب و شاخص مقاومت به پاره شدن و شاخص کشش به ترتیب ۶/۵۱ میلی نیوتن مترمربع بر گرم و ۵۶/۵ نیوتن متر بر گرم اندازه‌گیری شد.

هدف اصلی در این پژوهش، تعیین درصد اجزای

کوشش خود را بر استفاده از منابع الیاف سلولزی غیر چوبی و سایر منابع، مانند کاغذ باطله متمرکز کرده‌اند. این امر به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، حائز اهمیت است که این گروه از کشورها اغلب به علت نداشتن منابع طبیعی و جنگلی کافی برای استفاده از آن‌ها در ساخت کاغذ مجبور به واردات مستمر کاغذ هستند [۱]. از این رو در کشورهای در حال توسعه که وابستگی مستمری به واردات کاغذ دارند، نیاز به شناسایی گونه‌های علفی به‌ویژه گیاهان خودرو که نیاز به آبیاری و مراحل ویژه برداشت و مراقبت از گیاه نمی‌باشند اهمیت بیشتری می‌یابند. در این راستا می‌توان گونه‌های علف هرز را معرفی کرد.

علف هرز به آن دسته از گیاهانی که به صورت‌های مختلف با فعالیت‌های بشر تداخل دارند و مانع آسایش وی می‌شوند گفته می‌شود. این دسته از گیاهان علفی، در مدت رشد خود ارتباط اکولوژیکی نزدیکی با اکوسیستم‌های کشاورزی، گیاهان اصلی و حیوانات داشته و معمولاً در جایی رشد می‌کنند که مورد خواست انسان نبوده و به سبب رویش در گیاهان زراعی و علوفه، عملکرد و کیفیت آن‌ها را کاهش می‌دهند، در حاشیه جاده‌ها، مسیر خطوط انتقال برق و مناطق بایر شهری روئیده و ضمن آنکه طبیعت را بدمنظره می‌کند، مانع دید می‌شود. مسمومیت دام‌ها و انسان، ایجاد حساسیت‌های گوناگون، آلودگی آب دریاچه‌ها و مخازن آب، انسداد آبراه‌ها و کانال‌های زهکشی، ممانعت از نفوذ نور به دریاچه و منابع طبیعی از دیگر مشکلات ناشی از توسعه این گیاهان خودرو است. خسارات ناشی از علف‌های هرز از آفات و امراض بیشتر بوده به طوری که در کشورهای توسعه یافته مناطق معتدله میزان این خسارت بین ۱۰ تا ۱۵ درصد کل محصول تخمین زده شد و این رقم در کشورهای در حال توسعه و مناطق استوایی بیشتر است. بدین سبب همواره بخش عمده‌ای از تلاش کشاورزان صرف مبارزه و کنترل علف‌های هرز می‌شود [۲] و [۳]. تاتاری ایتالیایی^۱ و توق خاردار (مستونک)^۲ دو نمونه از علف‌های هرز رایج در مراتع اطراف اردبیل می‌باشند که در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرند. در کنار دو گونه فوق‌الذکر،

^۱ *Carduus pycnocephalus*

^۲ *Xanthium spinosum* L

^۳ *Cyperus papyrus*

بزداغ جمع‌آوری شده و به آزمایشگاه خمیرکاغذ دانشگاه محقق اردبیلی انتقال یافت. تهیه آرد از گونه‌های مورد مطالعه طبق استاندارد ۹۷-om-۴۲ T آیین‌نامه TAPPI تهیه و سپس میزان سلولز و لیگنین آن‌ها اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری میزان سلولز از روش اسید نیتریک و برای تعیین مقدار لیگنین از روش کلزون استفاده شد [۸]. نمونه تصاویر مربوط به علف‌های هرز در شکل شماره ۱ (الف، ب و ج) ارائه شده است.

ساختار سه گونه علف هرز با نام‌های تاتاری، توق و پاپیروس و نام‌های علمی *Carduus pycnocephalus*، *Xanthium spinosum L* و *Cyperus papyrus* و سپس قابلیت تولید خمیرکاغذ و کاغذ از این گونه‌ها است [۶ و ۷].

مواد و روش‌ها

نمونه‌های تاتاری و توق از مراتع اطراف اردبیل و نمونه پاپیروس از دامنه کوه سبلان در شهرستان نیر و بیلاق



(ج)



(ب)



(الف)

شکل ۱- (الف) تصویری از گونه تاتاری، (ب) تصویری از گونه توق، (ج) تصویری از گونه پاپیروس

درصد تعیین شد. پس از پایان زمان‌های ماند مذکور، فشار موجود در مخازن تخلیه شده و سپس درب مخازن باز شد. در مرحله‌ی بعد، محتویات مخازن بر روی الک ۲۰۰ مش ریخته شده و تا خروج کامل مایعات پخت سیاه موجود در آن، توسط آب شهری شستشو داده شدند. پس از تعیین درصد رطوبت و اندازه‌گیری وزن کل خمیرکاغذهای هوا خشک، درصد رطوبت و بازده خمیرکاغذهای حاصل تعیین و در نهایت عدد کاپای نمونه خمیرکاغذها مطابق استاندارد ۹۹-om-۲۳۶ T آیین‌نامه TAPPI صورت گرفت. برای ارزیابی ویژگی‌های خمیرکاغذ گونه‌های علفی مورد بررسی، کاغذهای دست‌ساز ۶۰ گرمی مطابق استاندارد ۰۲-sp-۲۰۵ T تهیه شد.

ضخامت کاغذها مطابق با استاندارد ۱۰-om-۴۱۱ T با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر و مقاومت در برابر عبور هوا طبق استاندارد شماره ۸۵-۸۵ cm-۲۵۱ T تعیین شد. دستگاه مورد استفاده، زمان لازم جهت عبور ۱۰۰ میلی‌لیتر هوا را بر حسب ثانیه نشان می‌دهد. تعیین شاخص پارگی و شاخص ترکیدن به ترتیب بر اساس شماره استانداردهای

بخش دیگر ساقه‌ها به وسیله قیچی باغبانی به ابعاد کوچک‌تر جهت انجام فرایند خمیرسازی برش داده شد. طول ابعاد نهایی حدود ۳ تا ۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. خمیرسازی از ساقه‌ها بر پایه دو فرآیند سودا و کرافت انجام شد. ابتدا درصد رطوبت گونه‌ها تعیین و سپس پخت خمیرکاغذ انجام شد. برای این منظور از دیگ پخت ناپیوسته‌ی چرخان موجود در آزمایشگاه خمیر و کاغذ دانشگاه محقق اردبیلی که دارای ۲ مخزن ۴ لیتری است، استفاده گردید. پخت‌های اولیه، با گستره‌ای از شرایط اعم از زمان‌های ماند و میزان قلیائیت جهت دستیابی به خمیرکاغذ با میزان واژد کمینه (کمتر از پنج درصد) انجام شدند. برای هر سه گونه در هر دو فرایند سودا و کرافت، وزن خشک ساقه‌ها برابر با ۵۰ و ۱۰۰ گرم، دو مقدار برای نسبت مایع به گونه یعنی ۶ و ۸ به ۱ و دمای حداکثر، ۱۵۰ و ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد، قلیائیت فعال در محدوده ۱۴ تا ۳۰ درصد (بر مبنای NaOH) بر پایه وزن خشک کاه و زمان مانده‌های ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه اعمال شدند. برای فرآیند کرافت سه سطح سولفیدیتته یعنی ۲۰، ۲۵ و ۳۰

اساس، مقدار سلولز هر سه گونه در محدوده یکسانی بوده اما در مقابل مقادیر مختلفی برای میزان مواد استخراجی و لیگنین سه گونه گزارش شده است.

مواد استخراجی جزء ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده مواد لیگنوسلولزی محسوب نشده و معمولاً شامل موم‌ها، چربی‌ها، هیدروکربن‌های غیرفرار، کربوهیدرات‌هایی با وزن مولکولی اندک، نمک‌ها و مواد قابل‌حل در آب می‌باشند. از آنجاکه این مواد ماهیت پلی ساکاریدی نداشته و امکان برقراری پیوند هیدروژنی را ندارند تأثیر مثبتی در بهبود مقاومت‌های خمیرکاغذ نخواهند داشت و لذا می‌توان بیان داشت که کم بودن مقدار آن‌ها از مزایای یک‌گونه لیگنوسلولزی تلقی می‌شود [۷].

۴۱۴ om-۰۴ T، ۴۰۳ om-۰۲ T و ۵۱۱om-۰۲ T مجموعه استاندارد TAPPI انجام گردید. درجه روشنی کاغذ که میزان انعکاس نور از سطح کاغذ در طول موج ۴۵۷ نانومتر است طبق دستورالعمل ۴۵۲om-۰۲ استاندارد TAPPI انجام گرفت. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با آنالیز واریانس یک‌طرفه و گروه‌بندی میانگین‌ها به وسیله آزمون دانکن در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.

نتایج و بحث

درصد ترکیبات شیمیایی شامل میزان مواد استخراجی، سلولز و لیگنین برای سه گونه تاتاری، توق و پاپیروس در جدول شماره ۱ آورده شده است. بر این

جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی تاتاری، توق و پاپیروس

| نام گونه | مواد استخراجی | سلولز | لیگنین | خاکستر |
|----------|---------------|-------|--------|--------|
| توق | ۴/۷۲ | ۳۸/۱۵ | ۱۳/۵ | ۵/۸۱ |
| پاپیروس | ۴/۴۰ | ۳۸/۸۰ | ۱۹/۵ | ۴/۶۴ |
| تاتاری | ۲/۹۵ | ۳۸/۲۵ | ۱۰/۳ | ۵/۴۸ |

خمیرسازی شیمیایی و به دنبال آن رنگ‌بری به نحو ساده‌تر و با صرف مواد شیمیایی، انرژی حرارتی و زمان کمتر انجام می‌گیرد؛ متعاقباً آلودگی زیست‌محیطی کاهش و بازده خمیرکاغذ نهائی افزایش می‌یابد [۹]. از آنجاکه هدف اصلی در خمیرسازی شیمیایی و نیمه شیمیایی و همچنین رنگ‌بری خمیرکاغذ، حذف لیگنین از ماتریکس ماده اولیه است [۷]، از این رو درصد لیگنین کمتر سه گونه در مقایسه با گونه‌های چوبی، می‌تواند یک نکته مثبت محسوب شود. این موضوع از نظر مصرف مواد شیمیایی، انرژی حرارتی، زمان کمتر و همچنین آلودگی زیست‌محیطی کمتر نیز قابل توجه است.

جدول ۲ میزان ترکیبات شیمیایی گونه‌های موردبررسی در این پژوهش را در مقایسه با برخی گونه‌های پرکاربرد چوبی و نیز غیرچوبی نشان می‌دهد. بر این اساس، مقدار سلولز هر سه گونه از گونه‌های چوبی بسیار کمتر به دست آمده و در محدوده گونه‌های کلزا، ساقه سورگوم و ساقه آفتابگردان است (جدول ۲). در مقابل میزان کمتر لیگنین هر سه گونه که در مقایسه با گونه‌های

از آنجایی که مواد استخراجی باعث بروز مشکل قیرا می‌شود می‌توان گفت که درصدهای کمتر این ترکیبات باعث تسهیل فرآیند پخت خواهد شد [۹]. مقدار مواد استخراجی (محلول در الکل-بنزن) برای گیاهان چوبی معمولاً در محدوده ۵-۲ درصد و برای گیاهان غیرچوبی در محدوده ۵ به مراتب بیشتر است. در نتیجه، این مقادیر برای هر سه گونه موردبررسی در محدوده گونه‌های چوبی قرار دارد [۱]. بخش فیبری کاغذ عمدتاً از سلولز، همی سلولز و لیگنین تشکیل شده است. در الیاف گیاهی، سلولز تعیین‌کننده ویژگی‌های گیاه از نظر کاغذسازی بوده و جاذبه بین مولکول‌های آن در سطوح فیبری مختلف، منشاء اصلی اتصال فیبر با فیبر درون کاغذ است. در واقع، سلولز مهم‌ترین جزء تشکیل‌دهنده دیواره الیاف یا اسکلت آن‌ها محسوب شده و بالا بودن مقدار آن در الیاف گیاهی باعث افزایش بازده خمیرکاغذ می‌شود [۸]. در مقابل، لیگنین به عنوان دیگر ترکیب اصلی دیواره، نقش اتصال الیاف به یکدیگر را داراست که هرچه مقدار آن کمتر باشد،

می‌شود. از طرفی دیگر، کمتر بودن میزان لیگنین باعث کاهش مصرف مواد شیمیایی در فرایند خمیرسازی و رنگ بری شده و به دنبال آن آلاینده‌های زیست‌محیطی موجود در پساب کارخانه‌های خمیر و کاغذ را کاهش می‌دهد [۱۰].

چوبی و غیرچوبی فوق‌الذکر کمترین مقدار را دارا هستند نکته‌ی مثبت تلقی می‌شود. با توجه به اینکه لیگنین تشکیل‌دهنده‌ی بین‌فیبری را در کاغذ به تعویق انداخته و در نتیجه موجب کاهش مقاومت کاغذ می‌شود [۷]، از این رو این ویژگی، مزیتی دیگر این گونه‌ها محسوب

جدول ۲- میانگین ترکیبات شیمیایی گونه‌های مورد بررسی در مقایسه با برخی منابع فیبری

| منبع فیبری | سلولز (%) | لیگنین (%) | مواد استخراجی (%) | مأخذ |
|-------------------|-----------|------------|-------------------|------------------------------|
| کاج | ۵۵/۹ | ۲۶/۲۰ | ۲/۵۷ | Rodriguez[۴] (۲۰۰۸) |
| کاه برنج | ۴۸/۷ | ۱۸/۲۳ | ۵/۲۱ | Sedfidgaran[۱۰] (۲۰۰۵) |
| کاه گندم | ۴۹/۳ | ۲۱/۳ | ۵/۶ | Moradian[۱۱] (۲۰۰۲) |
| ساقه آفتابگردان ۱ | ۳۹/۹۳ | ۲۲/۲۴ | ۴/۹۲ | Rodi[۱۲] (۲۰۰۵) |
| ساقه ذرت | ۴۹/۶۷ | ۲۱/۸۸ | ۲/۵۳ | Fakhrian[۱۳] (۲۰۰۶) |
| باگاس | ۵۵/۷۵ | ۲۰/۵ | ۳/۲۵ | Samaraha[۱۴] (۲۰۰۶) |
| کلزا | ۴۱/۱ | ۱۷/۶۰ | ۸/۱۲ | Sedfidgaran[۱۰] (۲۰۰۵) |
| کنف | ۴۶/۷۵ | ۱۸/۵۰ | ۴/۲۸ | Dutt et al.[۱۵] (۲۰۰۹) |
| ساقه سورگوم | ۴۱/۵ | ۱۵/۶۴ | ۷/۹۹ | Rodriguez[۱۶] (۲۰۰۸) |
| ساقه پنبه | ۵۸/۴۸ | ۲۱/۴۵ | ۱/۴۲ | Jiménez[۱۷] (۲۰۰۸) |
| توسکای قشلاقی | ۴۸/۵ | ۲۵/۳۵ | ۲/۳۶ | Fakhrian roghani [۱۸] (۲۰۰۴) |

میزان وازد غربال، نسبت مایع پخت به گونه از ۸ به ۶ تقلیل یافت. مطابق انتظار میزان وازده غربال به‌طور قابل‌توجهی به کمترین مقدار کاهش یافت (تیمار ۵). همچنین تیمار مذکور بیشترین میزان وازده غربال در بین تیمارهای پنج‌گانه خمیرکاغذ سودا از پاپیروس را داراست. به‌طور کلی با تشدید شرایط پخت، از میزان وازد غربال کم شده و در مقابل میزان وازده غربال افزایش یافت. بر اساس این نتایج، تیمار ۵ به‌عنوان تیمار بهینه پاپیروس برای مراحل بعدی از قبیل تعیین عدد کاپا، تهیه کاغذ دست‌ساز و ارزیابی ویژگی‌های خمیرکاغذ و کاغذ انتخاب شد. برای گونه توق، با افزایش میزان قلیائیت فعال از ۲۰ به ۲۷ درصد مقدار وازد غربال کاهش یافت و به کمترین مقدار رسید (تیمار ۷). خمیرکاغذ حاصل از این تیمار به‌عنوان تیمار بهینه برای پخت سودا از توق انتخاب و برای مراحل بعدی ارزیابی خمیرکاغذ و کاغذ استفاده گردید. در نهایت برای گونه تاتاری، بر اساس میزان وازده و وازد غربال، تیمار ۹ از بین دو تیمار مربوطه (تیمار ۸ و ۹) به‌عنوان تیمار بهینه انتخاب گردید.

عدد کاپا و وازده خمیرکاغذ

اثر عوامل پخت شامل نوع گونه، دما و زمان پخت و قلیائیت فعال بر میزان وازده و وازد غربال بررسی شد. سطوح متفاوت و چندگانه زمان، دما، نسبت مایع پخت به گونه^۱ و قلیائیت فعال بر اساس میزان وازد غربال حاصل از پخت‌های اولیه انتخاب شد. به این منظور ابتدا شرایط خمیرسازی ملایم اعمال شد و سپس جهت به حداقل رساندن وازده‌ها (تا محدوده کمتر از ۵ درصد)، شرایط شدیدتر به‌صورت مرحله‌به‌مرحله اعمال گردید. نتایج پخت سودا برای سه گونه موردنظر در جدول شماره ۳ آورده شده است.

برای گونه پاپیروس با توجه به حجم زیاد وازده غربال در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و قلیائیت فعال ۱۴ و ۱۶ درصد (تیمارهای ۱ و ۲)، با تشدید شرایط پخت و اعمال دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد و قلیائیت فعال ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد میزان وازد غربال به‌طور فراوانی کاهش یافت (تیمار ۳ و ۴). در نهایت، جهت به حداقل رساندن

1: Liquor to wood ratio (L/W)

جدول ۳- نتایج پخت سودا برای سه گونه پاپيروس، توق و تاتاری

| کد تیمار | گونه‌ها | L\W | دمای پخت (C) | زمان پخت (دقیقه) | قلیائیت فعال (%) | بازده (%) | وازد (%) |
|----------|---------|-----|--------------|------------------|------------------|-----------|----------|
| ۱ | پاپيروس | ۸ | ۱۵۰ | ۹۰ | ۱۴ | ۲۱/۳ | ۲۸/۵ |
| ۲ | پاپيروس | ۸ | ۱۵۰ | ۱۲۰ | ۱۶ | ۲۵/۳ | ۲۱/۳ |
| ۳ | پاپيروس | ۸ | ۱۷۵ | ۹۰ | ۲۰ | ۳۶/۹ | ۷/۸ |
| ۴ | پاپيروس | ۸ | ۱۷۵ | ۹۰ | ۲۵ | ۳۴/۹ | ۱۰/۱ |
| ۵ | پاپيروس | ۶ | ۱۷۵ | ۹۰ | ۳۰ | ۳۹/۸ | ۰ |
| ۶ | توق | ۸ | ۱۷۵ | ۱۲۰ | ۲۰ | ۳۱/۱ | ۶/۱ |
| ۷ | توق | ۸ | ۱۷۵ | ۱۲۰ | ۲۷ | ۳۱ | ۰/۷۴ |
| ۸ | تاتاری | ۶ | ۱۷۵ | ۱۲۰ | ۲۲ | ۳۳/۸ | ۲/۴ |
| ۹ | تاتاری | ۶ | ۱۷۵ | ۱۲۰ | ۲۵ | ۳۵/۷ | ۰ |

سولفیدیتته برای سه گونه متفاوت بوده و به ترتیب ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد برای گونه تاتاری، توق و پاپيروس تعیین شدند. درنهایت با در نظر گرفتن دو سطح ۶ و ۸ برای نسبت مایع به گونه، پخت کرافت گونه‌ها انجام شد.

نتایج حاصل از پخت کرافت برای هر سه گونه موردبررسی در جدول شماره ۴ آورده شده است. بر اساس نتایج حاصل از پخت‌های اولیه، مقدار درجه حرارت بهینه برابر با ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد و قلیائیت فعال ۲۵ درصد بر مبنای NaOH انتخاب گردیدند. میزان بهینه درصد

جدول ۴- نتایج پخت کرافت برای سه گونه پاپيروس، توق و تاتاری

| گونه | L\W | دمای پخت (C) | زمان پخت (دقیقه) | قلیائیت فعال (%) | سولفیدیتته (%) | بازده (%) | وازد (%) |
|---------|-----|--------------|------------------|------------------|----------------|-----------|----------|
| پاپيروس | ۶ | ۱۷۵ | ۹۰ | ۲۵ | ۳۰ | ۴۰/۴ | ۰/۴ |
| توق | ۸ | ۱۷۵ | ۱۲۰ | ۲۵ | ۲۵ | ۳۰ | ۳/۴ |
| تاتاری | ۶ | ۱۷۵ | ۱۲۰ | ۲۵ | ۲۰ | ۳۲/۲ | ۱/۴ |

در گام نخست ارزیابی خمیرکاغذ و کاغذ، ابتدا عدد کاپا برای تیمارهای بهینه حاصل از هر دو فرآیند سودا و کرافت تعیین شد. بر اساس نتایج حاصل در جدول ۵ مشاهده می‌شود که خمیرکاغذهای سودا و کرافت حاصل از دو گونه پاپيروس و توق در محدوده قابل رنگ‌بری بوده

در گام نخست ارزیابی خمیرکاغذ و کاغذ، ابتدا عدد کاپا برای تیمارهای بهینه حاصل از هر دو فرآیند سودا و کرافت تعیین شد. بر اساس نتایج حاصل در جدول ۵ مشاهده می‌شود که خمیرکاغذهای سودا و کرافت حاصل از دو گونه پاپيروس و توق در محدوده قابل رنگ‌بری بوده

جدول ۵- مقایسه عدد کاپا برای تیمارهای انتخابی از سه گونه پاپيروس، توق و تاتاری

| گونه خمیر کاغذ | پاپيروس | توق | تاتاری |
|-------------------|---------|------|--------|
| سودا | ۱۶/۶ | ۱۶/۲ | ۵۹/۹ |
| کرافت | ۱۶/۲ | ۲۴/۲ | ۷۸/۶ |

تیمارهای انتخاب‌شده در مقایسه با برخی گونه‌های غیرچوبی در جدول شماره ۶ آورده شده است.

برای تعیین قابلیت تولید خمیر و کاغذ گونه‌های مورد استفاده در این مطالعه، مقادیر عدد کاپا و بازده برای

جدول ۶- مقایسه بازده و عدد کاپا خمیر کاغذهای حاصل با سایر گونه‌های غیر چوبی

| گونه | فرایند | بازده (غربال) | کاپا | شرایط فرایندی | ماخذ |
|----------|--------|---------------|------|---|------------------------------------|
| سودا | سودا | ۴۰ | ۱۶/۴ | قلیائیت فعال، ۳۰ درصد | تحقیق کنونی |
| پاپیروس | کرافت | ۴۰/۴ | ۱۶/۶ | قلیائیت فعال، ۲۵ درصد سولفیدیت، ۳۰ درصد | " |
| سودا | سودا | ۳۳ | ۲۳/۸ | قلیائیت فعال، ۲۷ درصد | " |
| توق | کرافت | ۳۰ | ۱۶ | قلیائیت فعال، ۲۵ درصد سولفیدیت، ۲۵ درصد | " |
| سودا | سودا | ۳۵/۷ | ۷۸/۶ | قلیائیت فعال، ۲۵ درصد | " |
| تاتاری | کرافت | ۳۲/۲ | ۵۹/۹ | قلیائیت فعال، ۲۵ درصد سولفیدیت، ۲۰ درصد | " |
| کاه گندم | سودا | ۴۲/۵ | ۱۸/۷ | قلیائیت فعال، ۲۰ درصد | Ghaffarzadeh et al. [۱۹] (۲۰۱۱) |
| باگاس | سودا | ۵۲/۵ | ۱۷/۱ | قلیائیت فعال، ۱۵ درصد، پخت، ۶۰ دقیقه در C ۱۶۵° | Hamzaeh et al. [۲۰] (۲۰۰۹) |
| کلزا | سودا | ۳۸/۸ | ۳۶ | قلیائیت فعال، ۲۰ درصد، پخت، ۱۰۰ دقیقه در C ۱۶۰° | Molaei [۲۱] (۲۰۰۹) |

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف در جدول ۷ آورده شده است. مقدار ضخامت محاسبه شده برای کاغذ حاصل فرآیند سودا از کاه گندم برابر با ۹۵/۷۶ میکرون توسط Ghaffarzadeh و همکاران (۲۰۱۱) و Mahdavi و همکاران (۲۰۰۹)، می‌توان ادعا کرد که ضخامت هر سه گونه در محدوده خمیر و کاغذ سودا حاصل از کاه گندم قرار دارند.

بر این اساس، مقدار بازده سه گونه مورد بررسی در گروه‌های جداگانه‌ای قرار می‌گیرند؛ بازده خمیر کاغذهای سودا و کرافت حاصل از گونه پاپیروس بیشتر از گونه‌های توق و تاتاری و در محدوده خمیر کاغذ سودا حاصل از کاه گندم [۲۰] و سودا حاصل از کلزا [۱۱] قرار می‌گیرد. با این وجود، مقادیر بازده هر سه گونه بسیار کمتر از بازده خمیر کاغذ سودا حاصل از باگاس [۲۱] است.

ویژگی‌های خمیر کاغذ

جدول ۷- ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف مورد بررسی

| تیمار | مقاومت به نفوذ هوا (S) | ضخامت (μ) | شاخص پارگی (mN.m ² /g) | شاخص ترکیدن (KPa.m ² /g) |
|-------|------------------------|-----------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| کرافت | * | ۱۴۱ | ۳/۵۸ | ۰/۸۴ |
| سودا | * | ۱۷۰ | ۳/۶۰ | ۰/۶۱ |
| کرافت | ۶/۲۵ | ۱۰۰ | ۳/۰۷ | ۱/۰۵ |
| سودا | ۱ | ۱۳۶/۲۵ | ۲/۴۹ | ۰/۸۱ |
| کرافت | ۱۳ | ۱۰۰ | ۸/۱۰ | ۲/۴۸ |
| توق | ۷ | ۱۳۲/۵ | ۶/۸۰ | ۱/۸۵ |

* بسیار ناچیز و در حد صفر

شاخص‌های مقاومتی خمیرکاغذ حاصل از گونه‌های پاپیروس و تاتاری در محدوده‌ی خمیرکاغذ سودا حاصل از کاه گندم است. در مورد گونه توق، شاخص‌های ارزیابی شده دارای مقادیر بسیار بهتری از دو گونه فوق‌الذکر است.

مقدار شاخص ترکیدن و پارگی برای برخی گونه‌های چوبی و غیرچوبی در جدول شماره ۸ آورده شده است. مقایسه شاخص ترکیدن شش تیمار مختلف موردبررسی با تیمارهای ذکرشده در جدول ۸ حاکی از تفاوت آشکار بین دودسته است. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که

جدول ۸- مقایسه ویژگی‌های مقاومتی کاغذ

| مأخذ | شاخص مقاومت به پارگی (mN.m ² /g) | شاخص مقاومت به | |
|---------------------------------|--|-----------------------------------|-------------------------------|
| | | ترکیدن (KPa.m ² /g) | نوع تیمار |
| Ghaffarzadeh et al. (۲۰۱۰) [۱۹] | ۶/۶ | ۵/۶۸ | خمیرکاغذ سودا- کاه گندم |
| Mahdavi et al. (۲۰۰۵) [۲۳] | ۸/۷۴ | ۴/۶۴ | خمیرکاغذ سودا- کاه گندم |
| | ۸/۰۷ | ۲/۰۹ | خمیرکاغذ سودا- نی |
| Saraeian et al. (۲۰۰۹) [۲۴] | ۷/۱۲ | ۶/۹۲ | خمیرکاغذ سودا- برون چوب صنوبر |
| | ۵/۲۵ | ۶/۹۲ | خمیرکاغذ سودا- درون چوب صنوبر |

روشنی بر اساس نوع گونه نشان می‌دهد که نمونه خمیرکاغذ حاصل از پاپیروس و تاتاری به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار درجه روشنایی را در بین سه گونه علفی موردبررسی دارند.

مقادیر درجه روشنایی برای کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیرکاغذهای ساخته‌شده در شکل شماره ۲ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود درجه روشنایی خمیرکاغذهای سودا حاصل از هر سه گونه بسیار بیشتر از نمونه‌های کرافت است ($p < 0/05$). به‌علاوه مقایسه درجه



شکل ۲- مقادیر درجه روشنایی خمیرکاغذهای مختلف موردبررسی

حاصل از صنوبر دست کاشت را در محدوده ۲۶ تا ۳۱ به دست آوردند. می‌توان نتیجه گرفت که هر دو خمیرکاغذ سودا و کرافت حاصل از گونه پاپیروس و توق در محدوده‌ی

Forouzanfar و همکاران (۲۰۱۶) درجه روشنایی خمیرکاغذهای رنگ‌بری نشده حاصل از تیمارهای مختلف مربوط به اختلاط گونه‌های پهن‌برگ جنگلی و خمیرکاغذ

موردبررسی، مربوط به تیمار پاپیروس برابر با ۳۹/۸ به دست آمد. در تیمار فوق، دمای بیشینه ۱۷۵ درجه سانتی گراد، نسبت مایع به گونه ۶ به ۱، قلیائیت فعال ۳۰ درصد و زمان ماند ۹۰ دقیقه اعمال شد. ارزیابی نتایج عملیات پخت نشان داد که خمیرکاغذهای سودا و کرافت دو گونه پاپیروس و توق در محدوده قابل رنگبری بوده (و دارای کاپای کمتر از ۲۰) و در مقابل خمیرکاغذهای سودا و کرافت گونه تاتاری دارای عدد کاپا بسیار زیادی هستند که حاکی از وجود مقدار بیشتر لیگنین باقی مانده در ترکیب خمیرکاغذهای حاصل است. مقایسه شاخص ترکیب و پارگی تیمارهای مختلف موردبررسی با سایر گونه‌ها، شاخص‌های مقاومتی خمیرکاغذ حاصل از گونه‌های پاپیروس و تاتاری در محدوده‌ی خمیرکاغذ سودا حاصل از کاه گندم قرار می‌دهد. در مورد گونه توق، شاخص‌های ارزیابی شده دارای مقادیر بسیار بهتری از دو گونه فوق‌الذکر است. به‌علاوه مقایسه درجه روشنی بر اساس نوع گونه نشان می‌دهد می‌توان نتیجه گرفت که هر دو خمیرکاغذ سودا و کرافت حاصل از گونه پاپیروس و توق در محدوده‌ی درجه روشنی خمیر سودا کاه گندم است. در مقابل خمیرکاغذ حاصل از گونه تاتاری تیره بوده و بسیار کمتر از محدوده‌ی گیاهان غیرچوبی و چوبی قرار می‌گیرد.

قابل قبول است. در مقابل خمیرکاغذ حاصل از گونه تاتاری تیره بوده و دارای درجه روشنی کمتری در مقایسه با گیاهان غیرچوبی و چوبی قرار می‌گیرد [۲۵].

نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف بررسی قابلیت تولید خمیرکاغذ و کاغذ از علف‌های هرز بومی استان اردبیل شامل پاپیروس، تاتاری و توق انجام گرفت و میانگین مقدار اجزا شیمیایی شامل مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر به ترتیب برابر با ۳۸/۱۵، ۱۳/۵، ۴/۷۲ و ۵/۸۱ برای توق و به ترتیب ۳۸/۲۵، ۱۰/۳، ۲/۹۵ و ۵/۴۸ برای گونه‌ی تاتاری و برای گونه پاپیروس به ترتیب ۱۹/۳۸، ۲/۸، ۴/۴ و ۴/۶۴ اندازه‌گیری شد. به‌این ترتیب، مقدار سلولز و خاکستر هر سه گونه در محدوده یکسانی بوده و در مقابل مقادیر متفاوتی برای میزان مواد استخراجی و لیگنین سه گونه گزارش شده است. بر اساس نتایج حاصل از پخت‌های اولیه، مقدار درجه حرارت بهینه برابر با ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد و قلیائیت فعال ۲۵ درصد بر مبنای هیدروکسید سدیم انتخاب گردیدند. میزان بهینه درصد سولفیدیتته برای سه گونه متفاوت بوده و به ترتیب ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد برای گونه تاتاری، توق و پاپیروس تعیین شدند. حداکثر بازده به‌دست‌آمده در بین تیمارهای مختلف

منابع

- [1] Alinia, S., Hedjazi, S., Abdolkhani, A. and Saake. B., 2017. Study of Chemical Components and Bioactive Properties of Knot wood Extractives from Four Endemic Species of Hyrcanian Forests. Iranian journal of wood and paper industries, 8(1):53-66. (In Persian).
- [2] Rashed mohassel, M. T., Najafi, H. and Akbarzadeh, M., 2007. Biology and control of weeds. Ferdosi University publications. (In Persian).
- [3] Qi-pei, J., 2006. Cleaner Production of Wheat Straw Pulp with Potash; Chemical and Biochemical Engineering Quarterly, 20(1): 107-110.
- [4] Rodriguez, A., 2008. Pulping of rice straw with high-boiling point Organosolv solvents; Biochemical Engineering Journal, 42: 243-247.
- [5] Latibari, A. J., Tajdini, A., Sepidehdam, S, J., Hossein, M. A., Hosseinpour, R. and Gaza, M., 2012. Flutting production via chemical mechanical pulping of wheat straw, 66(2): 233-241. (In Persian).
- [6] Sixta, H., 2006. Handbook of pulp; Vol 1. Willey-VCH.
- [7] Sjostrom, E., 1993. Wood Chemistry, Fundamentals and Applications, (2nd Edition).

- [8] Smoke, G. A., 1982. Handbook for Pulp and Paper Technologists (2nd Edition).
- [9] Sedaghat, A., Abdolkhani, A., khodaiyan chegini, F., 2015. Extraction and purification matairesinol bioactive lignan of arizonica cypress (*cupressus arizonica*). Iranian journal of wood and paper industries, 6(2):325-331. (In Persian).
- [10] Sefidgaran, R and Resalati. H., 2006. Study of papermaking potential of canola stalk for production of fluting paper. Quarterly Iranian journal of natural resources, 59(2): 433-445. (In Persian).
- [11] Moradian, M. H., 2003. CMP pulping of wheat straw, Quarterly Iranian journal of natural resources, 56(4): 467-480. (In Persian).
- [12] Rudi, H. R. and Resalati. H., 2006. Semi-chemical neutral sulfite pulping of sunflower stalk (*Helianthus annuus*) for making fluting paper, Journal of Agricultural Science, 13(2): 173-182. (In Persian).
- [13] Fakhryan, A., Golbabaee, F., Hosseinkhani, H. and Salehi, K., 2008. Investigation on CMP and APMP Pulping of Corn Stalks, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 22(2): 155-167. (In Persian).
- [14] Samariha, A. and hemasi, A. H., 2007. Study of chemical and anatomical properties of bagasse used in pars paper factory, Journal of Agricultural Science, 2: 465-478. (In Persian).
- [15] Dutt, D., 2009. Studies on *Hibiscus cannabinus* and *Hibiscus sabdariffa* as an alternative pulp blend for softwood: An optimization of Kraft delignification process. Industrial crops and products, 29: 16-29.
- [16] Rodriguez, A., 2008. Rice straw pulp obtained by using various methods. Bioresource Technology, 99: 2881-2886.
- [17] Jiménez, L., 2008. Alternative raw materials and pulping process using clean technologies. Industrial Crops and Products, 28: 11-16.
- [18] Fakhrian Roghani, A., 2005. Pulp properties of CMP and APMP of *Alnus serrulata*; Iranian journal of wood and paper science research. 20 (1): 65-92. (In Persian).
- [19] Ghaffarzadeh Mollabashi, O., Saraeian, A. and Resalati H., 2011. The effect of surfactant application on soda pulping of wheat straw. Bioresources, 6 (3), 2711-2718.
- [20] Hamzeh, Y., Abyaz, A., Mirfattahi, M. and Abdolkhani, A., 2010. Application of surfactants in soda pulping of bagasse, Chemistry and chemistry engineering publications, 29(2): 85-90. (In Persian).
- [21] Mollae, M., Enayati, A., Hamzeh, Y. and Roostae, M., 2010. Preparation of Bleached Soda Pulp from Canola Stalks, 25(1):80-90. (In Persian).
- [22] Casy, J., P., 1980. Pulp and paper chemistry and chemical Technology. John willey & sons interscience publication. Third edition. Volume 1.820p.
- [23] Mahdavi, S., Habibi, M., Salehi, K., Familian, H. and Kermanian, H., 2006. The Comparison on Pulping of *P. australis*, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 21 (1): 43-51. (In Persian).
- [24] Saraeian, A. R., Khalili Ghasht Roodkhani, A., Aliabadi, M. and Dahmardeh Ghaleh No, M., 2010. Comparison of Soda and Kraft Pulp Properties of *Populus deltoids* Sapwood and Heartwood. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 17(4). (In Persian).
- [25] Forouzanfar, R., Sukhtesaraie, A. R., Ahmadi, M. and Ghaffarzadeh Mollabashi, O., 2016. NSSC pulp from planted populus and hardwood sawdust for fluting production, Journal of the Indian Academy of Wood Science, 13(1):73-81. (In Persian).

Investigation on the possibility of producing the pulp and paper from weeds

Abstract

Increasing use of wood products accompanying with resource constraint has revealed the importance of nonwood based materials. In this study, pulping and papermaking potential of three varieties of weeds including *Xanthium spinosum*, *Carthamus tinctorius* and *Cyperus papyrus* have been considered. At first, chemical components of the samples i.e. cellulose, lignin and extractives were measured following TAPPI standard test methods. Afterwards, pulping process based on soda and Kraft was carried out and the pulp and paper properties including screen yield, reject percentage, kappa number, physical, strength and optical properties were evaluated. According to the results, the amounts of cellulose, lignin and extractives of *Xanthium spinosum* was 38.15%, 13.5% and 4.72%, respectively. These parameters were estimated to be about 38.25%, 10.3% and 2.95% for *Carthamus tinctorius* and 38.8%, 19.2% and 4.4% in case of papyrus. The yield of soda and Kraft pulp from the papyrus was more than *Xanthium spinosum* and *Carthamus tinctorius*. Among all treatments, the highest screen yield was related to soda pulping of *Cyperus papyrus* by 39.8% which was obtained by 90 minutes cooking at 175 °C as the maximum temperature, L/W: 6/1 and active alkaline of 30%. The lowest and the highest amounts of the tear index were related to soda pulp sample of the *Carthamus tinctorius* and Kraft pulp sample of *Xanthium spinosum* by 2.49 and 8.1, respectively. In addition, the lowest and the highest values of bursting indices were related to soda pulp sample of the *Cyperus papyrus* and Kraft pulp sample of *Xanthium spinosum* by 0.61 and 2.48, respectively. Meanwhile, soda pulp sample of the *Cyperus papyrus* showed the highest brightness of 45% ISO.

Keywords: weeds, lignocellulosic materials, yield, pulp, kappa number, paper strength, brightness.

O. Ghaffarzadeh Mollabashi^{1*}
M. Sharari²
M.T. Alebrahim³

¹ Lecturer, Faculty of agricultural and natural resources, University of mohagheh ardabili, Ardabil, Iran

² Assistant Prof., Faculty of agricultural and natural resources, University of mohagheh ardabili, Ardabil, Iran

³ Associate Prof., Faculty of agricultural and natural resources, University of mohagheh ardabili, Ardabil, Iran

Corresponding author:
Omid_ghaffarzadeh@uma.ac.ir

Received: 2016/07/17
Accepted: 2016/12/20