ارزیابی ویژگی‌های خمیر کاغذ کرافت صنوبر دلتوئیدس برای مصارف بسته‌بندی

صالح قهرمانی[1*]، سحاب حجازی[2]، سعید مهدوی[3]

تاریخ دریافت مقاله: شهریور ماه ۱۳۹٤

تاریخ پذیرش مقاله: آبان ماه ۱۳۹٤

چکیده

عوامل متغیر پخت کرافت شامل: سولفیدیته، قلیا و درجه‌حرارت و مدّت زمان هر کدام در سه سطح و نسبت مایع پخت به ماده چوبی ٤ به ۱ بود. پخت بهینه با شرایط شامل: سولفیدیته ۲۳٪، قلیای فعال ۱۸٪، زمان ۱۸۰ دقیقه و دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد انتخاب شد که منجر به تولید خمیر کاغذی با عدد کاپای ۱۷/۲ و بازده ۵۳/۹٤ درصد شد. سپس این خمیر کاغذ برای دستیابی به درجه روانی ۳۳۳ میلی‌لیتر درجه کانادایی پالایش گردد و از آن کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه ۱۲۷ گرم بر سانتی‌متر مربع ساخته شد و همچنین مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی آن نیز اندازه‌گیری گردید. نتایج کلی، حاکی از تأثیر مثبت خمیر کاغذ کرافت صنوبر دلتوئیدس، در بهبود مقاومت‌های کاغذ کرافت بکر جهت مصارف بسته‌بندی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

کرافت[4]، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی، صنوبر دلتوئیدس[5]، کاغذ، بسته‌بندی

۱- مقدمه

امروزه دامنه استفاده از کاغذ و مقوا به حدّی گسترش یافته است که در مقیاس وسیع بسته‌بندی مواد و فرآورده‌های مختلف از آن استفاده می‌نمایند. کاغذ و مقوا به دلیل ویژگی‌های فیزیکی و زیست محیطی از اهمیت ویژه‌ای در صنایع بسته‌بندی برخوردارند. از آنجایی که کلیه صنایع در سطح جهان پیشرفت قابل توجّهی داشته‌اند، بیش از نیمی از محصول‌های این صنایع در قالب پوششی به سایر مناطق منتقل می‌شوند که در این میان، صنایع بسته‌بندی کاغذی و مقوایی از سایر صنایع بسته‌بندی بسیار پیشی گرفته و مورد قبول همگان واقع شده است. به دلیل ماهیت ذاتی این صنعت در جلب نظر و فروش کالا می‌توان آن را پیشروی سایر صنایع دانست. در این راستا، هزینه نیز طبق روال همیشگی عاملی با اهمیت است؛ اما مناسب بودن مواد انتخاب شده برای کاربرد مورد نظر و نیز جلوگیری از توقّف ماشین از درجه اهمیت یکسانی در پیوند با محصول و ارزش پولی آن برخوردار است. لازم است اشاره شود که انتخاب درست مواد از نظر کیفیت محصول نهایی، بازده و کارایی عملیات آماده‌سازی، اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد[۸]. بالا بودن خواص کیفی بسته‌بندی کاغذی سبب شده است

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

(* نویسنده مسئول: s.ghahramani@ut.ac.ir)

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران(shedjazi@ut.ac.ir).

۳- دانشیار، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، کرج، ایران(smahdavi@rifr-ac.ir).

4- Kraft

5- Deltoids

که در بسیاری از بخش‌ها جایگزین سایر بسته‌بندی‌ها شود. از جمله جایگزینی مقوا به جای چوب در جعبه‌های میوه و دیگر اقلام غذایی را می‌توان نام برد. امروزه با افزودن مواد مختلف به خمیر کاغذ و مقوا و تغییر در فنّاوری ساخت آن، توانسته‌اند قابلیت‌های زیادی به آن ببخشند، و قادر گردیده‌اند توان، شکل ظاهری و سایر خصوصیات کاغذ و مقوا را با توجّه به محصول تغییر دهند [۹]. با توجّه به اینکه صنعت بسته‌بندی کاغذی و مقوایی دارای مزایایی نظیر قابلیت استفاده مجدّد، بازگشت سریع به چرخه محیط زیست، سبکی، مقاومت، چاپ‌پذیری مناسب، ارزانی و ... می‌باشد و نیز توانایی بی‌نظیر این صنعت از لحاظ نوع ساختار ماده اولیه که به راحتی به شکل و حالات مختلف تبدیل می‌گردند شاهد آن هستیم که حتّی با ترکیب و آغشته کردن آن با مواد متضاد خودش نیز می توان به قابلیت‌های جدید جهت بسته‌بندی اقلام مختلف دسترسی پیدا نمود که این خود نشان از مزیت بالای کاربرد آن دارد. امروزه بسیاری از کالاها در پوششی از جنس سلولز قرار گرفته‌اند که این خود بیانگر توجّه و اهمیت این بخش از صنایع سلولزی می‌باشد. حال با توجّه به این مهم و اینکه رشد و شکوفایی این صنعت مزایای بسیاری را به دنبال خواهد داشت و نیز جهت پیشی گرفتن از رقبا باید کیفیت و انتخاب درست و مقرون به صرفه ماده اولیه را در این صنعت در نظر گرفت[۷]. بنابراین فرآورده‌های کاغذی بخش مهمی از کالاهای مصرفی روزانه را تشکیل می‌دهند و این امر موجب شده که کاغذ به صورت‌های بسیار متنوعی تولید شود تا امکان رقابت با سایر فرآورده‌ها را داشته و به تقاضای روزافزون خود پاسخ دهد. در مقابل افزایش مستمر تقاضا با محدودیت منابع جنگلی و حتّی کاهش آن‌ها روبرومی‌باشد. بنابراین رویکرد کلی به سمت افزایش کارآیی روش‌های مختلف تولید کاغذ و ارائه روش‌های جدید تولید خمیرهای پربازده و قابلیت استفاده از گونه‌های چوبی سریع‌الرشد و دست کاشت مانند صنوبر است. در سال صنوبرها با تولید بیش از دو میلیون مترمکعب چوب در ایران، نقش ارزنده‌ای در تأمین منابع سلولزی و کاهش فشار بر جنگل‌های طبیعی ایفا می‌کنند. مصرف روزافزون چوب در صنایع چوب و کاغذ، به کشت گونه‌های تندرشد صنوبر اهمیت می‌دهد. همچنین صنوبرها با داشتن الیاف با ارزش از نظر کاغذسازی و با رشد زیاد، در این صنعت اهمیت می‌یابند. هر چند که چوب صنوبر نسبت به چوب سوزنی‌برگان از الیاف کوتاه‌تری برخوردار هستند ولی وجود مزایایی چون رنگ روشن، همگن بودن بافت چوب ، مواد استخراجی کم، درون چوب حداقل، پوست فیبری و قابل استفاده چوب صنوبر باعث شده که سلولز تولیدی حاصل از چوب صنوبر علاوه بر کیفیت نسبتاً مناسب، از قیمت مناسبی نیز برخوردار باشد[۳]. همانطور که ذکر شد بسته‌بندی کاغذی و مقوایی مزیت‌های فراوانی از قبیل: قابلیت بازیافت، قابلیت فرم گرفتن، سبک بودن، مقاوم در برابر نور، هزینه پایین، امکان تبلیغ آسان بر روی آن، قابلیت چاپ‌پذیری خوب، انعطاف‌پذیری و غیره دارد. ولی با این وجود دارای معایبی هست. از قبیل: استحکام پایین، حساس به حرارت و آب، کاربرد منحصر جامدات و غیره[۹]. یکی از راه‌های اصلاح و پوشاندن این معایب، استفاده فرآیندهای پربازده و مقاوم تولید خمیر کاغذ جهت بالا برن مقاومت‌ها و بهبود ویژگی‌هاست. از فرآیندهای پربازده و مقاوم تولید خمیر کاغذ که در این تحقیق به آن‌ها پرداخته شده است، کرافت صنوبر است. کاغذ کرافت لاینر، نوعی کاغذ محکم و زبر است که از طریق کرافت‌سازی روی خمیر چوب تهیه می‌شود. از این کاغذ در تولید ساک خرید، پاکت و وسایل بسته‌بندی استفاده می‌کنند [۲].

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی مواد اولیه

صنوبر مورد نیاز از سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه گردید. توسط دستگاه خردکن مرکز تحقیقات البرز به خرده چوب تبدیل شد و جهت انجام کارهای آزمایشگاهی به آزمایشگاه گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران انتقال داده شد. سپس از خرده چوب‌های تهیه شده، نمونه‌هایی با اندازه مناسب،

جداسازی و جهت رسیدن به رطوبت تعادل و هـوا خـشک کردن به مدّت دو هفته در محلی که هوا جریان داشته باشـد قرار داده شد. سپس برای اینکه رطوبـت تعـادل تغییـر پیـدا نکند، نمونه‌ها در پلاستیک پلی‌اتیلنی ذخیره گردید.

۲-۲- اندازه‌گیری درصد رطوبت

به طور تصادفی از کل نمونه‌ها، دو نمونـه بـه وزن یـک گرم تهیه شد. سپس در اتو با درجـه حـرارت ۲±۱۰۳ درجـه سانتی‌گراد، به مدّت ۲٤ ساعت قرار داده شد و پـس از انتقـال به داخل دسـیکاتور[1] و خنـک شـدن مجـدداً وزن شـده و بـا استفاده از تغییـر وزن ایجـاد شـده، درصـد رطوبـت محاسـبه گردید. در این تحقیق رطوبت خرده چوب‌ها ۷ درصد بود.

۲-۳- اندازه‌گیری ویژگی‌های خمیر کاغذ

۲-۳-۱- بازده

بعد از پایان هر پخت و شستشوی خمیر کاغذ و پـس از هوا خشک کردن آن‌هـا، بـازده بعـد از پخت اندازه‌گیری شد.

۲-۳-۲- عدد کاپا

عدد کاپای به دست آمده از هر تیمار پخت‌های کرافـت، کرافت پربـازده و[2] NSSC صـنوبر طبـق اسـتاندارد TAPPI شماره ۸۵-۲۳٦om T اندازه‌گیری گردید.

۲-۳-۳- پالایش

برای آماده کردن خمیـر کاغـذ کرافـت طبـق اسـتاندارد کانادایی[3] CPPA شماره آیین نامـه C.۷ پـالایش شـد. بـدین منظور ۲± ۲٤ گرم خمیـر کاغـذ(براسـاس وزن خـشک) را وزن کرده و آنرا با درصد خشکی ۱۰ درصـد و دمـای $20C^{o}$ پالایش می‌نماییم. در این بررسی خمیر کاغذ کرافت پربـازده با درجه(CSF ۳۸۵) پالایش شد.

۲-۳-٤- تعیین درصد خشکی خمیر کاغذ

تعیین درصد خشکی خمیر کاغذ طبق آئین‌نامه شـماره D . ٦۷ اسـتاندارد کانـادایی CPPA انجام شد.

۲-۳-۵- اندازه‌گیری درجه روانی خمیر کاغذ

اندازه‌گیری درجه روانی خمیر کاغذ بر اسـاس آیـین نامـه شـماره om ـ ۲۲۷ T اسـتاندارد TAPPI و با واحـد میلی‌لیتر طبق استاندارد کانادایی انجام شد.

۲-۳-٦- تولید کاغذ دست‌ساز

از نمونه‌های خمیر کاغذ کرافت با درجه پـالایش(۳۳۳ CSF)، کاغـذهای دسـت‌سـاز بـا گرامـاژ ۱۲۷ گـرم بـر سانتی‌متر مربع ساخته شد. مقدار خمیر پالایش شده مورد نیاز، وزن و به منظور باز شدن الیاف با همزن آزمایشگاهی خوب هم زده شد. سپس با استفاده از دسـتگاه کاغـذسـاز که دارای توری آزمایشگاهی با مـش ۲۰۰ و انـدازه منافـذ ۷٤ میکرمتر می‌باشد، طبق اسـتاندارد[4] TAPPI بـه شـماره T205om-88 کاغذ دست‌ساز تهیه گردید.

۲-۳-۷- اندازه‌گیری گراماژ

گراماژ کاغذ براسـاس اسـتاندارد TAPPI و آیـین نامـه شـماره om 88 ـ T 410 تعیـین گردید.

۲-۳-۸- اندازه گیری ضخامت کاغذ

انـدازه‌گیـری ضـخامت کاغـذ طبـق اسـتاندارد TAPPI و آیـین‌نامـه 89 ـ T 411 om و بـا استفاده از ضخامت‌سنج انجام گرفت.

1- Desiccator
2- Neutral Sulfite Semichemical
3- Community Pharmacy Practice Accreditation
4- Technical Association of the Pulp and Paper Industry

۲-٤- تعیین ویژگی‌های مقاومتی کاغذ

۲-٤-۱- مقاومت در برابر کشش[1]

برای آزمون مقاومت کششی نمونه‌ها با طول ۱۵۰ میلی‌متر و عرض ۱۵ میلی‌متر با استفاده از ماشین آزمون تنسیل تست[2] ساخت کشور آلمان به شماره ٤۱۹۳٦ مطابق با استاندارد ISO 1924-2 انجام شد.

۲-٤-۲- مقاومت به ترکیدن[3]

آزمون مقاومت به ترکیدن با دستگاه دیجیتالی از شرکت فرانک – پی.تی.آی[4] مطابق با استاندارد TAPPI با شماره T494om-01 انجام شد.

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر خمیر کاغذسازی با روش تجزیه واریانس صورت گرفت. گروه‌بندی میانگین پخت‌ها با آزمون‌های چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. تحلیل نتایج مربوط به ویژگی‌های مقاومتی با روش تجزیه واریانس یک طرفه انجام گردید و برای تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS[5] استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویژگی‌های خمیر کاغذ کرافت

نتایج پخت شامل شرایط مختلف سولفیدیته، قلیا (AA)، زمان و دما، به صورت میزان بازده و عدد کاپا و وزن وازده بعد از پخت می‌باشد که در(جدول ۱) نشان داده شده است.

۳-۲- ویژگی خمیر کاغذهای بهینه کرافت

از بین ۱۲ پخت کرافت پربازده با شرایط پخت متفاوت، در نهایت بر اساس بازده و عدد کاپا، پخت سوم با بازده ٥۳/۹٤ و عدد کاپای ۱۷/۲ به عنوان پخت بهینه انتخاب شد.

۳-۳- تحلیل آماری نتایج خمیر کاغذ کرافت پربازده از صنوبر

جدول(۲) تجزیه واریانس بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت را نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج مربوط به بازده و عدد کاپای کرافت با در نظر گرفتن درجه اعتماد کمتر از ۰/۰۵ نشان می‌دهد که ترکیب شرایط متفاوت در سطح اعتماد ۹۵٪ با هم تفاوت معنی‌داری دارند.

با استفاده از جدول گروه‌بندی میانگین‌های بازده کرافت به وسیله آزمون دانکن می‌توان گفت که در رابطه با بازده تیمارهای هم گروه در این جدول، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری ندارند ولی تیمارهای مربوط به گروه‌های جدا از هم، با همدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. شکل(۱) گروه‌بندی میانگین‌های بازده خمیر کاغذ کرافت صنوبر به وسیله آزمون دانکن را نشان می‌دهد. با استفاده از جدول گروه‌بندی میانگین‌های عدد کاپای کرافت به وسیله آزمون دانکن می‌توان گفت که در رابطه با عدد کاپا تیمارهای هم گروه در این جدول با یکدیگر اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشته ولی تیمارهای مربوط به گروه‌های جدا از هم، با همدیگر اختلاف معنی‌داری دارند.

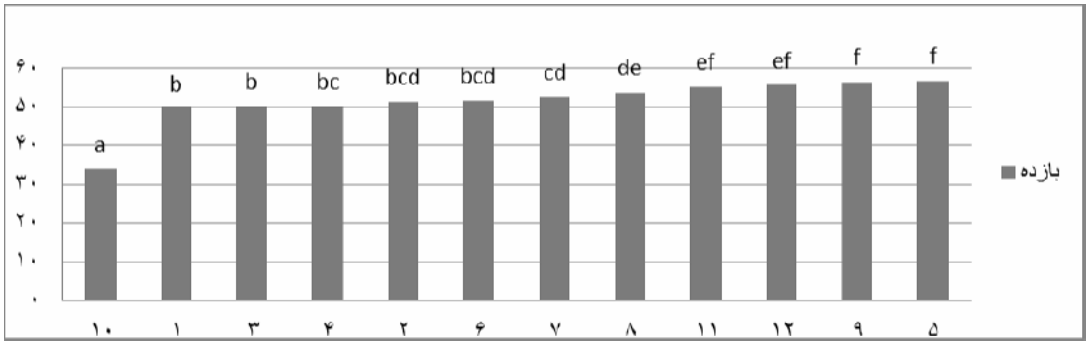
1- Tensile
2- Tensile Test
3- Burst
4- Frank-Pti
5- Statistical Package for the Social Sciences

جدول ۱- نتایج پخت‌های انجام شده جهت تولید خمیر کاغذ کرافت از صنوبر

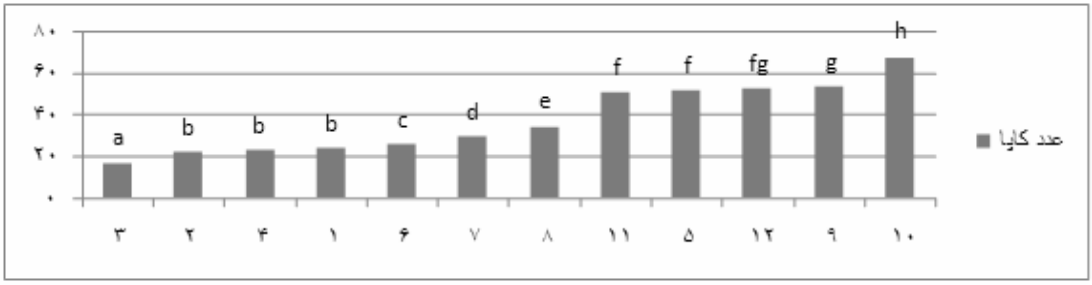
شماره پخت	سولفیدیته (درصد)	قلیا (درصد)	زمان (دقیقه)	دما (c°)	بازده (درصد)	عدد کاپا	وزن وازده (درصد)
پخت اول	۲۵	۲۰	۱۸۰	۱۷۰	٤۹/٦۳	۲۳/۸	-
پخت دوم	۲۵	۱۸	۱۸۰	۱۷۰	۵۱/۲۷	۲۲/۳	-
پخت سوم	۲۳	۱۸	۱۸۰	۱۷۰	۵۳/۹٤	۱۷/۲	-
پخت چهارم	۲۳	۱۸	۱۲۰	۱۷۰	۵۰/۰۳	۲۳	-
پخت پنجم	۲۳	۱٦	۱۸۰	۱۷۰	۵٦/۵۷	۵۱/۷	-
پخت ششم	۲۳	۱٦	۱۸۰	۱۷۰	۵۱/٦۳	۲٦/۲	-
پخت هفتم	۲۳	۱۸	۱۲۰	۱۷۰	۵۲/٤۷	۲۹/٦	-
پخت هشتم	۲۳	۱۸	۱۲۰	۱٦۵	۵۳/۵٤	۳٤/۷	-
پخت نهم	۲۳	۱۸	۱۲۰	۱٦۰	۵٦/۲٤	۵٤/۵	۳
پخت دهم	۲۰	۱٦	۱۲۰	۱٦۰	۳۳/۹٦	٦۸	۳۰
پخت یازدهم	۲۳	۱۸	٦۰	۱۷۰	۵۵/۱۸	۵۰/۸	۲
پخت دوازدهم	۲۰	۱٦	۱۲۰	۱۷۰	۵۵/٦۲	۵۲/٦	٤

جدول ۲- تجزیه واریانس بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت از صنوبر

		مجموع مربعات S.S	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S	F (آماره)	سطح معنی داری
بازده	بین گروهها	۱۱۹۷/۷۲۵	۱۱	۱۰۸/۸۸۴	۱۰۸/۸۸۴	۰/۰۰۰
	داخل گروهها	۲۴	۲۴	۱		
	کل	۱۲۲۱/۷۲۵	۳۵			
عدد کاپا	بین گروهها	۹۱۸۹/۵۶۰	۱۱	۸۳۵/۴۱۵	۹۱۰/۵۳۴	۰/۰۰۰
	داخل گروهها	۲۲/۰۲۰	۲۴	۰/۹۱۸		
	کل	۹۲۱۱/۵۸۰	۳۵			



شکل ۱- گروه‌بندی میانگین‌های بازده خمیر کاغذ کرافت صنوبر به وسیله آزمون دانکن



شکل۲- گروه‌بندی میانگین‌های عدد کاپای خمیر کاغذکرافت صنوبر به وسیله آزمون دانکن

شکل(۲) گروه‌بندی میانگین‌های عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت صنوبر به وسیله آزمون دانکن را نشان می‌دهد.

۳-٤- اثرات مربوط به عوامل متغیر پخت کرافت بر بازده و عدد کاپا

۳-٤-۱- سولفیدیته

جدول(۳) تجزیه واریانس مربوط به سه سطح سولفیدیته بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت را نشان می‌دهد.

چون سطح معنی‌داری کمتر از۰/۰۵ = α است، پس اثر سه سطح سولفیدیته بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت معنی‌دار است. با توجّه به جدول گروه‌بندی میانگین‌های سطوح سولفیدیته بر بازده خمیر کاغذ کرافت می‌توان با اطمینان ۹۵ نتیجه گرفت که اختلاف بین میانگین‌های سه سطح سولفیدیته بر بازده خمیر کاغذ کرافت معنی‌دار است. همچنین با توجّه به گروه‌بندی میانگین‌های سه سطح سولفیدیته بر عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت می‌توان با اطمینان ۹۵ نتیجه گرفت که اختلاف بین

جدول ۳- تجزیه واریانس مربوط به سطح سولفیدیته بر بازده و عدد کاپای کرافت صنوبر

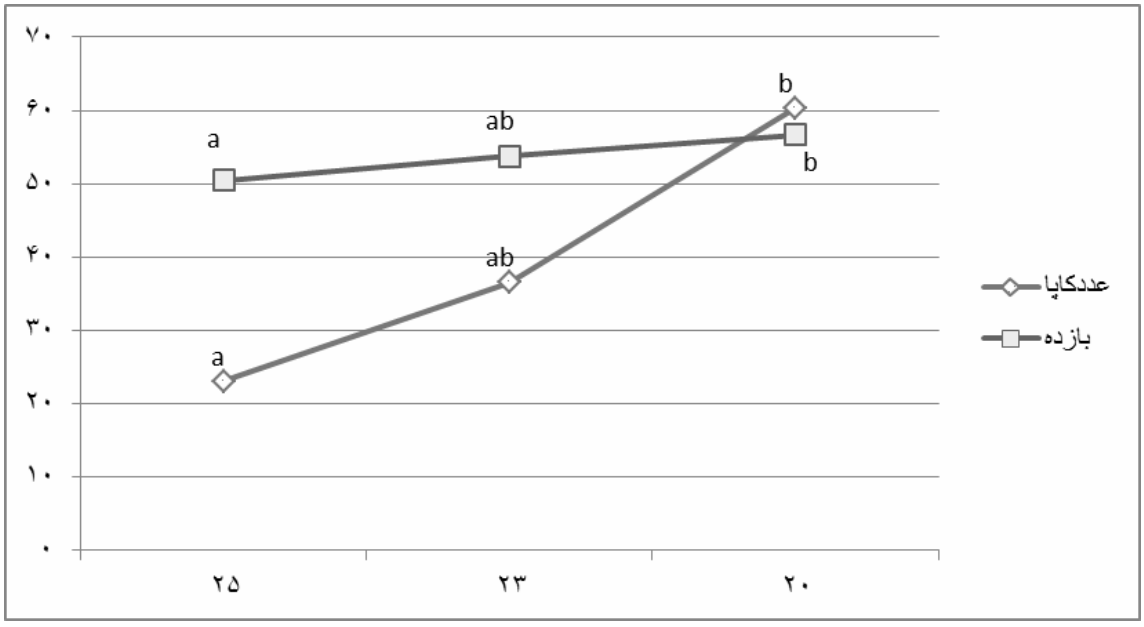
		مجموع مربعات S.S	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S	F (آماره)	سطح معنی داری
بازده	بین گروهها	۳۸/۱٤۱	۲	۱۹/۰۷	٤/۳۳	۰/۰٤۸
	داخل گروهها	۳۹/۵۷٤	۹	٤/۳۹		
	کل	۷۷/۷۱۵	۱۱			
عدد کاپا	بین گروهها	۱٤۵۸/۲۸	۲	۷۲۹/۱٤	٤/۵٦	۰/۰٤۳
	داخل گروهها	۱٤۳۷/٤٦	۹	۷۲۹/۷۱		
	کل	۲۸۹۵/۷٤۹	۱۱			

میانگین‌های سه سطح سولفیدیته بر عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت معنی‌دار است. در(شکل ۳) اثر سه سطح سولفیدیته بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت و همچنین گروه‌بندی میانگین‌های سه سطح سولفیدیته بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت نشان داده شده است.

همانطور که در(شکل ۳) مشخص است با کاهش سطوح سولفیدیته، بازده و عدد کاپا افزایش پیدا می‌کند.

۳-٤-۲- قلیائیت(AA)

جدول(٤) تجزیه واریانس مربوط به سه سطح قلیا(AA) بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت را نشان می‌دهد. چون سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ =α است، پس اثر سطوح قلیا بر بازده خمیر کاغذ کرافت صنوبر معنی‌دار است.



شکل ۳ - اثر سه سطح سولفیدیته بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت

جدول ٤- تجزیه واریانس مربوط به سه سطح قلیا(AA) بر بازده و عدد کاپای خمیرکاغذ کرافت

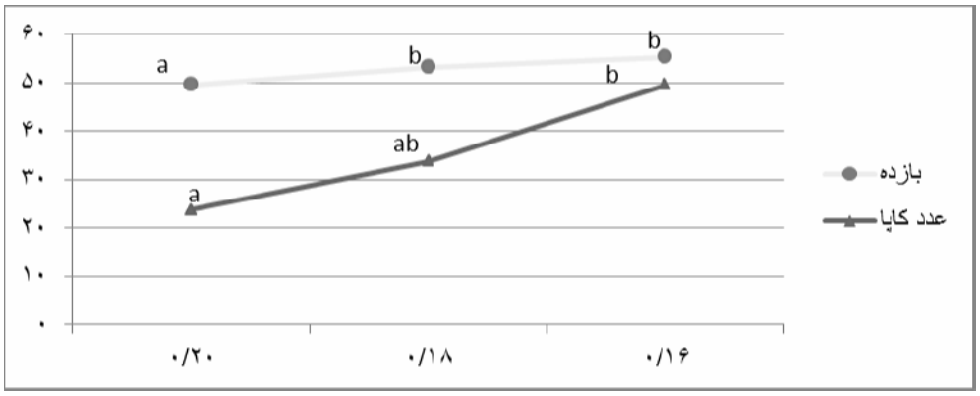
		مجموع مربعات S.S	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S	F (آماره)	سطح معنی داری
بازده	بین گروهها	٦٧٦/٥٦	۲	۳۳۸/۲۸	۱۵۱/٦	۰۱٦/۰
	داخل گروهها	٦٤٧/٥۰	۱۱	٦۰۷/٤		
	کل	۳٥۰/۱۰۷	۱۳			
عدد کاپا	بین گروهها	٥۱٦/۱۲۲۲	۲	۲٥۷/٦۱۱	۳۰۸/۳	۰۷٥/۰
	داخل گروهها	۷٦۸/۲۰۳۲	۱۱	۷۹۷/۱۸٤		
	کل	۲۸٤/۳۲٥٥	۱۳			

ولی در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ =α، اثر سطوح قلیا بر عـدد کاپای خمیر کاغذ کرافت صنوبر معنی‌دار نیست. با توجّـه بـه جدول گروه‌بندی میانگین‌های سه سطح قلیا بـر بـازده خمیـر کاغذ کرافت می‌توان با اطمینان ۹۵ ٪ نتیجه گرفت که اختلاف بین میانگین‌های سه سطح قلیا بر بـازده خمیـر کاغـذ کرافـت معنـی‌دار اسـت. همچنـین بـا توجّـه بـه جـدول گـروه‌بنـدی میانگین‌های سه سطح قلیا بر عدد کاپای خمیر کاغـذ کرافـت می‌تـوان بـا اطمینـان ۹۵ ٪ نتیجـه گرفـت کـه اخـتلاف بـین میانگین‌های سه سطح قلیا بر عدد کاپای خمیر کاغـذ کرافـت معنی‌دار نیست. در(شکل ٤) اثر سه سطح قلیا بر بازده و عـدد کاپای خمیر کاغذ کرافت نشان داده شده است. همـانطور کـه در نمودار مشخص است با کاهش سطوح قلیا، بـازده و عـدد کاپا افزایش پیدا می‌کند.

۳-۴-۳- زمان

جدول(۵) تجزیه واریانس مربوط به سه سطح زمان بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت را نشان می‌دهد.

با توجّه به(جدول ۵) می‌توان بـا اطمینـان ۹۵٪ نتیجـه گرفت که اختلاف بین سه سطح زمان بر بازده و عدد کاپای خمیرکاغذ کرافـت معنـی‌دار نیـست. بـا توجّـه بـه جـدول گروه‌بندی میانگین‌های سه سطح زمان بر بازده خمیر کاغـذ کرافت می‌توان با اطمینان ٪۹۵ نتیجـه گرفـت کـه اخـتلاف بین میانگین‌های سه سطح زمان بر بازده خمیر کاغذ کرافت معنی‌دار نیست.



شکل ٤- اثر سطوح قلیا بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت

جدول ۵- تجزیه واریانس مربوط به سه سطح زمان بر بازده و عدد کاپای خمیرکاغذ کرافت

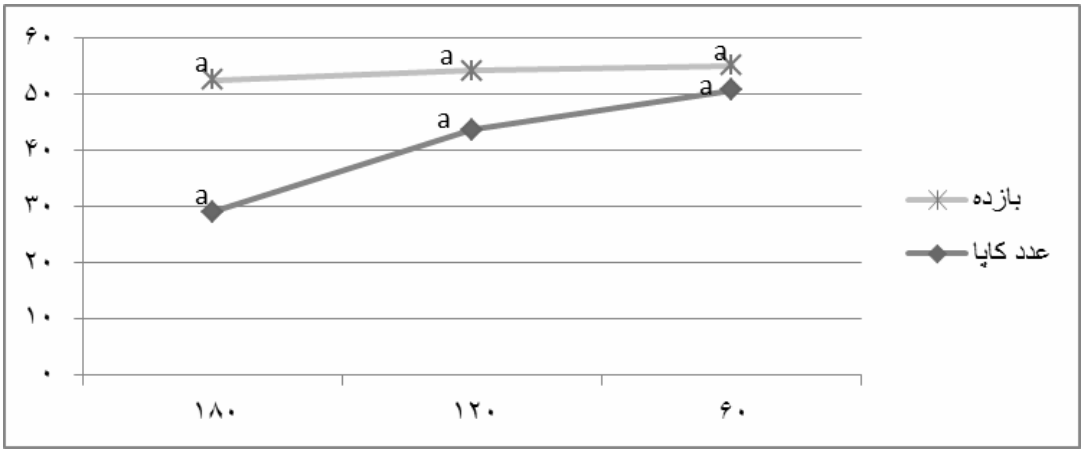
		مجموع مربعات S.S	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S	F (آماره)	سطح معنی داری
بازده	بین گروهها	۹۹/۱۳	۲	۹۹/٦	۱۰/۱	۳٦٦/۰
	داخل گروهها	۷٦/٦۹	۱۱	۳٤/٦		
	کل	۷۵/۸۳	۱۳			
عدد کاپا	بین گروهها	۲۲/۱۰۲۳	۲	٦۱/۵۱۱	٦۲/۲	۱۱۷/۰
	داخل گروهها	۸۸/۲۱٤٤	۱۱	۹۹/۱۹٤		
	کل	۱۱/۳۱٦۸	۱۳			

همچنین با توجّه به جدول گروه‌بندی، میانگین‌های سه سطح زمان که براساس عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت می‌باشد می‌توان با اطمینان ۹۵ ٪ نتیجه گرفت که اختلاف بین میانگین‌های سه سطح زمان بر عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت معنی‌دار نیست. در(شکل ۵) اثر سطوح زمان بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت و گروه‌بندی میانگین سطوح زمان بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت نشان داده شده است. همانطور که در(شکل ۵) مشخص است با کاهش سطوح زمان، بازده و عدد کاپا افزایش پیدا می‌کند.

۳-٤-٤- دما

جدول(٦) تجزیه واریانس مربوط به سه سطح دما بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت را نشان می‌دهد.

چون سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ =α است، پس اثر سطوح دما بر بازده خمیر کاغذ کرافت صنوبر معنی‌دار نیست. ولی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ =α ، اثر سه سطح دما بر عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت صنوبر معنی‌دار است. با توجّه به جدول گروه‌بندی میانگین‌های سه سطح دما بر بازده خمیر کاغذ کرافت می‌توان با اطمینان ۹۵ ٪ نتیجه گرفت که اختلاف بین میانگین‌های سه سطح دما بر بازده خمیر کاغذ کرافت معنی‌دار نیست.



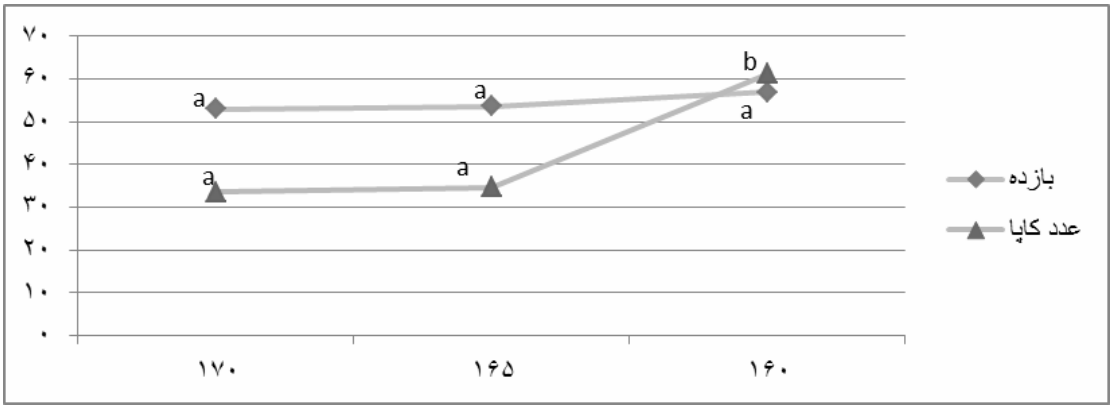
شکل ۵- اثر سطوح زمان بر بازده و عدد کاپای کرافت

جدول ٦- تجزیه واریانس مربوط به سه سطح دما بر بازده و عدد کاپای خمیرکاغذ کرافت

		مجموع مربعات S.S	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S	F (آماره)	سطح معنی داری
بازده	بین گروهها	۲۵/۲٦	۲	۱۲/۱۳	۷/۲	۱۱۱/۰
	داخل گروهها	٤۷/۵۳	۱۱	۸٦/٤		
	کل	۷۳/۷۹	۱۳			
عدد کاپا	بین گروهها	۲۷/۱۲۹۳	۲	٦۳/٦٤٦	۳۷/٤	۰٤۰/۰
	داخل گروهها	۹۸/۱٦۲۵	۱۱	۸۱/۱٤۷		
	کل	۲۵/۲۹۱۹	۱۳			

همچنین با توجه به جدول گروه‌بندی میانگین‌های سه سطح دما بر عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت می‌توان با اطمینان ۹۵ ٪ نتیجه گرفت که اختلاف بین میانگین‌های سه سطح دما بر عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت معنی‌دار است. در(شکل ٦) اثر سه سطح دما بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت شیمیایی نشان داده شده است.

همانطور که در (شکل ٦) مشخص است با کاهش سطوح دما، بازده و عدد کاپا افزایش پیدا می‌کند. در نهایت نتایج ویژگی‌های فیزیکی و مقاومت‌های مکانیکی کاغذ کرافت پربازده و همچنین مقایسه آن با چند ماده چوبی و غیر چوبی دیگر با فرآیندهای متفاوت در(جدول۷) آورده شده است.



شکل ٦- اثر سطوح دما بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت

جدول ۷- ویژگی‌های کاغذ کرافت و مقایسه آن با چند ماده چوبی و غیرچوبی با فرآیندهای متفاوت [۱، ٤ و ٥]

نام محقق	نام فرایند	ماده اولیه مورد استفاده	شاخص کشش (N.m/gr)	شاخص ترکیدن (K pa.m^2) /g	شاخص پارگی (mN.m^2 /g)	طول پارگی (Km)	ضخامت (cm)	دانسیته (gr/cm^3)	حجمی (cm^3 /gr)	گراماژ (g/cm^2)	رطوبت (درصد)
قهرمانی، ۱۳۹۲	کرافت	صنوبر رقم ٦٩-٥٥	٥٠/٥٢	٧١/١	٥٩/١٥	٣٥/٥	٠١٢٣/٠	٩٠٥/٠	١٠/١	١٢٧	٧
احمدی، ۱۳۸٦	NSSC	کلزا	٨/٥٧	–	٤/٧	٩/٥	٠١٤/٠	٤٥/٠	٢٢/٢	–	–
روغی، ۱۳۸۰	NSSC	ساقه آفتابگردان	٤١/٣٤	٦٩/١	٧١/٥	٦١/٣	–	–	–	–	–
خلیلی ۸۸	کرافت	مخلوط پهن برگان	٨٧/٤٨	٩٨/٤	٤٨/٧	٩٨/٤	٠٨/٠	٥٨٦/٠	٤٥/١	–	–
استاندارد ISIRI3 054	کرافت	الیاف بکر(۸۰ درصد)	–	٥٠/١	٩/٤	٢-٥/٣	–	–	–	١٢٥-١٥٠	٧±٢

همچنین مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی مورد نیاز برای کاغذ کرافت بکر بر اساس استاندارد ISIRI 3054 نیز برای مقایسه آورده شده است. نتایج حاکی از موفقیت‌آمیز بودن استفاده از خمیر کرافت صنوبر دلتوئیدس رقم ۵۵-۶۹ به عنوان ماده اولیه برای مصارف بسته‌بندی بر اساس استاندارد ISIRI 3054 می‌باشد[۱۰].

۴- نتیجه‌گیری

صنوبر با داشتن الیاف با ارزش از نظر کاغذسازی و وجود مزایایی چون رنگ روشن، همگن بودن بافت چوب، مواد استخراجی کم، درون چوب حداقل، پوست فیبری و قابل استفاده و قیمت مناسب از جایگاه و اهمیت بسیار بالایی در صنعت بسته‌بندی برخوردار می‌باشد. همچنین بسته‌بندی کاغذی و مقوایی با داشتن مزیت‌هایی نظیر قابلیت بازیافت، فرم گرفتن، سبک بودن، مقاومت در برابر نور، مقاومت بالا به کشش، فشار و پارگی، هزینه پایین، امکان تبلیغ آسان بر روی آن، قابلیت چاپ‌پذیری خوب، انعطاف‌پذیری خوب و غیرقابل نفوذ بودن به هوا از جایگاه و اهمیت ویژه‌ای در صنایع بسته‌بندی برخوردار است. بنابراین با توجّه به نیاز صنعت بسته‌بندی به کاغذ کرافت بکر و نیز ویژگی‌های فیزیکی و مقاومت‌های مکانیکی قابل قبول این کاغذ حاصل از فرآیند خمیرسازی، در مقایسه با فرآیندهای دیگر خمیر و کاغذسازی و گونه‌های چوبی دیگر و همچنین مواد لیگنوسلولزی غیرچوبی و قابل قبول بودن مقاومت‌های این پژوهش با استاندارد ISIRI 3054 می‌توان تولید کاغذ کرافت بکر با استفاده از فرآیند خمیر کاغذسازی حاصل از چوب صنوبر دلتوئیدس رقم ۵۵-۶۹ را به صنعت کاغذ و بسته‌بندی توصیه کرد.

۵- منابع

۱. احمدی، م، جهان لتیباری، ا، فائزی پور، م، حجازی، س (۱۳۸۸). «**ارزیابی ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه کلزا**»، **فصلنامه جنگل و فرآورده‌های چوب**»، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۸، صفحه ۱۳۳.

۲. افرا، ا.، (۱۳۸۵). «**مبانی ویژگی‌های کاغذ**»، اسکات، ویلیام، تهران، انتشارات آییژ.

۳. حمصی، ا.ه، صبور، م، طلایی پور، م، آزاد فلاح، م.(۱۳۹۱)، «**بررسی اثر آنزیم زایلاناز بر خواص خمیر APMP از صنوبر تبریزی**»، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد ۲۷، شماره ۱، از صفحه ۱٦٦-۱۵٦ .

٤. خلیلی گشت رودخانی، ع، قاسمیان, ع، سرائیان، ا.ر، دهمرده قلعه نو، م، منظورالاجداد، س. م (۱۳۸۸)، «**بررسی ویژگی‌های مکانیکی و نوری کاغذکرافت لاینر حاصل از مخلوط الیاف کارتن بازیافتی و خمیر کرافت پهن برگان**»، دو فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران،جلد ۲٤، شماره ۲، صفحه ۲٦٤-۲۷٤.

۵. رودی، ح.ر، رسالتی، ح (۱۳۸۵). «**بررسی تهیه خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه آفتابگردان Helianthus annus به منظور تولید کاغذ کنگره‌ای**»، مجلّه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دوره ۱۳، شماره ۲، صفحه ۱۷۳-۱۸۲.

٦. سعدی. (۱۳۷۷). «**بررسی خصوصیات کاغذ حاصل از جوان چوب و کامل چوب افراپلت و مخلوط آن‌ها به روش سولفیت خنثی (NSSC)**». پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۷. طلایی پور، م، خادمی اسلام، ح. ا، مالمیر چگینی، خ.(۱۳۸۸)، «**تأثیر ویژگی‌های کاغذ و مرکب بر خواص نوری کاغذهای بسته‌بندی**»، دو فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات علوم چوب

و کاغذ ایران، جلد ٢٤، شماره ٢، صفحه ٣٤٠-٣٢٥، (١٣٨٨).

٨. مـالمیر چگینـی، خ، طلایـی پـور، م، پـور موسـی، ش.(١٣٩٠)، «**تأثیر ویژگی‌های کاغذ و مرکب بـر کیفیت چاپ در صـنایع بـسته‌بنـدی بـر اسـاس اندازه‌گیری شـاخص دانـسیته چـاپ**»، فـصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقـات علـوم چـوب و کاغـذ ایران، جلد ٢٦، شماره ١، صفحه ٥٧-٣٩.

٩. مکـابر، م. (١٣٩١). «**مقاله جامع بـسته‌بنـدی مـواد غذایی**»، پایگاه تخصـصی علـوم و صـنایع غـذایی، http://www.foodspot.ir، ٢٩ دسامبر ٢٠١٢.

١٠. قهرمانی، ص.(بهار ١٣٩٤). «**تولیـد خمیـر کاغـذ NSSC صـنوبر دلتوئیـدس رقـم ٥٥-٦٩ بـرای مصارف بسته‌بندی**». شماره ٢١، سال ششم، صفحه ٩٢-٨٤.

آدرس نویسنده

اسـتان البـرز- کـرج- سـه راه دانـشکده- پـردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.