بررسی تأثیر استفاده از کربوکسی‌متیل‌سلولز(CMC) به منظور بهبود مقاومت‌های کششی در کاغذهای بسته‌بندی

سید محمد جواد سپیده دم [1*]، فرحناز بهزادی [2]

تاریخ دریافت مقاله: مرداد ماه۱۳۹۱
تاریخ پذیرش مقاله: مهر ماه ۱۳۹۱

چکیده

با توجّه به اینکه کاغذها در مقابل نفوذ رطوبت مقاومت خوبی ندارند و این امر از ایرادات بسته‌بندی‌های کاغذی می‌باشد، در تحقیق حاضر به بررسی تأثیر کربوکسی‌متیل‌سلولز[3](CMC) در بهبود مقاومت‌های کششی خشک و تر در بسته‌بندی‌های کاغذی پرداخته شده است. بدین منظور از کربوکسی‌متیل‌سلولز در چهار سطح وزنی(۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) با مخلوط خمیر[4] ۴۰:۶۰ (۴۰٪ خمیر الیاف بلند و ۶۰٪ خمیر الیاف کوتاه) استفاده شد. همچنین در پایان نتایج نشان داد که با افزایش سطوح وزنی کربوکسی‌متیل‌سلولز، مقاومت‌های کششی خشک و تر نمونه‌های آزمونی افزایش پیدا کردند و بیشترین میزان مقاومت‌ها در سطح ۱/۵ درصدی کربوکسی‌متیل‌سلولز حاصل شد.

واژه‌های کلیدی

کاغذ، پلی‌آمینوآمید اپی کلروهیدرین، کربوکسی متیل سلولز، مقاومت به کشش و مقاومت به ترکیدن.

۱- مقدمه

صنعت بسته‌بندی یکی از مؤلفه‌های پیشرفت و ترّقی اقتصادی یک کشور می‌باشد .به‌علاوه، از آنجا که پیشرفت صنعت بسته‌بندی در هر کشور رابطه مستقیمی با پیشرفت دیگر صنایع دارد، لذا با توجّه به سطح توانایی فنّاوری هر کشور برای ساخت و عرضه کالاهای گوناگون، صنعت بسته‌بندی که جزء جدایی ناپذیر صنایع است نیز رشد می‌کند. طراحی و ساخت بسته‌بندی‌های لازم برای کالاهای جدید تولیدی به منظور رقابت در بازارهای داخلی و خارجی، امکانات و ابتکاراتی به وجود می‌آورد که با کسب تجربه‌های جدید در بازار، باعث رقابت‌های پویاتر و کارآمدتر می‌شود(۱). 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 را در این صنعت نهادینه نمود که یکی از شاخص‌های مهم کیفی بسته‌بندی‌های کاغذی(با توجّه به اینکه کاغذ در مقابل نفوذ رطوبت مقاومت خوبی ندارند)، بهبود مقاومت‌های کششی تر می‌باشد. با توجّه به اینکه صنعت بسته‌بندی کاغذی و مقوایی دارای مزایایی نظیر استفاده مجدّد، بازگشت سریع به چرخه محیط زیست، سبکی، مقاومت، چاپ‌پذیری مناسب، ارزانی و ... می‌باشد و نیز توانایی بی‌نظیر این صنعت به لحاظ نوع ساختار ماده اولیه که به راحتی به شکل و حالات مختلف تبدیل می‌گردند و با افزودن موادی جهت بهبود مقاومت‌های آن می‌توان به قابلیت‌های جدید بسته‌بندی

۱- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
(* نویسنده مسئول: Jsepidehdam@yahoo.com)
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی کرج و مسئول آزمایشگاه کاغذ - سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

3- Carboxy methyl cellulose
4- Furnish

اقـلام مختلـف دسترسـی پیـدا نمـود کـه ایـن موضـوع از مزیـت‌هـای بـالای کـاربرد آن حکایـت دارد(۲). در صـنایع کـارتن‌سـازی، بـه عنـوان یکـی از زیـر شـاخه‌هـای صـنعت بسته‌بندی، صرف‌نظر از فنّاوری به‌کار رفته در فرایند چـاپ، ویژگی و کیفیت مواد اولیه و نیز مقاومت‌هـای مکـانیکی آن، تأثیر بسزایی در برآورده نمودن هدف‌هـای پـیش‌بینـی شـده دارد. چـه بـسا بـی‌تـوجّهی بـه چنـین نکـاتی باعـث ارائـه بسته‌بندی‌های نامطلوب می‌شود که از لحاظ اقتصادی و حتّی بهداشتی اثرگذاری نامطلوبی در پـی دارد. همچنـین از سـوی دیگـــر، اســـتفاده از افزودنـــی‌هـــای مناســـب ماننـــد کربوکـسی‌متیـل‌سـلولز(CMC) بـه جهـت افـزایش مقاومـت کاغذهای بسته‌بندی می‌تواند راهکاری در جهت استفاده بهینه و مقرون‌به‌صرفه در تولیدات این نـوع محـصولات سـلولزی باشد. از سال ۱۹۹٤ روش‌های عملی جذب کربوکـسی متیـل سلولز برای افزایش شارژ آنیونی خمیـر کاغـذ مـورد مطالعـه قرار گرفته اسـت. از ترکیـب CMC و PAE[1]بـر روی خمیـر کرافـت سـوزنی‌بـرگ رنـگ‌بـری شـده و هـم‌چنـین خمیـر سوزنی‌برگ و پهن‌برگ به نسبت ۵۰:۵۰ استفاده شد و نتـایج حاکی از افزایش مقاومـت‌هـای تـر و خـشک در کاغـذهای دست‌ساز این خمیرها بوده است(۵). گاردلونـد و همکـاران[2] (۲۰۰۳)، در نتایج خود نـشان دادنـد کـه بهبـود مقاومـت بـه نسبت اختلاط بستگی دارد و یـک بیـشینه مقاومـت خـشک برای کمپلکس‌هایی که بار آنیونی[3] CMC به میزان ٦۰ درصد خنثی شـده بـود، مـشاهده مـی‌گـردد. بلومـستد و ووریـنن[4] (۲۰۰۷)، خمیرکاغذ کرافت سوزنی‌برگان را با کربوکسی متیل سلولز(CMC) و سورفاکتانت‌های کـاتیونی[5] اصـلاح کردنـد. تیمار با دسیل تری متیل آمونیوم برومید[6](C12TAB) به طـور قابـل تـوجّهی مقاومـت‌هـای داخلـی و کشـشی کاغـذهای دست‌ساز تهیه شـده از خمیـر اصـلاح شـده را افـزایش داد. همچنین میکروسکوپ الکترونی پویشی محیطی، نشان داد که این ویژگی‌ها می‌توانند به طور جزئی با پل‌های"rop/gum" مانند که بین الیاف تشکیل می‌شـوند، توضـیح داده شـوند. کنتوری و همکاران[7] (۲۰۰۸)، در تحقیقی افزایش مقاومـت یک شبکه الیاف به وسیله کربوکـسی متیـل سـلولز(CMC) در طی لیگنین‌زدایی[8] با اکسیژن خمیر کرافـت[9] را بررسـی کردند. نتایج تحقیق ایشان، ۱۵٪ بهبود در شـاخص کـشش و ۲۵٪ بهبود در شاخص پارگی کاغـذهای سـاخته‌شـده از الیـاف تیمارشـده بـا CMC را بعـد از یـک تـوالی کامـل رنگ‌بری در مقایسه با نمونه شاهد نشان داد.

در این پژوهش اثر سطوح وزنی کربوکسی متیل سلولز (CMC) بر مقاومت کششی تر و خشک نمونه‌های آزمونی بررسی شده اسـت. در ایـن پـژوهش عـلاوه بـر بررسـی اثرگـذاری کربوکـسی متیـل سـلولز (CMC) بـر مقاومـت کششی، مزایای بسته‌بندی‌های کاغذی نیز ارائه شده است.

۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش از خمیر کاغذ الیـاف بلنـد رنـگ‌بـری شده بکر(اختلاط ۷۰ تا ۱۰۰ درصد گونه کـاج سیلوسـتر[10] به همراه صفر تا ۳۰ درصد گونه نوئل[11]) به همـراه خمیـر کاغذ الیاف کوتاه رنگ‌بری شده تـازه(اخـتلاط ٤۵ درصـد گونه بلوط به همراه ۵۵ درصد گونه آکاسیا[12]) استفاده شد، که این خمیر از وارداتی از روسیه بوده است. هـم‌چنـین از کربوکسی متیل سـلولز بـا برنـد تجـاری TEK CMC 100 استفاده شد که برای محصولات کاغذی بهداشتی(تیـشو[13]) و تولید مقوا توصیه شده اسـت. ایـن محـصول مـی‌توانـد مقاومت‌های تر و خشک، نرمـی و ویژگـی‌هـای نـوری را افزایش داده و پارگی‌ها را در ماشین کاغذ کاهش دهد. این محصول بـه هنگـام خریـداری دارای حـداکثر ۱۰ درصـد رطوبت، pH حدود ۱۱/۵-۷، درجـه اسـتخلاف ۰/۷-۰/۵،

1- Poly amino amide epichlorohydrine
2- Gardlund et al, 2003
3- Anionic charge
4- Blomstedt and Vuorinen, 2007
5- Cationic surfactants
6- Decyl tri-methyl amonium bromide
7- Kontturi et al, 2008
8- Delignining
9- Kraft pulp
10- Pine sylvester
11- Noel species
12- Acacia species
13- Tissue

دانسیته حجمی ۷۰۰-۵۰۰ گرم بر لیتر و ویسکوزیته[1] ۲۰۰-۱۰۰ سانتی‌پواز بود.

پس از تعیین درصد رطوبت نمونه‌های خمیر کاغذ مورد استفاده، خمیر کاغذهای الیاف بلند و کوتاه مورد استفاده با نسبت ٦٠ و٤٠ (به ترتیب خمیرکاغذ الیاف کوتاه و بلند) مخلوط شدند. به منظور رساندن مخلوط‌های خمیر کاغذسازی به درجه روانی مورد نظر، خمیر کاغذهای تهیه شده با دستگاه PFI[2] تا رسیدن به درجه روانی مورد نظر که ۳۰ تا ۳۵ درجه شوپر- ریگلر[3](°SR) بود، پالایش شدند. لازم به ذکر است که فرنیش با ترکیب اختلاط ٦٠ و٤٠، با استفاده از ۹۳۰۰ دور پالایش الیاف، درجه روانی مورد نظر(۳۰ تا ۳۵) حاصل شد. در ادامه بعد از پالایش، خمیر کاغذها برای ساخت نمونه‌های کاغذ دست‌ساز آماده شدند. با توجّه به قطر کاغذها که مطابق با استاندارد ملّی[4] ایران به شماره ۳۷۸۸ باید ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد و هدف تهیه کاغذهای با گرماژ ۸۰ مورد نظر بود، مقدار ۲/۵ گرم خمیر(جرم خشک) برای تهیه سوسپانسیون‌های[5] کاغذسازی توزین شد. با توجّه به وزن کل مواد تشکیل‌دهنده، سوسپانسیون کاغذسازی(شامل الیاف کاغذسازی و افزودنی‌های شیمیایی) با اضافه‌کردن افزودنی‌های مورد نظر شامل کربوکسی متیل سلولز(CMC) و افزودن آب سوسپانسیون‌های کاغذسازی با حجم معین آماده گردیده و نمونه‌های کاغذ دست‌ساز[6] به وسیله دستگاه کاغذ دست‌ساز به منظور بررسی ویژگی‌های مقاومتی تهیه شدند. تیمارهای مختلف نمونه‌های آزمونی در(جدول ۱) قابل مشاهده است.

جدول ۱- تیمارهای مختلف مورد بررسی

0%CMC	T_1
0.5% CMC	T_2
1% CMC	T_3
1.5% CMC	T_4

آزمون مقاومت به کشش نمونه‌ها توسط دستگاهL W BFI[7] Tensile Tester & مطابق با استانداردهای ملّی ایران به شماره‌های ۸۲۷۳ (خشک) و ۱۵٤۳ (تر) انجام گرفت. نمونه‌ها مستطیل شکل و به ابعاد اسمی ۱۵cm×۱/۵cm در نظر گرفته شدند. طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق از نوع طرح کاملاً تصادفی بود. تجزیه و تحلیل نتایج ارزیابی خصوصیات مکانیکی کاغذهای دست‌ساز و طبقه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس‌ها[8] و به کمک آزمون آماری دانکن[9] انجام گرفت.

۳- دستاورد

۳-۱- مقاومت کششی خشک

نتایج مقاومت کششی خشک تیمارهای مختلف نمونه‌های آزمونی در(شکل ۱) قابل مشاهده است. با توجّه به شکل، مشخص است که با افزودن CMC به خمیر الیاف، مقاومت کششی نمونه‌های آزمونی افزایش می‌یابد. به طوری که بیشترین مقاومت کششی در نمونه آزمونی حاوی ۱/۵درصد CMC با مقدار عددی ٦۷۲/۲۲ گرم نیرو بر ۱۵ میلی‌متر عرض به دست آمده است. همچنین کمترین میزان مقاومت در تیمار شاهد مشاهده شد.

1- Viscosity

۲- پالایشگر آزمایشگاهی PFI- Beater

3- Shopper - riegler

٤- شماره استاندارد ۱- ۳۷۸۸ خمیر کاغذ- تهیه ورق‌های آزمایشگاهی برای آزمون فیزیکی قسمت اول- روش ساخت ورق کاغذ با دستگاه ورق ساز

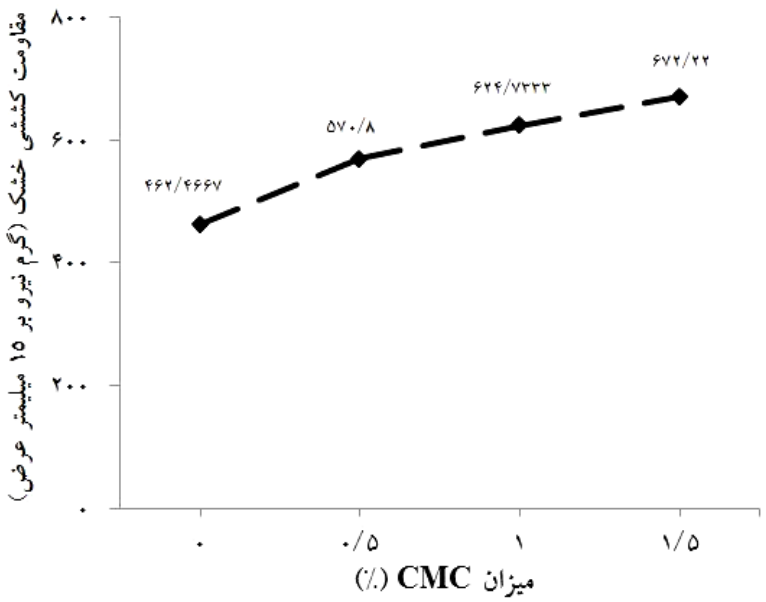
5- Suspension

6- Hand sheet paper

7- Beating Lorentzen& Wetter

8- Hand sheet

9- Duncan



شکل ۱- تغییرات مقاومت کششی خشک در سطوح مختلف CMC

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر مستقل متغیر CMC بر مقاومت کششی خشک

درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F (آماره آزمون)	معنی‌داری
۳	۷۳۱۳۴/۶۳۶	۲۴۳۷۸/۲۱۲	۱۰۶/۶۲۷	۰/۰۰۰**
۸	۱۸۲۹/۰۴۰	۲۲۸/۶۳۰		
۱۱	۷۴۹۶۳/۶۷۵			

** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد

جدول ۳- گروه‌بندی سطوح مختلف CMC بر میزان مقاومت کششی خشک نمونه‌های آزمونی

میانگین (گرم نیرو بر ۱۵ میلی‌متر عرض)	گروه	CMC (٪)
۴۶۲/۴۶۶۷	a	۰
۵۷۰/۸۰	b	۰/۵
۶۲۴/۷۳۳۳	c	۱
۶۷۲/۲۲۰۰	d	۱/۵

با توجهٔ به(جدول ۲) قابل مشاهده است که اثرات مستقل تغییرات سطوح مختلف CMC بر مقاومت کششی، بر اساس نتایج آنالیز تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA)[1] با سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین مقایسه میانگین و گروه‌بندی دانکن در ارتباط با سطوح مختلف CMC نشان می‌دهد(جدول ۳) که سطوح صفر و ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصدی CMC با یکدیگر اختلاف داشته و در چهار گروه مختلف قرار می‌گیرند.

۳-۲- مقاومت کششی تر

مقاومت کششی در حالت تر، یکی از ویژگی‌های مهم کیفی است به گونه‌ای که بسته‌بندی‌های کاغذی بتوانند در حالت مرطوب شکل خود را حفظ کرده و به سرعت

1- ANOVA=Analysis of

متلاشی نشوند. آزمون تجزیه واریانس[1] مقادیر مقاومت کششی تر کاغذها، نشان داد که در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری بین مقاومت کششی تر نمونه‌های آزمونی در سطوح مختلف CMC وجود دارد(جدول ٤).

بر اساس آزمون دانکن نیز میانگین مقادیر مقاومت کششی در دو گروه قرار گرفت(جدول ٥).

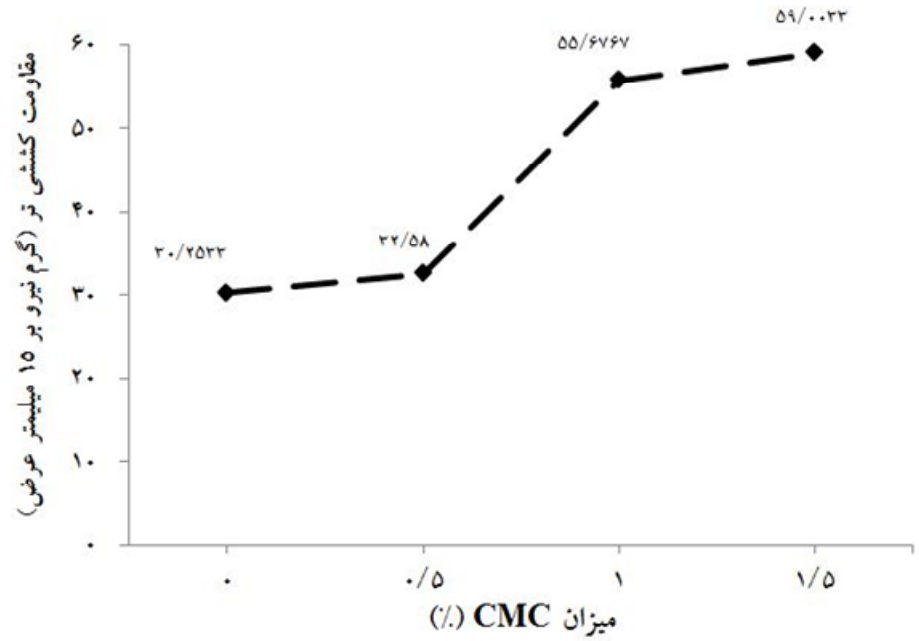
شکل(۲) تأثیر میزان CMC را بر روی مقاومت کششی تر کاغذهای ساخته شده را نشان می‌دهد. از روی منحنی نشان داده شده در(شکل۲)، می‌توان دریافت که با افزایش میزان CMC، مقاومت کششی تر نمونه‌های آزمونی افزایش می‌یابد. با افزایش سطوح وزنی CMC از صفر به ۱/۵ درصد، میزان مقاومت به طور معنی‌داری از ۳۰/۲۵۲۳ به ۵۹/۰۰۳ گرم نیرو بر ۱۵ میلی‌متر عرض افزایش می‌یابد.

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر مستقل متغیر CMC بر مقاومت کششی تر

درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F (آماره آزمون)	معنی‌داری
۳	۲۰۴۰/۷۷۸	۶۸۰/۲۵۹	۴۹/۵۱۰	۰/۰۰۰**
۸	۱۰۹/۹۱۹	۱۳/۷۴۰		
۱۱	۲۱۵۰/۶۹۶			

جدول ٥- گروه‌بندی سطوح مختلف CMC بر میزان مقاومت کششی تر نمونه‌های آزمونی

میانگین (گرم نیرو بر ۱۵ میلی‌متر عرض)	گروه	CMC (٪)
۳۰/۲۵۳۳	a	۰
۳۲/۵۸۰۰	a	۰/۵
۵۵/۶۷۶۷	b	۱
۵۹/۰۰۳۳	b	۱/۵



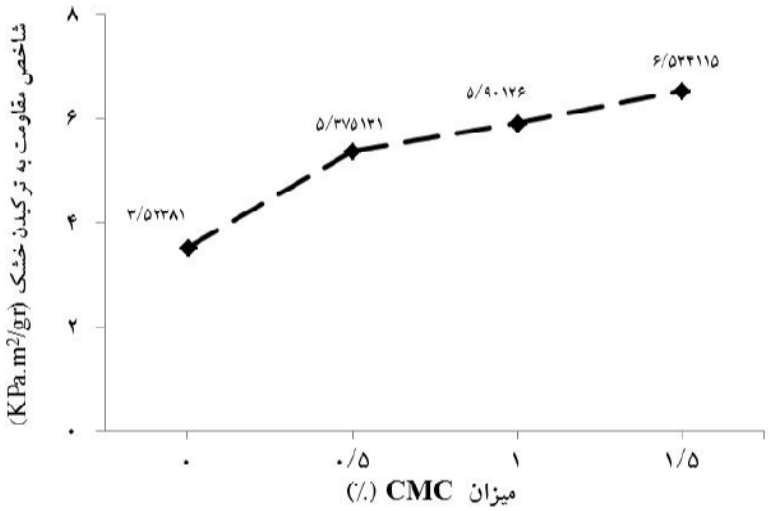
شکل ۲- تغییرات مقاومت کششی تر در سطوح مختلف CMC

1- Analysis of variance

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر مستقل CMC بر میزان شاخص مقاومت به ترکیدن خشک

درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F (آماره آزمون)	معنی‌داری
۳	۷/۰۲۲	۲/۳۴۱	۴۵/۰۸۹	۰/۰۰۰**
۸	۱/۲۴۶	/۰۵۲۰		
۱۱	۲۸/۳۷۱			

** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ns عدم معنی‌داری



شکل ۳- تغییرات شاخص مقاومت به ترکیدن خشک در سطوح مختلف CMC

۳-۳- اندیس مقاومت به ترکیدن خشک

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف CMC وجود دارد (جدول ٦).

شکل ۳ نشان می‌دهد که با افزایش درصد وزنی سطوح مختلف CMC میزان شاخص مقاومت به ترکیدن نمونه‌های آزمونی افزایش یافته است (شکل ۳).

۳-٤- اندیس مقاومت به ترکیدن تر

با بررسی نتایج حاصل از آزمون‌های تجزیهٔ واریانس و نتایج حاصل از شکل ٤ مشاهده می‌شود که تغییرات شاخص مقاومت به ترکیدن تر در سطوح مختلف CMC دارای اختلاف معنی‌دار است(جدول ۷).

همچنین مشخص است که با افزایش درصد وزنی مواد افزودنی، شاخص مقاومت به ترکیدن در کاغذهای ساخته شده افزایش پیدا کرد(شکل ٤).

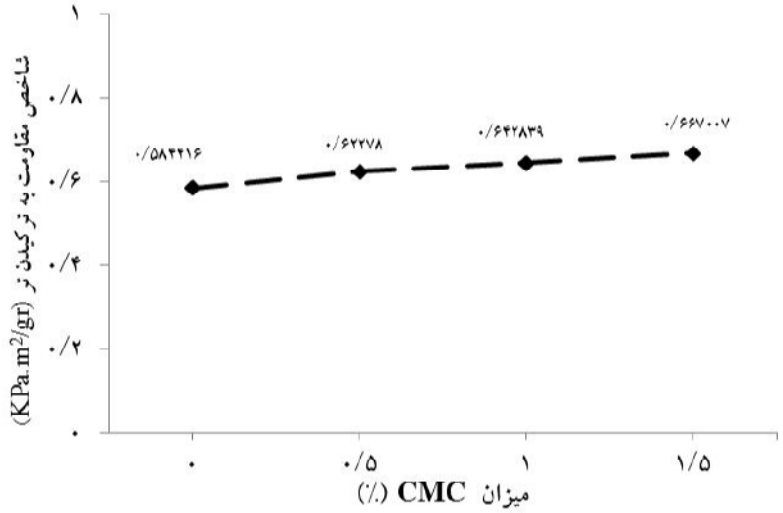
٤- نتیجه‌گیری

استفاده ازCMC سبب بهبود مقاومت‌های مکانیکی نمونه‌های آزمونی شد. در واقع با افزایش درصد CMC در نمونه‌های آزمونی، مقاومت کششی خشک و مقاومت کششی تر نمونه‌های آزمونی افزایش پیدا کردند. تغییرات مقاومت‌ها در سطوح مختلف CMC (سطوح صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) با سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بودند. یعنی با افزایش سطوح وزنی CMC به‌طور مستقیم، شاهد افزایش مقاومت‌ها بودیم.

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر CMC بر میزان شاخص مقاومت به ترکیدن تر

درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F (آماره آزمون)	معنی‌داری
۳	/۰۱۳۰	/۰۰۴۰	۷/۸۴۴	۰/۰۰۰**
۸	/۰۱۳۰	/۰۰۱۰		
۱۱	/۰۹۸۰			

** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ns عدم معنی‌داری



شکل ٤- تغییرات شاخص مقاومت به ترکیدن تر در سطوح مختلف CMC

این میزان افزایش مقاومت‌ها در تمامی تیمارهای مورد بررسی از نمونه‌های آزمونی شاهد بیشتر بودند. به طور خلاصه می‌توان گفت که استفاده از CMC سبب بهبود مقاومت‌های کششی شد و این بهبود مقاومت می‌تواند راهکار مناسبی در استفاده مناسب و بهینه بسته‌بندی‌های کاغذی باشد. دامنه استفاده از کاغذ و مقوا، امروزه به حدّی گسترش پیدا کرده که در بسته‌بندی انواع آبمیوه، شیر، لبنیات، مایعات(در حجم کم)، دارو، پوشاک، مواد غذایی، مواد بهداشتی، لوازم خانگی و ماشین‌آلات از آن استفاده می شود. مزایای مهم استفاده از کاغذ مناسب برای بسته‌بندی را می‌توان بازیابی، استفاده مجدّد و بازگشت سریع به چرخه محیط زیست دانست. با توجّه به اهمیت مقاومت تر در بسته‌بندی‌های کاغذی، CMC تحت شرایط تر می‌تواند پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب که نسبت به سلولز فراوان‌تر هستند، تشکیل دهد تا تعداد پیوندهای فیبر- فیبر ایجاد شده در حالت خشک را کاهش می‌دهد.

از سوی دیگر، افزایش مقاومت‌ها در حضور CMC را می‌توان به تقویت پیوند بین فیبری به سبب جذب CMC نسبت داد (٦). همچنین به نظر می‌رسد یکی دیگر از تأثیرات CMC بر ساختار ورق کاغذ، این است که فاصله بین الیاف توسط آن‌ها پر شده و همزمان متراکم‌کننده ورق و بهبود دهنده پیوند بین الیاف می‌باشند. همچنین با وجودی که مقاومت فیبر یک کیفیت (ویژگی) مهم است، مقاومت یک شبکه فیبری نیز به شدّت متأثر از پیوند بین الیاف می باشد، به عنوان مثال توسعه پیوند و مقاومت پیوند فیبر- فیبر در این رابطه تأثیرگذار هستند. لاین و همکاران[1] (۲۰۰۳)، در رابطه با افزودن CMC بیان کردند که این افزودن دارای یک تأثیر جزئی بر دانسیته کاغذ می‌باشد و

1- Laine et al, 2003

تأییدکننده این موضوع است کـه بهبـود مقاومـت عمـدتاً بـه سبب افزایش بار سطحی می باشـد کـه پیونـد فیبـر- فیبـر را تقویـت مـی‌کنـد. در مقابـل، میتیکـا- اکلانـد و همکـاران[1] (۱۹۹۹)، بیان کردند که افزودن CMC دارای یک اثر افزایشی بر دانسیته می‌باشد که می توان این گونه دریافت که علاوه بـر افزایش بار سطحی، انعطاف‌پـذیری الیـاف را افـزایش داده و افزودن CMC همچنین بر تعداد پیوندهای فیبـر- فیبـر تـأثیر مثبت دارد. همان گونه که اشاره شد، بـار سـطحی الیـاف بـه عنوان یک عامل مهم در مقاومت پیوند فیبر- فیبر اسـت و در واقـع ماننـد پلـی‌الکترولیـت‌هـای[2] چندلایـه، عامـل اصـلی کمک‌کننده به مقاومـت بـه‌دسـت آمـده بـا انـواع بـار CMC می‌باشد (٦). بـه طـور کلـی بـا افـزایش مقاومـت کاغـذهای بسته‌بندی، به خصوص مقاومت‌های تر، می‌تـوان سـبب بـالا بردن خواص کیفی این نوع بسته‌بندی شد کـه در بـسیاری از بخش‌ها جایگزین سـایر بـسته‌بنـدی‌هـا مـی‌شـود، از جملـه جایگزینی مقوا به جای چـوب در جعبـه‌هـای میـوه و دیگـر اقلام غذایی را می توان نام برد. امروزه با افزودن مواد مناسب به خمیر کاغذ و مقوا و تغییر در فنّـاوری سـاخت، مـی‌تـوان قابلیت‌های زیـادی بـه آن بخـشید و شـکل ظـاهری و سـایر خصوصیات کاغذ و مقوا را با توجّه به محصول تغییر داد.

۵- منابع

۱. امیـری، م. ادیبـی، م.ا. پورموسـی، ش. "تعیـین و بهینه‌سازی عامل‌های مؤثر بر کیفیـت چـاپ کاغـذهای بسته‌بندی بـا اسـتفاده از روش طراحـی آزمـایش‌هـا". جنگل و فراوردهای چوب، مجله منـابع طبیعـی ایـران، دوره ٦٢، شماره ۱، صفحه ۲۰-۱۱، بهار ۱۳۸۸.

۲. طلایی‌پـور،م. خـادمی اسـلام، ح. مـالمیرچگینی، خ. "تأثیر ویژگی‌های کاغـذ و مرکـب بـر خـواص نـوری کاغذهای بـسته‌بنـدی، قـسمت دوم: گرانـروی مرکـب ۵۰:۵۰"، دوفصلنامه علمی-پژوهـشی تحقیقـات علـوم چوب و کاغـذ ایـران، جلـد ٢٤. شـماره ۲، صـفحه ۳٤۰-۳۲۵، ۱۳۸۸.

3. Blomstedt, M. Vuorinen, T. "Modifi cation of softwood kraft pulp with carboxymethyl cellulose and cationic surfactants", J Wood Sci. (53) 223–228. 2007.

4. Gardlund, L. Wagberg, L. Gernandt, R. "Polyelectrolyte complexes for surface modification of wood fibres; II. Influence of complexes on wet and dry strength of paper. Colloids and surfaces", A: physicochem. Eng. Aspects 218. 137-149. 2003.

5. Holik, He. "The mechanism of wet-strength development in paper: a review", Tappi journal. Vol. 78, No. 4. 90-99. 1995.

6. Kontturi, E. Mitikka-Eklund, M. Vourinen, T. "Strength enhancement of fiber network by carboxymethyl cellulose during oxygen delignification of kraft pulp", BioRes. 3(1), 34-45. 2008.

7. Laine, J., Lindstrom, T., Bremberg, C. Nordmark, G. G. "Studies in topochemical modification of cellulosic fibres part 5. Comparison of the effects of surface and bulk chemical modification and beating of pulp on paper properties", Nordic pulp paper res. J. 18 (3), 325-332. 2003.

8. Mitikka-Eklund, M. Halttunen, M. Melander, M. Ruuttunen, K. vuorinen, T. 10th, "International symposium on wood and pulping chemistry", yokohama, Japan, Vol. 1, pp, 432-439. 1999.

آدرس نویسنده

کرج – دانشگاه آزاد اسلامی- دانشگاه کـشاورزی و منابع طبیعی.

1- Mitikka-Eklund et al, 1999

2- Poly electrolyte