

## بررسی و مقایسه ویژگی‌های مکانیکی و ممانعتی کاغذ سنگی و کاغذ گلاسه

### چکیده

با توجه به اهمیت صنعت بسته‌بندی و توسعه روز افزون این صنعت، ضرورت بسته‌بندی مناسب و با کیفیت انواع محصولات غذایی امری مهم است. بسته‌بندی باید از محصول از زمان تولید تا مصرف در مقابل انواع عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی محافظت کند تا محصول با کیفیت و ایمن به مشتری برسد. از طرفی با توجه به اهمیت محیط‌زیست و تأکید بر شکل‌گیری و اجرای پروژه‌ها و فرآیندها با هدف پاک نگه‌داشتن محیط‌زیست، صنعت بسته‌بندی نیز به سمت استفاده از مواد با پایه زیستی و با تولید آلودگی کمتر در محیط‌زیست می‌رود. کاغذ یکی از مواد اصلی بسته‌بندی است که می‌تواند از محصول بدون آسیب به کیفیت آن محافظت کند درحالی‌که انعطاف‌پذیر، تجزیه‌پذیر، تجدیدشونده و با قابلیت چاپ است. انواع کاغذ برای این منظور استفاده می‌شوند. اخیراً نسل جدیدی از کاغذ با عنوان کاغذ سنگ وارد بازار شده است که یکی از موارد مصرف آن در بسته‌بندی است. در این مقاله ویژگی‌های مکانیکی و بازدارندگی این نوع از کاغذ ارزیابی و با کاغذ گلاسه که نوع باکیفیتی از کاغذ الیاف سلولز است، مقایسه شده است.

**واژگان کلیدی:** کاغذسنگی، ویژگی‌های مکانیکی، ممانعتی، بسته‌بندی، کاغذ گلاسه.

محمدرضا دهقانی فیروزآبادی<sup>۱</sup>  
فاطمه کلائی مؤخر<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار گروه مهندسی کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

مسئول مکاتبات:

[kolaei@ut.ac.ir](mailto:kolaei@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۴

### مقدمه

امروزه با پیشرفت و توسعه فن‌آوری، فعالیت‌ها و شیوه زندگی انسان نسبت به گذشته متحول شده است. یکی از این پیشرفت‌ها در زمینه تولید و توزیع مواد غذایی است که این موضوع با پیشرفت تکنولوژی در صنعت بسته‌بندی مرتبط است. بسته‌بندی یکی از حساس‌ترین مراحل عرضه و مصرف کالا می‌باشد و می‌تواند نوعی مزیت رقابتی در نظر گرفته شود. انتخاب بسته‌بندی مناسب سبب می‌گردد تا اطمینان حاصل شود که محصول بدون نقص به مقصد رسیده و همچنین موجب جلب رضایت مشتری شده است [۱]. محصول غذایی در فاصله بین تولید تا مصرف توسط مشتری، در طی انتقال، توزیع و نگهداری، در معرض انواع

عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی قرار دارد که سبب آسیب و کاهش کیفیت محصول غذایی می‌شوند. این عوامل شامل ضربات و ارتعاشات حاصل از حمل و نقل، نفوذ اکسیژن، رطوبت و انواع گازها و نفوذ انواع میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. ساده‌ترین روش برای محافظت از مواد غذایی بسته‌بندی آن است. معمولاً بسته‌بندی، از مواد غذایی در مقابل نفوذ عوامل خارجی و همچنین از نفوذ مواد داخلی آن به بیرون محافظت می‌نماید. هدف از بسته‌بندی مواد غذایی این است که طول عمر نگهداری آن افزایش یابد و مواد غذایی به‌طور کامل از خطر فساد عوامل درونی و بیرونی و اکسایشی حفظ شوند. همچنین حمل و نقل مواد غذایی بهتر و آسان‌تر انجام گیرد [۲ و ۳].

محیطزیست، قابلیت کاربرد برای انواع مصارف و بازیافت در برابر اشعه نور خورشید اشاره نمود. با توجه به اینکه کشور ایران از نظر جغرافیایی در منطقه‌ای واقع شده است که با کمبود منابع جنگلی برای تولید کاغذ مواجه و از طرفی دارای منابع زیاد سنگ آهک است، می‌توان از پتانسیل بالقوه این نوع کاغذ برای انواع مصارف بسته‌بندی در کشور استفاده کرد.

در این تحقیق، برای بررسی و مقایسه کاغذ سنگی با کاغذ حاصل از الیاف چوب از نوع گلاسه، برخی ویژگی‌های مکانیکی و بازدارندگی لازم برای بسته‌بندی در دو نوع کاغذ ذکر شده ارزیابی شدند.

### مواد و روش

#### کاغذ سنگی

کاغذ سنگی وارداتی از شرکت Stoneagepack کانادا با گراماژ  $128 \text{ gr/m}^2$ ، ماتی  $90\% >$  و ضخامت  $120$  میکرون خریداری شد.

#### کاغذ گلاسه

کاغذ گلاسه در گراماژهای  $130$  و  $255 \text{ gr/m}^2$ ، تولید کارخانه Hansol کره از بازار خریداری شد. لازم به ذکر است که گراماژهای اشاره شده به منظور مقایسه در دو حالت برابری گراماژ و دانسیته با کاغذ سنگی انتخاب شدند. کاغذ گلاسه  $130 \text{ gr/m}^2$  تقریباً برابر با گراماژ و کاغذ گلاسه با گراماژ  $255 \text{ gr/m}^2$  و دانسیته  $1/09 \text{ gr/m}^3$  تقریباً برابر با دانسیته کاغذ سنگی ( $1/07$ ) است.

#### مواد مورد نیاز آزمون‌ها

مواد مورد استفاده برای انجام آزمون‌ها شامل کلریدکلسیم بدون آب از شرکت تتراکم، پارافیلیم و روغن کرچک از بازار خریداری شدند.

#### روش‌ها

سرعت عبور بخار آب (WVTR): سرعت عبور بخار آب از نمونه‌های آزمون مطابق با استاندارد TAPPI

امروزه انواع بسته‌بندی در بازار به چشم می‌خورد مانند کاغذ و محصولات کاغذی، سلوفان، فلزات، انواع سرامیک، شیشه، پلاستیک و ... با توجه به الزامات در زمینه کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی در سراسر کره زمین و برای توسعه پایدار نیاز به توسعه مواد جدید از منابع تجدیدپذیر به وجود آمد که می‌تواند در زمان کوتاه در محیط‌زیست تخریب و در نتیجه سبب حفظ تعادل چرخه کربن شود [۴]. در بین مواد بسته‌بندی، کاغذ قدیمی‌ترین ماده بسته‌بندی منعطف است که به‌طور گسترده در کاربردهای بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد و ماده‌ای زیست‌تخریب‌پذیر و بنابراین برای محیط‌زیست امن است [۵، ۶ و ۷]. کاغذ و مقوا بر حسب نوع ماده بسته‌بندی با سهم  $23/4\%$  در جایگاه سوم بعد از پلاستیک و فلز قرار دارند [۸]. کاغذ حاصل از الیاف چوبی مزایا و معایب مخصوصی برای انواع کاربردهای بسته‌بندی دارد. مزایای کلی استفاده از کاغذ و مقوا به‌عنوان ماده بسته‌بندی داشتن مقاومت، افزودن وزن کم به محصول نهایی، استفاده از آن در شکل‌ها و حالت‌های مختلف، قابل بازیافت بودن و تهیه آن از منابع تجدیدپذیر و کاغذهای بازیافتی می‌توان اشاره کرد [۶]. از جمله معایب آن هزینه و انرژی زیاد تولید آن و کمبود ماده اولیه و منابع جنگلی است. علاوه بر این موارد، کاغذ برای برخی کاربردهای خاص به دلیل ضعف در بعضی ویژگی‌ها مانند مقاومت تحت تأثیر رطوبت و ممانعت در برابر گازها، لازم است توسط تیمارهای اضافی بهبود یافته و یا اصلاح شود [۹ و ۱۰]. در سال‌های اخیر، نسل جدیدی از کاغذ با عنوان کاغذ سنگ (کاغذ آهک یا کاغذ معدنی) توسط محققان وارد بازار مصرف شده است. ماده اولیه این کاغذ پودر سنگ است که جایگزین استفاده از چوب درختان برای تولید کاغذ است. در ساخت این نوع کاغذ از کربنات کلسیم، پلی‌اتیلن چگالی بالا و مقادیری از رزین‌ها استفاده می‌شود. با توجه به مواد مورد نیاز ساخت این نوع کاغذ از بسیاری از هزینه‌ها، انرژی و حجم آلودگی‌ها کاسته می‌شود و از نقطه‌نظر زیست‌محیطی بسیار مفید است. از ویژگی‌های این کاغذ می‌توان به مقاومت به پارگی بالا، مقاومت در برابر آتش، ضد آب بودن، مقاوم بودن در برابر حشرات، دفع چربی، چاپ‌پذیری خوب و دوستدار

<sup>1</sup> Water Vapour Transmission Rate

۴. نمونه کاغذ پوشش داده (سطح پوشش دار به سمت بالا قرار بگیرد)

۵. کاغذ خشک کن (بلاتر) آغشته به روغن با ابعاد  $7 \text{ cm}^2 \times 7$

۶. فویل آلومینیوم

این ترتیب تا ده مرتبه تکرار شد. سپس بر روی این مجموعه یک پانل صاف دیگر به همراه یک وزنه ۴۰۰ گرمی قرار گرفت. در نهایت این مجموعه در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت در داخل آن نگه داشته شد. میزان مقاومت کاغذهای مورد آزمایش نسبت به عبور روغن، با اندازه گیری مساحت لکه های رنگی روغن ظاهر شده در کاغذهای خشک کن بزرگتر که در زیر نمونه ها قرار داشتند توسط نرم افزار آنالیز تصویری IMAGE J سنجیده شد. با کمک این برنامه مساحت لکه ها بر حسب سانتی متر مربع تعیین و نسبت سطح رنگی شده به کل سطح خشک کن به عنوان معیاری از مقاومت به عبور روغن بدست آمد.

#### سنجش میزان جذب آب (Cobb test) : این

آزمایش طبق روش پیشنهاد شده در استاندارد TAPPI T441 om-9 که میزان جذب آب را برای مقوا در مدت زمان ۱۲۰ ثانیه نشان می دهد، انجام شد. در این روش کاغذ در دستگاه مخصوص این آزمون قرار گرفت و ۱۰۰ سی سی آب در داخل محفظه استوانه ای شکل ریخته شد، بعد از ۱۲۰ ثانیه آب تخلیه گردید و مقدار آب اضافی باقی مانده بر روی کاغذها به وسیله کاغذ خشک کن، گرفته شد. مقدار آب جذب شده توسط نمونه آزمایشی، به وسیله اختلاف وزن نمونه بعد و قبل از آزمایش بر حسب  $\text{g/m}^2$  از رابطه زیر بدست آمد.

$$(2) \quad 100 \times [\text{وزن کاغذ پوشش دار قبل از آزمون (gr)} - \text{وزن کاغذ پوشش دار بعد از آزمون (gr)}] = \text{وزن آب جذب شده توسط کاغذ (g/m}^2)$$

#### آزمون مقاومت به پارگی : اندازه گیری مقاومت به

پارگی نمونه ها طبق استاندارد TAPPI T414 om-04 انجام گرفت.

T448 در ظرف های مخصوصی انجام شد. در این روش، نصف ارتفاع ظرف کلرید کلسیم بدون آب ریخته شد و سپس نمونه های بریده شده به اندازه ظرف روی دهانه ظرف قرار گرفت. ظرف با حلقه دقیقاً به اندازه دهانه آن بسته و بوسیله پارافیلیم درزگیری شد. مجموعه نمونه و ظرف وزن شده و به مدت ۲۴ ساعت در رطوبت نسبی ۴۰٪ و دمای ۲۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. پس از این زمان، مجموعه مجدداً وزن شد. سرعت عبور بخار آب طبق رابطه زیر بدست آمد:

$$(1) \quad WVTR = 24X/AY$$

که در این رابطه X تغییر وزن بر حسب گرم، Y زمان بر حسب ساعت و A مساحت سطح مقطعی از کاغذ که در تماس با بخار آب و بر حسب متر مربع است.

#### مقاومت به عبور روغن : اندازه گیری میزان مقاومت

کاغذها نسبت به عبور روغن مطابق با استاندارد TAPPI T507 سنجیده شد. در این آزمون مقاومت کاغذها نسبت به عبور روغن کرچک (به عنوان روغن گیاهی خوراکی) بررسی شد. رنگ روغن مایع با استفاده از رنگ محلول در روغن (Sudan III) به قرمز تغییر داده شد و میزان قدرت نفوذ آن ها از کاغذ در پنج تکرار مورد آزمایش قرار گرفت. در ابتدا مطابق با الگوی داده شده در این آزمون یک ستون ده لایه ای از نمونه های آزمایشی چیده شد. ترتیب قرار گرفتن لایه ها به ترتیب از پایین به بالا به صورت زیر بود :

۱. پانل صاف

۲. فویل آلومینیومی با ابعاد  $20 \times 20 \text{ cm}^2$  که به عنوان صفحه جدا کننده یا فاصله انداز استفاده می شود.

۳. کاغذ خشک کن (بلاتر) با ابعاد  $10 \times 10 \text{ cm}^2$

#### ویژگی های نوری : ویژگی های درجه روشنی با

استاندارد ISO 2470، ماتی TAPPI T519 و شفافیت با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شدند.

#### آزمون مقاومت به ترکیدن : این آزمون مطابق با

استاندارد TAPPI T403 om-97 انجام شد.

کاغذ در گروه‌بندی جداگانه قرار گرفته و کاغذ سنگی بهترین نوع در این گروه‌بندی بوده است. با توجه به ترکیبات موجود در کاغذ سنگی شامل کربنات کلسیم، پلی اتیلن و رزین، می‌توان گفت تعامل قوی بین ذرات معدنی، رزین و پلی‌اتیلن بوجود آمده است که سبب کاهش قابل‌ملاحظه در انتقال بخار آب می‌شود [۱۱]. اما میزان انتقال بخار آب در دو کاغذ گلاسه هم‌گرم‌ماژ و دانسیته برابر با کاغذ سنگی بسیار بیشتر است. این افزایش در انتقال بخار آب در کاغذ گلاسه نسبت به کاغذ سنگی به دلیل حضور منافذ در شبکه درهم‌تنیده الیاف و ساختار متخلخل کاغذ است. این منافذ هرچند خیلی کوچک امکان انتقال مولکول‌های بخار آب را فراهم می‌آورد.

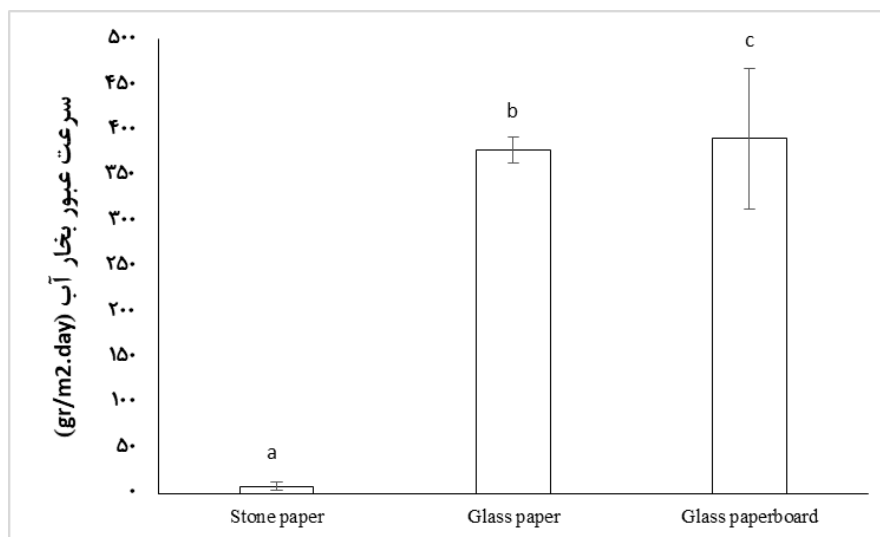
**آزمون مقاومت کششی :** آزمون مقاومت کششی مطابق با استاندارد TAPPI T494 و با استفاده از دستگاه کشش SANTAM انجام شد.

لازم به ذکر است کلیه آزمون‌ها در پنج تکرار و رسم نمودارها و تجزیه و تحلیل داده‌ها به ترتیب با نرم‌افزارهای Excel و SPSS و گروه‌بندی تیمارها با آزمون دانکن انجام شد.

## نتایج و بحث

### سرعت عبور بخار آب

سرعت عبور بخار آب و انحراف از معیار میانگین داده‌ها از کاغذ سنگی و گلاسه در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به نمودار سرعت عبور بخار آب هر یک از سه نوع

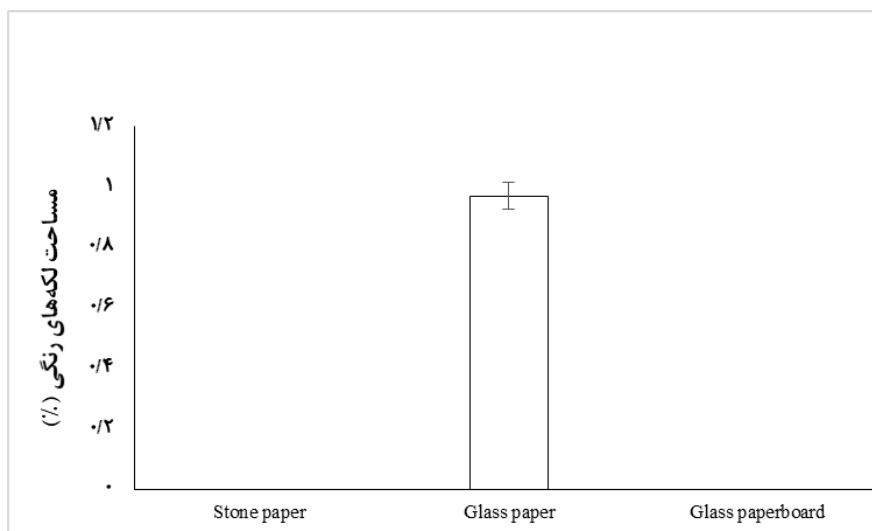


شکل ۱- سرعت عبور بخار آب کاغذ سنگی و کاغذ و مقوای گلاسه

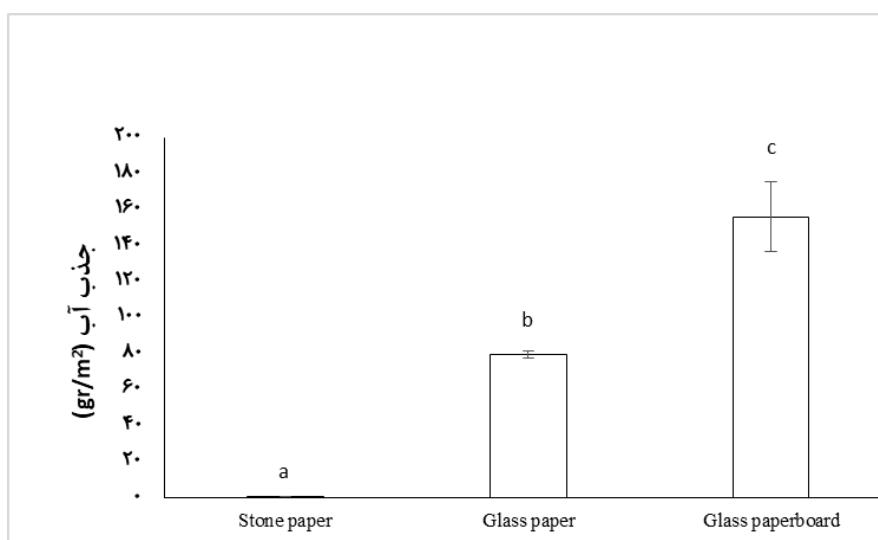
کاغذ گلاسه که از بهترین انواع کاغذها در کیفیت است، به دلیل وجود لایه پوشش روی خود قادر به انتقال روغن نبوده است. از طرفی کاغذ گلاسه هم‌گرم‌ماژ با کاغذ سنگی به علت ضخامت کمتر نسبت به کاغذ گلاسه با دانسیته برابر با کاغذ سنگی مقدار جزئی از روغن را انتقال داده است.

### مقاومت به عبور روغن

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، میزان انتقال روغن در کاغذ سنگی و کاغذ گلاسه با دانسیته برابر با کاغذ سنگی صفر بوده است. مساحت لکه‌های رنگی در کاغذ گلاسه با گرم‌ماژ برابر با کاغذ سنگی در حدود کمتر از یک درصد است. کاغذ سنگی به دلیل عدم وجود خلل و فرج و منفذ در ساختار خود، روغن را انتقال نداده است. اما



شکل ۲- مقاومت به عبور روغن کاغذسنگی و کاغذ و مقوای گلاسه



شکل ۳- جذب آب کاغذسنگی و کاغذ و مقوای گلاسه

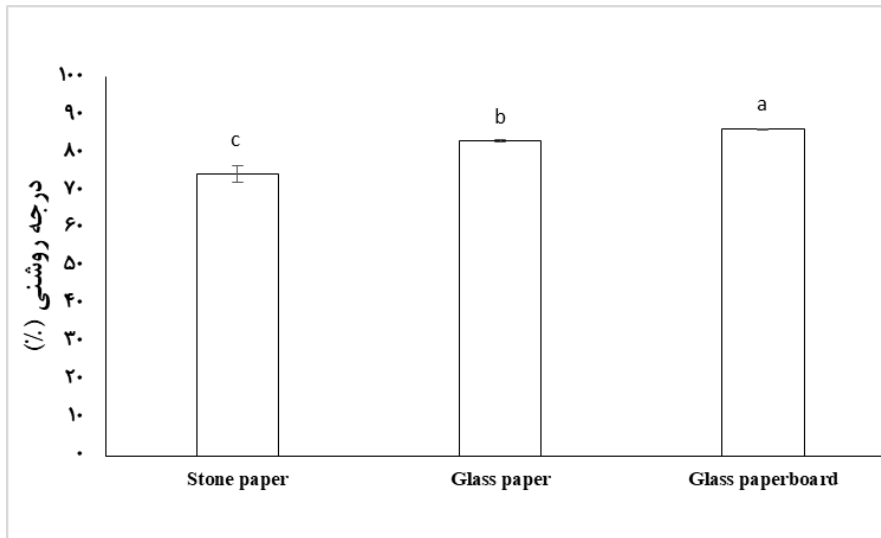
به دلیل گراماژ بیشتر و ماده سلولزی بیشتر جذب آب بیشتری نسبت به کاغذ گلاسه با گراماژ کمتر دارد.

### ویژگی‌های نوری

**درجه روشنی:** نمودار درجه روشنی در شکل ۴ نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار درجه روشنی مربوط به مقوای گلاسه هم دانسیته با کاغذ سنگی است.

### جذب آب

نتایج آزمون جذب آب نشان داد که کاغذ سنگی به دلیل وجود پلی‌اتیلن در ساختار خود جذب آب بسیار ناچیز دارد (شکل ۳). اما کاغذ و مقوای گلاسه به دلیل اینکه از الیاف سلولزی ساخته شده‌اند جذب آب بسیار بیشتری نسبت به کاغذ سنگی دارند. الیاف سلولز به دلیل وجود گروه‌های هیدروکسیل ماهیت آبدوست دارند و با وجود الیاف سلولز جذب آب افزایش می‌یابد [۱۲ و ۱۳]. با مقایسه دو کاغذ گلاسه می‌توان گفت که مقوای گلاسه

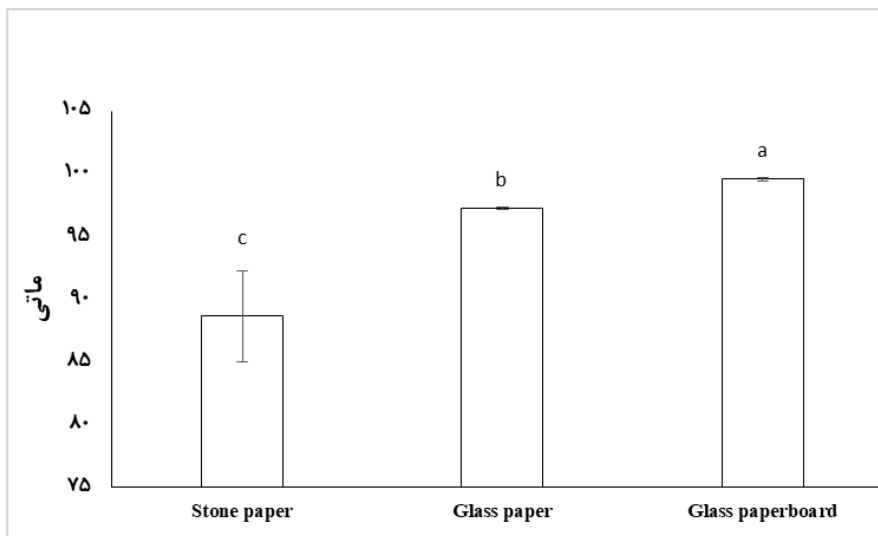


شکل ۴- درجه روشنی کاغذسنگی و کاغذ و مقوای گلاسه

تر، پرکننده‌ها و الیاف خمیر بر ماتی مؤثر هستند [۱۴]. با در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر ماتی، می‌توان گفت مقوای گلاسه به علت گراماژ بیشتر، مات‌تر است. از طرفی پرکننده‌ها باعث افزایش ماتی می‌شوند. کاغذ سنگی دارای درصد زیادی پرکننده کربنات کلسیم است. اما این کربنات کلسیم در کاغذ سنگی با پلی‌اتیلن و رزین‌ها مخلوط شده و فضای بین ذرات کربنات کلسیم با پلی‌اتیلن و رزین‌ها پر شده است. بنابراین فضا برای پدیده پخش و تفرق نور بین ذرات در کاغذ سنگی به اندازه کاغذ گلاسه نیست تا سبب ماتی زیاد شود. ارزیابی ماتی در این کاغذها نشان می‌دهد که تأثیر گراماژ بیشتر از مقدار پرکننده است.

درجه روشنی میزان بازتاب نور از سطح کاغذ است. هر چه مقدار بازتاب نور از سطح کاغذ بیشتر باشد، کاغذ روشن‌تر است [۱۴]. با توجه به شکل ۴، درجه روشنی کاغذ و مقوای گلاسه از کاغذ سنگی بیشتر است. کاغذ سنگی به‌علت دارار بودن پلی‌اتیلن، بخشی از نور را عبور داده و انعکاس نور تابیده شده به سطح نسبت به کاغذ و مقوای گلاسه کمتر است.

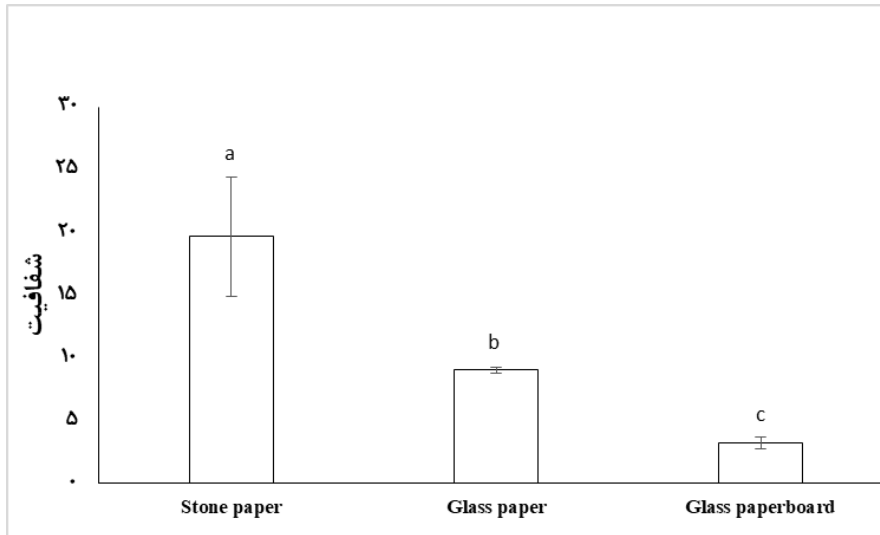
**ماتی:** با توجه به شکل ۵، نتایج حاصل از ارزیابی مقدار ماتی نشان می‌دهد که مقوای گلاسه بیش‌ترین ماتی را دارد. عواملی نظیر گراماژ، مواد رنگی، کوبیدگی و پرس



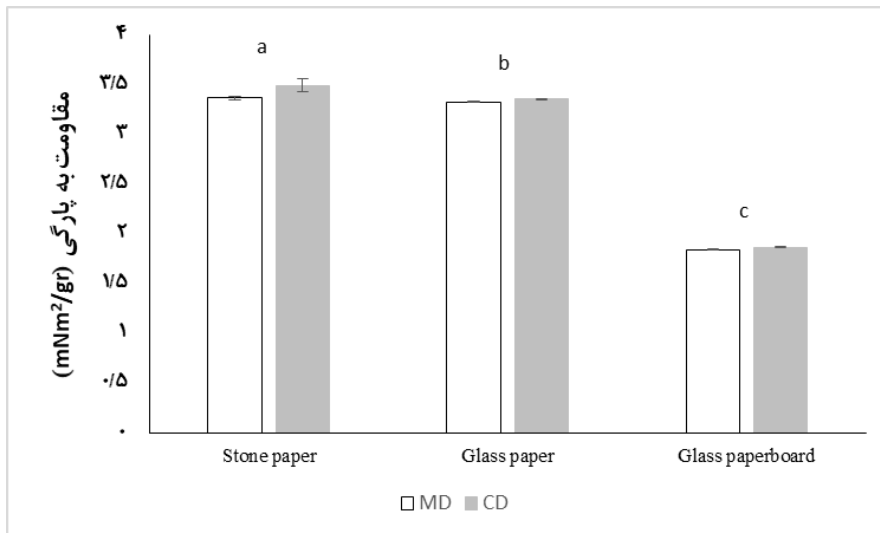
شکل ۵- ماتی کاغذسنگی و کاغذ و مقوای گلاسه

پخش و بازتاب نور شده و نور کمتر در حالت موازی عبور می‌کند. اما در کاغذ سنگی به علت وجود پلی اتیلن که ماده‌ای شفاف است نور بیشتر در حالت موازی عبور کرده و کاغذ سنگی شفاف‌تر است.

**شفافیت :** با توجه به نتایج آزمون شفافیت، مشاهده می‌شود که شفافیت بالا مربوط به کاغذسنگی است. شفافیت میزان عبور نور از کاغذ به‌طور موازی است [۱۴]. کاغذ و مقوای گلاسه دارای ماتی بیشتر و شفافیت کمتر هستند. زیرا در ساختار آن‌ها فضاهای خالی و ذرات سبب



شکل ۶- شفافیت کاغذسنگی و کاغذ و مقوای گلاسه



شکل ۱- مقاومت به پارگی کاغذسنگی و کاغذ و مقوای گلاسه

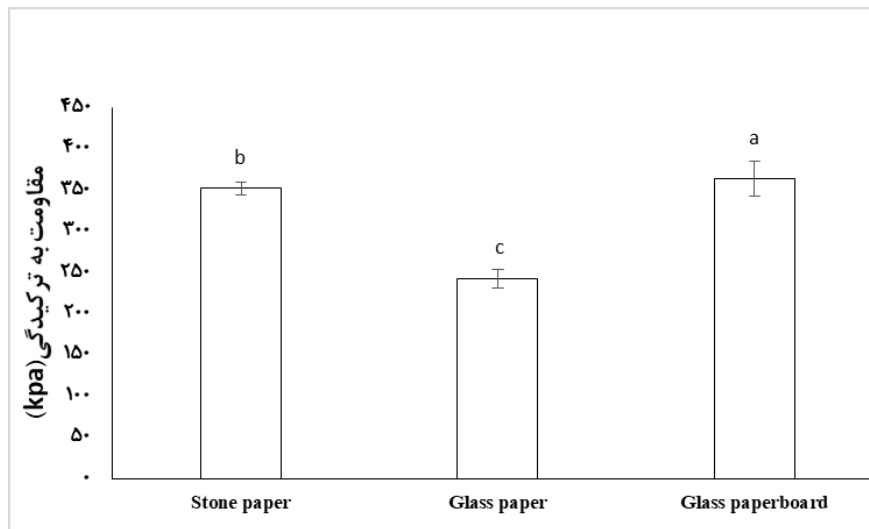
پارگی در هردو جهت در کاغذ سنگی بیشتر از کاغذ و مقوای گلاسه است. همچنین در تمامی کاغذها مقاومت به پارگی در جهت خلاف ماشین کاغذ بیشتر از جهت ماشین کاغذ است. مقاومت به پارگی تحت تأثیر عوامل مختلف مانند طول الیاف، اتصال بین آن‌ها، مقاومت الیاف

**مقاومت به پارگی**  
مقاومت به پارگی در ارزیابی استحکام کاغذ و مقوایی که در مراحل تبدیلی و حین مصرف در معرض تنش‌های پارگی قرار می‌گیرند، از اهمیت خاصی برخوردار است. در شکل ۷ نشان داده شده است که مقاومت به

### مقاومت به ترک‌کیدن

به‌طور کلی مقاومت کاغذ تحت تأثیر مقاومت تک تک الیاف و پیوند بین آن‌ها است. با توجه به نتایج حاصل از آزمون مقاومت به ترک‌کیدن، مقوای گلاسه با دانسیته تقریباً برابر با کاغذ سنگی، مقاومت بیشتری در برابر نیروی فشاری آزمون داشت. این امر می‌تواند به دلیل ضخامت و گراماژ بیشتر مقوای گلاسه نسبت به کاغذ سنگی باشد. اما کاغذ سنگی نسبت به کاغذ گلاسه هم‌گراماژ با خود مقاومت به ترک‌کیدن بیشتری داشت. از آنجایی که مقاومت کاغذ تحت تأثیر مقاومت تک تک الیاف و پیوند بین آن‌ها است، می‌توان گفت که مقاومت بیشتر کاغذ سنگی نسبت به کاغذ گلاسه هم‌گراماژ به دلیل اتصال بهتر و بیشتر مخلوط کربنات کلسیم، پلی‌اتیلن و رزین است.

و مقدار پرکننده است (۱۴ و ۱۶). با توجه به نتایج مقوای گلاسه نسبت به کاغذ گلاسه مقاومت به پارگی کمتری دارد. مقوای گلاسه نسبت به کاغذ گلاسه دانسیته بیشتری داشته و الیاف بیشتر درگیر هم هستند، اما در کاغذ گلاسه با دانسیته کمتر و الیاف کمتر و آزادتر، تنش اعمال شده در آزمون مقاومت به پارگی به سطح بیشتری اعمال شده و تراکم فشار پارگی در یک نقطه نیست، در حالی که در مقوای گلاسه تراکم فشار به علت افزایش دانسیته مقوا در سطح کمتری از کاغذ است. بنابراین مقدار مقاومت به پارگی مقوای گلاسه کمتر است (۱۳). از طرفی کاغذ سنگی دارای بیشترین مقاومت به پارگی نسبت به دو نوع کاغذ دیگر است. این موضوع را می‌توان به این علت نسبت داد که پلی‌اتیلن و رزین‌های موجود در کاغذ سنگ و نحوه اتصال آن‌ها با ذرات کربنات کلسیم و همچنین پراکندگی این ذرات در بستر پلی‌اتیلنی سبب افزایش مقاومت به پارگی شده است.



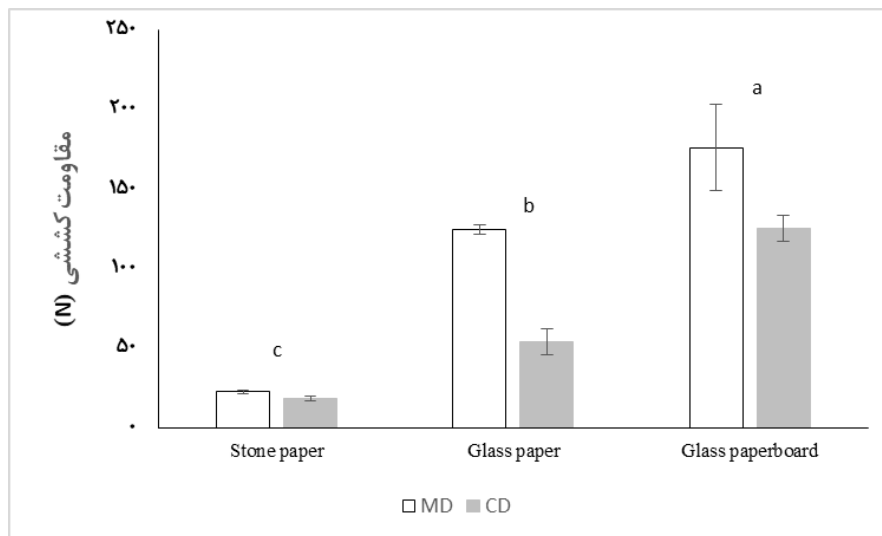
شکل ۲- مقاومت به ترک‌کیدی کاغذ سنگی و کاغذ و مقوای گلاسه

بیشتر از کاغذ گلاسه و کاغذ سنگی است. همچنین در هر سه نوع کاغذ مقدار مقاومت کششی در جهت ماشین کاغذ بیشتر است.

### مقاومت کششی

مقدار مقاومت کششی کاغذهای مورد آزمون در شکل ۹ نشان داده شده است. مقاومت کششی مقوای گلاسه





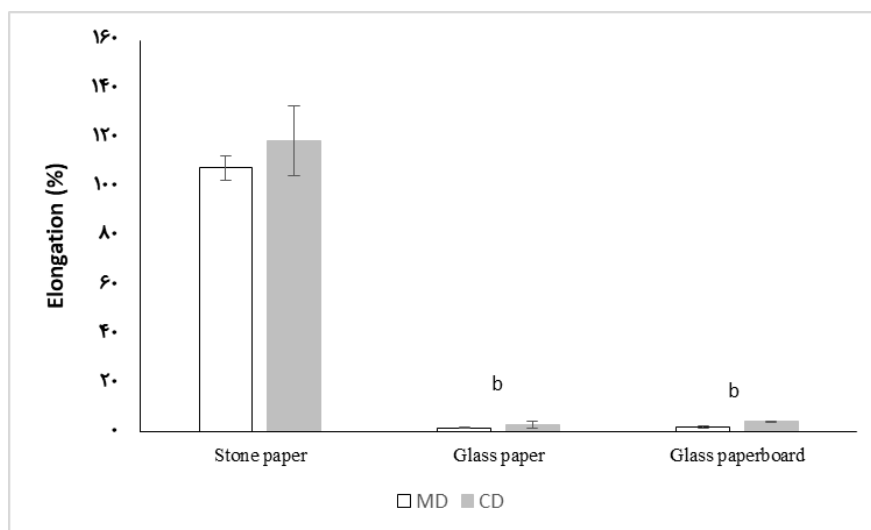
شکل ۹- مقاومت کششی کاغذ سنگی و کاغذ و مقوای گلاسه

به نیروی کششی در آزمون کشش، مقاومت کمی از خود نشان داده و در مقابل در نیروی مقاومتی کم به مقدار زیادی کشیده می‌شود که این به خاطر وجود پلی‌اتیلن کشسان است.

**کرنش**

کرنش یا تغییر طول نسبت به طول اولیه نمونه‌های آزمون نشان می‌دهد که کاغذ سنگی تغییر طول بسیار بیش‌تری نسبت به کاغذ و مقوای گلاسه دارد و این به دلیل حضور پلی‌اتیلن است که خاصیت پلاستیکی و کشسانی به کاغذ سنگی می‌دهد.

با توجه به اینکه مقاومت کششی تحت تأثیر مقاومت الیاف، طول و سطح و پیوندهای مقاوم بین الیاف قرار دارد [۱۵]، می‌توان گفت که مقوای گلاسه به دلیل داشتن گراماژ و ضخامت بیش‌تر، مقدار الیاف مقاوم و پیوندهای بین الیاف بیش‌تری دارد که در مقابل نیروی کششی مقاومت بیش‌تری نشان می‌دهد. اما کاغذ سنگی عاری از الیاف سلولزی بوده و از پرکننده کلسیم کربنات به همراه پلی‌اتیلن تشکیل شده است و این موضوع نشان می‌دهد که پیوند بین ذرات سازنده کاغذ متفاوت از پیوند بین الیاف بوده و به دلیل وجود پلی‌اتیلن کاغذ خاصیت پلاستیکی و الانگیشن زیادی نسبت به مقوا و کاغذ گلاسه دارد. نتایج نشان داد که کاغذ سنگی نسبت



شکل ۱۰- تغییر طول نسبی کاغذ سنگی و کاغذ و مقوای گلاسه

## نتیجه‌گیری

مشکل و حفظ منابع جنگلی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی نوعی از کاغذ حاصل از ذرات کربنات کلسیم معدنی در ترکیب با پلی‌اتیلن و رزین‌ها تحت عنوان کاغذ سنگ وارد چرخه تولید در بازار جهانی شده است. این کاغذ با انواع مزیت‌های ذکر شده در متن مقاله می‌تواند گزینه‌ای قابل جایگزین برای کاغذ الیاف برای مصارف بسته‌بندی باشد. کشور ایران با توجه به منابع محدود جنگل و آب برای تولید کاغذ حاصل از الیاف و از طرفی منابع وسیع سنگ آهک، می‌تواند از این نوع کاغذ برای بسته‌بندی استفاده نماید.

توسعه صنعت بسته‌بندی، ضرورت حفظ کیفیت محصولات غذایی و رضایت مشتری از محصول و از طرفی ضرورت اجرای قوانین زیست‌محیطی و گسترش استفاده از مواد دوستدار محیط‌زیست سبب آن شده است که انواع مواد از انواع منابع و فرآیندهای تولید مختلف وارد بازار مصرف شوند. کاغذ یک نوع از ماده مصرفی در صنعت بسته‌بندی است که به علت انواع مزایای ذکر شده استفاده گسترده‌ای دارد. اما توجه به منابع اولیه تولید کاغذ شامل چوب و سایر مواد لیگنوسلولزی خصوصاً برای مناطق با سطح محدود جنگل، ضروری است. برای غلبه بر این

## منابع

- [1] Keymannesh, Sh. 2012. Importance and role of packaging in export development. Iran trade development organization. 7p. (In Persian).
- [2] Marsh, K. and Bugusu, B., 2007. Food Packaging—Roles, Materials, and Environmental Issues. Journal of Food Science, 72(3): 39-56.
- [3] Raheem, D., 2012. Application of plastics and paper as food packaging materials – An overview. Journal of Food and Agriculture. 25(3):177-188.
- [4] Koshy, R. R., Mary, S. K., Thomas, S. and Pothan, L. A., 2015. Environment friendly green composites based on soy protein isolate—A review. Food Hydrocolloids, 50:174-192.
- [5] Khwaldia, K., Arab-Tehrany, E. and Desobry, S., 2010. Biopolymer coatings on paper packaging materials. Comprehensive Reviews in food science and food safety, 9(1): 82-91.
- [6] Netramai, S. and Kijchavengkul, T., 2016. Use of Paper in Food Packaging Applications. Reference Module in Food Sciences, Edition: 1st, Publisher: Elsevier.
- [7] Herrera, M. A., Mathew A. P. and Oksman K., 2017. Barrier and mechanical properties of plasticized and cross-linked nanocellulose coatings for paper packaging applications. Journal of Cellulose, 24(9), 3969-3980.
- [8] Report Buyer Ltd, 2014. Food Packaging Market by Material (Paper & Board, Plastic, Glass, Metal), Type (Rigid, Semi-rigid, Flexible), Application (Dairy, Bakery, Confectionery, Convenience Foods, Fruits, Vegetables, Meat, Sauces, Dressings) – Global Trends & Forecast to 2019. Report Buyer Ltd, Kent, United Kingdom.
- [9] Ottenio, D., Escabasse, J.-Y. and Podd, B., 2004. ILSI Europe Report Series: Packaging Materials: [6] Paper and Board for Food Packaging Applications. International Life Sciences Institute, Brussels, Belgium. Available from: [http://www.ilsi.org/Europe/Publications/R2004Pac\\_Mat.pdf](http://www.ilsi.org/Europe/Publications/R2004Pac_Mat.pdf).
- [10] Twede, D. and Selke, S.E.M., 2005. Cartons, Crates and Corrugated Board: Handbook of Paper and Wood Packaging Technology. DEStech Publications, Inc. 584p.

- [11] Hosseinkhanli, H., Aalaie, J., Abdollahi, M., Khalkhali, T. and Shojaei, M., 2014. Thermal, mechanical, and barrier properties of polyethylene/surlyn/organoclay nanocomposites blown films prepared by different mixing methods. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 21(1):60-69.
- [12] Liu, R., Tang, C. and Liu, H., 2015. *Cellulose Nanofiber-Protein Composite Handbook of Polymer Nanocomposites. Processing, Performance and Application*, (pp. 449-464): Springer.
- [13] Lavoine, N., Desloges, I., Khelifi, B. and Bras, J., 2014. Impact of different coating processes of microfibrillated cellulose on the mechanical and barrier properties of paper. *Journal of Materials Science*, 49(7), 2879-2893.
- [14] Afrabandpay, E., 2003. *Properties of paper : an introduction*. Agriculture science publication. Tehran, 392p. (In Persian).
- [15] Rhim, J.-W., Lee, J.-H. and Hong, S. I., 2006. Water resistance and mechanical properties of biopolymer (alginate and soy protein) coated paperboards. *LWT-Food Science and Technology*, 39(7): 806-813.
- [16] Ebrahimpour Kasmani, J., Samariha, A. and Nemati M., 2014. Effect of mixing different contents of OCC pulp on NSSC pulp strength. *Journal of BioResource*, 9(3):5480-5487.

## Evaluation and comparison of mechanical and barrier properties of stone paper and gloss paper

### Abstract

Due to the importance of the packaging industry and the increasing development of this industry, the importance of packaging and quality of all types of food products is important. Packaging should protect the product from production to consumption against a variety of physical, chemical and biological factors to deliver a high quality and safe product to the customer. On the other hand, due to the importance of the environment and the emphasis on the formation and implementation of projects and processes with the aim of cleaning the environment, the packaging industry is also going towards using bio-based materials and less contaminating in the environment. Paper is one of the main packaging materials that can protect the product from damage without sacrificing its quality while being flexible, degradable, recyclable, and printable. Types of paper are used for this purpose. Recently, a new generation of paper with the name of the stone paper has entered the market that one of its uses is in packaging. In this paper, the mechanical and barrier properties of this type of paper are evaluated and compared with gloss paper, which is a high-quality type of cellulose fiber paper.

**Keywords:** stone paper, mechanical properties, barrier, packaging, gloss paper.

**M.R. Dehghani Firoozabadi<sup>1</sup>**  
**F. Kolaei Moakhar<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup> Associate Prof., Department of pulp and paper industry, Gorgan university of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran

<sup>2</sup> Ph.D Student, Department of pulp and paper industry, Gorgan University of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran

Corresponding author:  
[kolaei@ut.ac.ir](mailto:kolaei@ut.ac.ir)

Received: 2018/10/29

Accepted: 2019/05/04