تأثیر ترکیب و ابعاد جعبه‌ها بر کیفیت بسته‌های مقوای کنگره‌ای

شادمان پورموسی [۱*]، مهدی روشن ضمیر[۲]، آژنگ تاج دینی[۳]، مهران روح نیا[۴]

تاریخ دریافت مقاله: خرداد ماه ۱۳۹۴

تاریخ پذیرش مقاله: مرداد ماه ۱۳۹۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر نوع لایه‌ها و ابعاد جعبه‌ها بر کیفیت بسته‌های مقوایی در مقوای سه لایه با کنگره C، آزمون‌هایی روی مواد اولیه، ورق و جعبه مقوای کنگره‌ای سه لایه انجام شد. با توجّه به نوع لایه‌ها و ابعاد جعبه‌ها، تعدادی جعبه کارتنی با بهره‌گیری از طرح فاکتوریل با دستگاه تمام خودکار نمونه‌ساز آلمانی مدل ۲۵۱۷ ساخته شد و در پایان مقاومت فشاری جعبه‌ها در حالت الاستیک و شکست اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان دادکه مطلوب‌ترین کیفیت و بالاترین مقاومت فشاری وارد بر سطح مربوط به ورق‌های با ترکیب کرافت لاینر+کرافت لاینر/ فلوتینگ بازیافتی، و بالاترین مقاومت فشاری لبه، کرافت لاینر+تست لاینر /فلوتینگ اصلی، می‌باشد. بیشترین مقاومت فشاری در حالت الاستیک مربوط به ترکیب‌بندی کرافت لاینر+کرافت لاینر/ فلوتینگ بازیافتی با ابعاد ۳۶×۲۵×۳۵ سانتی‌متر و در حالت شکست مربوط به ترکیب بندی کرافت لاینر+تست لاینر / فلوتینگ اصلی با ابعاد۳۰×۲۵×۴۲ سانتی‌متر و ترکیب‌بندی کرافت لاینر+تست لاینر / فلوت اصلی با ابعاد ۳۰×۳۰×۳۵ سانتی‌متر به دست آمد. بنابراین جعبه‌هایی با طول ۳۵ تا ۴۲ سانتی‌متر، عرض ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر با ترکیب‌بندی کرافت لاینر+ تست لاینر / فلوتینگ اصلی می‌تواند بالاترین مقاومت به تحمل بار را در بسته‌بندی کالاها داشته باشد.

واژه‌های کلیدی

ترکیب‌بندی لایه‌ها، ابعاد کارتن، مقاومت فشاری جعبه، کرافت لاینر[۵]، تست لاینر، کاغذ فلوتینگ[۶]

۱- مقدمه

امروزه بسته‌بندی به عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای بازاریابی شناخته شده است و بنگاه‌های تجاری برای افزایش توان رقابتی خود در بازارهای داخلی و خارجی از آن بهره می‌برند. بسته‌بندی‌های بر پایه فلز، شیشه، پلاستیک، چوب و مواد چوبی، کاغذ و محصولات کاغذی از جمله انواع رایج در دنیای تجارت امروزی هستند. در اکثر موارد، بسته‌بندی‌های بر پایه انواع مقواها و کارتن، در انتخاب‌های اول تا سوم برای بسته‌بندی کالاهای مختلف قرار می‌گیرند.

۱- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. کرج. ایران.

*(نویسنده مسئول: sh.pourmousa@gmail.com)

۲- کارشناس ارشد مهندسی صنایع چوب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. کرج. ایران(roshanzamir.mehdi@yahoo.com).

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. کرج. ایران(atajdini@gmail.com).

۴- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. کرج. ایران(mroohnia@gmail.com).

۵- Liner Kraft

۶- Fluting paper

کارشناسان و طراحان فنی کارتن، کیفیت یک بسته را در گزینش طرح گرافیکی مناسب برای آن می‌دانند. در نظر این گروه، کیفیت، تابعی از ترکیب مناسب رنگ‌های انتخابی و سطح چاپی روی بسته تعریف می‌شود. برخی دیگر، معتقدند هرچه مقاومت در محل اتصال یک بسته قوی‌تر باشد آن بسته کیفیت بهتری دارد. مدیران اجرایی در این صنعت، انتخاب ترکیب‌بندی قوی‌تر لایه‌ها و به عبارتی لایه‌های کاغذی با مقاومت‌های فیریکی بالاتر را در فرآیند تولید به مفهوم عام، کیفیت بهتر تعبیر می‌کنند. از طرفی ابعاد یک بسته و نوع اتصال در کیفیت نهایی آن مؤثر می‌باشد. عامل-های دیگری مانند متغیرهای محیطی نظیر رطوبت نسبی محیط، الگوی چیدمان و شرایط حمل‌ونقل در کیفیت نهایی یک بسته دخالت دارند[۴]. با توجّه به تمامی نقطه نظرات می‌توان مقاومت به تحمل بار استاتیک[۱](مقاومت فشاری)یک بسته را عاملی بسیار ارزنده برای ارزیابی کیفیت یک بسته به کار برد. برای این منظور، تحقیقی در راستای تأثیرگذاری ترکیب‌بندی لایه‌ها، ابعاد جعبه مقوایی بر میزان تحمل بار بسته‌های مقوایی در مقوای کنگره‌ای سه لا، طراحی گردیده است.

کلیکات و لاندت[۲](۱۹۵۱)، در بررسی خیز در مقوا نشان دادند که زمان فرسودگی جعبه‌ها با بارگیری استاتیک، به صورت لگاریتمی کاهش می‌یابد، در هنگام برابری بار تخلیه شده با مقاومت فشاری جعبه، زمان فرسودگی جعبه در زیر بار وارد شده، ۷۸ درصد مقاومت فشاری نهایی جعبه در آزمایشگاه بود که طی هفت ساعت بارگذاری به دست آمد، این تحقیق نشان داد که رفتار انواع بسته‌ها در اثر انبارش‌های طولانی مدّت بسیار پیچیده است[۳] .

جباری(۱۳۸۰) به منظور تعیین رابطه ریاضی مقاومت ورقه‌های کنگره‌ای با شاخص‌های کیفی نتیجه گرفت که با زیاد شدن دانسیته، مقادیر مقاومت فشاری موازی کنگره[۳]، مقاومت فشاری عمود بر جهت کنگره[۴]، مقاومت فشاری حلقوی[۵]، مقاومت ترکیدگی[۶]، افزایش و ضخامت[۷] کاهش می‌یابد. با افزایش گرماژ فقط مقدار مقاومت فشاری حلقوی افزایش و دیگر مقاومت‌ها کاهش می‌یابند[۲].

مک کی[۸](۱۹۷۹) ،در تحقیق بر ورق‌های مقوای کنگره‌ای نتیجه گرفت که بین مقاومت در برابر فشار بر لبه و مقاومت فشاری جعبه، رابطه‌ای به صورت زیر برقرار است:

$$\text{مقاومت فشاری جعبه (KN/m)} = 5/87 \times \text{مقاومت فشاری لبه (KN/m)} \sqrt{\text{ضخامت مقوا} \times \text{محیط جعبه}}$$

مک کی(۱۹۹۹)، در بررسی خواص مقاومتی مقوا نشان داد که شقی[۹] در جهت ماشین در کاغذ فلوتینگ مهم‌ترین عامل در جلوگیری از لهیدگی مقواست، ولی از آنجا که در ماشین ورق‌سازی، بکارگیری فلوتینگ در جهت ماشین غیرممکن است، بنابراین استحکام جعبه‌ها هنگامی که روی هم چیده می‌شوند، در کاغذهای لاینر و فلوتینگ در راستای عمود برجهت ماشین نمایان می‌گردد.

گیل چریست[۱۰](۱۹۹۹)، در بررسی خصوصیات مکانیکی مقوای کنگره‌ای با روش‌های عناصر محدود نشان داد که مقاومت در برابر خمش چهار نقطه، مقاومت به فشار وارده بر لبهٔ کارتن و خمش غیرالاستیک با مقوای کنگره‌ای واقعی همبستگی بسیار نزدیکی داشت. با استفاده از این عامل‌ها می‌توان، سفتی و مقاومت مقوا در مقابل پدیده کاسی[۱۱] را ارزیابی کرد.

نیمن و کاستافستون[۱۲](۲۰۰۰)، در تعیین میزان تنش مواد تشکیل‌دهنده در لایه رویی مقوای کنگره‌ای، میزان تنش انواع معایب برای لایه رویی مقوای کنگره‌ای را معرفی و حدود شکست بر اساس معایب مواد اولیه را تعیین نمود. با آنالیز آزمون‌های مخرب مواد اولیه و نتایج

۱- Box comparison test
۲- Click and Landt
۳- Corrugated medium–flat crush resistance test
۴- Corrugated, medium-edge crush resistance test
۵- Ring comparison test
۶- Burst strength
۷- Thickness
۸- McKay
۹- Stiffness
۱۰- Gil Chryst
۱۱- Warp
۱۲- Neeman and Costa Fstvn

به دست آمده از طریق سیلندرهای چرخان[1] در خط تولید، میزان تنش ناشی از معایب و تنش مجاز اندازه‌گیری و مشخص شد که در آنالیز مقاومت فشاری، تغییر ابعاد کنگره-ها حساسیت بیشتری دارد[۴].

باین کولی[2] و همکاران(۲۰۰۵)، در بررسی و ارزیابی پیچیدگی رفتار ظروف مقوای کنگره‌ای به توانایی ظروف مذکور در شرایط حمل بار، اطمینان و ایمنی از آن‌ها در اثر رفتار پیچیده پالت‌های زیربار عنوان داشتند که رفتار مذکور به نوع مواد تشکیل‌دهنده مقوای کنگره‌ای، شکل هندسی و شاخص‌های فنی تولید مربوط است.

قهرمانی(۱۳۷۵)، مقاومت کاغذهایی که برای تولید ورق‌های کنگره‌ای به کار می‌رفت و نیز مقاومت ورق‌های کنگره‌ای ساخته شده از همان کاغذها را مورد مطالعه قرار داد. نتایج نشان داد که با افزایش وزن پایه کاغذهای مصرفی، تمام مقاومت ورق‌های کنگره‌ای به جز مقاومت به ترکیدن افزایش می‌یابد. در آزمایش مقاومت در برابر شکست حلقوی نیز وقتی نیروی اعمال شده موازی با جهت ساخت کاغذ باشد، مقاومت کاغذ لاینر ۶۴٪ و مقاومت کاغذ فلوتینگ ۹۷٪ نسبت به حالتی که نیرو عمود بر جهت ساخت کاغذ اعمال شود، افزایش نشان می‌دهد و در آزمایش مقاومت فشاری در راستای کنگره‌ها نیز چنانچه جهت کنگره موازی با جهت ساخت کاغذ باشد نسبت به حالتی که جهت کنگره عمود بر جهت ساخت کاغذ باشد کنگره‌ها مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند. مقاومت فشاری بر سطح[3] در ورق‌های کنگره‌ای سه و پنج لایه با هم برابر ولی مقاومت فشاری لبه‌ها در ورق‌های کنگره‌ای پنج لایه حدود ۲/۲ برابر ورق‌های سه لایه اندازه‌گیری شد[۱].

رفیع نژاد (۱۳۸۴)، با هدف بررسی تأثیر خصوصیات کاغذ لایه‌های رویی و میانی بر ویژگی‌های مقاومتی ورق‌های کنگره‌ای حاصله از آن‌ها با انجام آزمون دانکن و نتایج حاصل از نرمال سازی برای خصوصیات مقاومتی نشان داد که لایه‌بندی مقوای کنگره‌ای برای لایه رویی با کاغذ روسی با گرماژ ۱۲۵، لایه میانی با کاغذ مازندران با گرماژ ۱۲۷ و لایه زیری با کاغذ چوکا با گرماژ ۱۴۰ بهترین ویژگی‌های مقاومتی را دارند.

تحقیقات انجام شده در صنایع بسته‌بندی در زمینه چوب و کاغذ بسیار اندک است. با تحقیق در صنعت بسته‌بندی و شناخت محدودیت‌ها و نارسایی‌های آن می‌توان راهکارهای مناسب‌تری را برای حضور در بازارهای جهانی ارائه نمود. اینکه یک بسته با هر ابعادی قابل تولید باشد به دور از منطق علمی است و این که آیا بین مقاومت به تحمل بار استاتیک بسته‌های مقوای کنگره‌ای با ابعاد و ترکیب‌بندی لایه‌ها ارتباط معنی‌داری وجود دارد؟ بنابراین هدف اصلی این تحقیق، بررسی ارتباط متغیرهای مذکور و امکان انتخاب بهینه در ابعاد، ترکیب‌بندی لایه‌ها برای دستیابی به مقاومت‌های مطلوب در بسته‌های بر پایه مقوای کنگره‌ای می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

ویژگی کاغذهای انتخابی برای استفاده در لایه‌های رویی ،زیری و میانی ورق‌های مقوای کنگره‌ای با نام‌های متداول کرافت لاینر، تست لاینر و فلوتینگ با انجام آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی مربوطه مشخص شد (جدول ۱). کاغذهای انتخابی در ماشین تولیدکننده مقوای کنگره‌ای با شرایط یکسان فرآیندی به مقوای کنگره‌ای تبدیل شدند. با انجام آزمون‌های مربوط به محصول بینابینی، کیفیت لایه‌بندی‌های مقوای کنگره‌ای مشخص شد. از ورق‌های تولید شده با استفاده از دستگاه نمونه‌ساز تمام خودکار و با در نظر گرفتن ابعاد و ترکیب‌بندی لایه‌ها، جعبه‌هایی سالم با سه تکرار ساخته شد و آزمون‌های مقاومت فشاری را در دو حالت قبل از شکست (الاستیک) و بعد از شکست براساس استاندارد"۲-OM-T۸۰۴"با تجهیز آزمونگر مقاومت‌های مکانیکی ورق و

۱۳- Rotary cylinder
۱- Baeen cooly
۲- Flat comparison test

جعبه مقوایی با عنوان تجاری[1]"آدامل لهامردی" ساخت کشور فرانسه انجام شد. نتایج ترکیب‌بندی لایه کاغذهای انتخابی در چهار سطح و مقاومت‌های فشاری در حالت الاستیک و شکست با استفاده از نرم افزار[2]SPSS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص شد.

ویژگی کاغذهای مصرفی برای درک درستی نتایج حاصل از ورق‌های مقوای کنگره‌ای انجام شد (جدول ۳). همانطوری که ملاحظه می‌شود در برخی از آزمون‌ها به خاطر این که

شرایط استفاده، نوع آزمون را مشخص می‌کند برخی از خانه‌ها خالی ماند. در(جدول۳)، نتایج گروه‌بندی دانکن برای گرماژ چهار ترکیب مختلف مقوای کنگره‌ای نشان داده شده است.

جدول۱- آزمون، شماره و نام استاندارد استفاده شده برای ارزیابی کاغذهای انتخابی، ورق کنگره‌ای و جعبه مقوای کنگره‌ای

نام آزمون	مقاومت کنگره در مقابل نیروهای موازی بر کنگره	له شدگی حلقوی	ضخامت کاغذ	وزن پایه کاغذ	روش نمونه‌برداری
استاندارد آزمون	T۸۲۴ OM-۹۲	T ۸۱۸ OM-۹۸	T۴۱۱ OM-۹۷	T۴۱۰ OM-۹۸	۴۰۰OM-۹۰
نام آزمون	مقاومت در برابر فشار بر لبه ورق کارتن	ضخامت ورق کارتن	مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ	مقاومت به کشش کاغذ	مقاومت کنگره در مقابل نیروهای عمود بر کنگره
استاندارد آزمون	T ۸۱۱ OM-۹۵	T۴۱۰ OM-۹۸	T۸۰۷ OM-۹۸	T۴۹۴ OM-۱	T۸۰۹ OM-۹۹
نام آزمون	مقاومت فشاری جعبه	مقاومت در برابر فشار بر لبه ورق کارتن	مقاومت به سوراخ شدگی کارتن	مقاومت در برابر خردشدگی سطح	مقاومت به ترکیدن کارتن
استاندارد آزمون	T۸۰۴ OM-۲	T ۸۱۱ OM-۹۵	T۸۰۳ OM-۹۹	T۸۰۸ OM-۹۷	T۸۱۰ OM-۹۸

جدول۲- مشخصات ابعادی و ترکیب‌بندی لایه‌های جعبه مقوای کنگره‌ای

ابعاد جعبه‌ها/cm			ترکیب‌بندی لایه‌های مقوای با کنگره c		
ارتفاع(H)	عرض(W)	طول(L)	ردیف	لایه زیری	لایه میانی	لایه رویی
۳۰	۲۵	۳۵	۱	آزمون لاینر(TL)	فلوتینگ اصلی(F)	کرافت لاینر(TL)
۳۰	۲۵	۴۲	۲	کرافت لاینر(KL)	فلوتینگ اصلی(F)	کرافت لاینر(TL)
۳۰	۳۰	۳۵	۳	آزمون لاینر(TL)	فلوتینگ بازیافتی(RF)	کرافت لاینر(TL)
۳۶	۲۵	۳۵	۴	کرافت	فلوتینگ بازیافت(RF)	کرافت لاینر(TL)

معنی‌داری در خواص فیزیکی و مقاومتی کاغذ و مقوا می‌شود، برای یکسان شدن اثر رطوبت، تمام نمونه‌های کاغذ را به مدّت ۷۲ ساعت در شرایط آزمایشگاهی نگاه داشتند تا به تعادل رطوبتی برسند و به همین خاطر درصد رطوبت کلیه کاغذها به عنوان یک عامل ثابت در نظر گرفته شد. مطالعه

گرماژ یک ورق مقوای کنگره‌ای به گرماژ کاغذهای استفاده شده، تعداد لایه‌های تولیدی(سه و پنج لایه) و ضریب کنگره برای لایه میانی (۱/۳۸ برای کنگره‌C) بستگی دارد و در این تحقیق با توجّه به این که ورق‌های سه لایه با یک نوع کنگره مورد استفاده قرار گرفتند. بنابراین تنها عامل تأثیرگذار بر این اختلاف، گرماژ کاغذهای مصرفی می‌باشد. میزان چسب استفاده شده برای

۳- Adamel Lhomardy

۱- Statistical package for social science

تمام ترکیب‌ها، ثابت و برابر دو درصد وزنی مقوای کنگره‌ای در نظر گرفته شد. کاغذهای تست لاینر در جایگاه‌های مصرف لایه زیری و میانی با اعمال ضریب کنگره، سهم بیشتری از گرماژ کل مقوا را به خود اختصاص می‌دهند بنابراین در وهله اول ترکیب‌هایی در لایه میانی و در وهله دوم در موقعیت لایه زیری آن‌ها این گونه کاغذها استفاده شده باشد، گرماژ مقوای کنگره‌ای تولید شده را بیشتر نشان می‌دهند.

نتایج این تحقیق با نظرات نوردمن توری مطابقت داشت(جدول ۳). مقاومت به سوراخ شدن مقوا تابعی از میزان شقی و سفتی مقوا در مقابل نیروهای وارده است.

برخی از محققین، مقاومت فشاری لبه ورق مقوای کنگره‌ای تحت تأثیر مجموع سه عامل میزان مقاومت به لهیدگی حلقوی لایه‌های رویی، زیری و مقاومت لهیدگی کنگره لایه میانی می‌دانند و در لهیدگی سطح مقوای کنگره‌ای، رفیع نژاد نشان می‌دهد که هر چه مقاومت

جدول۳- گروه‌بندی دانکن برای آزمون‌های انجام شده بر روی کاغذهای انتخابی

فلوتینگ بازیافتی	فلوتینگ اصلی	آزمون لاینر	کرافت لاینر	نوع آزمون	
(۱۴۸/۱۰±۱/۳۷۰)^{c}	(۱۲۴/۳۰±۱/۷۶۷)^{b}	(۱۴۸/۱۰±۱/۳۷۰)^{c}	(۱۱۹/۲۰±۰/۹۱۹)^{a}	گرماژ	(gr/m^2)
(۲۳۱/۹۰±۱/۵۹۵) ^{a}	(۲۱۵/۴۰±۱/۱۹۸)^{b}	(۲۳۱/۹۰±۱/۵۹۵) ^{a}	(۱۶۰/۴۰±۱/۶۴۷)^{c}	ضخامت کاغذها	(µm)
(۲۶/۵۰±۲/۲۲۴) ^{c}	(۳۸/۹۰±۳/۴۱۴)^{b}	(۲۶/۵۰±۲/۲۲۴) ^{c}	(۴۲/۴۱□۲/۹۱۴) ^{a}	مقاومت به ترکیدگی	(PSI)
(۸۹/۲۵±۵/۵۳)^{c}	(۱۴۰/۹۳±۵/۱۸۹)^{a}	(۸۹/۲۵±۵/۵۳)^{c}	(۱۱۷/۶۳±۴/۱۰) ^{b}	مقاومت کشش در جهت ماشین	(N)
(۴۲/۰۳±۱/۲۱۰)^{c}	(۵۳/۷۴±۱/۳۷۸)^{a}	(۴۲/۰۳±۱/۲۱۰)^{c}	(۴۴/۶۸±۰/۹۱۱) ^{b}	مقاومت کشش در خلاف جهت ماشین	(N)
–	–	(۱۳۶/۲۰±۱۳/۶۲۳)	(۲۷/۳۸±۴/۵۶۲)	جذب آب سطحی	(gr/m^2)
(۵۱/۳۰±۶/۳۴۳)	(۷۴/۹۰±۸/۶۹۸)	–	–	جذب آب موییننگی در جهت ماشین	(mm)
(۵۰/۷۰±۵/۳۵۳)	(۶۰/۱۰±۴/۱۶۳)	–	–	جذب آب موییننگی درخلاف جهت ماشین	(mm)
–	–	(۱۹۱/۱۳±۲۶/۶۰۶)	(۲۰۶/۶۱±۱۴/۳۶۵)	لهیدگی حلقوی	(N)
(۲۵۱/۶۲±۱۱/۹۴)	(۴۱۱/۲۵±۹/۱۵۴)	–	–	مقاومت کنگره در مقابل نیروهای موازی بر کنگره	(N)
(۱۱۱/۶۰±۷/۷۶۳)	(۲۵۵/۷۰±۴۴/۰۲۵)	–	–	مقاومت کنگره در مقابل نیروهای عمود بر کنگره	(N)

نتایج گروه‌بندی دانکن برای ضخامت چهار ترکیب مختلف مقوای کنگره‌ای در(جدول۳)، نشان داده شده است ضخامت یک ورق مقوای کنگره ای به ارتفاع کنگره و ضخامت کاغذهای مصرفی بستگی دارد. با توجّه به این که ارتفاع کنگره برای تمام مقواها یکسان بود ضخامت کاغذهای مصرفی تأثیر معنی‌داری را بر کل ضخامت مقوای تولید شده نداشت.

مقاومت به ترکیدگی در مقوای تولیدی به مقدار مقاومت لایه‌های رویی و زیری آن بستگی دارد، البته طبق نظریه نوردمن توری، مقاومت به ترکیدن ورق مقوای کنگره‌ای متأثر از مقاومت به ترکیدن لاینر زیر و لاینر رو می‌باشد و مقاومت به ترکیدگی لایه میانی در این خصوص بی‌تأثیر است. ولی برخی از محققین سهم تأثیر لایه میانی را تا ۱۰٪ از مقاومت ترکیدگی ورق مقوای کنگره‌ای اعلام می‌کنند.

فشاری عمود بر جهت کنگره در کاغذ لایه میانی بالاتر باشد، مقاومت فشاری سطح آن نیز بالاتر می‌رود. نتایج تحقیق نشان داد که با کیفیت‌ترین ترکیبات ورق کارتن ساخته شده در درجه اول، به مقدار مقاومت فشاری عمود بر جهت کنگره در کاغذ لایه میانی و در درجه دوم به لهیدگی حلقوی لاینرهای رو و زیر ورق مقوای کنگره‌ای بستگی دارد.

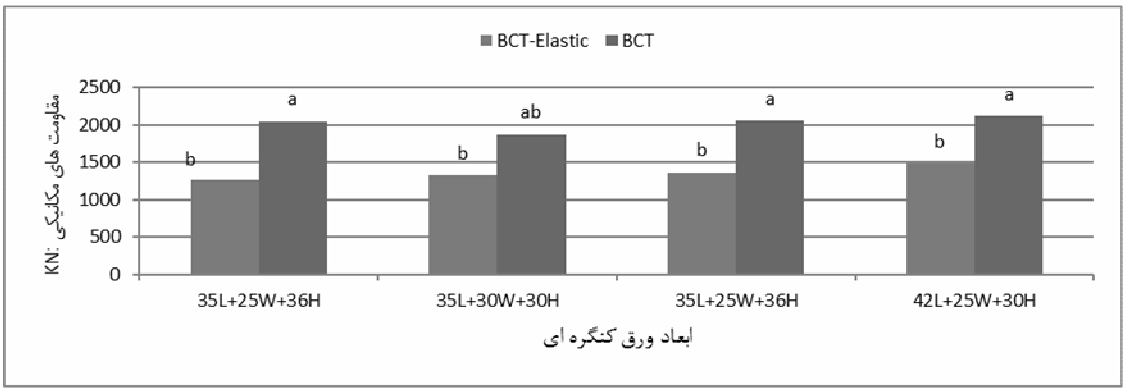
کریسپ[1] در مورد لهیدگی سطح ورق مقوای کنگره‌ای معتقد است حداکثر بار در اطراف سطحی که فشار وارد می‌شود، اتفاق می‌افتد و لایه رو تأثیر بسزایی در لهیدگی سطح ورق مقوای کنگره‌ای دارد و ضخامت لایه نیز از عوامل تأثیرگذار می‌باشد. نتایج تحقیق نشان داد که تشابه

۱- Crisp

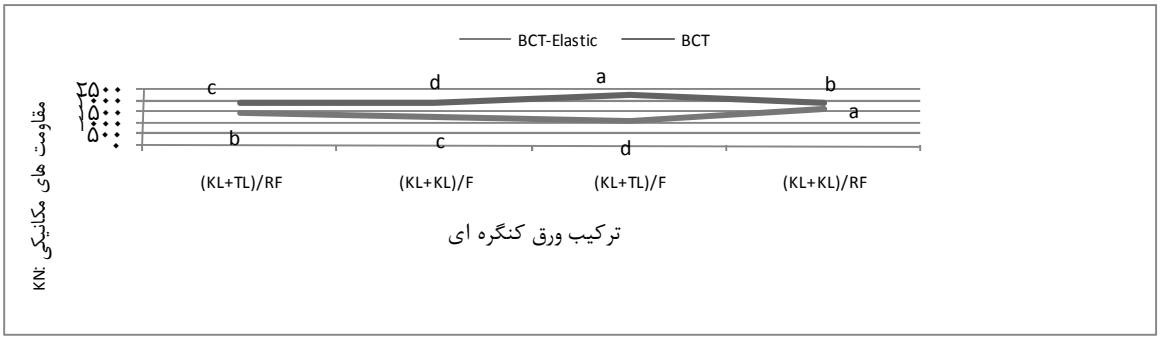
رفتاری خاصی بین دو نوع مقاومت لهیدگی لبه و لهیدگی سطح مقوای کنگره‌ای وجود دارد.

مقاومت فشاری در حالت الاستیک برای کلیه ابعاد جعبه-ها از نظر آماری در یک سطح قرار گرفت ولی از چهار ابعاد جعبه‌های مورد آزمون، کمترین مقاومت فشاری برای جعبه-ای با ابعاد "۳۵L+۳۰W+۳۰H" به دست آمد(نمودار۱). بیشترین مقاومت فشاری در حالت الاستیک برای ترکیب "(KL+KL) /RF" ولی بیشترین مقدار

نتایج نشان داد بالاترین مقاومت به خمش استاتیک در حالت الاستیک مربوط به ترکیب‌بندی کرافت+کرافت/تست لاینر بازیافتی با ابعاد ۳۶×۲۵×۳۵ و بالاترین مقاومت به خمش استاتیک در حالت شکست مربوط به ترکیب‌بندی کرافت+ تست لاینر بازیافتی/ فلوتینگ مازندران با ابعاد ۳۰×۲۵×۴۲ و ترکیب‌بندی کرافت+ تست لاینر بازیافتی/ فلوت مازندران با ابعاد ۳۰×۳۰×۳۵ به دست آمد.



نمودار ۱- گروه‌بندی دانکن برای مقاومت فشاری در دو حالت الاستیک و شکست برای چهار ابعاد مختلف مقوای کنگره‌ای



نمودار ۲- گروه‌بندی دانکن برای مقاومت فشاری در دو حالت الاستیک و شکست برای چهار ترکیب مختلف مقوای کنگره‌ای

مقاومت فشاری با شرایط تخریب برای ترکیب "F/ (KL+TL)" به دست آمد (نمودار ۲).

عملکرد مقوای کنگره‌ای به توانایی جعبه برای حفظ محتوای آن در شرایط سرویس به کمک شاخصی به نام مقاومت فشاری جعبه تعیین می‌شود زیرا کالاها معمولاً در جعبه‌ها ذخیره می‌شوند و در معرض بارهای فشاری بالا قرار می‌گیرند. مقاومت فشاری به طور کلی به دو عامل اصلی، اجزای تشکیل‌دهنده مقوا و ابعاد جعبه وابسته است .

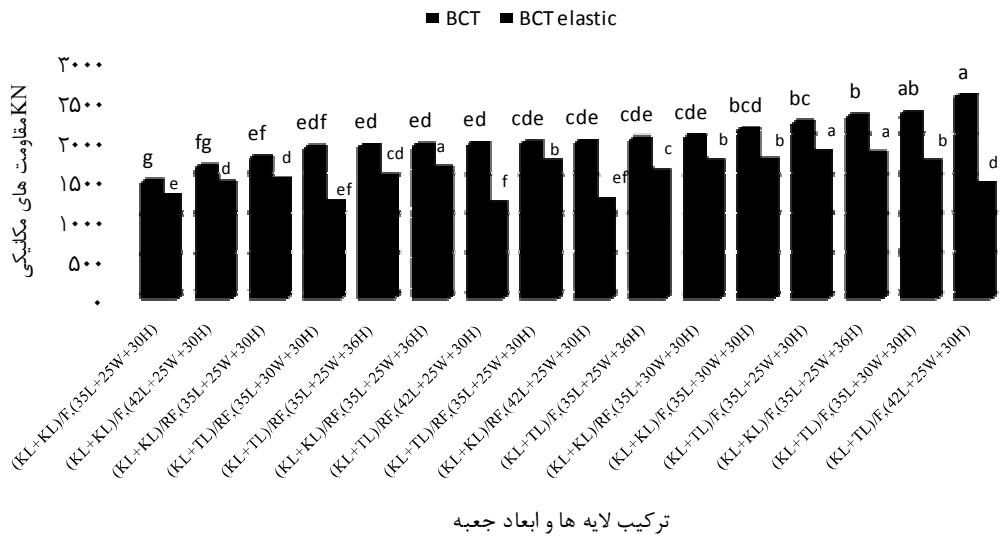
بنابراین جعبه‌هایی با طول ۳۵ تا ۴۲ سانتی‌متر، عرض ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر با ترکیب‌بندی کرافت+ تست لاینر بازیافتی/ فلوت مازندران می‌تواند بالاترین مقاومت به تحمل بار را در بسته‌بندی کالاها داشته باشد(نمودار ۳).

بنابراین می‌توان بیان نمود که وقتی بین دو ترکیب از نظر ویژگی‌های مکانیکی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد به این معنی است که در گروه‌بندی دانکن در یک گروه قرار دارند، ولی چنانچه از نظر ریالی دارای اختلاف

معنی‌داری باشند در چنین مواقعی می‌توان از ترکیب با قیمت پایین‌تر استفاده کرد. مثلاً در ابعاد ۳۰×۳۰×۳۵ ترکیب کرافت لاینر + کرافت لاینر/ فلوتینگ بازیافتی را می‌توان جایگزین کرافت لاینر+ کرافت لاینر/ فلوتینگ اصلی کرد.

شاخص‌هایی مانند گرماژ و یا مقاومت به کشش، ترکیدگی و لهیدگی خیلی حساس‌تر نمایان می‌گردند.

با رعایت و کنترل عوامل تأثیرگذار تولیدی مانند سرعت تولید و ... می‌توان اطمینان داشت که یک کالای در حین تولید می‌تواند در صورت تبدیل شدن به کالای نهایی، کلیه الزامات مصرف‌کننده نهایی را تأمین نماید و با آزمایش



نمودار ۳- گروه‌بندی دانکن برای مقاومت فشاری در دو حالت الاستیک و شکست برای ابعاد و ترکیب‌های مختلف جعبه‌های مقوای کنگره‌ای

با افزایش تبادلات اقتصادی و ضرورت حفاظت از کالاها در هنگام حمل‌ونقل، بایستی الزامات مربوط به بسته‌بندی کالاها بیش از پیش رعایت گردد. برخی از الزامات مربوط به محدودیت‌های تعریف شده مانند ابعاد جعبه‌ها و یا کیفیت لایه‌های مورد استفاده در جعبه‌های تولید شده از مقوای کنگره‌ای است.

با افزایش فرآیندهای بازیافت، انواع کاغذهای باطله، انواع کاغذهای تست لاینر با کاربردهایی مانند لایه‌های رویی، زیری و میانی اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین تولیدکننده باید آگاه باشد که ویژگی‌های اولیه کاغذهای تولیدی در کیفیت محصولات نهایی کاملاً تأثیرگذار است. به گونه‌ای که

محصول نهایی می‌توان بر تفکر حاضر صحه‌گذاری کرد. ترکیب یک جعبه تولید شده از مقوای کنگره‌ای و ابعاد آن از جمله مهم‌ترین عوامل متغیر و تأثیرگذار بر میزان تحمل به بار یک فراورده بوده که با تأمین آن در ضمن فرآیندهای تولید می‌توان امنیت، سلامت و حفاظت انواع کالاها را در هنگام حمل‌ونقل و جابه‌جایی برآورده نمود.

نتایج این تحقیق نشان داد که با انتخاب مناسب مواد اولیه و پایش‌های حین تولید می‌توان کالای بینابینی متناسب با استانداردهای تعریف شده تولید کرد و با آزمون محصول نهایی می‌توان در خصوص کیفیت یک بسته بر

پایه کارتن اطمینان حاصل نمود.بر اساس یافته‌های تحقیق ابعاد یک بسته، لایه‌های تشکیل‌دهنده یک بسته، مقاومت به تحمل بار استاتیکی یک کارتن از جمله مهم‌ترین شاخص-های تأثیرگذار بر کیفیت یک بسته بر پایه کارتن می‌باشد.

۵- منابع

۱. قهرمانی، ا.(۱۳۷۵)، بررسی مقاومت مکانیکی کارتن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران .

۲. رفیع نژاد، ز،(۱۳۸۵)، بررسی تأثیر خصوصیات لاینر و فلوتینگ بر ویژگی‌های ورق کارتن C فلوت، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

۳. طباطبایی، س ر ا...،(۱۳۸۷)، مطالعه خواص مکانیکی کارتن با توجّه به لایه‌های تشکیل‌دهنده آن درمقوای C-FLUT، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم و تحقیقات تهران .

۴. روشن ضمیر، م،(۱۳۹۱)، ارزیابی تأثیر ترکیب‌بندی لایه‌ها و ابعاد کارتن بر میزان تحمل به بار بسته‌ها، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

۵. Biancolini, M.E, Brutti .C, Mottole, E, (۲۰۰۵), Numerical evaluation of buckling and post buckling behavior of corrugated board containers (www. Sciencedirect.com).

۶. Lsaksson. p, Krusper ,A, Gradin, P,A.,(۲۰۰۶), Shear correction factors for corrugated core structures ,Sweden, (www. Sciencedirect.com).

۷. Makee.R.C., Gander.J.W., Wachuta .J.R.(۱۹۶۲) Edgewise, compression strength formula for corrugated board.

۸. Urbanik, T.J, Frank Benjamin, (۲۰۰۶), box compression analysis of world - wide Data Spanning ۴۶ years, (www. Sciencedirect.com).

۹. Urbanik, T, J. and Gilchrest, A, C. (۱۹۹۹). Nonlinear final element modeling of corrugated board, Mechanical department.

۱۰. Urbanik, T. and Tomas, J. (۱۹۹۷). Linear and nonlinear material effects on post buckling strength of corrugated containers .

۱۱. Urbanik T. J .and Lee Sung, K., (۲۰۰۱), column compression strength of tubular packaging form made form paper, journal of testing evaluation (Vol ۳۴, NO, ۶).

آدرس نویسنده

کرج- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی- واحد کرج.