تأثیر ترکیب و ابعاد جعبه‌ها بر کیفیت بسته‌های مقوای کنگره‌ای

شادمان پورموسی [1*]، مهدی روشن ضمیر [2]، آژنگ تاج دینی [3]، مهران روح نیا [4]

تاریخ دریافت مقاله: خرداد ماه ۱۳۹٤

تاریخ پذیرش مقاله: مرداد ماه ۱۳۹٤

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+آزمون لاینر /فلوتینگ اصلی، می‌باشد. بیشترین مقاومت فشاری در حالت الاستیک مربوط به ترکیب‌بندی کرافت لاینر+کرافت لاینر/ فلوتینگ بازیافتی با ابعاد ۳٦×۲۵×۳۵ سانتی‌متر و در حالت شکست مربوط به ترکیب بندی کرافت لاینر+آزمون لاینر / فلوتینگ اصلی با ابعاد۳۰×۲۵×٤۲ سانتی‌متر و ترکیب‌بندی کرافت لاینر+آزمون لاینر / فلوت اصلی با ابعاد ۳۰×۳۰×۳۵ سانتی‌متر به دست آمد. بنابراین جعبه‌هایی با طول ۳۵ تا ٤۲ سانتی‌متر، عرض ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر با ترکیب‌بندی کرافت لاینر+ آزمون 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[5]، آزمون لاینر، کاغذ فلوتینگ[6]

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.

کارشناسان و طراحان فنی کارتن، کیفیت یک بسته را در گزینش طرح گرافیکی مناسب برای آن می‌دانند. در نظر

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).

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

5- Liner Kraft

6- Fluting paper

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. عامل‌های دیگری مانند متغیرهای محیطی نظیر رطوبت نسبی محیط، الگوی چیدمان و شرایط حمل‌ونقل در کیفیت نهایی یک بسته دخالت دارند[٤]. با توجّه به تمامی نقطه نظرات می‌توان مقاومت به تحمل بار استاتیک[1](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[2](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[3]، مقاومت فشاری عمود بر جهت کنگره[4]، مقاومت فشاری حلقوی[5]، مقاومت ترکیدگی[6]، افزایش و ضخامت[7] کاهش می‌یابد. با افزایش گرماژ فقط مقدار مقاومت فشاری حلقوی افزایش و دیگر مقاومت‌ها کاهش می‌یابند[۲].

مک کی[8](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:

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

مک کی(۱۹۹۹)، در بررسی خواص مقاومتی مقوا نشان داد که شقی[9] 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[10](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[11] را ارزیابی کرد.

نیمن و کاستافستون[12](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 به دست آمده از طریق سیلندرهای چرخان[13] در خط تولید، میزان تنش ناشی از معایب و تنش مجاز اندازه‌گیری

1- Box comparison test
2- Click and Landt
3- Corrugated medium–flat crush resistance test
4- Corrugated, medium-edge crush resistance test
5- Ring comparison test
6- Burst strength
7- Thickness
8- McKay
9- Stiffness
10- Gil Chryst
11- Warp
12- Neeman and Costa Fstvn
13- Rotary cylinder

و مشخص شد کـه در آنـالیز مقاومـت فـشاری، تغییـر ابعـاد کنگره‌ها حساسیت بیشتری دارد[٤].

باین کـولی[1] و همکـاران(۲۰۰۵)، در بررسـی و ارزیـابی پیچیدگی رفتار ظروف مقوای کنگـره‌ای بـه توانـایی ظـروف مذکور در شرایط حمل بار، اطمینان و ایمنی از آن‌هـا در اثـر رفتار پیچیده پالت‌های زیربار عنوان داشتند که رفتـار مـذکور به نوع مواد تشکیل‌دهنده مقوای کنگره‌ای، شـکل هندسـی و شاخص‌های فنی تولید مربوط است.

قهرمـانی(۱۳۷۵)، مقاومـت کاغـذهایی کـه بـرای تولیـد ورق‌های کنگره‌ای به کار می‌رفت و نیـز مقاومـت ورق‌هـای کنگره‌ای ساخته شده از همان کاغذها را مـورد مطالعـه قـرار داد. نتایج نشان داد که با افزایش وزن پایه کاغذهای مصرفی، تمام مقاومت ورق‌های کنگره‌ای به جز مقاومت بـه ترکیـدن افـزایش مـی‌یابـد. در آزمـایش مقاومـت در برابـر شکـست حلقوی نیز وقتی نیروی اعمال شده موازی با جهت سـاخت کاغـذ باشـد، مقاومـت کاغـذ لاینـر ٦٤٪ و مقاومـت کاغـذ فلوتینگ ۹۷٪ نسبت بـه حـالتی کـه نیـرو عمـود بـر جهـت سـاخت کاغـذ اعمـال شـود، افـزایش نـشان مـی‌دهـد و در آزمایش مقاومت فشاری در راستای کنگـره‌هـا نیـز چنانچـه جهت کنگره موازی با جهت ساخت کاغذ باشـد نـسبت بـه حالتی که جهت کنگره عمود بر جهت سـاخت کاغـذ باشـد کنگره‌ها مقاومت بیشتری از خود نشان مـی‌دهنـد. مقاومـت فشاری بر سطح[2] در ورق‌های کنگره‌ای سه و پنج لایه با هم برابر ولی مقاومت فشاری لبه‌ها در ورق‌های کنگـره‌ای پـنج لایه حدود ۲/۲ برابر ورق‌های سه لایه اندازه‌گیری شد[۱].

رفیع نژاد (۱۳۸٤)، با هـدف بررسـی تـأثیر خـصوصیات کاغذ لایه‌های رویی و میانی بر ویژگی‌های مقاومتی ورق‌های کنگره‌ای حاصـله از آن‌هـا بـا انجـام آزمـون دانکـن و نتـایج حاصل از نرمال سازی برای خصوصیات مقـاومتی نـشان داد که لایه‌بندی مقوای کنگره‌ای برای لایه رویی با کاغذ روسـی با گرماژ ۱۲۵، لایه میانی با کاغذ مازنـدران بـا گرمـاژ ۱۲۷ و لایه زیری با کاغذ چوکا با گرماژ ۱٤۰ بهترین ویژگی‌هـای مقاومتی را دارند.

تحقیقات انجام شـده در صـنایع بـسته‌بنـدی در زمینـه چوب و کاغذ بـسیار انـدک اسـت. بـا تحقیـق در صـنعت بسته‌بنـدی و شـناخت محـدودیت‌هـا و نارسـایی‌هـای آن مـی‌تـوان راهکارهـای مناسـب‌تـری را بـرای حـضور در بازارهای جهانی ارائه نمود. اینکه یک بسته بـا هـر ابعـادی قابل تولید باشد به دور از منطق علمی است و این کـه آیـا بین مقاومت بـه تحمـل بـار اسـتاتیک بـسته‌هـای مقـوای کنگره‌ای با ابعاد و ترکیب‌بندی لایه‌هـا ارتبـاط معنـی‌داری وجود دارد؟ بنابراین هـدف اصـلی ایـن تحقیـق، بررسـی ارتباط متغیرهای مذکور و امکان انتخـاب بهینـه در ابعـاد، ترکیب‌بندی لایه‌ها برای دستیابی به مقاومت‌هـای مطلـوب در بسته‌های بر پایه مقوای کنگره‌ای می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

ویژگی کاغذهای انتخابی بـرای اسـتفاده در لایـه‌هـای رویی ،زیری و میانی ورق‌های مقوای کنگره‌ای با نـام‌هـای متداول کرافت لاینر، آزمـایش لاینـر و فلوتینـگ بـا انجـام آزمـون‌هـای فیزیکـی و مکـانیکی مربوطـه مـشخص شـد (جدول ۱). کاغذهای انتخابی در ماشین تولیدکننده مقـوای کنگره‌ای با شرایط یکـسان فرآینـدی بـه مقـوای کنگـره‌ای تبدیل شدند. بـا انجـام آزمـون‌هـای مربـوط بـه محـصول بینابینی، کیفیت لایه‌بندی‌هـای مقـوای کنگـره‌ای مـشخص شد. از ورق‌های تولید شده با استفاده از دستگاه نمونه‌سـاز تمام خودکار و بـا در نظـر گـرفتن ابعـاد و ترکیـب‌بنـدی لایه‌هـا، جعبـه‌هـایی سـالم بـا سـه تکـرار سـاخته شـد و آزمون‌های مقاومت فشاری را در دو حالت قبل از شکست (الاستیک) و بعد از شکست براسـاس اسـتاندارد"OM-2-T804"با تجهیز آزمـونگر مقاومـت‌هـای مکـانیکی ورق و جعبه مقوایی با عنوان تجاری[3]"آدامـل لهـامردی" سـاخت کشور فرانسه انجام شد. نتایج ترکیب‌بندی لایـه کاغـذهای

1- Baeen cooly
2- Flat comparison test
3- Adamel Lhomardy

انتخابی در چهار سطح و مقاومت‌های فشاری در حالت الاستیک و شکست با استفاده از نرم افزار SPSS[1] و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص شد.

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	T824 OM-92	T 818 OM-98	T411 OM-97	T410 OM-98	400OM-90
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 811 OM-95	T410 OM-98	T807 OM-98	T494 OM-1	T809 OM-99
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	T804 OM-2	T 811 OM-95	T803 OM-99	T808 OM-97	T810 OM-98

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	٤۲	۲	کرافت لاینر(KL)	فلوتینگ اصلی(F)	کرافت لاینر(TL)
۳۰	۳۰	۳۵	۳	آزمون لاینر(TL)	فلوتینگ بازیافتی(RF)	کرافت لاینر(TL)
۳٦	۲۵	۳۵	٤	کرافت لاینر(KL)	فلوتینگ بازیافتی(RF)	کرافت لاینر(TL)

۳- بحث

با توجّه به اینکه تغییرات رطوبت باعث تأثیرات 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 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

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 تمام ترکیب‌ها، ثابت و برابر دو درصد وزنی مقوای کنگره‌ای در نظر گرفته شد. کاغذهای آزمون لاینر در جایگاه‌های مصرف لایه زیری و میانی با اعمال ضریب کنگره، سهم بیشتری از گرماژ کل مقوا را به خود

1- Statistical package for social science

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.

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

نوع آزمون		کرافت لاینر	آزمون لاینر	فلوتینگ اصلی	فلوتینگ بازیافتی
(gr/m^2)	گرماژ	(۱۱۹/۲۰±۰/۹۱۹)[a]	(۱٤۸/۱۰±۱/۳۷۰)[c]	(۱۲٤/۳۰±۱/۷٦۷)[b]	(۱٤۸/۱۰±۱/۳۷۰)[c]
(µm)	ضخامت کاغذها	(۱٦۰/٤۰±۱/٦٤۷)[c]	(231/90±۱/۵۹۵) [a]	(۲۱۵/٤۰±۱/۱۹۸)[b]	(231/90±۱/۵۹۵) [a]
(PSI)	مقاومت به ترکیدگی	(42/41±۲/۹۱٤) [a]	(۲٦/۵۰±۲/۲۲٤) [c]	(38/۹۰±۳/٤۱٤)[b]	(۲٦/۵۰±۲/۲۲٤) [c]
(N)	مقاومت کشش در جهت ماشین	(۱۱۷/٦۳±٤/۱۰) [b]	(۸۹/۲۵±۵/۵۳)[c]	(۱٤۰/۹۳±۵/۱۸۹)[a]	(۸۹/۲۵±۵/۵۳)[c]
(N)	مقاومت کشش در خلاف جهت ماشین	(٤٤/٦۸±۰/۹۱۱) [b]	(٤۲/۰۳±۱/۲۱۰)[c]	(۵۳/۷٤±۱/۳۷۸)[a]	(٤۲/۰۳±۱/۲۱۰)[c]
(gr/m^2)	جذب آب سطحی	(۲۷/۳۸±٤/۵٦۲)	(۱۳٦/۲۰±۱۳/٦۲۳)	–	–
(mm)	جذب آب موییننگی در جهت ماشین	–	–	(۷٤/۹۰±۸/٦۹۸)	(۵۱/۳۰±٦/۳٤۳)
(mm)	جذب آب موییننگی درخلاف جهت ماشین	–	–	(٦۰/۱۰±٤/۱٦۳)	(۵۰/۷۰±۵/۳۵۳)
(N)	لهیدگی حلقوی	(۲۰٦/٦۱±۱٤/۳٦۵)	(۱۹۱/۱۳±۲٦/٦۰٦)	–	–
(N)	مقاومت کنگره در مقابل نیروهای موازی بر کنگره	–	–	(٤۱۱/۲۵±۹/۱۵٤)	(۲۵۱/٦۲±۱۱/۹٤)
(N)	مقاومت کنگره در مقابل نیروهای عمود بر کنگره	–	–	(۲۵۵/۷۰±٤٤/۰۲۵)	(۱۱۱/٦۰±۷/۷٦۳)

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.

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.

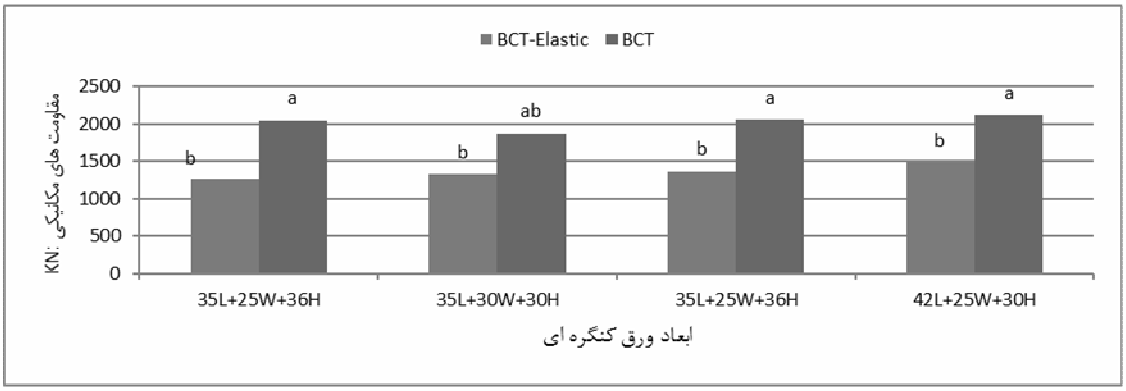
برخی از محققین، مقاومت فشاری لبه ورق مقوای کنگره‌ای تحت تأثیر مجموع سه عامل میزان مقاومت به لهیدگی حلقوی لایه‌های رویی، زیری و مقاومت لهیدگی کنگره لایه میانی می‌دانند و در لهیدگی سطح مقوای کنگره‌ای، رفیع نژاد نشان می‌دهد که هر چه مقاومت فشاری عمود بر جهت کنگره در کاغذ لایه میانی بالاتر باشد، مقاومت فشاری 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 رفتاری خاصی بین دو نوع مقاومت لهیدگی لبه و لهیدگی سطح مقوای کنگره‌ای وجود دارد.

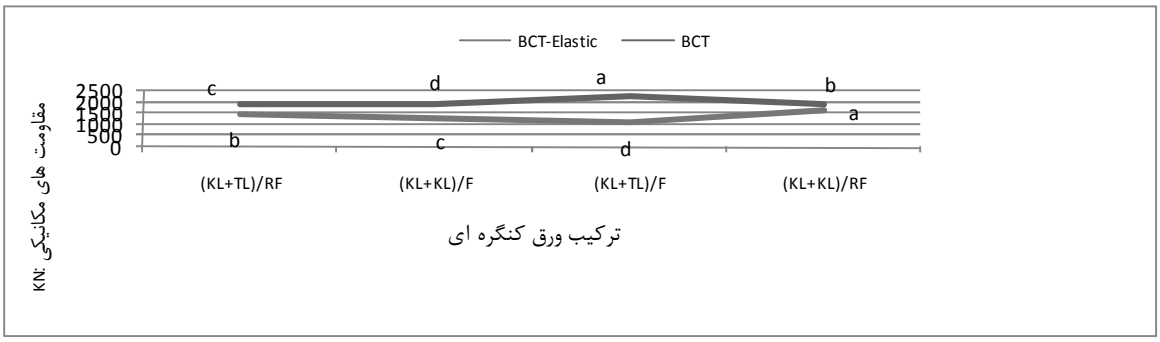
مقاومت فشاری در حالت الاستیک برای کلیه ابعاد جعبه‌ها از نظر آماری در یک سطح قرار گرفت ولی از چهار ابعاد جعبه‌های مورد آزمون، کمترین مقاومت فشاری برای جعبه‌ای با ابعاد "35L+30W+30H" به دست

1- Crisp

آمد(نمودار۱). بیشترین مقاومت فشاری در حالت الاستیک برای ترکیب "RF/ (KL+KL)" ولی بیشترین مقدار ۳۰×۲۵×۴۲ و ترکیب‌بندی کرافت+ آزمون 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



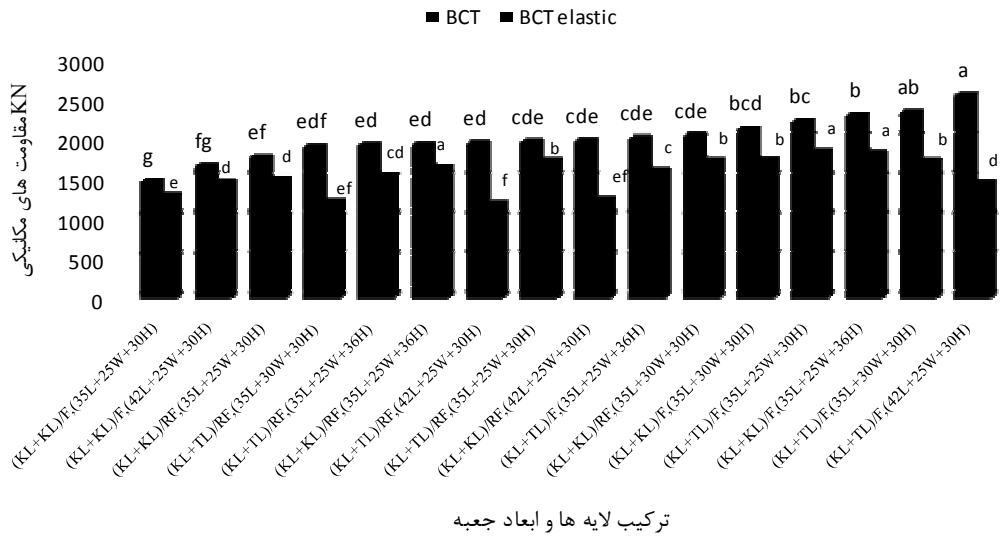
نمودار ۲- گروه‌بندی دانکن برای مقاومت فشاری در دو حالت الاستیک و شکست برای چهار ترکیب مختلف مقوای کنگره‌ای

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 .

نتایج نشان داد بالاترین مقاومت به خمش استاتیک در حالت الاستیک مربوط به ترکیب‌بندی کرافت+کرافت/آزمون لاینر بازیافتی با ابعاد ۳۶×۲۵×۳۵ و بالاترین مقاومت به خمش استاتیک در حالت شکست مربوط به ترکیب‌بندی کرافت+ آزمون لاینر بازیافتی/ فلوتینگ مازندران با ابعاد بنابراین جعبه‌هایی با طول ۳۵ تا ۴۲ سانتی‌متر، عرض ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر با ترکیب‌بندی کرافت+ آزمون 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.



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

٤- نتیجه گیری

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 آزمون 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 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 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 شاخص‌های 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 .

٤. 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.

5. Biancolini, M.E, Brutti .C, Mottole, E, (2005), Numerical evaluation of buckling and post buckling behavior of corrugated board containers (www. Sciencedirect.com).

6. Lsaksson. p, Krusper ,A, Gradin, P,A.,(2006), Shear correction factors for corrugated core structures ,Sweden, (www. Sciencedirect.com).

7. Makee.R.C., Gander.J.W., Wachuta .J.R.(1962) Edgewise, compression strength formula for corrugated board.

8. Urbanik, T.J, Frank Benjamin, (2006), box compression analysis of world - wide Data Spanning 46 years, (www. Sciencedirect.com).

9. Urbanik, T, J. and Gilchrest, A, C. (1999). Nonlinear final element modeling of corrugated board, Mechanical department.

10. Urbanik, T. and Tomas, J. (1997). Linear and nonlinear material effects on post buckling strength of corrugated containers .

11. Urbanik T. J .and Lee Sung, K., (2001), column compression strength of tubular packaging form made form paper, journal of testing evaluation (Vol 34, NO, 6).

آدرس نویسنده

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