

دوفصلنامه علمی کارافن

شماره چهل و پنجم، بهار و تابستان 1398 (صص 210-195)
شاپای چاپی: 2382-9796 شاپای الکترونیکی: 2538-4430
<http://karafan.tvu.ac.ir>

کارافن

اثر نوع ماده لیگنوسلولزی و میزان اثرگذاری چسب بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب

محمد غفرانی

استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده مهندسی مواد و فناوری‌های نوین، دانشگاه تربیت دبیر
شهید رجایی، تهران، ایران

انوشه فاضلی*

دانشجوی دکتری، گروه تکنولوژی و مهندسی صنایع چوب، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم
کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش نهایی: 1398/06/11

تاریخ دریافت مقاله: 1398/04/11

چکیده

در پژوهش حاضر استفاده از الیاف کاه گندم و خرده چوب صنعتی به عنوان منبع لیگنوسلولزی تجدیدپذیر، در ساخت تخته خرده چوب بررسی شد. بدین منظور میزان مصرف چسب اوره فرمالدهید در دو سطح 10 و 12 درصد براساس وزن خشک ماده اولیه تعیین شد. فشردگی با پرس گرم هیدرولیک با فشار 150 بار و زمان 12 دقیقه و با دمای 150 درجه سلسیوس صورت پذیرفت. سپس خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های ساخته شده از جمله جذب آب پس از 2 و 24 ساعت غوطه‌وری، واکنشیدگی ضخامت پس از 2 و 24 ساعت غوطه‌وری، چسبندگی داخلی، مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی مطابق با استاندارد EN310 بررسی شد. نتایج نشان داد استفاده از کاه گندم در ساخت تخته خرده چوب به دلیل آب‌دوستی آن سبب افزایش جذب آب و واکنشیدگی

* نویسنده مسئول مکاتبات: anushehfazeli3731@gmail.com

ضخامت 2 و 24 ساعت شد؛ بدین معنا که اثر نوع ماده اولیه لیگنوسلولزی بر واکشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت، بستگی به درصد چسب مورد استفاده داشت. استفاده از الیاف خرده چوب صنعتی نسبت به ذرات کاه گندم، سبب کاهش معنی داری در جذب آب و واکشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت نمونه‌ها شد. با افزایش درصد چسب مصرفی، در جذب آب 2 و 24 ساعت نمونه‌ها کاهش معنی داری ملاحظه شد. چسبندگی داخلی نمونه‌های ساخته شده با خرده چوب صنعتی نسبت به نمونه‌های ساخته شده با کاه گندم، افزایش معنی داری نشان داد. مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی نمونه‌های ساخته شده با کاه گندم، به دلیل فشردگی بیشتر ذرات کاه حین پرس، افزایش معنی داری نشان داد.

واژگان کلیدی:

تخته خرده چوب، خواص فیزیکی و مکانیکی، ضایعات لیگنوسلولزی، کاه گندم.

1. مقدمه

تخته خرده چوب محصولی است که تحت فشار و گرما به کمک خرده چوب یا مواد لیگنوسلولزی و چسب تولید می شود. جایگزین کردن چوب با دیگر منابع لیگنوسلولزی، امری ضروری است. الیاف جایگزین مانند پسماندهای کشاورزی و الیاف گیاهان غیر چوبی در برقراری تعادل بین عرضه و تقاضای تولید صفحات فشرده همچون تخته خرده چوب، نقش اول را بازی می کند [18]. این تخته خرده ها معمولاً از پسماندهای کشاورزی، گردو [15]، هرس کیوی [21]، فوزه پنبه [14]، شلتوک برنج [31]، الیاف کتان [24]، هرس انگور [23]، مخروط کاج [11]، پوست بادام [25]، آرد چوب [17] باگاس [12] و غیره تهیه می شود. استفاده از گونه های غیر چوبی بلا استفاده و نیز ضایعات کشاورزی به عنوان مواد خام در امر تولید صفحات فشرده، رواج گسترده ای یافته کرده است. این امر منجر به کاهش جنگل زدایی در بسیاری از کشورها و تبدیل چنین منابعی به صفحات فشرده با ارزش افزوده می شود [10]. کاه گندم یکی از فراوان ترین مواد لیگنوسلولزی در دنیا است [20]، ولی در حال حاضر موارد استفاده ای را که باید پیدا نکرده و خاک چال یا آتش زدن زمین، نمونه های معمول استفاده از این منبع است که موجب بروز مشکلات زیست محیطی عمده می شود [28]. بیشترین اراضی کشاورزی جهان به گندم اختصاص دارد و در کشور ما طبق آمار سازمان خواروبار جهانی، میزان تولید گندم در ایران در سال 2016 بالغ بر 11 میلیون تن بوده است. با افزایش مصرف مواد ضایعاتی مانند ساقه ذرت و کاه گندم که هرساله دورریز بوده و سوزانده می شود و به آلودگی زیست محیطی می انجامد، نه تنها می توان استفاده مفیدتری از این نوع ضایعات داشت، بلکه می توان آن را منبعی برای مواد اولیه نیز در نظر گرفت [3]. الیاف کاه گندم، تفاوت ریخت شناسی زیادی با چوب داشته و ساختار پیچیده تری دارد [26]. الیاف کاه نسبتاً کوتاه تر و کوچک تر بوده و در مقایسه با چوب، خواص مکانیکی ضعیف تری دارد. دانسیته بالک خرده های کاه، یک سوم کمتر از ذرات چوب نوعی است [13]. در کل، ترکیب شیمیایی کاه گندم شبیه چوب است و محتوای سلولز، همی سلولز، لیگنین و مقادیر مشخصی مواد استخراجی با تفاوت عمده در ترکیب شیمیایی است [27]. کاه گندم نسبت به سوزنی برگان، سلولز کمتر و لیگنین و همی سلولز بیشتری دارد [20].

جدول 1. ترکیبات شیمیایی کاه گندم [1]

درصد	ترکیب
49/78	سلولز
19/64	لیگنین
20/37	همی سلولزها
4/93	مواد استخراجی محلول در حلال آلی
5/28	خاکستر

2. پیشینه تحقیق

براساس تحقیقات صورت گرفته، چسب اوره فرمالدهید در بسیاری از کشورها رایج‌ترین چسب در تولید انبوه فرآورده‌های مرکب چوبی است. بیش از 90 درصد تخته‌خرده‌چوب‌ها با چسب اوره فرمالدهید ساخته می‌شوند زیرا اتصالات بسیار قوی برقرار می‌کند [31]. نملی و همکاران (2007) اظهار داشتند افزایش درصد چسب، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی و صافی سطح تخته را بهبود می‌بخشد.

مقاومت تخته‌خرده‌چوب تا اندازه زیادی به مقاومت اتصالات بین ذرات چوب بستگی داشته و با سختی و دانسیته چوب مصرفی رابطه عکس دارد. تخته‌های حاصل از چوب‌های سبک در مقایسه با پانل‌های تولیدشده از چوب‌های سنگین، به علت فشردگی بیشتر خرده‌چوب‌ها و توسعه سطح تماس بین آن‌ها از مقاومت خمشی بالاتر برخوردارند، اما در صورت مصرف چوب‌های سنگین، مقاومت کششی عمود به سطح یا چسبندگی داخلی پانل‌های چوبی بهبود می‌یابد [5].

آورند و همکاران (1397) اظهار داشتند افزایش ساقه ذرت و کاه گندم منجر به افزایش واکنشیدگی ضخامت پس از 2 و 24 ساعت غوطه‌وری در آب شده و چسبندگی داخلی نمونه‌ها با افزایش ساقه ذرت و کاه گندم در نمونه‌ها کاهش یافت.

تحقیقات رنگ‌آور و همکاران (1390) حاکی از آن بود که استفاده از پسماند ساقه کلزا به دلیل دانسیته کم و بالابودن ضریب لاغری و در نتیجه فشردگی بالای نمونه‌ها حین پرس، سبب افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نمونه‌ها شد. همچنین افزایش کلزا منجر به کاهش چسبندگی داخلی و افزایش واکنشیدگی ضخامت شد. افزایش چسب، سبب بهبود مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته شد.

پژوهش‌های کارگر فرد و همکاران (1381) بر ساخت تخته‌خرده‌چوب از چوب تاغ و کاه گندم نشان داد بیشترین مقاومت چسبندگی داخلی در تیماری که از ترکیب 100 درصد چوب تاغ استفاده شده است، به دست آمده است. افزایش مقدار کاه گندم در ماده لیگنوسلولزی مصرفی سبب شد از مقاومت چسبندگی داخلی نمونه‌ها کاسته شود. حداقل واکنشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت در تیماری که از 100 درصد چوب تاغ استفاده شده بود، به دست آمد. افزایش مقدار کاه گندم در ترکیب ماده چوبی مورد مصرف به مقدار اندکی سبب بهبود مقاومت خمشی شد که این امر می‌تواند ناشی از بالارفتن ضریب فشردگی تخته‌خرده‌چوب و بهبود نسبی کیفیت سطح نمونه‌ها به واسطه مصرف یک ماده لیگنوسلولزی حجیم باشد.

نتایج تحقیقات اصلاح و همکاران (1390) روی میزان اثرگذاری افزایش تراکم جرم تخته و میزان

چسب بر ویژگی‌های تخته خرده چوب، حاکی از آن بود که با افزایش تراکم جرم تخته و میزان چسب، مقاومت خمشی و مدول کشسانی تخته‌ها افزایش می‌یابد. با افزایش مصرف چسب، سطوح خرده‌های چوب به چسب بیشتری آغشته شده و در نتیجه مقاومت و مدول خمشی تخته‌ها افزایش می‌یابد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی امکان ساخت تخته خرده چوب با استفاده از الیاف کاه گندم و ارزیابی خواص فیزیکی و مکانیکی آن بود.

3. مواد و روش‌ها

به منظور ساخت تخته خرده چوب همسان با چگالی 0/75 گرم بر سانتی متر مکعب، از مواد اولیه کاه گندم، خرده چوب صنعتی و چسب اوره فرمالدهید استفاده شد. چسب پودری اوره فرمالدهید با غلظت 50 درصد آماده و به خرده چوب‌ها افزوده شد. سپس قالبی به ابعاد 40×40 سانتی متر مربع برای تشکیل کیک همسان مورد استفاده قرار گرفت. برای فشردن سازی کیک خرده چوب و ساخت نمونه‌ها از پرس گرم هیدرولیک استفاده شد. پرس گرم با فشار 150 بار و زمان 12 دقیقه با دمای 150 درجه سانتی گراد مورد استفاده قرار گرفت و ضخامت نهایی نمونه‌ها 16 میلی متر تعیین شد. نمونه‌های ساخته شده به منظور یکنواخت سازی رطوبت، به مدت دو هفته در درجه حرارت 20±2 درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی 5±5 درصد مشروط سازی و پس از آن، برای تهیه نمونه‌های آزمونی برش داده شدند. سپس خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها شامل جذب آب، واکنشیدگی ضخامت، چسبندگی داخلی، مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی اندازه گیری شدند.

به منظور اندازه گیری جذب آب و واکنشیدگی ضخامت، نمونه‌هایی به ابعاد 5×5 سانتی متر تهیه شد. با استفاده از کولیس، ضخامت و با استفاده از ترازو، جرم نمونه‌ها اندازه گیری شد. در ادامه نمونه‌ها به مدت 2 و 24 ساعت در آب غوطه‌ور شدند و جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نمونه‌ها محاسبه شد.

$$WA = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

$$TS = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100 \quad (2)$$

چسبندگی داخلی نمونه‌ها با استفاده از چسب گرما نرم طبق استاندارد EN310 و با سرعت بارگذاری 5 میلی متر بر دقیقه انجام شد.

$$IB = F / A \quad (3)$$

برای اندازه گیری مدول الاستیسیته، حداکثر نیروی وارده بر نمونه‌ها ثبت شد. طبق استاندارد EN310، 40 درصد و 10 درصد نیروی حداکثر محاسبه شد. خیز نمونه‌ها در 40 درصد و 10 درصد مقدار نیروی حداکثر ثبت شد.

$$MOE=L^3 (F_2-F_1) /4bt^3 (a_2-a_1) \quad (4)$$

مدول گسیختگی طبق استاندارد EN310 و با سرعت بارگذاری 5 میلی‌متر بر دقیقه محاسبه شد.

$$MOR=1.5 pl/bd^2 \quad (5)$$

جدول 2. تیمار بندی عوامل متغیر

کد اختصاری تیمار	توضیحات
PB10	تخته خرده چوب با 10 درصد چسب
PB12	تخته خرده چوب با 12 درصد چسب
WS10	تخته کاه با 10 درصد چسب
WS12	تخته کاه با 12 درصد چسب

تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور در نرم‌افزار Mini Tab17 انجام شد. میانگین تیمارها با گروه بندی 2K مقایسه شد.

4. نتایج و بحث

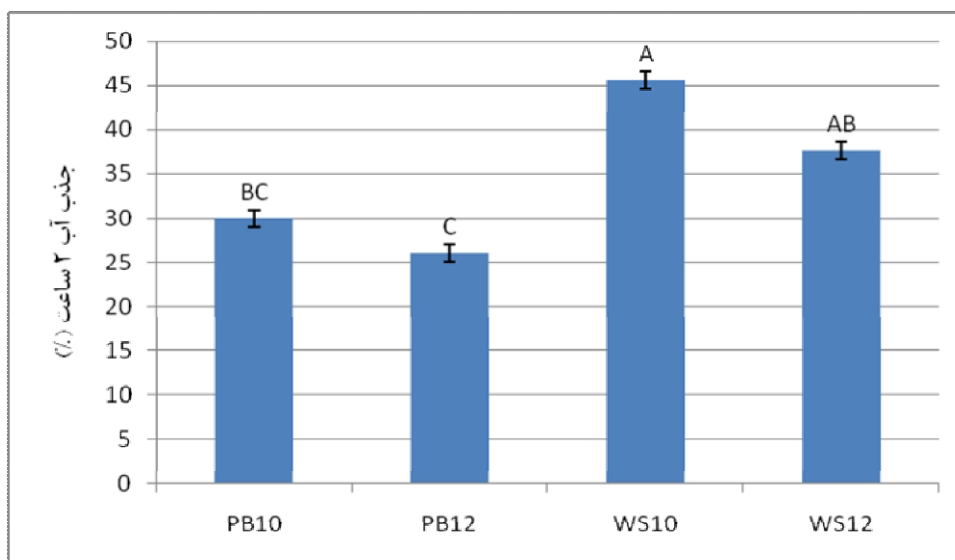
مطابق جدول تحلیل واریانس، اثر مستقل نوع ماده اولیه لیگنوسلولزی بر جذب آب 2 و 24 ساعت، با سطح اعتماد 95 درصد اختلاف معنی داری را نشان داد؛ بدین صورت که با استفاده از کاه گندم در ساخت تخته خرده چوب، در جذب آب 2 و 24 ساعت افزایش معنی داری ملاحظه شد. این امر به آب دوستی بیشتر کاه نسبت داده می‌شود. سپهوند و همکاران (1391) بیان کردند درصد بالای جذب آب نمونه‌ها به دلیل استفاده از کاه است که جذب آب بیشتری نسبت به خرده چوب دارد.

جدول 3. تحلیل واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر جذب آب 2 و 24 ساعت

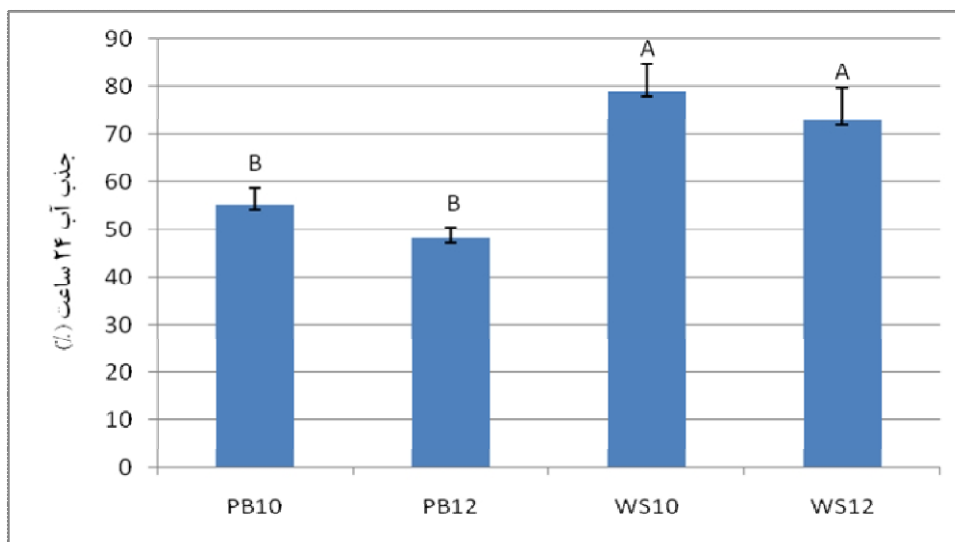
پارامترهای جذب آب	منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	عدد F	عدد P
جذب آب 2 ساعت	ماده اولیه لیگنوسلولزی	1	1107/59	1107/59	30/70	0/000
	چسب	1	210/99	210/99	5/85	0/025
	ماده اولیه لیگنوسلولزی×چسب	1	24/12	24/12	0/67	0/423
جذب آب 24 ساعت	ماده اولیه لیگنوسلولزی	1	3586/08	3586/08	148/64	0/000
	چسب	1	254/61	254/61	10/55	0/004
	ماده اولیه لیگنوسلولزی×چسب	1	1/59	1/59	0/07	0/800

اثر مستقل درصد چسب بر جذب آب 2 و 24 ساعت، با سطح اعتماد 95 درصد اختلاف معنی داری را

نشان داد؛ بدین صورت که با افزایش درصد چسب مصرفی، در جذب آب 2 و 24 ساعت نمونه‌ها، کاهش معنی داری ملاحظه شد.



شکل 1. اثر نوع ماده لیگنوسولوزی و درصد چسب بر جذب آب 2 ساعت



شکل 2. اثر نوع ماده لیگنوسولوزی و درصد چسب بر جذب آب 24 ساعت

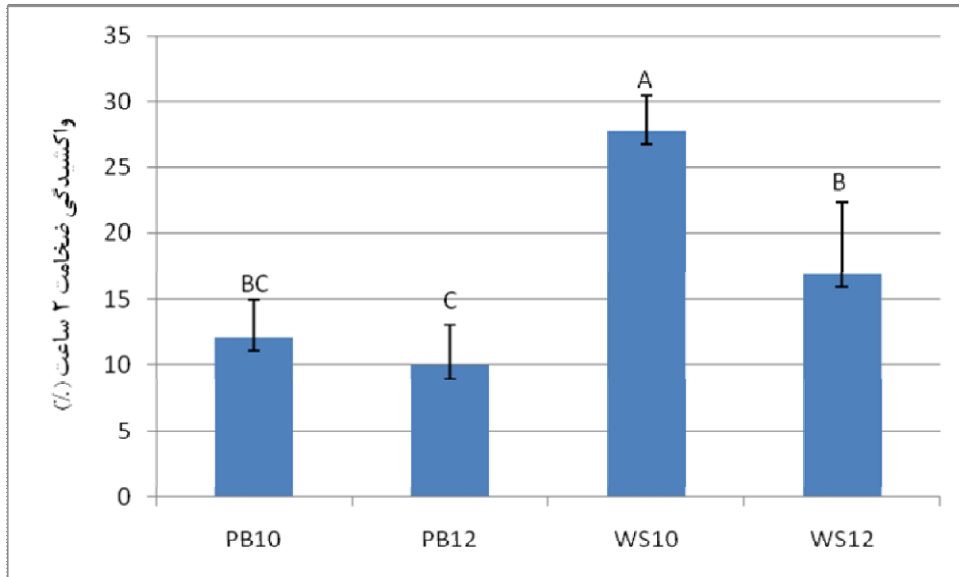
نتایج تحلیل آماری بیانگر اثر مستقل معنی دار نوع ماده اولیه لیگنوسولوزی بر واکنش پذیری ضخامت 2 و 24 ساعت با سطح اعتماد 95 درصد بود. به طوری که با به کار بردن گناه گندم در ساخت

تخته خرده چوب، افزایش معنی داری در واکشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت ملاحظه شد. نتایج تحقیقات جهانشاهی و همکاران (1395) نشان می‌داد ذرات کاه یا مواد لیگنوسلولزی کاه نسبت به خرده چوب دارای همی سلولز بالاتر است و از آنجاکه همی سلولز ترکیب قطبی و جاذب آب است (پنتوزان)، افزایش واکشیدگی ضخامت را می‌توان به این مورد نسبت داد. اثر مستقل درصد چسب با سطح اعتماد 95 درصد بر واکشیدگی ضخامت 2 ساعت نمونه‌ها معنی دار بود و با افزایش درصد چسب، کاهش معنی داری در واکشیدگی ضخامت 2 ساعت ملاحظه شد. نتایج تحقیقات شاکری و همکاران (2010) نیز بیانگر کاهش واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها با افزایش درصد چسب بود.

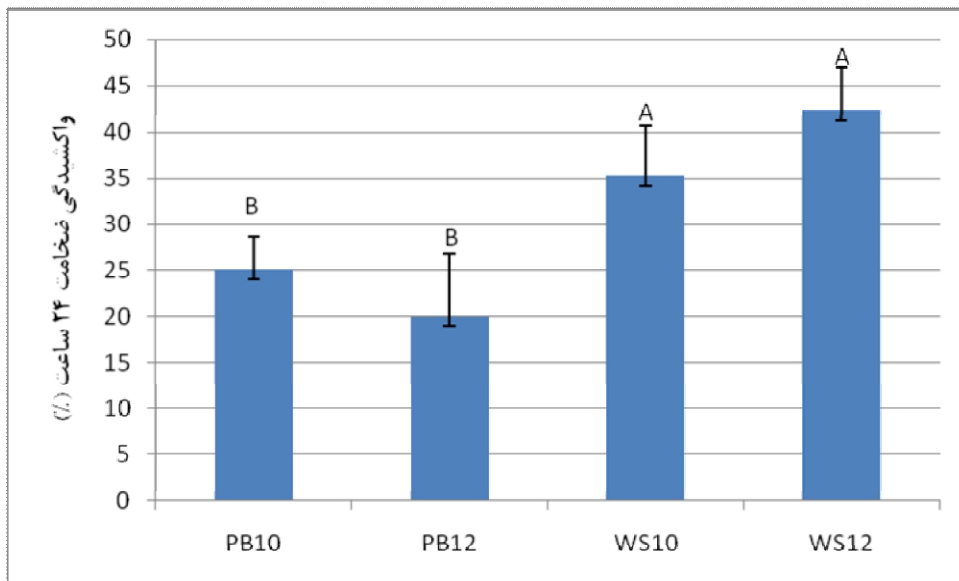
جدول 4. تحلیل واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر واکشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت

پارامترهای جذب آب	منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	عدد F	عدد P
واکشیدگی ضخامت 2 ساعت	ماده اولیه لیگنوسلولزی	1	769/31	769/31	56/97	0/000
	چسب	1	250/65	250/65	18/56	0/000
	ماده اولیه لیگنوسلولزی×چسب	1	112/6	112/58	8/34	0/009
واکشیدگی ضخامت 24 ساعت	ماده اولیه لیگنوسلولزی	1	1576/42	1576/42	57/13	0/000
	چسب	1	6/42	6/42	0/23	0/635
	ماده اولیه لیگنوسلولزی×چسب	1	219/55	219/55	7/96	0/011

همان‌طور که در جدول 4 نشان داده شده است، اثر متقابل نوع ماده اولیه لیگنوسلولزی و درصد چسب بر واکشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت معنی دار بود؛ بدین معنی که اثر نوع ماده اولیه لیگنوسلولزی بر واکشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت، بستگی به درصد چسب مورد استفاده داشت.



شکل 3. اثر نوع ماده لیگنوسولوزی و درصد چسب بر واکنش پذیری ضخامت 2 ساعت



شکل 4. اثر نوع ماده لیگنوسولوزی و درصد چسب بر واکنش پذیری ضخامت 24 ساعت

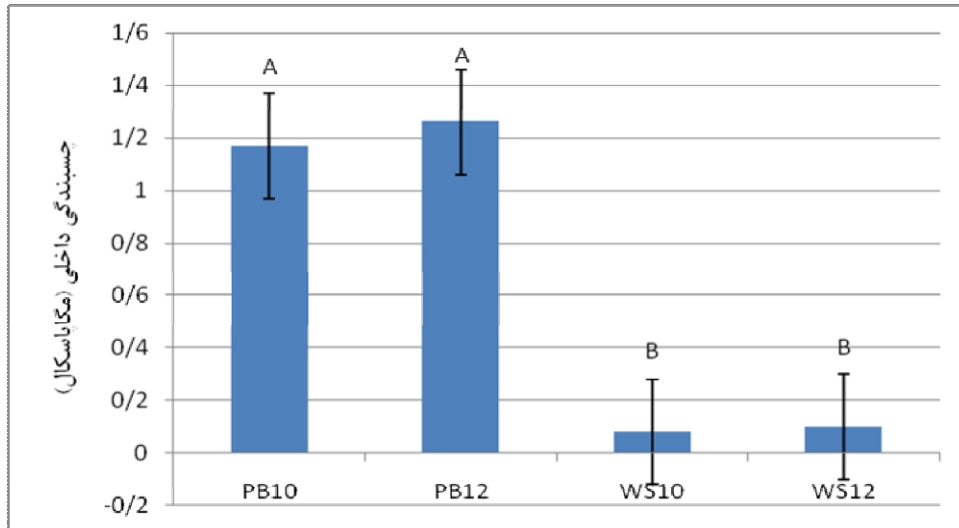
همان طور که در جدول 5 مشاهده می شود، اثر مستقل نوع ماده اولیه لیگنوسولوزی بر چسبندگی داخلی نمونه ها معنی دار بود؛ بدین صورت که در نمونه های ساخته شده با خرده چوب، نسبت به نمونه های ساخته شده با کاه گندم، افزایش چشمگیری در چسبندگی داخلی مشاهده شد. نتایج

حاصل از بررسی اثر مستقل درصد چسب بر چسبندگی داخلی نشان می‌داد با افزایش میزان چسب، چسبندگی داخلی نمونه‌ها افزایش یافت. همچنین مقدار خاکستر کاه گندم در مقایسه با چوب به مراتب بیشتر است [8].

جدول 5. تحلیل واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر چسبندگی داخلی

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	عدد F	عدد P
ماده اولیه لیگنوسلولزی	1	7/60500	7/60500	176/81	0/000
چسب	1	0/01870	0/01870	0/43	0/517
ماده اولیه لیگنوسلولزی×چسب	1	0/00454	0/00454	0/11	0/749

هان¹ (2001)، در تحقیقی به استفاده از ساقه گندم در تخته‌های مرکب اشاره کرد و نتیجه گرفت ساقه‌های گیاهان کشاورزی دارای مقادیر بیشتری از خاکستر (مواد معدنی) هستند که سطح بیرونی ساقه را پوشانیده است. استفاده از خرده‌های ساقه این گیاهان در ساخت تخته‌های مرکب، علاوه بر داشتن سطح ویژه بالا، به دلیل داشتن این مواد معدنی، منجر به کاهش اتصال مناسب بین ذرات در نمونه‌ها شده و چسبندگی داخلی در نمونه را کاهش می‌دهد. دوست‌حسینی (1391) اظهار داشت وجود ناخالصی همراه با مواد لیگنوسلولزی از محدودیت‌های مصرف این مواد است. کلش گندم به علت داشتن سیلیس، صاف بودن خرده‌ها (که باعث کاهش چسب‌خوری می‌شود)، اندازه ذرات و غیره ایجاد مشکل می‌کند و سبب می‌شود مقاومت‌های مکانیکی نمونه‌های ساخته شده از مخلوط کاه گندم و خرده چوب، نسبت به تخته خرده ساخته شده از خرده چوب خالص، کمتر باشد [30]. دوست‌حسینی (1391) بیان کرد دلیل کاهش چسبندگی داخلی با افزایش ساقه ذرت، دانسیته کمتر خرده‌های ساقه ذرت است که منجر به افزایش سطح ویژه ذرات و در نتیجه افزایش سطح چسب‌خوری شده است؛ بنابراین در میزان مشخصی از مصرف رزین، میزان چسب‌خوری ذرات کمتر می‌شود.



شکل 5. اثر نوع ماده لیگنوسولوزی و درصد چسب بر جسبندگی داخلی

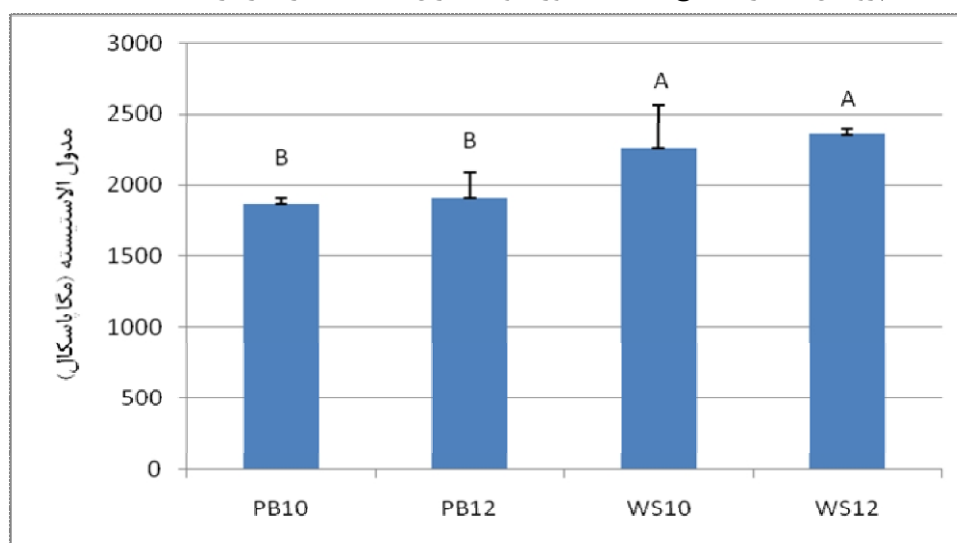
مطابق جدول تحلیل واریانس 6، اثر مستقل نوع ماده اولیه لیگنوسولوزی با سطح اعتماد 95 درصد بر مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی، معنی دار بود؛ بدین معنی که استفاده از کاه گندم سبب افزایش معنی داری در مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی نمونه‌ها شد.

جدول 6. تحلیل واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی

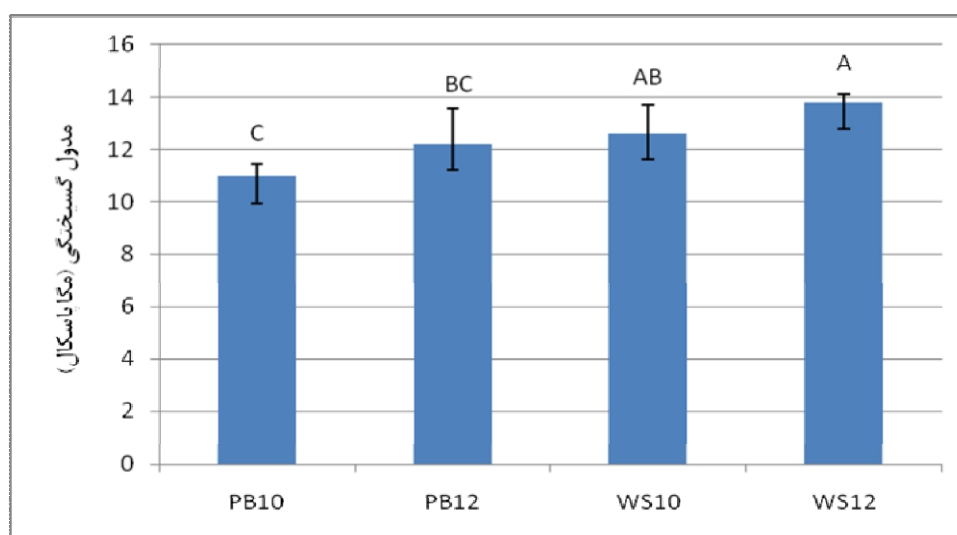
متغیرها	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	عدد F	عدد P
مدول الاستیسیته	ماده اولیه لیگنوسولوزی	1062183	1062183	32/78	0/000
	چسب	28497	28497	0/88	0/360
	ماده اولیه لیگنوسولوزی × چسب	4620	4620	0/14	0/710
مدول گسیختگی	ماده اولیه لیگنوسولوزی	15/5526	15/5526	17/91	0/000
	چسب	9/1267	9/1267	10/51	0/004
	ماده اولیه لیگنوسولوزی × چسب	0/0140	0/0140	0/02	0/900

همان طور که در جدول شماره 6 نشان داده می‌شود، اثر مستقل درصد چسب بر مدول گسیختگی نمونه‌ها معنی دار بود؛ به طوری که افزایش سطح چسب، سبب افزایش معنی دار در مدول گسیختگی

نمونه‌ها شد. دلیل افزایش چسبندگی داخلی مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی با افزایش میزان چسب، این است که با افزایش مقدار چسب، میزان اتصالات بین ذرات بیشتر می‌شود [6]. بالابودن مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی نمونه‌های ساخته‌شده با کاه گندم به علت کم‌تر بودن دانسیته کاه نسبت به خرده‌چوب و درهم‌رفتگی بالاتر و فشردگی بیشتر ذرات کاه نسبت به خرده‌چوب بود. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات آورند و همکاران (1397) نیز سازگاری داشت داشت.



شکل 6. اثر نوع ماده لیگنوسولوزی و درصد چسب بر مدول الاستیسیته



شکل 7. اثر نوع ماده لیگنوسولوزی و درصد چسب بر مدول گسیختگی

5. نتیجه گیری

در پژوهش حاضر امکان استفاده از الیاف کاه گندم و خرده چوب صنعتی در ساخت تخته خرده چوب بررسی شد. براساس نتایج به دست آمده از این پژوهش، استفاده از الیاف کاه گندم به عنوان منبع لیگنوسلولزی فراوان و تجدیدپذیر در ساخت تخته خرده چوب، خواص مطلوبی را نشان داد. الیاف کاه گندم، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نمونه‌ها را افزایش داده و اثر منفی بر چسبندگی داخلی آن‌ها گذاشت. از سوی دیگر، به دلیل درهم‌رفتگی و فشردگی بیشتر ذرات کاه گندم هنگام پرس، در مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی نمونه‌های ساخته شده با کاه گندم، افزایش مشاهده شد.

منابع

- 1- احمدی، ا؛ حجازی، س؛ صالحی، ک. (1396)، «تأثیر زمان کوبش بر ویژگی‌های خمیر کاغذ سودا و مونواتانول آمین حاصل از کاه گندم»، تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، شماره 1، جلد 32، صص 94-105.
- 2- اصلاح، ف؛ عنایتی، ع؛ فائزی‌پور، م؛ تجویدی، م. (1390)، «ارزیابی میزان اثرگذاری افزایش تراکم جرم تخته و میزان چسب بر روی ویژگی‌های تخته‌خرده‌چوب»، مجله صنایع چوب و کاغذ ایران، شماره 1، صص 103-113.
- 3- آورند، م؛ جمالی‌راد، ل؛ امینیان، ه؛ وزیری، و. (1397)، «ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب ساخته‌شده از مخلوط ساقه ذرت، کاه گندم و خرده‌چوب صنعتی»، علوم و فناوری چوب و جنگل، شماره 4، صص 103-115.
- 4- جهانشاهی، ش؛ عبدالخانی، ع؛ دوست‌حسینی، ک؛ شاکری، ع. (1395)، «بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته کاه ساخته‌شده با رزین بیوپوکسی تانن»، مجله صنایع چوب و کاغذ ایران، شماره 2، صص 271-282.
- 5- دوست‌حسینی، ک. (1391)، «فناوری تولید و کاربرد صفحات فشرده چوبی»، انتشارات دانشگاه تهران، صص 427-428.
- 6- رنگ‌آور، ح؛ رسام، غ؛ آقاگلپور، و. (1390)، «بررسی امکان استفاده از پسماند ساقه کلزا در ساخت تخته‌خرده‌چوب»، علوم و فناوری چوب و جنگل، شماره 1، جلد 18، صص 91-104.
- 7- سپهوند، س؛ زاهدی، م؛ ویلکی، س؛ طبرسا، ت. (1391)، «ساخت تخته‌خرده‌چوب با استفاده از چسب فنول بر پایه تانن»، تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، شماره 4، صص 633-655.
- 8- غفارزاده ملباشی، ا؛ حسین‌خانی، ص؛ سرایان، ا. (1389)، «بررسی مقایسه‌ای میزان ترکیبات شیمیایی کاه گندم (ارقام تجن و کوه‌دشت)»، نخستین همایش ملی فناوری‌های نوین در صنایع چوب و کاغذ.
- 9- کارگرفرد، ا؛ حسین‌زاده، ع؛ نوربخش، ا؛ فتح‌اله‌زاده، ع. (1381)، «بررسی امکان ساخت تخته‌خرده‌چوب از چوب تاغ و کاه گندم»، تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، شماره 17، صص 27-56.
- 10- Bekhta, P. A & Hiziroglu, S. (2010), "Wood composites from wheat straw: challenges

- and opportunities”, *XXIII IUFRO world congress*, 23-28. COEX, Seoul, Korea.
- 11- Buyuksari, U.; Ayrlimis, N.; Avci, E.; Koc, E.; (2010), “Evaluation of the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard manufactured from waste stone pine (*Pinuspinea L.*) cones, Bioresour.” *Technol*, 101, pp. 255-259.
 - 12- Fiorelli, J.; Sartori, D. L.; CravoI, J. C. M. Junior; H. S. Rossignolo; J. A. Nascimento; M. F. & Lahr. F. A. R (2013), “Sugarcane bagasse and castor oil polyurethane adhesive-based particulate composite”, *Mat. Res*, 16, pp. 516-539.
 - 13- Grigoriou, A. (2000), “Straw- wood composites bonded with various adhesive systems”, *wood science and technology*, 34 (4), pp. 355-365.
 - 14- Gurjar, R. M. (1993), “Effect of different binders on properties of particleboard from cotton seed hulls with emphasis on water repellency, Bioresour”, *Technol*, 43, pp. 177-188.
 - 15- Guru, M.; Atar, M & Yildirim, R.; (2008), “Production of polymer matrix composite particleboard from walnut shell and improvement of its requirements”, *Materials & Design*, Des. 29, pp. 284-287.
 - 16- Han, G. (2001), “Development of high-performance reed and wheat straw composites panels”, *Wood Research*, No. 88, pp. 19-39.
 - 17- Kamdem, D. P. (2004), “Properties of wood plastic composites made of recycled HDPEand wood flour from CCA-treated wood removed from service”, *Compos*, A .35, pp. 347-355.
 - 18- Keskin, H.; Kucuktuek, M.; Guru, M. (2015), “The potential of poppy (*Papaversomniferum Linnaeus*) husk for manufacturing wood-based particleboards, *Construction and Building Materials*, pp. 224-231.
 - 19- Lou, P.; Yang. C. (2010), “Utilization of wheat straw in manufacture of particleboard”, *International conference on challenges in environmental sciences and computer engineering*, pp. 52-54.
 - 20- Markessini, E.; Roffael, E.; & Rigal, L. (1997), “Panels from annual plant fibers bonded with urea-formaldehyde resins”, In: *proceeding of the 31th international particleboard/composite materials symposium*, Pullman, Washington, pp. 147-160.
 - 21- Nemli, G. (2003), “Suitability of kiwi prunings for particleboard manufacturing”, *Ind, Crop*, Prod. 17, pp. 39-46.
 - 22- Nemli, G.; Zekovic, E.; Aydin, I. (2007), “Some of the parameters influencing surface roughness ofparticleboard”, *Building and environment Journal*, 40 (10) 1337-1340.
 - 23- Ntalos, G. A. & Grigoriou, A. H. (2002), “Characterization and utilization of vine prunings as a wood substitute for particleboard production”, *Ind. Crop. Prod*, 16, pp. 59-68.
 - 24- Papadopoulous, A. N. & Hague, J. R. B. (2003), “The potential for using flax shiv as alignocellulosic raw material for particleboard”, *Ind. CropProd*, 17, pp. 143-147.
 - 25- Pirayesh, H.; Khanjanzadeh, H.; Salari, A (2013), “Effect of using walnut/almond shells on the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard”,

- Compos*, Part B, 45, pp. 858-863.
- 26- Robson, D. & Hauge, J. (1993), "The properties of straw fiberin: straw, a valuable raw material", *Pira international Silsole research institute joint conference*, leatherhead, UK, paper 3, 19 pp.
- 27- Rowell, R. M. (1992), "Opportunity for lignocellulosic materials and composites, in: emerging technologies for materials and chemicals from biomass," ACS Symposium series 476, *American chemical society*, Washington, DC.
- 28- Sauter, S. L. (1996), *Developing composites from wheat straw*, in *proceeding of the 30th international particleboard/composite materials symposium*, Pullman, Washington, pp. 197-214.
- 29- Shakeri, A.; Tabarsa, T.; & Tasoji. M. (2010), "Investigation the properties of acrylatedepoxidized soy oil-wheat straw particle board", *Iranian journal of polymer science and technology*, Vol. 23, No. 1, pp. 29-39.
- 30- Tabarsa, T.; Jahanshahi, S.; Ashori, A. (2011), "Mechanical and physical properties of wheat straw boards bonded with a tannin modified phenolformaldehyde adhesive", *Composite: Part B*, (42), pp. 176-180.
- 31- Yang, H. S.; Kim, D. J.; Kim, H. J (2003), "Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials, *Bioresour Technol*, 86, pp. 117-121.