

اثر تیمار شیمیایی آرد پوسته برنج بر جذب آب چندسازه پلی اتیلن سنگین / آرد پوسته برنج

مسعود مختاری¹، عذرا ملکی²، عبدالله نجفی³

تاریخ دریافت: 90/8/28 تاریخ پذیرش: 90/9/20

چکیده

در این تحقیق، تاثیر تیمار شیمیایی آرد پوسته برنج بر خواص جذب آب کوتاه و بلندمدت چندسازه آرد پوسته برنج / پلی اتیلن سنگین مورد بررسی قرار گرفت. آرد پوسته برنج بعد از آسیاب و عبور از الک با مش 40/60 - انتخاب شد. ابتدا آرد خشک شده تحت تیمار شیمیایی اسیداستیک گلاسیال، آکریلونیتریل، سیلان و بنزین کلراید قرار گرفته و با پودر پلی اتیلن سنگین به نسبت 60 به 40 در دستگاه مخلوط کن داخلی مخلوط و بعد از آسیاب شدن، نمونه هایی از آنها به روش تزریق قالبی، ساخته شد. چندسازه های بدون تیمار شیمیایی آرد پوسته برنج / پلی اتیلن سنگین همراه با سازگارکننده مالیک انیدرید جفت شده با پلی اتیلن سنگین و نیز فاقد سازگار کننده به همین روش تولید و جذب آب و واکنش ضخامت کوتاه و بلندمدت آنها مورد بررسی قرار گرفت. از طیف سنجی مادون قرمز FT-IR جهت اطمینان از انجام تیمار شیمیایی استفاده شد. نتایج نشان داد که شدت جذب گروه عاملی هیدروکسیل در ناحیه نزدیک به 3430cm^{-1} در اثر برهمکنش با تیمار شیمیایی کاهش یافته است. در طیف های گرفته شده از نمونه های تیمار شده با اسیداستیک گلاسیال در محدوده 1740cm^{-1} که مرتبط با گروه های کربونیل همی سلولزها می باشد، شدت آن کاهش یافته است. نتایج نیز نشان داد که در تمامی آزمون های جذب آب و واکنش ضخامت کوتاه و بلندمدت چندسازه های حاوی آرد پوسته برنج تیمار شده با اسیداستیک گلاسیال، مشابه چندسازه های دارای سازگارکننده، جذب آب و واکنش ضخامت کمتری نشان دادند. ضریب پخش رطوبت و پارامتر واکنش ضخامت نیز در چندسازه های حاوی آرد پوسته برنج تیمار شده با اسیداستیک گلاسیال مشابه چندسازه های دارای سازگارکننده بود.

واژه های کلیدی: تیمار شیمیایی، آرد پوسته برنج، پلی اتیلن سنگین، جذب آب، واکنش ضخامت

1- دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، گروه شیمی، رشت، ایران

2- دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی، گروه شیمی آلی، آمل، ایران، دانشجوی کارشناسی ارشد

3- نویسنده مسؤل، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، چالوس، ایران

مقدمه

دارند. توسعه تئوری برای مکانیزم اتصال بین ماده‌زمینه و الیاف طبیعی بسیار پیچیده‌است. به-طورکلی، سازگارکننده‌های شیمیایی دارای مولکول‌های دو عامله‌اند. اولین عملکرد آنها واکنش با گروه‌های هیدروکسیل سلولز از طریق سر آب دوست، و دومین کارکرد آنها واکنش با گروه‌های آب‌گریز ماده‌زمینه است. بلدسکی و گاسان³ چندین مکانیزم اتصال را در مواد تشریح کردند که شامل، الف) حذف لایه‌های مرزی ضعیف ب) تولید لایه منعطف و محکم ج) توسعه یک ناحیه اتصال با مدول متوسط بین پلیمر و ماده د) توسعه ترشوندگی بین پلیمر و ماده ه) تشکیل پیوند کووالانسی بین دو ماده و ی) تغییر اسیدیته سطح ماده می‌باشد [3]. یکی از کاربردی‌ترین تیمارهای شیمیایی، تیمار قلیایی است. اهمیت تیمار مواد لیگنوسلولزی به‌وسیله قلیا شکستن پیوندهای هیدروژنی و افزایش زبری سطحی است. تیمار قلیایی روش متداول برای تولید الیاف با کیفیت بالا است. در واقع از این-طریق سطوح بیشتری در معرض اتصال قرار می-گیرند [18]. این عمل باعث افزایش مناطق مستعد جهت واکنش شده و ترشوندگی الیاف بهبود می-یابد. واکنش قلیا و الیاف به شرح زیر است [15]:



از دیگر تیمارهای شیمیایی، می‌توان استیله کردن، سیلان دار کردن، بنزوئیل دار کردن، اکریل دار کردن را نام برد [2، 7، 9]. استیلاسیون برای تیمارهای سطحی الیاف در چندسازه تقویت شده استفاده می‌شود [8، 14، 17، 19]. تیمار استیل دار کردن

در سال‌های گذشته، استفاده از مواد-لیگنوسلولزی برای تولید چندسازه‌های پایه-پلیمری موضوع تحقیقات جدید بسیاری از محققین بود. فبرهای طبیعی با دارا بودن مزایایی از قبیل قیمت کم، فرسودگی کمتر تجهیزات در-طی فرایند، دانسیته کم، دوستدار محیط زیست و قابلیت تجدیدپذیری می‌توانند به‌عنوان پرکننده در ماتریس پلیمر مورد استفاده قرار گیرند [4 و 24]. اضافه کردن فبرهای طبیعی به پلیمرهای گرمانرم، در صورتی که اتصال مناسبی بین آنها ایجاد شود موجب افزایش استحکام و مقاومت پلیمر می-گردد. به دلیل وجود ناحیه ضعیف اتصال بین فبر و ماده زمینه، ناشی از طبیعت آب دوست الیاف، موجب کاهش پتانسیل تقویت‌کنندگی الیاف-طبیعی شده و لذا تیمار و اصلاح شیمیایی الیاف-طبیعی، جهت تقویت اتصال در منطقه بین‌فازی بیش از پیش مورد ملاحظه قرار می‌گیرد. برای اصلاح پرکننده‌ها و تقویت‌کننده‌های لیگنوسلولزی روش‌های مختلف فیزیکی (تیمار-حرارتی، تخلیه الکتریکی¹، پلاسما سرد² و تولید الیاف هیبریدی) و شیمیایی (تغییر کشش سطحی، اشباع کردن الیاف و اتصالات شیمیایی) وجود دارد که در نهایت بهبود خواص چندسازه چوب-پلاستیک را در پی خواهد داشت [12].

تیمارهای شیمیایی الیاف طبیعی ممکن است باعث فعال شدن گروه‌های هیدروکسیل و یا معرفی بخش‌های جدیدی به ماده‌زمینه شوند که پتانسیل تولید اتصال موثر با پلیمر گرمانرم را

¹ corona² cold plasma³ Bledzki and Gassan

اصلاح شیمیایی را بر خصوصیات چندسازه حاصل از پلی پروپیلن و ضایعات لیگنوسلولزی بررسی کردند و نشان دادند که اصلاح شیمیایی موجب بهبود اتصال در فاز بین سطحی و افزایش مقاومت و مدول کششی گردید، در حالی که مقاومت به ضربه کاهش پیدا کرد [1].

نظریه کاربرد چندسازه الیاف طبیعی پلاستیک که عموماً در تماس مستقیم با آب قرار می‌گیرند و با توجه به طبیعت هیگروسکوپیک مواد لیگنو-سلولزی، جذب آب می‌تواند یک عامل محدود-کننده در کاربرد نهایی آنها باشد، زیرا جذب آب بر بسیاری از خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه اثر می‌گذارد [5, 6, 23]. خاصیت آب دوستی پرکننده‌های لیگنوسلولزی عامل اصلی جذب آب در چندسازه الیاف طبیعی - پلاستیک هستند [5]. نفوذ رطوبت به داخل چندسازه، سبب واکنش‌دهی الیاف شده و ساختار پلیمر نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد، علاوه بر این جذب آب سبب از دست-رفتن سازگاری بین الیاف و ماده زمینه می‌شود که سبب جدا شدن اتصالات و ضعیف شدن چسبندگی در محل اتصال می‌شود [6].

نفوذ آب به داخل چندسازه چوب پلاستیک با چندین مکانیسم متفاوت صورت می‌گیرد. الف) نفوذ مولکول‌های آب در فاصله‌های بسیار ریز⁴ بین زنجیرهای پلیمر ب) انتقال آب توسط فرایند موینگی به داخل فاصله‌ها و شکاف‌های به وجود آمده در منطقه اتصال پلیمر با الیاف⁵ در نتیجه اتصال نامناسب بین الیاف و پلیمر، همچنین درون

سیسال جهت بهبود چسبندگی بین الیاف و ماده-زمینه گزارش شده است. فرایند شامل پیش تیمار قلیایی و سپس استیلایون می‌باشد. واکنش انیدرید استیک با الیاف نیز توسط هیل¹ و همکاران گزارش شده است [8]. میسرا² و همکاران (2003) در مورد استیله کردن سیسال تحقیق کردند [13]. در ابتدا موم از سطح الیاف سیسال شسته شده و سپس در محلول 5 و 10 درصد هیدروکسید سدیم به مدت 1 ساعت در دمای 30 درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس الیاف به مدت یک ساعت در اسید استیک گلاسیال با دمای 30 درجه سلسیوس غوطه‌ور شدند. بعد از آن به آهستگی در محلول انیدرید استیک همراه با یک قطره اسید سولفوریک به مدت 5 دقیقه قرار داده شدند. از سیسال تیمار شده در ساخت چندسازه هیبریدی پلی‌استر/الیاف شیشه/سیسال و پلی‌استر/الیاف شیشه/الیاف آناناس استفاده نمودند. سرکالا³ و توماس (2003) از اسید اکریلیک در اصلاح الیاف نخل روغنی استفاده کردند [19]. الیاف نخل روغنی با محلول 10 درصد هیدروکسید سدیم به مدت 30 دقیقه مخلوط شدند. سپس با محلول اسید اکریلیک در 50 درجه سلسیوس به مدت 1 ساعت با غلظت‌های مختلف تیمار شدند. الیاف با الکل شسته شده و سپس خشک و در ترکیب با پلیمر به کار برده شدند. تیمار الیاف با اسید اکریلیک منجر به افزایش مقاومت کششی و مدول یانگ چندسازه شد. فارسی و همکاران (1387) تاثیر

¹ Hill & et al.

² Mishra & et al.

³ Sreekala & Thomas.

⁴ micro gaps

⁵ interface

در این پژوهش از پلی اتیلن سنگین محصول شرکت پتروشیمی اراک با شاخص جریان مذاب^۱ 18 min/10gr به عنوان ماده زمینه استفاده شد. جهت اختلاط بهتر اجزا، پلی اتیلن سنگین توسط آسیاب شرکت طبرستان پلاستیک به پودر تبدیل شد. هم چنین از پودر انیدرید مالیک پیونده- خورده با پلی اتیلن سنگین^۲ با شاخص جریان مذاب 64 min/10gr و مقدار 0/1 % مالیک انیدرید پیوندخورده استفاده گردید. از هیدروکسید سدیم (NaOH) ساخت شرکت آسیا شیمی با خلوص 98 درصد و تری اتیل آمینو پروپیل سیلان (CH₂CH₂CH₂NH₂-SIO(ET)₃) ساخت شرکت مرک آلمان با خلوص 99%، اسید استیک گلاسیال (CH₃COOH) ساخت شرکت آسیا شیمی با خلوص 98%، اکریلونیتریل و بنزیل کلراید ساخت شرکت مرک آلمان برای تیمار آرد پوسته برنج استفاده شد.

مرحله پیش تیمار

برای پیش تیمار آرد پوسته برنج، محلولی با غلظت 15% هیدروکسید سدیم در یک ظرف استیل ضد زنگ تهیه گردید. آرد پوسته برنج در داخل محلول به مدت 24 ساعت در دمای آزمایشگاه غوطه ور شد. بعد از 24 ساعت آرد پوسته برنج ابتدا با آب مقطر شستشو داده شدند تا هیدروکسید سدیم اضافی از آن خارج گردد. سپس آرد پوسته برنج ابتدا به مدت 48 ساعت در محیط آزمایشگاه و سپس در آن در دمای 80 درجه سانتی گراد قرار داده شدند تا خشک شوند. آرد-

خلل و فرج موجود در ذرات چوب و نیز به درون شکافها و خلل و فرج موجود چندسازه که در- زمان اختلاط و ساخت محصول به وجود می آید. جذب آب توسط دیواره سلولی الیاف به دلیل داشتن خاصیت هیگروسکوپیک. مطالعات متنوعی در مورد جذب آب چندسازهها صورت گرفته است [6]. شاکری و قاسمیان (2010) در بررسی اثر تیمارهای مختلف شیمیایی بر رفتار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چندسازه هیبریدی کاغذ روزنامه بازیافتی/ الیاف شیشه/ پلی پروپیلن نشان دادند که تیمارهای شیمیایی موجب اصلاح سطح الیاف می شود که سبب چسبندگی بهتر با پلیمر شده و جذب آب را کاهش و مقاومت های مکانیکی را بهبود می بخشد [22].

هدف از این مطالعه، بررسی اثر چند تیمار- شیمیایی آرد پوسته برنج بر خواص جذب آب کوتاه و بلند مدت چندسازه تولیدشده از آرد پوسته برنج / پلی اتیلن سنگین می باشد.

مواد و روشها

مواد

پوسته برنج از یک کارخانه شالیکوبی در منطقه آمل تهیه شده و سپس با آسیاب آزمایشگاهی به آرد تبدیل شد. آرد عبور داده شده از الک آزمایشگاهی مش 40 و باقی مانده بر روی الک مش 60 برای انجام آزمایش انتخاب شد. آرد جمع آوری شده در اتو با دمای 100 درجه سانتی- گراد و به مدت 24 ساعت کاملاً خشک شده و سپس در کیسه های پلاستیکی قرار داده شده تا برای انجام تیمار مورد استفاده قرار گیرند.

¹ Melt Flow Index (MFI)

² MAPE

پوسته‌برنج پیش‌تیمار شده در این مرحله برای تیمار با اسیداستیک و بنزیل کلراید آماده شدند.

تیمار با اسید استیک گلاسیال

محلول اسیداستیک گلاسیال 55% با آب مقطر آماده شد. مقداری آردپوسته‌برنج پیش‌تیمار شده به مدت 1 ساعت در اسید غوطه‌ور گردید. سپس زه‌کشی و بعد در فویل آلومینیومی کاملاً پیچیده و در داخل آون در دمای 120 درجه سانتی‌گراد به مدت 5 ساعت قرار داده شد. بعد از 5 ساعت فویل از داخل آون خارج گردید و بعد از خنک شدن با آب مقطر شستشو شد. آرد شسته شده در داخل آون به مدت 48 ساعت در دمای 60 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از خشک شدن، آرد در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد.

تیمار با اکریلونیتریل

ابتدا آردپوسته‌برنج در محلول آماده شده هیدروکسید سدیم 10 درصد به مدت نیم ساعت قرار داده می‌شود و بعد از شستشو با آب مقطر در ظرف‌های حاوی محلول 10 درصد اکریلونیتریل که در بن‌ماری با دمای 50 درجه سانتی‌گراد قرار داده شده بودند، منتقل گردید. بعد از یک ساعت آردپوسته‌برنج از آن خارج شده با آب مقطر شستشو و بعد از دو روز خشک شدن نسبی در محیط آزمایشگاه به آون با دمای 80 درجه سانتی‌گراد و مدت 48 ساعت انتقال داده شد تا کاملاً خشک شوند.

روش تهیه چندسازه

اختلاط مواد در دستگاه مخلوط‌کن داخلی Haake در دمای 150 درجه سانتی‌گراد و با سرعت 60 دور در دقیقه به مدت 10 دقیقه انجام شد. نخست پلی‌اتیلن سنگین وارد دستگاه شد و بعد از اطمینان از ذوب شدن آن و ثابت شدن گشتاور دستگاه، آردپوسته‌برنج به آن اضافه گردید. نسبت اختلاط آردپوسته‌برنج و پلی‌اتیلن سنگین 60 به 40 در نظر گرفته شد. در یک ترکیب نیز مالئیک انیدرید جفت‌شده با پلی‌اتیلن سنگین به عنوان سازگارکننده بعد از ذوب شدن

پوسته‌برنج پیش‌تیمار شده در این مرحله برای تیمار با اسیداستیک و بنزیل کلراید آماده شدند.

تیمار با اسید استیک گلاسیال

محلول اسیداستیک گلاسیال 55% با آب مقطر آماده شد. مقداری آردپوسته‌برنج پیش‌تیمار شده به مدت 1 ساعت در اسید غوطه‌ور گردید. سپس زه‌کشی و بعد در فویل آلومینیومی کاملاً پیچیده و در داخل آون در دمای 120 درجه سانتی‌گراد به مدت 5 ساعت قرار داده شد. بعد از 5 ساعت فویل از داخل آون خارج گردید و بعد از خنک شدن با آب مقطر شستشو شد. آرد شسته شده در داخل آون به مدت 48 ساعت در دمای 60 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از خشک شدن، آرد در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد.

تیمار با بنزیل کلراید

محلول هیدروکسید سدیم 5% در یک ظرف استیل ضدزنگ آماده گردید. به ازای هر یک لیتر محلول، 50 میلی‌لیتر بنزیل کلراید آرام آرام به آن اضافه شد. آردپوسته‌برنج در این محلول به مدت نیم ساعت قرار گرفته و سپس زه‌کشی و بعد با آب مقطر شستشو گردید، سپس به مدت 1 ساعت در اتانول غوطه‌ور گردید و بعد با آب مقطر شستشو داده شد و در دمای 60 درجه سانتی‌گراد به مدت 72 ساعت در آون قرار گرفت تا خشک شود. آرد تیمار شده پس از خشک شدن در داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شدند.

تیمار با اتیل آمینو پروپیل سیلان

محلول آب مقطر و استن با نسبت 50/50 در ظرف استیل ضدزنگ آماده گردید و 1% تری‌اتیل آمینوپروپیل سیلان نیز به آن اضافه شد [12]. آرد-

پلی اتیلن سنگین و قبل از اضافه کردن آردپوسته - های مورد آزمون در جدول 1 نشان داده شده -
برنج به مخلوط کن اضافه شد. ترکیب چندسازه - است.

جدول 1- ترکیب چندسازه های مورد مطالعه

شماره	آرد پوسته برنج (%)	پلی اتیلن سنگین (%)	سازگار کننده (phc*)	تیمار شیمیایی	علامت شناسایی
1	60	40	-	-	RH-PE
2	60	40	4	-	RH-PE-MA
3	60	40	-	اسید استیک	RH-PE-AA
4	60	40	-	اکریلونیتریل	RH-PE-AN
5	60	40	-	آمینو سیلان	RH-PE-SIL
6	60	40	-	بنزوئیل کلراید	RH-PE-BC
7	-	100	-	-	PE

* phc: به ازای 100 درصد وزن ترکیب (per hundred compound)

آزمون جذب آب

جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کوتاه مدت مطابق استاندارد ASTM آیین نامه D1037 و بلندمدت مطابق استاندارد ASTM آیین نامه 04-7031 D انجام شد [21 و 20]. جذب آب کوتاه مدت در دو و بیست و چهار ساعت غوطه وری و جذب آب بلندمدت بعد از 1344 ساعت غوطه وری اندازه گیری شده است. برای توزین نمونه ها از ترازوی دیجیتال با دقت 0/001 گرم و برای اندازه گیری ضخامت نمونه ها از میکرومتر با دقت 0/001 میلی متر استفاده شد. مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در زمان های مختلف برپایه روابط 1 و 2 محاسبه گردیدند.

$$Wa(t) = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

$Wa(t)$ = مقدار جذب آب در زمان t (درصد)،
 W_t = وزن نمونه ها در زمان t (گرم)
 W_0 = وزن خشک نمونه قبل از غوطه وری (گرم)

$$TS(t) = \frac{T_t - T_0}{T_0} \times 100 \quad (2)$$

پس از اختلاط مواد، آمیزه تولید شده آسیاب و به دستگاه قالب گیری تزریقی انتقال یافت و نمونه های آزمون با فشار نازل 100 MPa و دمای 160 درجه سانتی گراد ساخته شدند. نمونه های تولید شده به مدت دو هفته در دمای 25 درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی 65 درصد نگهداری شدند تا به تعادل برسند.

طیف جذب FT-IR

جهت اطمینان از انجام اصلاح شیمیایی ترکیبات لیگنوسلولزی از طیف جذب FT-IR استفاده گردید. یک میلی گرم از آردپوسته برنج تیمار شده و تیمار نشده با 100 میلی گرم برمید-پتاسیم مخلوط و به منظور طیف بینی زیر قرمز تبدیل فوریه به شکل قرص هایی تهیه شده و با استفاده از دستگاه FT-IR مدل SP1100, PUYCOM با درجه تفکیک و در دامنه 400 الی 4000، طیف زیر قرمز تهیه شد.

پارامتر واكشیدگی ضخامت

واكشیدگی ضخامت نتیجه عملکرد ضخامت نمونه‌هاست که می‌تواند با رابطه 7 بیان گردد [23].

$$\frac{dL}{dT} = K_{SR} L \quad \text{رابطه (6)}$$

L ضخامت نمونه، T زمان و K_{SR} پارامتر واكشیدگی ضخامت است. واكشیدگی ضخامت در چندسازه‌ها ابتدا به علت واكشیدگی عناصر چوبی که چندسازه را می‌سازند، به وجود می‌آید. قسمتی از این واكشیدگی در اثر آزادسازی تنش‌هایی است که در هنگام پرس در داخل چندسازه محبوس شده‌اند و نفوذ رطوبت موجب آزاد کردن آن می‌شود. چوب و مواد مرکب چوبی به طور محدودی واكشیده می‌شوند و این واكشیدگی تا نقطه مشخصی ادامه پیدا می‌کند و از آن پس ثابت باقی می‌ماند. در هنگامی که چندسازه‌های چوبی در شرایطی قرار بگیرند که آب جذب نمایند ابتدا واكشیدگی آهسته است، زیرا تخلخل موجود در چندسازه چوب پلاستیک موجب آزادی حرکت الیافی که واكشیده شده‌اند می‌شود. با گذشت زمان واكشیدگی با نرخ معین ادامه پیدا می‌کند، زیرا واكشیدگی بعضی از عناصر چوبی کامل شده است. در زمان مشخص و در یک نقطه معلوم واكشیدگی کامل می‌گردد سپس نرخ واكشیدگی به طور خطی با افزایش ضخامت تخته، کاهش می‌یابد. تغییرات نرخ با استفاده از رابطه 7 در یک شرایط مرزی که $L(t) = L_0$ در زمانی که $t = 0$ و در رابطه 7، L_∞ ضخامت نهایی نمونه و K_{SR} ثابت نرخ واكشیدگی ضخامت است، نشان داده می‌شود.

$$\frac{dL}{dT} = K_{SR} L \left(1 - \frac{L}{L_\infty} \right) \quad (7)$$

$TS(t) =$ واكشیدگی ضخامت در زمان t (درصد)،
 $T_t =$ ضخامت نمونه‌ها در زمان غوطه‌وری
 (میلی متر) ، $T_0 =$ ضخامت نمونه در حالت خشک
 (میلی متر)

ضریب انتشار رطوبت

ضریب انتشار رطوبت مهم‌ترین پارامتر در بیان نحوه جذب آب و رطوبت در چندسازه چوب-پلاستیک می‌باشد [6]. به طور کلی از نظر تئوری، ضریب انتشار رطوبت به وسیله شیب منحنی جذب-آب با استفاده از رابطه 3 به دست می‌آید که M_t مقدار رطوبت در زمان t و M_{sat} مقدار رطوبت اشباع و K و n نیز مقادیر ثابتند.

$$\frac{M_t}{M_{sat}} = K t^n \quad (3)$$

ضریب n نشان‌دهنده رفتار متفاوت مواد مختلف از نظر انتشار رطوبت می‌باشد. برای موادی که انتشار رطوبت در آنها از تئوری انتشار فیک پیروی می‌کند $n \leq 0.5$ می‌باشد. آنالیز مکانیزم انتشار در مواد مورد مطالعه بر اساس تئوری انتشار فیک و تطابق داده‌های تجربی به وسیله رابطه 4 که از رابطه 3 به دست آمد، انجام شد.

$$\text{LOG} \left(\frac{M_t}{M_{sat}} \right) = \text{LOG}(k) + n \text{LOG}(t) \quad (4)$$

ضریب انتشار توانایی نفوذ مولکول‌های آب به داخل ساختار مواد مرکب را نشان می‌دهد. برای زمان‌های کوتاه $M_t/M_{sat} \leq 0.5$ می‌توان از معادله 5 استفاده کرد.

$$\frac{M_t}{M_{sat}} = \frac{4}{L} \left(\frac{D}{p} \right)^{0.5} t^{0.5} \quad (5)$$

ضریب انتشار رطوبت از شیب قسمت خطی منحنی M_t/M_{sat} در مقابل حاصل ضرب $L^{-1} t^{0.5}$ به دست می‌آید که L ضخامت نمونه‌ها است.

از آنالیز رابطه 7 می توان به رابطه 8 دست یافت.

$$L(t) = \frac{L_{\infty}}{1 + \left(\frac{L_{\infty}}{L_0} - 1 \right) e^{-K_{SR} t}} \quad (8)$$

علاوه بر این، واکنشیدگی ضخامت تخته می تواند از رابطه 9 نیز به دست آید.

$$TS(t) = \left(\frac{L(t)}{L} - 1 \right) \times 100 \quad (9)$$

که در نهایت رابطه 10 به صورت رابطه زیر نوشته می شود.

$$TS(t) = \left(\frac{L_{\infty}}{L_0 + (L_{\infty} - L_0)e^{-K_{SR}t}} - 1 \right) \times 100 \quad (10)$$

مقدار K_{SR} از رابطه 10 که وابسته به چگونگی شدت واکنشیدگی چندسازه و نیز مقدار واکنشیدگی ضخامت نهایی است، به دست می آید. برای به دست آوردن مقدار K_{SR} یک منحنی رگرسیون غیرخطی و با روش مناسب سازی داده های تجربی در رابطه 11 و با استفاده از روش های آماری و نرم افزار کامپیوتری قابل دستیابی است. پارامتر K_{SR} می تواند بهترین مناسب سازی را بین داده های تجربی و پیش بینی انجام دهد و این هنگامی بوقوع می پیوندد که مجموع تفاوت مربعات (SS) واکنشیدگی ضخامت تجربی و پیش بینی حداقل باشد که در این حالت y_i یعنی مقدار واکنشیدگی تجربی و \bar{y}_i مقدار واکنشیدگی پیش بینی می باشد.

$$SS = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2 \quad (11)$$

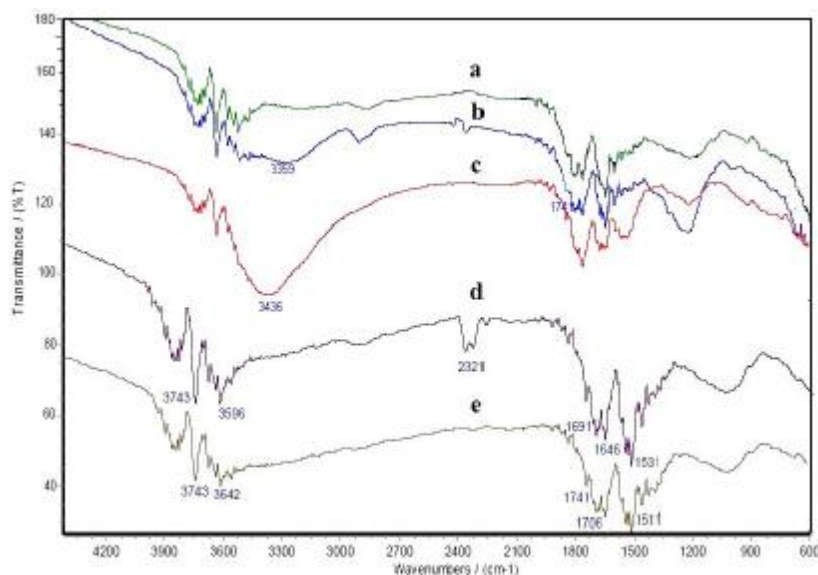
آنالیز آماری

باتوجه به عوامل متغیر در کل 6 تیمار به دست آمد که برای هر تیمار 5 تکرار در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین ها بر اساس گروه بندی دانکن انجام شد.

نتایج

آنالیز طیف FT-IR

نمونه های آرد پوسته برنج تیمار شده و نشده به وسیله طیف سنجی مادون قرمز مورد ارزیابی قرار گرفتند. همان گونه که در شکل (1) مشاهده می شود، در نمونه های پوسته برنج تیمار نشده در ناحیه $3500-3300 \text{ cm}^{-1}$ یک جذب کششی هیدروکسیلی قوی و گسترده مشاهده می گردد. شدت پیک گروه عاملی هیدروکسیل در ناحیه نزدیک به 3430 cm^{-1} در اثر برهم کنش با هیدروکسید سدیم (e) استیک اسید گلاسیال (a) کلرید بنزیل (b) اکریلونیتریل (d) کاهش یافته است. همچنین یک پیک در ناحیه 2321 cm^{-1} مربوط به گروه عاملی CN اکریلونیتریل ظاهر شده است (d). محدوده 1740 cm^{-1} مربوط به کشش C=O غیر مزدوج و مرتبط با گروه های کربونیل، آلدهید و کتون موجود در لیگنین و همی سلولزها می باشد که در طیف های گرفته شده از نمونه های تیمار شده با اسید استیک گلاسیال شدت آن کاهش یافته است. جذب در ناحیه cm^{-1} 1660¹ احتمالاً مربوط به دیگر ترکیبات گروه کربونیل و نیز وجود آب در نمونه ها بوده است که موجب افزایش نویز در این ناحیه شده است.



شکل 1- طیف FT-IR نمونه‌های آردپوسته برنج تیمارشیمیایی شده: (a) اسیداستیک گلاسیال (b) کلرید- بنزوئیل (c) آردپوسته برنج (اصلاح نشده) (d) اکریلونیتریل (e) هیدروکسید سدیم

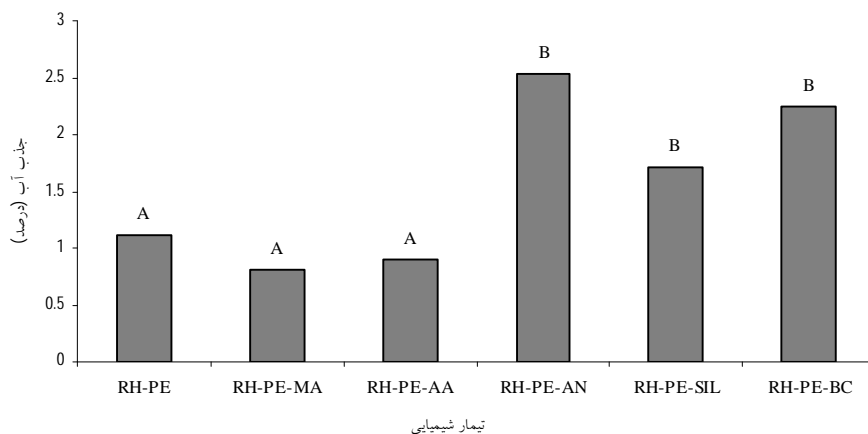
جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کوتاه مدت
جدول 2 تجزیه واریانس یک طرفه عوامل متغیر
بر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کوتاه مدت را
نشان می‌دهد. براساس جدول 2 اثر عوامل متغیر

جدول 2- تجزیه واریانس عوامل متغیر بر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت

معنی‌داری	F	میانگین مربعات	نوع آزمون
0/000	6/05	3/41	جذب آب 2 ساعت غوطه‌وری
0/000	18/70	39/35	جذب آب 24 ساعت غوطه‌وری
0/000	6/94	1/95	واکنشیدگی ضخامت 2 ساعت
0/000	12/53	15/43	واکنشیدگی ضخامت 24 ساعت

کمترین و چندسازه‌های حاوی آردپوسته برنج تیمارشده با اکریلونیتریل بیشترین مقدار جذب- آب در دو ساعت غوطه‌وری را نشان می‌دهند. گروه‌بندی دانکن نیز تیمارهای مورد مطالعه را در دو گروه دسته‌بندی کرده‌است.

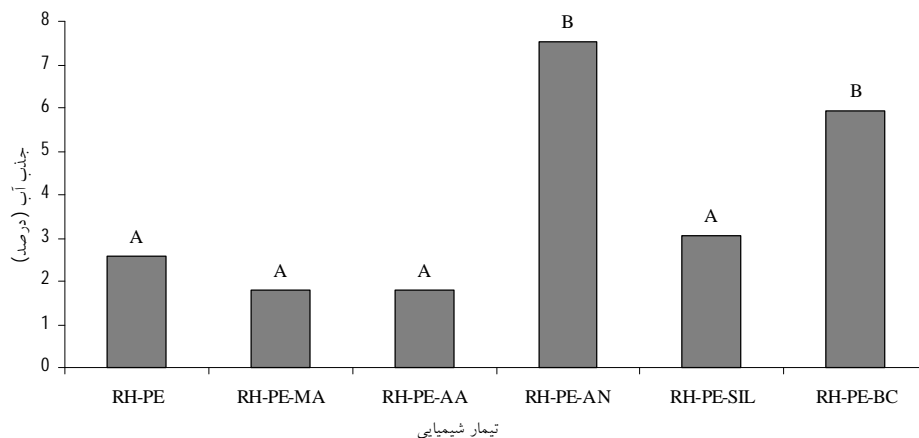
شکل 2 جذب آب چندسازه‌های مورد مطالعه در 2 ساعت غوطه‌وری و گروه‌بندی میانگین‌های دانکن را به نمایش می‌گذارد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود چندسازه‌های حاوی مالیک انیدرید به‌عنوان سازگارکننده و چندسازه‌هایی که در آن آردپوسته برنج با اسید استیک تیمار شده‌اند



شکل 2- جذب آب ناشی از 2 ساعت غوطه‌وری در چندسازه‌های مورد مطالعه

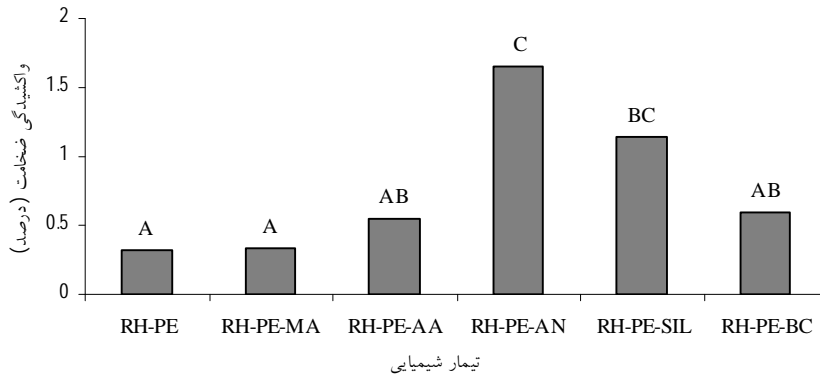
چندسازه‌های حاوی آردپوسته‌برنج تیمار شده با اکریلونیتریل بیشترین مقدار جذب آب را نشان می‌دهند. براساس آزمون گروه‌بندی دانکن در 2 ساعت غوطه‌وری، چندسازه دارای آردپوسته‌برنج تیمار شده با سیلان در گروه دوم قرار داشت ولی بعد از 24 ساعت غوطه‌وری به گروه اول منتقل شد.

مطابق جدول 1 اثر عوامل متغیر بر جذب آب 24 ساعته نیز معنی‌دار است. شکل 3 جذب آب چندسازه‌های مورد مطالعه ناشی از 24 ساعت غوطه‌وری در آب را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در 24 ساعت غوطه‌وری نیز چندسازه‌های حاوی مالییک انیدرید به‌عنوان سازگارکننده و چندسازه‌هایی که در آن آرد-پوسته‌برنج با اسیداستیک تیمار شده‌اند، کمترین و



شکل 3- جذب آب ناشی از 24 ساعت غوطه‌وری در چندسازه‌های مورد مطالعه

اکریلونیتریل، بیشترین مقدار واكشیدگی ضخامت را نشان می‌دهند. گروه‌بندی دانکن، تیمارهای مورد مطالعه را در سه گروه دسته‌بندی کرده‌است. در گروه اول علاوه بر چندسازه‌های حاوی مالییک انیدرید به‌عنوان سازگارکننده و چندسازه‌های دارای آردپوسته‌برنج تیمارنشده، چندسازه حاوی آردپوسته‌برنج تیمارشده با اسیداستیک و نیز چندسازه همراه با آردپوسته‌برنج تیمارشده با بنزوییل کلرید نیز مشاهده می‌گردد.



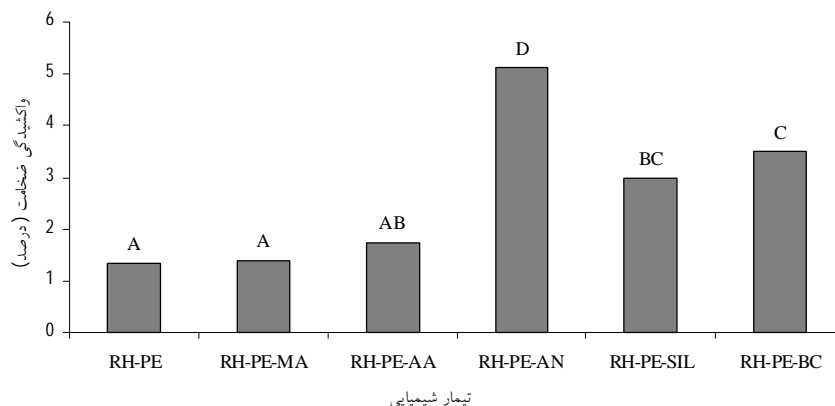
شکل 4- واكشیدگی ضخامت چندسازه‌های مورد مطالعه ناشی از 2 ساعت غوطه‌وری

سازگارکننده و چندسازه‌های دارای آردپوسته‌برنج تیمارنشده، چندسازه حاوی آردپوسته‌برنج تیمار-شده با اسیداستیک نیز مشاهده می‌گردد. براساس شکل 4 چندسازه دارای آردپوسته‌برنج تیمارشده با سیلان بیشتر از چندسازه دارای آردپوسته‌برنج حاوی بنزوییل کلرید واكشیده شده بود، درحالی‌که (شکل 5) چندسازه دارای آردپوسته برنج تیمار شده با بنزوییل کلرید با رشد بیشتری واكشیده شده و بعد از 24 ساعت غوطه‌وری بیش از تیمار دارای آردپوسته‌برنج تیمارشده با سیلان نشان داد به-طوری‌که ضخامت آن در طی 24 ساعت نسبت به

اثر عوامل متغیر بر واكشیدگی ضخامت ناشی- از 2 ساعت غوطه‌وری در آب نیز معنی‌دار است (جدول 1). شکل 4 واكشیدگی ضخامت چندسازه-های مورد مطالعه 2 ساعت غوطه‌وری در آب را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود چندسازه‌های حاوی مالییک انیدرید به‌عنوان سازگارکننده و چندسازه‌هایی که در آن آرد-پوسته‌برنج تیمار نشده‌اند، کمترین و چندسازه-های حاوی آرد پوسته‌برنج تیمارشده با

شکل 5 واكشیدگی ضخامت چندسازه‌های مورد مطالعه در 24 ساعت غوطه‌وری در آب را نشان می‌دهد. مطابق با شکل 5 چندسازه‌های حاوی مالییک انیدرید به‌عنوان سازگارکننده و چندسازه‌هایی که در آن آردپوسته‌برنج تیمارنشده-اند کمترین و چندسازه‌های حاوی آردپوسته‌برنج تیمارشده با اکریلونیتریل بیشترین مقدار واكشیدگی ضخامت را دارا هستند. گروه‌بندی دانکن تیمارهای مورد مطالعه را در چهار گروه دسته‌بندی کرده‌است. در گروه اول علاوه‌بر چندسازه‌های حاوی مالییک انیدرید به‌عنوان

وری نسبت به 2 ساعت نشان داد. به این معنی که چندسازه نامبرده در 2 ساعت اولیه آب بیشتری جذب کرد و روند آن برای 24 ساعت کمتر از سایر چندسازه‌ها بوده است.



شکل 5- واکشیده گی ضخامت چندسازه‌ها ناشی از 24 ساعت غوطه وری

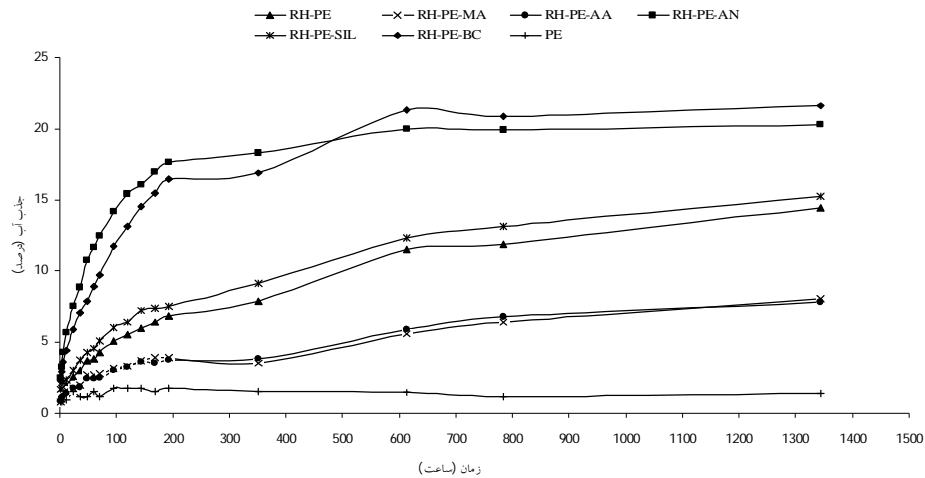
شده با اسیداستیک و نیز چندسازه‌های دارای سازگارکننده مالئیک انیدرید مشاهده می‌گردند. براساس جدول 3، مقادیر n کمتر از 0/5 می‌باشد که این، نشان‌دهنده پیروی جذب آب در این چندسازه‌ها مطابق با قانون فیک است. ضریب-پخش رطوبت نیز در چندسازه‌های دارای سازگارکننده و چندسازه‌های حاوی آردپوسته-برنج تیمار شده با اسیداستیک کمترین و در چندسازه‌های حاوی آردپوسته-برنج تیمار شده با اکریلونیتریل بیشترین را نشان می‌دهد (جدول 3). جذب آب نهایی در چندسازه حاوی آردپوسته-برنج تیمار شده با اسیداستیک کمترین و چندسازه دارای آرد پوسته برنج تیمار شده با کلرید بنزوئیل بیشترین مقدار را دارا هستند. چندسازه دارای آردپوسته-برنج تیمار شده با اکریلونیتریل نیز دارای مقدار بالایی می‌باشد. هرچند چندسازه دارای آردپوسته-برنج تیمار شده با سیلان جذب آب نهایی

2 ساعت اول نزدیک به 5 برابر گردید. این در-حالی است که چندسازه دارای آردپوسته-برنج تیمار شده با سیلان کمترین تغییرات جذب آب و واکشیده گی ضخامت را بعد از 24 ساعت غوطه-

شکل 6 جذب آب طولانی مدت چندسازه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. مقدار جذب هر-یک از نمونه‌ها بعد از 1344 ساعت غوطه‌وری در آب اندازه‌گیری شد. براساس شکل نمونه‌های پلی اتیلن سنگین خالص بدون پرکننده، کمترین مقدار جذب آب طولانی مدت را نشان می‌دهند. درحالی که چندسازه‌های ساخته شده از آردپوسته-برنج تیمار شده با اکریلونیتریل و نیز بنزیل کلراید بیشترین مقدار آب را جذب کرده‌اند. کمترین مقدار جذب آب در چندسازه‌های ساخته شده از آردپوسته-برنج تیمار شده با اسیداستیک و نیز چندسازه‌هایی که در آن از مالئیک انیدرید به عنوان سازگارکننده استفاده گردید. چندسازه‌هایی که در آنها آردپوسته-برنج تیمار نشده‌اند و نیز چندسازه-هایی که در آن آرد پوسته برنج با اتیل آمینو پروپیل سیلان تیمار شده‌اند، نزدیک به هم و بعد از چندسازه‌های ساخته شده از آردپوسته-برنج تیمار-

در 5 گروه دسته‌بندی کرده‌است (جدول 3). چندسازه‌های دارای سازگارکننده در گروه یک و چندسازه‌های حاوی آرد پوسته برنج تیمار شده با اسیداستیک در گروه دوم قرار دارند.

نسبتاً بالایی دارد ولی ضریب پخش نسبتاً کمتری نشان می‌دهد. براساس جدول 4 تاثیر عوامل متغیر بر ضریب پخش رطوبت معنی‌دار است. گروه‌بندی دانکن نیز تیمارهای مورد بررسی را



شکل 6- جذب آب طولانی‌مدت چندسازه‌های مورد مطالعه

جدول 3 - پارامترهای اندازه‌گیری شده در جذب آب بلندمدت

جذب آب نهایی (%)	ضریب پخش رطوبت ($m^2 s^{-1}$)	k	n	نوع تیمار
14/43	$9/76 \times 10^{-13}$ c*	0/0629	0/35	RH-PE
8/03	$7/39 \times 10^{-13}$ A	0/09181	0/31	RH-PE-MA
7/79	$8/65 \times 10^{-13}$ B	0/08501	0/32	RH-PE-AA
20/24	$57/0 \times 10^{-13}$ e	0/09315	0/44	RH-PE-AN
15/27	$9/5 \times 10^{-13}$ C	0/07506	0/35	RH-PE-SIL
21/63	$31/4 \times 10^{-13}$ D	0/07652	0/41	RH-PE-BC

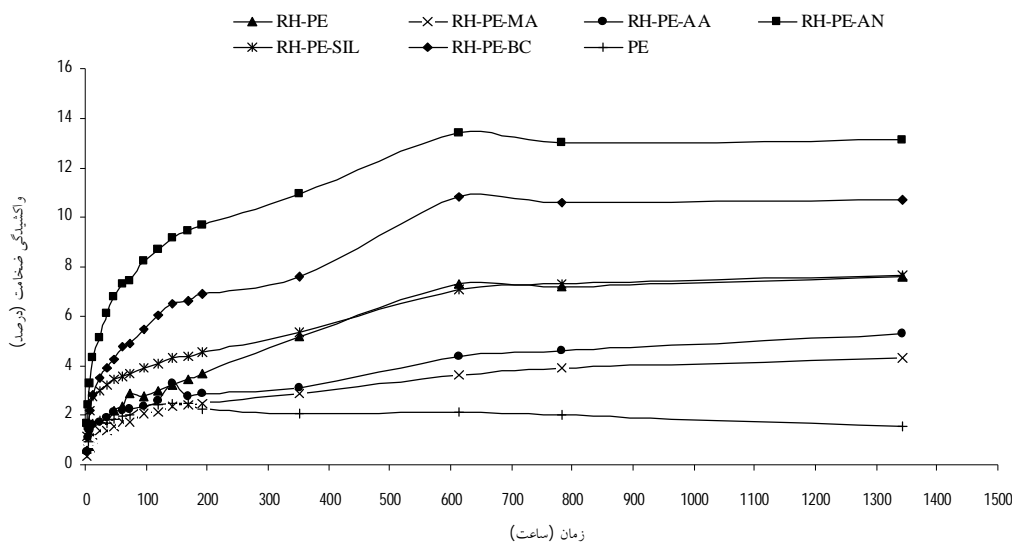
* حروف انگلیسی مربوط به گروه بندی دانکن است

جدول 4- تجزیه واریانس عوامل متغیر بر ضریب پخش آب و پارامتر واکنشیدگی ضخامت

معنی‌داری	F	میانگین مربعات	نوع آزمون
0/000	$7/06 \times 10^{-13}$	3/41	ضریب پخش رطوبت
0/000	$1/66 \times 10^{-3}$	39/35	پارامتر واکنشیدگی ضخامت

به‌عنوان سازگارکننده و نیز چندسازه‌های که در آنها از آردپوسته‌برنج تیمارشده با اسیداستیک استفاده شده‌است، پایین‌ترین مقادیر واکشیدگی-ضخامت را در میان چندسازه‌های مورد مطالعه دارا هستند. بالاترین روند واکشیدگی‌ضخامت در چندسازه‌های حاوی آردپوسته‌برنج تیمارشده با اکریلونیتریل مشاهده می‌شود.

شکل ۷ واکشیدگی‌ضخامت طولانی‌مدت چندسازه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. براساس شکل روند واکشیدگی‌ضخامت تا ۱۳۴۴ ساعت غوطه‌وری اندازه‌گیری شده‌است. مشابه نمودار جذب آب نمونه‌های پلی‌اتیلن سنگین فاقد پرکننده کمترین واکشیدگی‌ضخامت را نشان-دادند. نمونه‌های چندسازه حاوی مالئیک انیدرید



شکل ۷- واکشیدگی‌ضخامت طولانی مدت چندسازه‌های مورد مطالعه

اکریلونیتریل و نیز در چندسازه دارای آردپوسته-برنج تیمارشده با بنزوئیل کلراید مشاهده می‌شود. کمترین مقدار ضخامت‌نهایی در چندسازه حاوی سازگارکننده و نیز چندسازه دارای آردپوسته‌برنج تیمارشده با اسیداستیک دیده می‌شود. کمترین پارامتر واکشیدگی در نمونه‌های دارای سازگارکننده و نیز نمونه‌هایی که دارای آردپوسته‌برنج تیمارشده با اسیداستیک هستند، دیده می‌شود و بیشترین آن در چندسازه حاوی آردپوسته‌برنج تیمارشده با اکریلونیتریل مشاهده می‌گردد. براساس جدول ۴ تاثیر تیمارشیمیایی بر پارامتر واکشیدگی معنی‌دار است. گروه‌بندی دانکن نیز تیمارهای مورد بررسی را در ۴ گروه

جدول ۵ مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده واکشیدگی‌ضخامت بلندمدت را نشان می‌دهد. ضخامت‌اولیه، ضخامت‌نهایی، پارامتر واکشیدگی‌ضخامت، حداکثر واکشیدگی پیش‌بینی، حداکثر واکشیدگی اندازه‌گیری شده، مجموع تفاوت مربعات و همبستگی بین واکشیدگی پیش‌بینی شده و واکشیدگی اندازه-گیری شده در جدول ۵ مشاهده می‌شود. هرچند ضخامت‌اولیه چندسازه‌ها بسیار به هم نزدیک است ولی پس از غوطه‌وری بلندمدت چندسازه‌ها ضخامت‌نهایی متفاوتی را نشان می‌دهند که در این میان بیشترین مقدار ضخامت‌نهایی در چندسازه دارای آردپوسته‌برنج تیمارشده با

با استفاده از مدل واکشیدگی و نیز مقادیر پیش‌بینی مشاهده می‌شود که کمترین مجموع تفاوت مربعات و بیشترین همبستگی در چندسازه بدون سازگارکننده و بدون تیمار شیمیایی دیده می‌شود.

دسته‌بندی کرده است (جدول 5). چندسازه دارای سازگارکننده و چندسازه‌های حاوی آردپوسته-برنج تیمار شده با اسیداستیک در گروه یک قرار دارند.

جدول 5- مقادیر اندازه‌گیری و پیش‌بینی در واکشیدگی ضخامت بلندمدت

نوع تیمار	ضخامت اولیه (میلیمتر)	ضخامت نهایی (میلیمتر)	پارامتر واکشیدگی ضخامت (h^{-1})	حداکثر واکشیدگی پیش‌بینی (%)	حداکثر واکشیدگی اندازه‌گیری شده (%)	مجموع تفاوت مربعات	همبستگی
RH-PE	4/86	5/23	$7/8 \times 10^{-3}$ b*	7/58	7/61	5	0/99
RH-PE-MA	4/85	5/06	$6/6 \times 10^{-3}$ a	4/31	4/31	6	0/96
RH-PE-AA	4/82	5/07	$6/7 \times 10^{-3}$ a	5/04	5/28	11	0/94
RH-PE-AN	4/88	5/52	$12/7 \times 10^{-3}$ d	13/00	13/10	45	0/97
RH-PE-SIL	4/87	5/24	$7/9 \times 10^{-3}$ b	7/63	7/64	25	0/92
RH-PE-BC	4/90	5/42	$10/1 \times 10^{-3}$ c	10/69	10/69	29	0/97

* حروف انگلیسی مربوط به گروه‌بندی دانکن است

واکشیدگی ضخامت چندسازه کاهش پیدا کرد. نتایج مربوط به طیف‌سنجی FT-IR نیز نشان داد که پیش‌تیمار با هیدروکسیدسدیم و تیمار با اسید-استیک موجب کاهش گروه هیدروکسیلی و نیز حذف مقدار زیادی همی سلولز در باند 1740 که پیک نسبتاً قوی برای گروه کربونیل موجود در همی سلولز می‌باشد می‌شود که، نشان از کاهش گروه‌های آب‌دوست شده و جذب آب را کاهش داد. نتایج مربوط به ضریب پخش رطوبت و پارامتر واکشیدگی ضخامت نیز در چندسازه دارای آرد-پوسته برنج تیمار شده با اسیداستیک نیز مشابه چندسازه دارای سازگارکننده، نشان از تاثیر تیمار شیمیایی فوق‌الذکر در سازگاری هر چه بیشتر بین ماده لیگنوسلولزی و پلیمر دارد. شاکری و قاسمی (2010) نیز در بررسی تاثیر تیمار شیمیایی کاغذ روزنامه بازیافتی بر خواص جذب آب چندسازه هیبریدی پلی‌پروپیلن/الیاف شیشه، دریافتند که تیمارهای شیمیایی مورد بررسی آنها جذب آب را کاهش داد [21].

بحث و نتیجه‌گیری

از ترکیبات شیمیایی اصلی مواد لیگنوسلولزی سلولز، همی سلولز و لیگنین می‌باشند این ترکیبات دارای گروه‌های هیدروسیکل و سایر گروه‌های قطبی در ساختار خود می‌باشند [8]. وجود مقدار زیادی گروه هیدروکسیل در سلولز موجب خاصیت آب‌دوستی در چندسازه حاصل می‌شود و نیز موجب ضعف در ناحیه اتصال و افزایش جذب آب می‌گردد [16]. همی سلولزها به رشته-های سلولز از طریق پیوند هیدروژنی متصلند. همی سلولزها شاخه‌دار و آمورفند و به‌طور مشخصی وزن مولکولی پایین‌تر از سلولز دارند. به دلیل ساختار باز متشکله از گروه‌های هیدروکسیل و استیل، همی سلولز مقداری قابل-حل در آب می‌باشند و نیز خاصیت هیدروسکوپیک دارند [16]. نتایج مربوط به جذب آب کوتاه مدت نشان داد که در ترکیباتی که از سازگارکننده مالئیک انیدرید استفاده شد و نیز چندسازه‌ای که در آن آردپوسته-برنج با اسیداستیک تیمار شده است جذب آب و

منابع

- 2) Agrawal, R., Saxena, N., Sharma, K., Thomas, S. and Sreekala, M., 2000. Activation Energy and Crystallization kinetics of untreated and treated Oil Palm Fiber Reinforced Phenol Formaldehyde Composite. *Master Sci Eng 277 (2)*: 77-82
- 3) Bledzki, A. K., Gassan, J., 1999. *Prog Polym Sci 24*:221
- 4) Bruijn, J., 2000, Natural fiber mat thermoplastic products from a processor's point of view. *Appl Compos Mater 7 (3)*: 415-420.
- 5) Costa, F., and D' Almeida, J., 1999, Effect of water absorption on the mechanical properties of sisal and jute fiber composites. *Polym-Plast Technol 38(5)*: 1081-1094
- 6) Espert, A., Vilaplana, F. and Karlsson S., 2004. Comparison of water absorption in natural cellulosic fibers from wood and one-year crops in polypropylene composites and its influence on their mechanical properties. *Composites: Part A. 35*: 1267-1276.
- 7) Herrera- France, p. and Aguilar, M., 1997. Effect of fiber treatment on the mechanical properties of LDPE-henequen cellulosic fiber composite. *Journal applied polymer science 10 (1)*: 197-207
- 8) Hill A. S. C., Abdul Khalil, H. P. S., Hale, M. D., 1998. *Ind Crops Prod, 8(1)*:53
- 9) Ichazo, M., Albano, C., Gonzalez, J., Perera, R., and Candal, M., 2001. Polypropylene/ wood flour composites: treatments and properties. *Composites structure. 54(3)*: 207-214
- 10) Jouseph, K., Thomas, S., 1996. Effect of chemical treatment on the tensile properties of short sisal fibre-reinforced polyethylene composites. *Polymer 37*:5139-5149.
- 11) Kazemi-Najafi, S., Tajvidi, M., Chaharmahali, M., 2006. Long-Term Water Uptake Behavior Of Lignocellulosic-High Density Polyethylene composites. *Journal of Applied polymer science. 102*:3907-3911

- 1- فارسی، م.، خادمی اسلام، ح.، طلایی پور، م.، حمصی، ا. ه.، قاسمی، ا.، 1387، تاثیر اصلاح شیمیایی بر خصوصیات مکانیکی چند سازه حاصل از پلی پروپیلن و ضایعات لیگنوسلولزی، فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، سال سوم، شماره چهارم، زمستان 1387، 64-53.

- 12) Li, X., Tabil, L., and Panigrahi, S., 2007. chemical treatment of natural fiber for use in natural fiber- reinforced composite: A Review, *J Polym Environ* 15 (1): 25-33
- 13) Mishra, S., Mohanty, A. K., Drzel, L. T., Misra, M., Parija, S., Nayak, S. K., Tripathy, S. S. 2003. *Compos Sci Technol*. 63:1377
- 14) Paul, S., Puja, N., Rajive, G., (2003). *Molecules* 8:374
- 15) Ray, D., B.K SARKAR, A.K. Rana and N.R. Bose., 2001. effect of the alkali treated jute fibers on composite properties. *Bulletin of materials science*24 (2): 129-135.
- 16) Rowell, R. M., Young, R.A. Rowell, J. K. 1997. Paper and composites from agro-based resources. CRC lewis Publishers, Boca Raton FL.
- 17) Rong, M. Z., Zhang, M. Q., Liu, Y., Yang, G. C., Zeng, H. M., 2001. The effect of fiber treatment on the mechanical properties of the unidirectional sisal-reinforced epoxy composites, *Compos Sci Technol*, 61:1437-1447.
- 18) Saheb, D., and Jog J., 1999. Natural fiber polymer composites: a review. *Adv Polym Technol*.18 (1): 351-363.
- 19) Sreekala, M. S., Thomas, 2003. Effect of fiber modification on water-sorption characteristics of oil palm fibers. *Compos Sci Technol*, 63(6):861
- 20) Standard guide for evaluating mechanical and physical properties of wood plastic composite products, annual book of ASTM D 7031-04, 2004.
- 21) Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. ASTM D1037, 1999. ASTM, West Conshohocken, Pa. USA.
- 22) Shakeri, A., and Ghasemian, A., 2010. Water Absorption and Thickness Swelling Behavior of Polypropylene Reinforced with Hybrid Recycled Newspaper and Glass Fiber. *Applied Composite Materials*, 17(2), 183-193.
- 23) Shi, S. Q., Gardner, D. J., 2005. Hygroscopic thickness swelling rate of compression mold wood fiberboard and wood fiber/polymer composite. *Composites*. Article in press.
- 24) Wambua, P., Ivens, J., and Verpoest, I., 2003. Natural fibers: can they replace glass in fiber reinforced plastic?. *Compos Sci Technol* 63 (1): 1259-1264.

