



## ارزیابی عملکرد زیست پلاستیک تحکیم یافته با نشاسته و الیاف خرما

هوشنگ افزلی گروه<sup>۱\*</sup>، حسام عمرانی فرد<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی کرمان [hooshangafzali@yahoo.com](mailto:hooshangafzali@yahoo.com)

۲- دانشجوی دکتری ماشینهای کشاورزی، گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

### چکیده

به دلیل آلودگی های زیست محیطی ناشی از ضایعات مواد پلاستیکی، در سال های اخیر بسیاری از محققین به دنبال تولید پلاستیک هایی با منشأ گیاهی هستند که در ساخت این پلاستیک ها استفاده از پلیمرهای گیاهی جایگاه ویژه ای دارد. در این پژوهش به منظور بررسی استحکام کششی و خمشی زیست پلاستیک ساخته شده از ضایعات سیب زمینی و الیاف خرما، ۷۰ درصد وزنی آرد سیب زمینی به همراه ۳۰ درصد وزنی روان کننده ی گلیسرول به شکل دستی با هم مخلوط و خمیر حاصل با استفاده از یک دستگاه پرس هیدرولیکی و یک قالب به مدت ۷ دقیقه تحت فشار ۱۰ MPa قرار گرفت. محصول در دماهای مختلف قالب به شکل نمونه های تخت های شکل، قالب گیری شد. آزمایش در قالب طرح آزمایشی کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. نتایج تحکیم دهی زیست پلاستیک ها با الیاف خرما نشان داد که با افزایش درصد وزنی الیاف از ۱ به ۴٪، کلیه پارامترهای مکانیکی و همچنین جذب نمونه ها افزایش یافت، به طوری که با افزایش میزان الیاف اضافه شده به ۴٪، استحکام کششی ۶ برابر و استحکام خمشی ۳/۷ برابر نسبت به حالت بدون الیاف، افزایش یافت. در مطالعه ی حاضر اضافه کردن الیاف به میزان بیش از ۴٪ وزنی به دلیل افزایش حجم اشغال شده توسط الیاف، امکان پذیر نبوده و مشکل از هم پاشیده شدن نمونه ها در هنگام قالب گیری به وجود آمد.

**واژه های کلیدی:** الیاف خرما، تحکیم دهی، دمای قالب، زیست پلاستیک، سیب زمینی

### مقدمه:

در ساخت زیست پلاستیک ها به طور عمده از یک یا چند پلیمر زیستی استفاده می شود. این پلیمرها ممکن است گیاهی، حیوانی و یا منشأ باکتریایی داشته باشد. نشاسته یکی از مهمترین پلیمرهای گیاهی است که در محصولات کشاورزی نظیر گندم، ذرت، حبوبات، سیب زمینی و ... به وفور یافت می شود. با توجه به حجم بالای تولید این محصولات در کشور و تعدد کارخانجات فرآوری، هر ساله میزان قابل توجهی مواد زائد در مزارع، کارخانجات و مراکز فروش بر جای می ماند که به دلیل فقدان دانش و تکنولوژی مناسب، با صرف هزینه های گزاف دور ریخته می شوند. یکی از این مواد، زیست پلاستیک های نشاسته ای است که حدود ۵۰ درصد از بازار زیست پلاستیک ها را به خود اختصاص می دهد. زیست پلاستیک های نشاسته ای، می توانند به خوبی جایگزین مواد نفتی موجود در صنعت بسته بندی شده و در محیط به راحتی قابل تجزیه هستند. این پلاستیک ها، دارای کاربردهای وسیعی



در کشاورزی و صنایع غذایی، نظیر بسته بندی محصولات کشاورزی، گوشت و مواد غذایی، تولید گلدان‌های تجزیه شونده برای کاشتن نهال درختان و گل‌ها، لوله‌های آبیاری با عمر محدود جهت آبیاری مزارع و ... می‌باشد.

در سال‌های اخیر بیشتر پژوهش‌ها، بر گونه‌ی جدید زیست پلاستیک که به زیست پلاستیک‌های با منشأ باکتریال معروف هستند، متمرکز بوده است. این دسته از پلاستیک‌ها با نام کلی پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها معروف هستند. محققین در پژوهشی تأثیر نوع روان کننده بر خواص مکانیکی، حرارتی و مورفولوژیکی زیست پلاستیک‌های ساخته شده از سویا را بررسی کردند. آن‌ها برای تولید نمونه‌های آزمایشی ابتدا به منظور حذف هرگونه رطوبت از مواد مورد استفاده، تمام مواد به جز دو روان کننده گلیسرول و سوربیتول را به مدت ۳ ساعت در یک آون خلأ با دمای  $80^{\circ}\text{C}$  قرار دادند. سپس آرد سویا با هرکدام از روان کننده‌ها، با نسبت وزنی ۷۰ به ۳۰، به کمک یک همزن آشپزخانه مخلوط نموده و با استفاده از فرآیند قالب‌گیری تزریقی شکل‌دهی کردند. مواد ضمن قالب‌گیری تا دمای  $130^{\circ}\text{C}$  گرم شدند و سپس به داخل قالبی با دمای  $15^{\circ}\text{C}$  تزریق شدند. نتایج نشان داد که زیست پلاستیک‌های تهیه شده از سوربیتول، مقاومت مکانیکی و حرارتی بالاتری از خود نشان دادند (Tummala et al., 2006). نوع ماده‌ی پلیمری در تعیین خصوصیات زیست پلاستیک‌ها نقش دارد. به منظور مقایسه‌ی پلاستیک‌های تولید شده از نشاسته و پلاستیک‌های تولید شده از پروتئین تخم‌مرغ (آلبومین)، ابتدا مواد را با استفاده از یک همزن هوشمند، با سرعت قابل تنظیم کاملاً مخلوط کردند. میزان گلیسرول استفاده شده برابر  $37/5\%$  وزنی و میزان نشاسته در چهار سطح ۵، ۱۰، ۲۰ و  $30\%$  وزنی پس از مخلوط شدن مواد، خمیر حاصل به مدت ۵ روز در دمای اتاق نگهداری شد. سپس این خمیر طی عملیات قالب‌گیری فشاری تحت فشار ۱۰ MPa و دمای  $120^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۰ دقیقه قالب‌گیری و نمونه‌هایی با ابعاد  $50 \times 10 \times 3$  mm تهیه شد. نتایج نشان داد زیست پلاستیک‌های تهیه شده از پروتئین تخم‌مرغ، دارای استحکام کششی بیشتر ولی درصد افزایش طول آن به نسبت کمتر بود (Gonzalez et al., 2010).

برای بهبود خصوصیات مکانیکی زیست پلاستیک‌ها، مواد مختلفی به آن‌ها اضافه می‌شود. الماسی، قنبرزاده و انتظامی (۲۰۰۹) در پژوهشی فیلم زیست نانوکامپوزیت جدید اصلاح شده با سیتریک اسید- کربوکسی متیل سلولز- مونت موریلونیت را به روش ریخته‌گری تولید کردند. آن‌ها اثر مقدار رس را روی ساختار و خواص فیزیکی فیلم حاصل مطالعه کردند. نتایج نشان داد فیلم‌های با ۷٪ رس، بیشترین استحکام کششی و کمترین درصد افزایش طول را دارند (Almasi et al., 2009).

در ساخت زیست پلاستیک‌های نشاسته‌ای، از نشاسته‌ی یک ماده کشاورزی به همراه یک یا چند روان کننده استفاده می‌شود. روان کننده ماده‌ای است که به نشاسته خاصیت پلاستیکی می‌دهد. از معروف‌ترین روان کننده‌ها می‌توان به آب، گلیسرول و سوربیتول اشاره کرد. مخلوط نشاسته به همراه روان کننده طی یک عملیات قالب‌گیری تحت فشار و حرارت، باعث تولید نمونه‌های برای بهبود خصوصیات مکانیکی زیست پلاستیک‌ها، مواد مختلفی به آن‌ها اضافه می‌شود. در این پژوهش به منظور بررسی استحکام کششی و خمشی زیست پلاستیک از ضایعات سیب زمینی و الیاف خرما، آرد سیب زمینی به همراه روان کننده‌ی گلیسرول به شکل دستی مخلوط و ارزیابی خواهد شد.

## مواد و روش‌ها

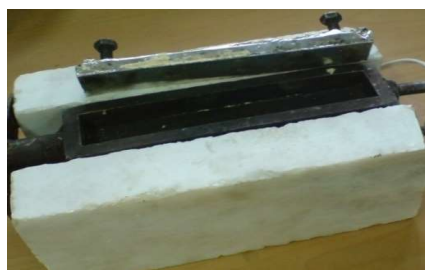
در ساخت پلاستیک‌های نشاسته‌ای به طور معمول از یک یا چند روان‌کننده استفاده می‌شود. از جمله روان‌کننده‌هایی که تا به حال مورد استفاده قرار گرفته می‌توان به گلیسرول، ۱ و ۲- بوتان دیول، ۱ و ۳- بوتان دیول، پلی‌اتیلن گلیسرول، صمغ گیاه سورگوم و سوربیتول اشاره کرد (Singh et al. 2007). در بین این مواد، گلیسرول ضمن قیمت پایین‌تر، در پلاستیک‌های حاصل، خصوصیات مکانیکی و حرارتی قابل قبولی را ارائه می‌دهد و به علاوه در دسترس‌تر می‌باشد به دلیل مزایای گفته شده نسبت به سایر روان‌کننده‌ها از این ماده استفاده شد. همچنین برای تهیه آرد سیب زمینی، پوره به دست آمده در آون با دمای ۸۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت تا زمان خشک شدن نگهداری شد. پوره خشک شده سپس آسیاب شده و برای یکنواختی دانه بندی از الک با مش ۸۰ عبور داده شد. برای تهیه نمونه‌های زیست پلاستیک با استفاده از فرآیند قالب‌گیری فشاری نیاز به یک دستگاه پرس بود که به دلیل در دسترس نبودن طراحی و ساخته شد. از ویژگی‌های این مکانیزم می‌توان به کنترل راحت، اشغال فضای کم، ارزان بودن و دقت بالای آن اشاره کرد.



شکل ۱- دستگاه پرس ساخته شده برای ساخت نمونه‌ها

## ساخت قالب

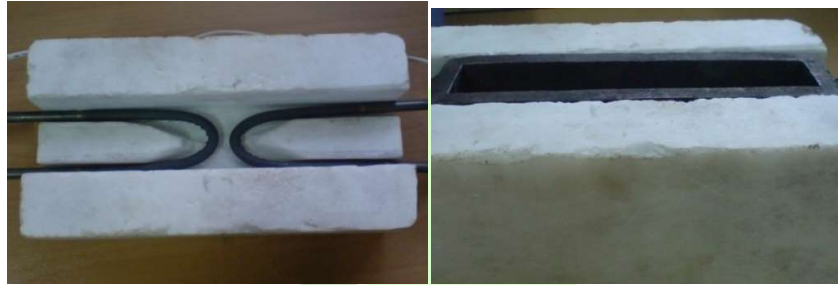
برای ساخت نمونه‌های زیست پلاستیک با استفاده از فرآیند قالب‌گیری فشاری، احتیاج به یک قالب بود. در این پژوهش قالبی به شکل مکعب مستطیل، در ابعاد  $185 \times 35 \times 25$  mm و از جنس تسمه فولادی با ضخامت ۱۰ mm، ساخته شد. تصویر قالب ساخته شده در این پژوهش در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- تصاویری از مجموعه‌ی قالب و سنگ زیرین

### ثابت نگهداشتن دما در حین فرآیند قالب‌گیری

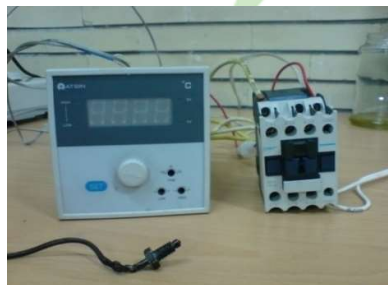
در حین فرآیند قالب‌گیری، از آنجا که جریان گرمادهی به قالب به پایان رسیده بود، قالب شروع به سرد شدن می‌کرد. دمای قالب طی ۷ دقیقه فرآیند قالب‌گیری، در هوای سرد  $15^{\circ}\text{C}$  -  $10^{\circ}\text{C}$  و در هوای گرم  $10^{\circ}\text{C}$  -  $5^{\circ}\text{C}$  کاهش می‌یافت. از این رو به منظور ثابت نگهداشتن دما در حین فرآیند قالب‌گیری، یک سنگ با توجه به ابعاد قالب، با دقت خوبی تراش داده شد تا قالب با لقی بسیار کمی در داخل آن قرار بگیرد.



شکل ۳- المنت‌های لوله‌ای تعبیه شده در سنگ زیرین و چگونگی قرارگیری قالب در داخل سنگ

در داخل سنگ و زیر محل قرارگیری قالب شیارهایی متناسب با دو المنت لوله‌ای U شکل تراش داده شد تا المنت‌ها در داخل شیار قرار گرفته و در حین فرآیند قالب‌گیری، فشار به سنگ منتقل شود. از طرفی با عایق‌بندی دور تا دور سنگ و قالب با استفاده از پشم شیشه، کاهش دما و تلفات گرمایی به حداقل رسید. در شکل (۳) المنت‌های تعبیه شده و همچنین چگونگی قرارگیری قالب در داخل سنگ زیرین نشان داده شده است.

به منظور ثابت نگه داشتن دما از یک مدار کنداکتور که دمای مجموعه را در دمای قابل تنظیمی ثابت نگه می‌دارد استفاده شد. این مجموعه شامل یک تنظیم کننده بود که به کمک آن، دمای قطع و وصل کنداکتور تنظیم می‌شد، همچنین یک ترموکوپل که دما را به صورت لحظه‌ای به واحد تنظیم کننده انتقال می‌داد تا به هنگام رسیدن دمای مجموعه به دمای تنظیم شده، اتصال برق منتهی به المنت‌ها را قطع کند و در هنگام کاهش دما دو مرتبه وصل نماید. در شکل ۴، تصویر ترموکوپل به همراه مدار کنداکتور مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده است.



شکل ۴- ترموکوپل و مدار کنداکتور مورد استفاده در پژوهش



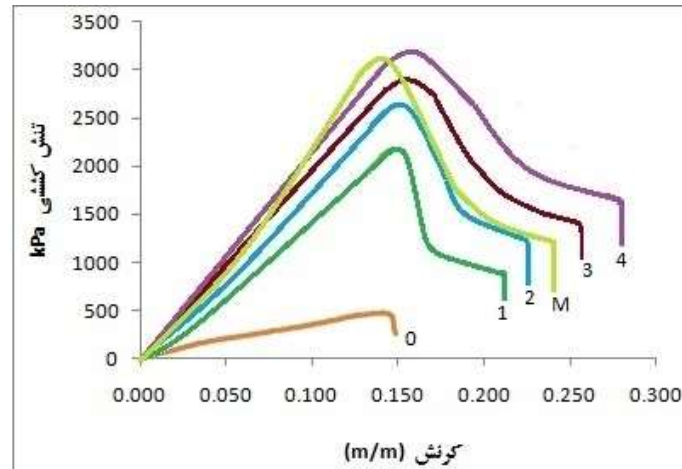
## اضافه کردن مواد افزودنی و قالب گیری

برای تولید نمونه‌های زیست پلاستیک، از آرد سیب زمینی به همراه روان کننده گلیسرول استفاده شد. به این منظور، ابتدا ۷۰٪ آرد سیب زمینی با ۳۰٪ گلیسرول در یک ظرف به صورت دستی کاملاً مخلوط شد. از آنجا که روش مورد استفاده برای قالب‌گیری، فرآیند قالب‌گیری فشاری بود؛ از این رو قالب مورد استفاده برای قالب‌گیری مواد نیز همزمان تا دماهای مورد مطالعه گرم شد. سپس مواد اولیه‌ی کاملاً مخلوط شده در داخل قالب ریخته شده و به سرعت زیر دستگاه پرس قرار گرفت. به منظور جلوگیری از کاهش دما در حین عملیات از دو المنت لوله‌ای U شکل تعبیه شده در داخل سنجی که زیر قالب قرار می‌گرفت، استفاده شد. اندازه‌گیری دما در حین گرم کردن و عملیات پرس، با دستگاه ترموکوپل انجام شد. از یک کنداکتور فرمان‌گیرنده از ترموکوپل نیز به منظور قطع و وصل جریان به المنت‌ها استفاده شد. در حین عملیات، مدار فرمان ترموکوپل، روی دمای مورد نظر تنظیم شده و مواد به مدت ۷ دقیقه تحت فشاری برابر ۱۰ MPa قرار گرفت و سپس از داخل قالب خارج و پیش از انجام آزمون‌ها، به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط نگهداری شد.

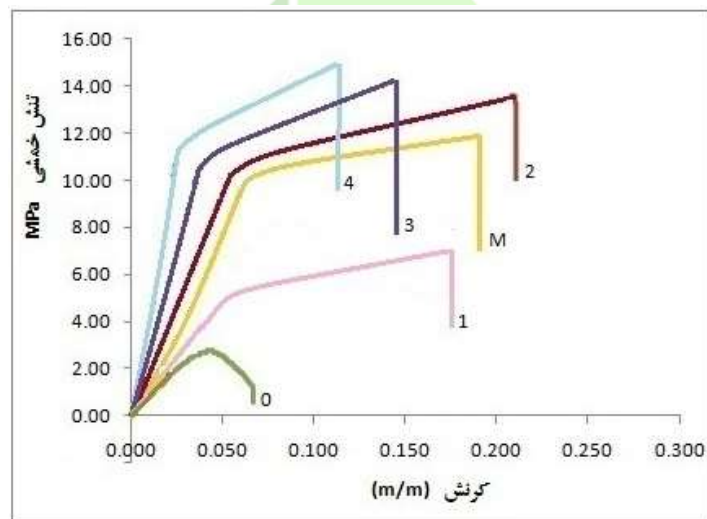
## نتایج و بحث

### نتایج تحکیم‌دهی زیست پلاستیک‌ها

در این پژوهش زیست پلاستیک‌های تهیه شده با درصدهای مختلف از الیاف خرما تحکیم داده شد. فرآیند تحکیم‌دهی، به صورت موازی و هم‌جهت با جریان کشش در سطوح ۱٪، ۲٪، ۳٪، ۴٪ و همچنین ۱٪ وزنی الیاف شبکه‌ای (M) انجام شد. شکل ۱، نمودار تنش- کرنش در حالت کشش را در زیست پلاستیک‌های تحکیم یافته با درصدهای مختلف از الیاف خرما نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱، با افزایش میزان الیاف، استحکام کششی، مدول کششی و درصد افزایش طول، افزایش می‌یابند. در نمودار تنش- کرنش، پس از رسیدن تنش به حالت بیشینه، با افزایش میزان کرنش یک ناحیه‌ی شیب‌دار قبل از شکست پدید آمده است. این ناحیه، مربوط به پل زدن الیاف در دو لبه‌ی ترک‌های ایجاد شده در ماده‌ی پلیمری زمینه است.

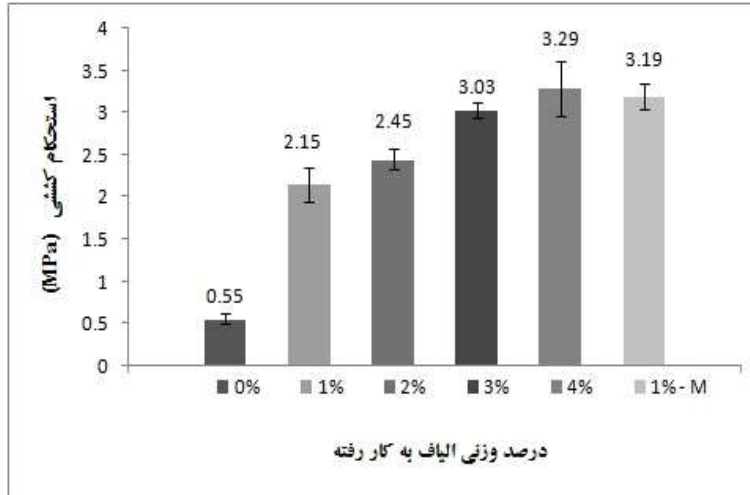


شکل ۱- نمودار تنش- کرنش در حالت کشش در درصدهای مختلف تحکیم‌دهی با الیاف خرما

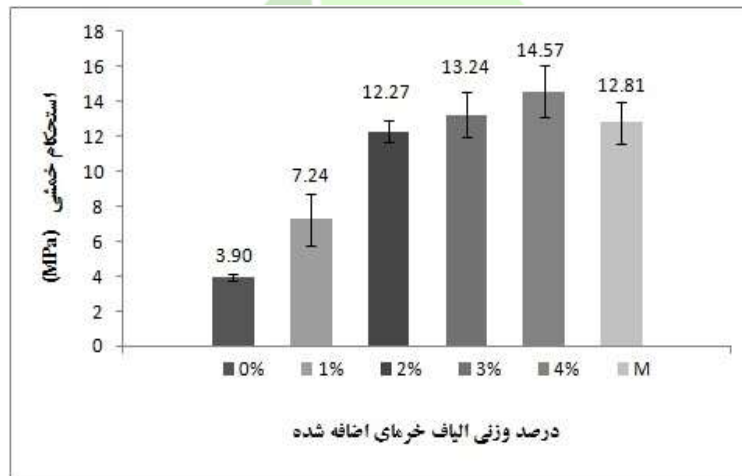


شکل ۲- نمودار تنش- کرنش در حالت خمش در درصدهای مختلف تحکیم‌دهی با الیاف خرما

در شکل ۱، نمودار تنش-کرنش در حالت خمش را برای زیست پلاستیک‌های تحکیم یافته با الیاف خرما، نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، استحکام و مدول خمشی نیز روندی مانند حالت کشش دارند. در نمودار تنش-کرنش در حالت خمش، بر خلاف حالت کشش، ناحیه‌ی پل زدن الیاف، به صورت ناحیه‌ی خطی شیب‌دار قبل از رسیدن به بیشینه‌ی تنش خمشی ایجاد می‌شود. زیرا در حالت خمش، قسمتی از نمونه در حالت کشش و قسمتی دیگر در حالت فشار است.



شکل ۳- تغییرات استحکام کششی در درصدهای مختلف تحکیم‌دهی با الیاف خرما

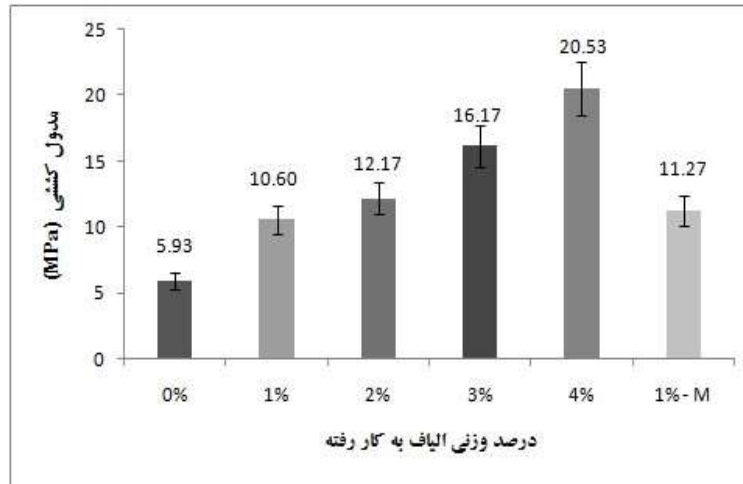


شکل ۴- تغییرات استحکام خمشی در درصدهای مختلف تحکیم‌دهی با الیاف خرما

شکل ۳ و ۴، به ترتیب نمودار ستونی تغییرات استحکام کششی و خمشی را در زیست پلاستیک‌های تحکیم یافته با درصدهای مختلف از الیاف خرما نشان می‌دهد. با توجه نتایج، استحکام کششی و خمشی با افزایش درصد الیاف استفاده شده، افزایش می‌یابد. بیشترین استحکام کششی و خمشی در حالت اضافه کردن ۴٪ وزنی الیاف مشاهده شد. نتایج همچنین نشان داد با اضافه کردن ۱٪ وزنی الیاف خرما به صورت موازی، میزان استحکام کششی ۳/۹ برابر و استحکام خمشی ۱/۸ برابر نسبت به حالت بدون الیاف افزایش می‌یابد. با افزایش درصد وزنی الیاف خرما به بیش از ۱٪، استحکام کششی و خمشی باز هم افزایش می‌یابد اما اختلاف معنی‌داری در سطح معنی دار ۵٪ بین ۱٪ وزنی با ۲٪ وزنی و همچنین ۳٪ وزنی با ۴٪ وزنی الیاف، مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج همچنین نشان داد استفاده از ۱٪ وزنی الیاف شبکه‌ای، میزان استحکام کششی و خمشی را بیش از ۱٪ وزنی الیاف موازی، افزایش می‌دهد به طوریکه میزان استحکام کششی و خمشی در حالت اضافه کردن الیاف شبکه‌ای به ترتیب ۳/۱۹ MPa و ۱۲/۸۱

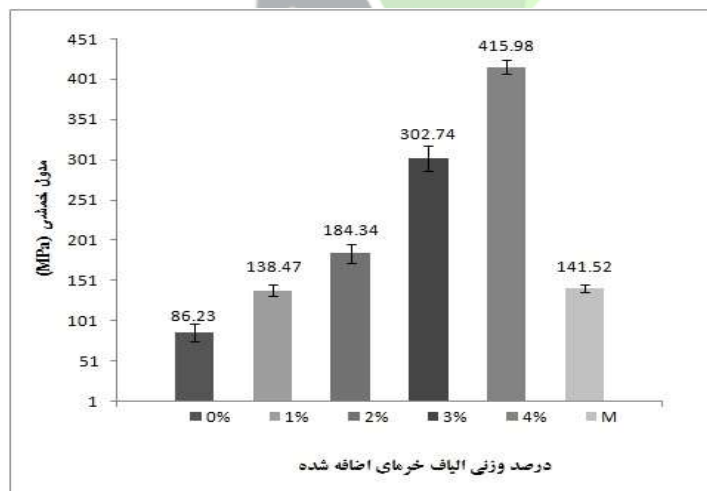


مشاهده شد؛ در حالیکه استحکام کششی و خمشی در حالت اضافه کردن ۱٪ وزنی الیاف خرما به صورت موازی،  $2/15$  MPa و  $7/24$  مشاهده شد. نتایج آزمون مقایسه‌ی میانگین‌ها به روش توکی نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح معنی دار ۵٪ بین ۱٪ وزنی الیاف شبکه‌ای با ۳ و ۴٪ الیاف موازی وجود ندارد.



شکل ۵- تغییرات مدول کششی در زیست پلاستیک‌های تحکیم یافته با درصدهای مختلف از الیاف خرما

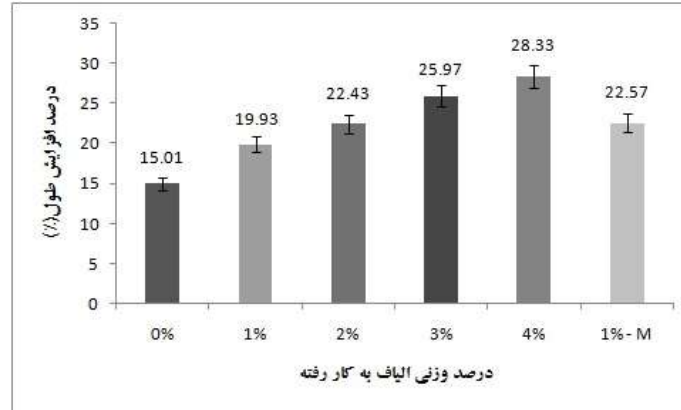
در شکل ۵ و ۶ به ترتیب نمودار ستونی مدول کششی و خمشی را در زیست پلاستیک‌های تحکیم یافته با درصدهای مختلف از الیاف خرما نشان داده شده است. با توجه به دو شکل ۲۳ و ۲۴، با افزایش درصد وزنی الیاف اضافه شده، مدول کششی و خمشی افزایش می‌یابد؛ به طوری که با افزایش میزان الیاف اضافه شده به ۴٪ وزنی، مدول کششی  $3/5$  برابر و مدول خمشی  $4/8$  برابر نسبت به حالت بدون الیاف، افزایش می‌یابد. نتایج آزمون مقایسه‌ی میانگین‌های مدول کششی و خمشی برای تیمارهای مختلف از اضافه کردن الیاف خرما، در ستون چهارم و پنجم از جدول ۳ آمده است.



شکل ۶- تغییرات مدول خمشی در زیست پلاستیک‌های تحکیم یافته با درصدهای مختلف از الیاف خرما

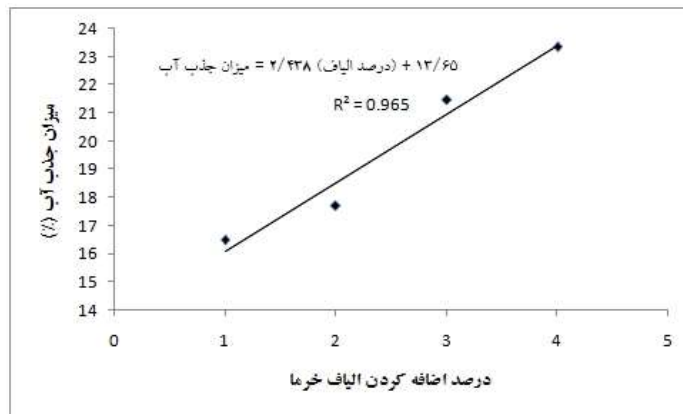


شکل ۷، نمودار ستونی تغییرات افزایش طول را با تغییر اضافه کردن درصد وزنی الیاف، نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲۵، با افزایش درصد وزنی الیاف اضافه شده، درصد افزایش طول افزایش می‌یابد به طوری که زیست پلاستیک‌های تحکیم یافته با ۴٪ وزنی الیاف خرما، دارای افزایش طولی معادل ۲۸/۳۳٪ می‌باشند که نسبت به حالت بدون الیاف، ۱۲/۶٪ افزایش یافته است. نتایج آزمون مقایسه‌ی میانگین‌ها به روش توکی (ستون ششم از جدول ۳) نشان داد به جز تیمار ۱٪ وزنی الیاف موازی با ۱٪ وزنی الیاف شبکه‌ای، بین بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح معنی‌دار ۵٪ وجود دارد.



شکل ۷- تغییرات درصد افزایش طول در زیست پلاستیک‌های تحکیم یافته با درصدهای مختلف از الیاف خرما

شکل ۸، نمودار تغییرات میزان جذب آب را با تغییر درصد وزنی الیاف اضافه شده در زیست پلاستیک‌های تحکیم یافته با الیاف خرما نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲۶، با افزایش درصد وزنی الیاف استفاده شده، میزان جذب آب افزایش می‌یابد. بیشترین درصد جذب آب برای زیست پلاستیک‌های با ۴٪ وزنی الیاف و به میزان ۲۳/۳۶٪ و کمترین درصد جذب آب برای حالت ۱٪ وزنی الیاف موازی و به میزان ۱۶/۴۷٪ مشاهده شد. همچنین درصد جذب آب زیست پلاستیک‌های تحکیم یافته با ۱٪ وزنی الیاف شبکه‌ای، ۱۶/۹۰٪ مشاهده شد که نتایج آزمون توکی نشان داد این تیمار اختلاف معنی‌داری در سطح معنی‌دار ۵٪ با حالت ۱٪ وزنی الیاف موازی ندارد.



شکل ۸- تغییرات میزان جذب آب با افزایش درصد وزنی الیاف در زیست پلاستیک‌های تحکیم یافته با الیاف خرما

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های هر تیمار با آزمون توکی برای میانگین تیمارهای مختلف اضافه کردن الیاف خرما

تیمار	استحکام کششی	استحکام خمشی	مدول کششی	مدول خمشی	درصد طول	افزایش	میزان جذب آب
بدون الیاف	a	a	a	a	a	a	a
۱٪ الیاف موازی	b	b	b	b	b	b	b
۲٪ الیاف موازی	b	b	c	c	c	bd	bd
۳٪ الیاف موازی	c	c	d	d	d	dc	dc
۴٪ الیاف موازی	c	c	e	e	e	c	c
۱٪ الیاف شبکه ای	c	c	bc	b	b	bd	bd

حروف غیر مشترک در ستون‌های هر نوع پلاستیک نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها است ( $p < 0.05$ ).

در ستون ششم افزایش طول مربوط به آزمون کشش است.

### نتیجه‌گیری

نتایج تحکیم‌دهی زیست پلاستیک‌ها با الیاف خرما نشان داد که با افزایش درصد وزنی الیاف از ۱ به ۴٪ وزنی، کلیه‌ی پارامترهای مکانیکی و همچنین جذب نمونه‌ها افزایش یافت، به طوری که با افزایش میزان الیاف اضافه شده به ۴٪ وزنی، استحکام کششی ۶ برابر و استحکام خمشی ۳/۷ برابر نسبت به حالت بدون الیاف، افزایش یافت. در مطالعه‌ی حاضر اضافه کردن الیاف به میزان بیش از ۴٪ وزنی به دلیل افزایش حجم اشغال شده توسط الیاف، امکان‌پذیر نبوده و مشکل از هم پاشیده شدن نمونه‌ها در هنگام قالب‌گیری به وجود آمد.

## منابع

1. 1- Almasi, H., Ghanbarzadeh, B., & Entezami, A. A. (2009). Preparation and study of physical properties of starch CMC biodegradable composite film containing montmorillonite nanoparticles. *Iranian Polymer Science and Technology*: 225-232.
2. 2- Anonymous, ASTM International. (2002). Standard test for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials. *Annual book of ASTM standards*, 146-151.
3. 3- Gaspar, M., Benko, Z., Dogossy, G., Reczey, K., & Czigany T. (2005). Reducing water absorption in compostable starch-based plastics. *Polymer Degradation Stabability*: 563-569.
4. 4- Ghafarzadeh, H., & Ghazanfari, A. (2010). Comparing Four Methods for Purifying Date Fibers for Reinforcement Purposes in Biocomposites, *Separate Science and Engineering 2*: 105-114.
5. 5- Gomez-Martinez, D., Barneto, A. G., Martinez, I., & Partal, P. (2011). Modelling of pyrolysis and combustion of gluten-glycerol based bioplastics, *Bioresource Technology*, 102:6246-6253.
6. 6- Gonzalez, G. J., Partal, P., Garcia, M. M., & Gallegos, C. (2010). Effect of processing on the viscoelastic; tensile and optical properties of albumen/starch-based bioplastics. *carbohydrate polymer*: 2007-2039.
7. 7- Ochi, S. (2006). Development of high strength biodegradable composites using Manila hemp fiber and starch-based biodegradable resin. *Composite*: 1879-1883.
8. [1] Salmoral, E. M., Gonzalez, M. E., & Mariscal M. P. (2000). Biodegradable plastic made from bean products. *Industrial Crops and Production*: 217-225.
9. 9- Salmoral, E. M., Gonzalez, M. E., Mariscal, M. P., & Medina, L. F. (2000). Comparison of chickpea and soy protein isolate and whole flour as biodegradable plastics. *Industrial Crops and Production*: 227-236.
10. 10- Shakeri, A. R., & Omidvar, A. (2005). Investigation on the Effect of Type, Quantity and Size of Straw Particles on the Mechanical Properties of Crops Straw-High Density Polyethylene Composites. *Iranian Polymer Science and Technology*. 19: 301-308.
11. 11- Singh, S., & Mohanty, A. K. (2007). Wood fiber reinforced bacterial bioplastic composites: Fabrication and performance evaluation. *Composite Science and Technology*: 1753-1763.
12. 12- Sorrentino, A., Gorrasi, G., & Vittoria, V. (2007). Potential perspectives of bio nanocomposites for food packaging applications. *Trends in Food Science and Technology*: 84-95.
13. 13- Tummala, P., Liu, W., Drzal, L. T., Mohanty, A. K., & Misra, M. (2006). Influence of plasticizers on thermal and mechanical properties and morphology of soy-based bioplastics. *Industrial Engineering Chemistry Research*: 7491-7496.