بررسی اثر اضافه کردن اسید استیک بر برخی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بیوپلاستیک-های تهیه شده از ضایعات آرد گندم

حسام عمرانی فرد[۱]* و احمد غضنفری مقدم[۲]

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار بخش مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی- دانشگاه شهید باهنر کرمان

* نویسنده مسئول : omrani.uk@gmail.com

چکیده

تولید پلیمرهای تجدید شونده با بهره گیری از مواد کشاورزی، اخیراً مورد توجه دانشمندان قرار گرفته که می تواند به مقدار زیادی مشکلات زیست محیطی را کاهش دهد. در این پژوهش، به منظور تهیه پلاستیک زیست تخریب پذیر با استفاده از آرد گندم، ابتدا آرد گندم با درصدهای مختلفِ اسید استیک مخلوط و سپس برای روان سازی خمیر حاصل به مخلوط، میزان ۲۰٪ وزنی گلیسرول اضافه گردید. به منظور بررسی تأثیر میزان اسید استیک به عنوان پلاستی سایزر کمکی در خصوصیات کششی بیوپلاستیک های ساخته شده از نشاسته ی گندم و گلیسرول به عنوان پلاستی سایزر اصلی، آزمایش‌هایی در قالب طرح کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل اضافه کردن ۵ سطح اسید استیک (۰٪، ۲٪، ۴٪، ۶٪، ۸٪ وزنی) به مخلوط نشاسته گندم و ۲۰٪ وزنی گلیسرول بود. بعد از مخلوط کردن کامل اجزاء، نمونه هایی با ابعاد ۵×۳۰×۱۸۰ mm با استفاده از فرآیند قالب گیری فشاری تحت فشار ۱۰ MPa و دمای ۱۲۰ °C به مدت ۷ min تهیه شد. پس از قالب گیری، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگهداری و سپس تست‌های مکانیکی و جذب آب، بر روی آنها انجام شد. نتایج نشان داد که در حالت اضافه کردن ۶٪ وزنی اسید استیک، بیشترین استحکام کششی و خمشی حاصل می شود.

کلمات کلیدی: نشاسته، بیوپلاستیک، پلاستی سایزر، اسید استیک، قالب‌گیری فشاری

مقدمه

در سال‌های اخیر، بسیاری از محققین به دنبال تولید پلاستیک‌هایی با منشأ گیاهی می‌باشند که این پلاستیک‌ها، از منابع قابل تجدید ساخته شده و می‌توانند مشکلات آلودگی محیط زیست را به میزان زیادی کاهش دهند. وجود دو مشخصه در ساختار پلاستیک‌ها، منجر می‌شود که در دسته‌ی بیوپلاستیک‌ها در نظر گرفته شوند. نخست تولید شدن از منابع گیاهی و دوم زیست تخریب‌پذیر بودن. بر این اساس در حالت کلی سه دسته بیوپلاستیک وجود دارد. الف- پلاستیک‌های با منشأ گیاهی و زیست تخریب‌پذیر، ب- پلاستیک‌های با منشأ گیاهی و زیست تخریب ناپذیر و ج- پلاستیک‌های با منشأ نفتی و زیست تخریب‌پذیر. بیوپلاستیک‌های با منشأ گیاهی، مواد پلیمری هستند که از گیاهان به دست می‌آیند. یکی از این پلیمرها، نشاسته می‌باشد که می-توان آن را به صورت مستقیم از گیاهانی مثل گندم، سیب زمینی و حبوبات استخراج نمود. پلاستیک‌های بدست آمده از نشاسته، با

نام بیوپلاستیک‌های نشاسته‌ای معروف هستند. در ساخت محصولات بیوپلاستیکی از نشاسته، از یک ماده‌ی روان کننده[1] استفاده می‌شود تا باعث کاهش نیروهای بین مولکولی شده و به نشاسته قابلیت شکل پذیری بخشد [۱]. انواع مواد روان کننده که در ساخت بیوپلاستیک‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند، می‌توان به گلیسرول، ۱و۲- بوتان دیول، ۱و۳- بوتان دیول، پلی (اتیلن گلیسرول) اشاره کرد. همچنین از صمغ گیاه سورگوم و سوربیتول نیز به عنوان روان‌کننده استفاده شده است [۲]. تحقیقات نشان می‌دهد نوع ماده‌ی روان کننده باعث تغییر خصوصیات مکانیکی و حرارتی بیوپلاستیک‌ها می‌شود. تومالا و همکاران [۲] در پژوهشی با موضوع بررسی تأثیر نوع ماده روان کننده در خواص مکانیکی، حرارتی و مورفولوژیکی بیوپلاستیک‌های ساخته شده از سویا، از دو ماده‌ی گلیسرول و سوربیتول به عنوان ماده‌ی روان کننده استفاده کردند و نشان دادند که بیوپلاستیک‌های تهیه شده از سوربیتول، مقاومت مکانیکی و حرارتی بالاتری از خود نشان می‌دهند.

برای بهبود خصوصیات مکانیکی بیوپلاستیک‌ها، مواد مختلفی به آن‌ها اضافه می‌شود. از جمله الماسی و همکاران [۳] در پژوهشی فیلم زیست نانوکامپوزیت جدید اصلاح شده با سیتریک اسید- کربوکسی متیل سلولز- مونت موریلونیت را به روش ریخته‌گری تولید کرده و 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. گاسپار و همکاران [۴] به منظور ساخت بیوپلاستیک، از نشاسته ذرت به همراه روان کننده گلیسرول استفاده کردند و اثر افزودن زئین و پلی‌کاپرولاکتان را روی خصوصیات مکانیکی، جذب آب و تجزیه پذیری پلاستیک‌های حاصل، بررسی کردند. نتایج نشان داد اضافه کردن زئین و پلی‌کاپرولاکتان باعث بهبود خصوصیات مکانیکی بیوپلاستیک می‌شود اما پلی‌کاپرولاکتان تجزیه پذیری پلاستیک‌های حاصل را کاهش می‌دهد.

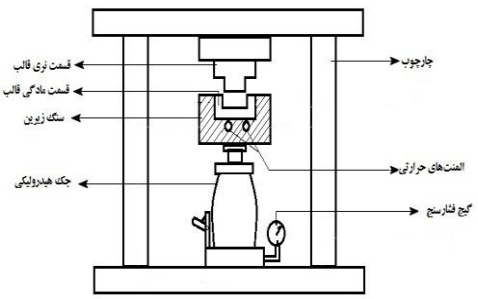
پژوهش حاضر، با هدف بررسی اثر اضافه کردن اسید استیک، بر برخی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بیوپلاستیک‌های تهیه شده از آرد گندم و ۲۰٪ وزنی گلیسرول انجام شده است.

مواد و روش‌ها

آرد گندم مورد نیاز از ضایعات یک کارخانه‌ی آرد تهیه شد و به منظور کاهش رطوبت، آرد را به مدت ۴۸ ساعت در آونی با دمای ۵۰±۳°C گذاشته و سپس آرد خشک در یک کیسه‌ی پلاستیکی قرار داده شد و تا زمان تولید نمونه، در یخچال نگهداری شد. آرد خشک در آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفت. درصد مواد تشکیل دهنده‌ی این آرد عبارت بود از ۷۴٪ نشاسته، ۱۵٪ پروتئین، ۲٪ چربی، ۱٪ سبوس و ۸٪ مواد معدنی.

اسید استیک و گلیسرول مورد استفاده شده در این پژوهش ساخت شرکت آرمان سینا، تهران، بود. در این پژوهش از گلیسرول با نقطه‌ی جوش ۲۹۰°C و گرانروی ۱/۴۱۲ Pa.s به عنوان ماده‌ی روان کننده استفاده شد.

ساخت نمونه‌های بیوپلاستیک



شکل ۱. دستگاه پرس استفاده شده جهت تولید نمونه‌های پلاستیک

برای ساخت نمونه‌های بیوپلاستیک، ابتدا آرد گندم با ۲۰٪ وزنی گلیسرول مخلوط و سپس درصدهای وزنی مختلف اسید استیک (w/w)۲٪ به آن اضافه شد و به صورت دستی کاملاً مخلوط شد تا مخلوط یکنواختی به دست آید. سپس مواد به داخل قالب پیش گرم شده ریخته شد و زیر دستگاه پرس تحت فشار ۱۰ MPa و دمای ۱۲۰°C، به مدت ۷ دقیقه قرار داده شد و نمونه‌هایی با ابعاد ۱۸۰×۳۰×۵ mm تهیه شد. شکل ۱، دستگاه پرس و قالب مورد استفاده جهت تولید نمونه‌های بیوپلاستیک را نشان می-دهد. کنترل دمای قالب به وسیله‌ی یک گرمکن الکتریکی بطور اتوماتیک انجام شد. پس از خارج کردن نمونه‌ها از داخل قالب، آن‌ها را به مدت ۷۲ ساعت در دمای محیط نگهداری کرده و سپس آزمون کشش و جذب آب بر روی نمونه ها انجام گرفت.

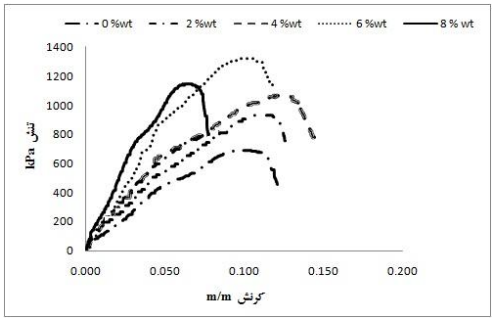
بررسی تأثیر درصد وزنی اسید استیک بر برخی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بیوپلاستیک

به منظور بررسی تأثیر درصد وزنی اسید استیک بر برخی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بیوپلاستیک‌های تهیه شده از آرد گندم، آزمایش‌هایی در قالب طرح کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل ۵ سطح (۰٪، ۲٪، ۴٪، ۶٪ و ۸٪ وزنی) اضافه کردن اسید استیک (w/w) ۲٪ به مخلوط آرد گندم و ۲۰٪ وزنی گلیسرول بود.

برای آزمون کشش از دستگاه تست کشش (ساخت شرکت جاوا مکاترونیک، مشهد) استفاده شد. این تست به منظور اندازه گیری استحکام کششی، مدول الاستیک (مدول یانگ) و درصد افزایش طول و بر طبق استاندارد ASTM D-638، با سرعت mm/min ۵ انجام شد. بیشینه تنش ثبت شده در نمودار تنش-کرنش، به عنوان استحکام کششی و درصد تغییر طول در نقطه‌ی شکست به عنوان درصد افزایش طول معرفی شد. مدول الاستیک نیز از شیب رگرسیون مجموعه نقاط ثبت شده در ناحیه‌ی خطی نمودار تنش-کرنش به دست آمد. برای آزمون خمش از دو تکیه‌گاه استفاده شد. این تست به منظور اندازه گیری استحکام و مدول خمشی انجام شد. فاصله دو تکیه‌گاه ۱۰۰ mm بود. اعمال نیروی فشاری، به مرکز نمونه‌ها و به وسیله‌ی یک میله‌ی فشارنده با نوک گرد به قطر ۴/۵۶ mm انجام شد. اعمال نیرو با دستگاه تست تنش-کرنش با سرعت ۵ mm/min و بر طبق استاندارد ASTM D-790-02 انجام شد. برای آزمون جذب آب، ۳ نمونه با حجم، جرم و سطح مشابه برای هرکدام از تیمارها تهیه شد. این آزمون مطابق استاندارد ASTM D 570 95 (ASTM, 1995) انجام شد. نمونه ها به مدت ۲۴h در دمای ۵۰±۳°C نگهداری و پس از سرد شدن، جرمشان اندازه گیری شد. سپس به مدت ۲h در آب مقطر با دمای ۲۳±۲°C نگهداری و پس از آن وزن شدند. از آنجا که ممکن است بر اثر قرارگرفتن در داخل آب، قسمتی از جرم نمونه‌ها در آب حل شود، به این منظور نمونه‌ها دوباره به مدت ۲۴h در آون با دمای ۵۰±۳°C قرار داده شد. تفاضل جرم نمونه‌ها پس از گذشت این زمان از جرم اولیه‌ی نمونه-ها، میزان حل شدن هر نمونه در داخل آب را نشان می‌دهد. به این ترتیب میزان جذب آب محاسبه و بدست آمد.

نتایج

در شکل ۲، نمودار تنش- کرنش نمونه‌های بیوپلاستیک با درصدهای مختلف اسید استیک نشان داده شده است. با توجه به شکل ۲، با افزایش درصد وزنی اسید استیک اضافه شده، مدول



شکل۲. نمودار تنش- کرنش نمونه‌های بیوپلاستیک با درصدهای مختلف اسید استیک

کششی افزایش می‌یابد اما استحکام کششی و درصد افزایش طول ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

در جدول ۱، نتایج آزمون‌های مکانیکی کشش و خمش، نشان داده شده است. با توجه به ستون دوم، سوم و پنجم از جدول ۱، با افزایش درصد اسید استیک، درصد افزایش طول، استحکام کششی و استحکام خمشی، ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. اسید استیک باعث شکستن شاخه‌های نشاسته و هیدرولیز آن به قندهای کوچکتر می‌شود. در درصدهای پایین اضافه کردن اسید، شاخه‌های شکسته شده، در اثر فشار و حرارت به شاخه‌های بلندتر باقیمانده چسبیده و باعث افزایش طول شاخه‌های پلیمری و در نتیجه افزایش استحکام کششی و خمشی می‌شود. اما با افزایش میزان اسید به بیش از ۶٪، تعداد قندهای با شاخه‌ی بلند کاهش یافته و در نتیجه استحکام کششی و خمشی کاهش می‌یابد. بیشترین استحکام کششی و خمشی مربوط به اضافه کردن ۶٪ وزنی اسید استیک مشاهده شد. با توجه به ستون هفتم از جدول ۲، با اضافه کردن اسید استیک، تأثیر معنی داری در میزان جذب آب مشاهده نشد.

با توجه به ستون چهارم و ششم از جدول ۱، با افزایش درصد اسید استیک از ۰٪ به ۸٪ وزنی، مدول کششی ۱/۷ برابر و مدول خمشی دو برابر افزایش می‌یابد.

درصد وزنی افزودن اسید استیک	درصد افزایش طول (٪)	استحکام کششی kPa	مدول کششی MPa	استحکام خمشی MPa	مدول خمشی MPa	درصد جذب آب (٪)
٪۰	۱۲/۱	۶۸۷^{a}	۹/۲^{a}	۱۰^{a}	۳۳۷^{a}	۲۰/۷^{a}
٪۲	۱۲/۶	۹۳۴^{ab}	۱۳/۷^{ab}	۱۱^{ab}	۴۱۳^{ab}	۲۲/۶^{a}
٪۴	۱۴/۹	۱۰۸۴^{b}	۱۴/۶^{a}	۱۲^{b}	۴۴۹^{b}	۲۴/۹^{a}
٪۶	۱۱/۸	۱۳۲۰^{b}	۱۷/۱^{ab}	۱۵^{c}	۵۳۴^{c}	۲۱/۲^{a}
٪۸	۷/۷	۱۱۴۴^{a}	۲۱/۹^{b}	۱۴^{c}	۷۱۹^{d}	۲۳/۲^{a}

جدول ۱. نتایج آزمون‌های مکانیکی و جذب آب و مقایسه میانگین‌های هر تیمار با آزمون توکی

^{a,b,c} تیمارهای دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

نتیجه گیری

در این پژوهش اثر اضافه کردن اسید استیک بر برخی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بیوپلاستیک‌های تهیه شده از آرد گندم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش درصد وزنی اسید استیک، استحکام کششی و خمشی و درصد افزایش طول ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. بیشترین استحکام کششی و خمشی در حالت اضافه کردن ۶٪ وزنی اسید استیک و به ترتیب kPa ۱۳۲۰ و MPa ۱۵ مشاهده شد. همچنین با افزایش درصد اسید استیک اضافه شده، مدول کششی و خمشی افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد اضافه کردن اسید استیک، تأثیر معنی داری در میزان جذب آب ندارد.

منابع

1. Gonzalez G. J., Partal P., Garcia M. M., Gallegos C., Effect of processing on the viscoelastic; tensile and optical properties of albumen/starch-based bioplastics, *carbpol*., **11**.040, 2010.
2. Tummala P., Liu W., Drzal L. T, Mohanty A. K, Misra M., Influence of plasticizers on thermal and mechanical properties and morphology of soy-based bioplastics, *Ind. Eng. Chem. Res*., **45**:7491-7496, 2006.
3. Almasi H., Ghanbarzadeh B., Entezami A.A., Preparation and study of physical properties of starch CMC biodegradable composite film containing montmorillonite nanoparticles, *Iranian. Polym. Sci. & Tech.*, ***22****:*225-232, 2009.
4. Gaspar M., Benko Zs., Dogossy G., Reczey K., Czigany T., Reducing water absorption in compostable starch-based plastics, *Polym. Degrad. Stabil*., **90**:563–569, 2005.

The effect of adding acetic acid on some physical and mechanical properties of wheat flour based Bioplastic

Abstract

During the past two decades the use of biopolymer as a suitable alternative for petroleum based plastics has attracted many researchers, that can greatly reduce environmental problems. In this research, the effect of acetic acid as auxiliary Plasticizer on physical and mechanical properties of wheat starch based Bioplastic was tested in a randomized complete block design with three replications. Treatments include acetic acid, add 5 levels (0%, 2%, 4%, 6%, 8% by weight) mixture of wheat starch and glycerol was 20% by weight. After complete mixing of components, specimens were made with dimensions 180×30×5 mm using a compression molding process. Complete molding of the specimens took place at 10 MPa at a temperature of 120°C, for 7 min. After molding, the samples stored at room temperature for 24 hours and then mechanical and water uptake test was performed on them. Results showed that the addition of 6%wt acetic acid has the highest tensile and flexural strength.

Keyword: Starch, bioplastic, plasticizer, acetic acid, compression molding