

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری
STES



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی
بین المللی و
ترند های جستجو

سنتز و شناسایی کوپلیمر پلی اتیلن ترفتالات - کو - ایزوفتالات

قاسم بنی خلف^۱، مهدی رفیع زاده^۲، فرامرز افشار طارمی^۳، علی کشاورزبان^۴

دانشکده مهندسی پلیمر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران صندوق پستی ۴۴۱۳ - ۱۵۸۱۷۵

arash_ploymer@aut.ac.ir

چکیده

کوپلیمریزاسیون به عنوان موثرترین روش جهت اصلاح اثرات نامطلوب کریستالیتی بالا برای پلی اتیلن ترفتالات (PET) همواره مورد توجه بوده است. ایزوفتالیک اسید (IPA) از جمله مهمترین کومونومرهای است که به منظور اصلاح خواص PET مورد استفاده قرار می گیرد. در این تحقیق با استحصال شرایط بهینه سنتز، نمونه هایی از کوپلیمرهای پلی اتیلن ترفتالات - کو - ایزوفتالات (PEIT) با ترکیب درصدهای مختلف از کومونومر سنتز گردید. اثر ترکیب درصد کومونومر بر روی وزن مولکولی و خواص حرارتی نمونه های سنتز شده مورد توجه قرار گرفت. اندازه گیری ویسکوزیته ذاتی نمونه های سنتز شده بیانگر پیشرفت مطلوب فرایند کوپلیمریزاسیون بود. برای شناسایی ساختار کوپلیمرها از آزمون H-NMR و برای بررسی توزیع توالی گروه های مونومری از آزمون C-NMR استفاده شد. نتایج حاصل بیانگر دستیابی به کوپلیمرهایی با توزیع توالی مختلف از کوپلیمرهای دسته ای تا کوپلیمرهای تصادفی بود. در نهایت خواص دمایی کوپلیمر حاصل توسط DSC اندازه گیری و ارزیابی شد و تغییرات Tg و Tm بر حسب ترکیب درصد IPA ارزیابی شد.

واژه های کلیدی: کوپلیمریزاسیون، پلی اتیلن ترفتالات، ایزوفتالیک اسید، استریفیکاسیون.

۱- مقدمه:

پلی اتیلن ترفتالات (PET) معروف ترین و پرمصرف ترین پلی استر ترموپلاستیک خطی است. این پلیمر دارای خواص پایه ویژه ای بوده که در صنایع مختلف مورد استفاده واقع شده است [۱]. شفافیت، خواص مکانیکی، رنگ پذیری، پایداری ابعادی و خاصیت barrier در برابر گازها از جمله ویژگی های قابل کنترلی هستند، که بسته به کاربرد قطعه نهایی می توان آنها را در PET

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی پلیمر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲- دانشیار دانشکده مهندسی پلیمر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۳- استاد دانشکده مهندسی پلیمر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی پلیمر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ایجاد نمود. این پلیمر در برابر حرارت، روغن‌های معدنی، حلال‌ها و اسیدها مقاوم می‌باشد [۴]. با وجود اینکه PET خواص عمومی عالی و مطلوبی دارد، تمایل به کریستالیزاسیون سریع و دمای ذوب (Tm) و انتقال شیشه‌ای (Tg) چسبندگی کم به سطوح فلزی و قابلیت انحلال ضعیف در حلالها به دلیل کریستالیتی بالای این پلی‌استر برخی کاربردهای آن را محدود می‌کند [۱]. با گسترش کاربردهای مواد بر پایه PET، خواص و رفتارهای جدیدی از این ماده مورد انتظار بوده که با تغییر شرایط فرایند، وزن مولکولی، افزودن افزودنیها و یا کوپلیمریزاسیون با مونومر دیگر و ورود آن به زنجیره اصلی PET و یا آلیاژسازی می‌توان برآورده نمود [۴]. کوپلیمریزاسیون با یک دی‌اسید دیگر مثل ایزوفتالیک اسید یک روش مناسب جهت تغییر قابلیت کریستالیزاسیون و خواص حرارتی PET می‌باشد [۱]. البته استفاده از این کومونومر باید به میزانی باشد که خواص مطلوب ماده مادر، PET، را تضعیف نکند [۴].

کوپلیمرهای PET با ایزوفتالیک اسید به دلیل اهمیت صنعتی، بسیار مورد بررسی قرار گرفته‌اند. حضور این کومونومر باعث کاهش کریستالیزاسیون در PET می‌شود [۵]. یکی از مهمترین اثرات حضور این کومونومر کاهش عبورپذیری گازهای اکسیژن و دی‌اکسید کربن از کوپلی‌استر است [۶]. این کوپلی‌استر عموماً با ترانس‌استریفیکاسیون دی‌متیل‌ترفتالات (DMT) و دی‌متیل‌ایزوفتالات (DMI) با EG و پلیمریزاسیون در حضور کاتالیست سنتز می‌شود. ولی این روش امروزه به دلیل عدم دسترسی به DMT و مقدار اضافی کاتالیست و همچنین صرف هزینه اضافی، منسوخ گردیده است. در این تحقیق، کوپلیمر طی یک فرایند دو مرحله‌ای شامل استریفیکاسیون مستقیم TPA و IPA با EG و پلیمریزاسیون در حضور کاتالیست Sb_2O_3 سنتز می‌شود و کوپلیمرهایی با وزن ملکولی بالا بدست می‌آید. این کوپلیمر در تهیه فیلم‌های بسته‌بندی با قابلیت جمع شدن و فیلمهایی که عایق حرارتی هستند برای کشیدن بروی سطوح فلزی و ورقه‌های سرامیکی و فیلمهای با شفافیت بالا و عبورپذیری کم و بطریهای نوشیدنی با خواص (عبورناپذیری) barrier خیلی عالی و... کاربرد دارد.

۲- آزمایشات

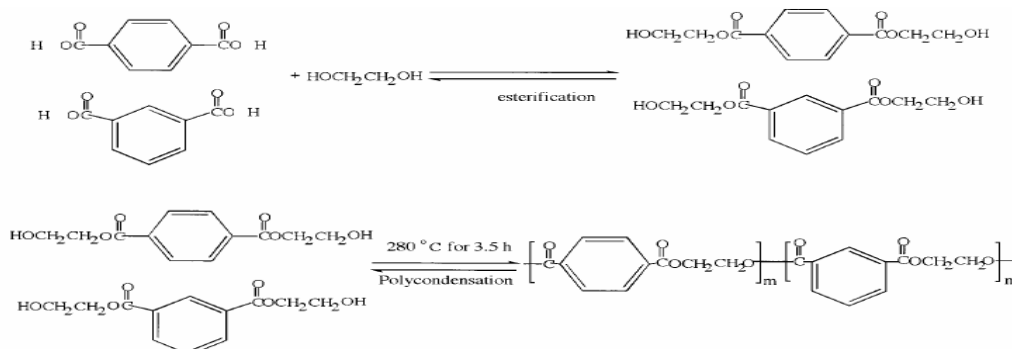
۲-۱- مواد

اسید ترفتالیک (TPA) و اتیلن گلایکول (EG) و اسید ایزوفتالیک (IPA) مورد استفاده از پتروشیمی تندگوین تهیه شدند، و کاتالیست مورد استفاده جهت پلی‌کندانساسیون، اکسید آنتیموان (Sb_2O_3) بوده که از شرکت Merck خریداری شد. حلال مورد استفاده جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته، دی‌کلرواستیک اسید (DCA)

۲-۲- سنتز

کوپلیمر پلی اتیلن ترفتالات-کو-ایزوفتالات (PEIT) طی یک فرایند دو مرحله‌ای سنتز می‌شود. مرحله اول شامل استریفیکاسیون مستقیم TPA و IPA با ترکیب درصدهای مختلف از ۰٪ تا ۱۰٪ IPA با EG در یک راکتور استیل مجهز به کندانسور و سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی و همچنین سیستم اعمال فشار و پمپ خلاء و مجهز به همزن مغناطیسی در دمای ۲۴۰-۲۶۰ C و فشار ۴,۵ bar انجام می‌شود. این مرحله همراه با تولید آب بعنوان محصول جانبی می‌باشد که بطور پیوسته از سیستم خارج می‌شود. این مرحله تا زمان اتمام آب تولید شده ادامه می‌یابد. میزان آب خروجی بیانگر میزان پیشرفت واکنش استریفیکاسیون می‌باشد. این مرحله حدود ۳,۵ ساعت طول می‌کشد. در مرحله دوم کاتالیست آنتیموانی به مقدار ۲۴۵ ppm به راکتور اضافه می‌شود و دما حدود ۲۹۵-۲۸۰ °C می‌رسد. فشار راکتور به مقدار ۱-۰,۵ mbar برسد. در این مرحله EG به عنوان

محصول جانبی تولید شده و بوسیله خلاء اعمال شده، از سیستم خارج شده و بتدریج با خروج EG وزن ملکولی پلیمر بالا می‌رود. این مرحله نیز حدود ۴-۳٫۵ ساعت طول می‌کشد. فرایند بصورت شماتیک در شکل (۱) نشان داده شده‌است.



شکل ۱- نمای شماتیک فرایند سنتز PEIT

۳-۲- شناسایی

طیف‌های ^1H NMR و ^{13}C NMR توسط اسپکترومتر Bruker AVANCE 400 در ۴۰۰ MHz ضبط شده‌اند. پلی‌استر PET و کوپلی‌استرها در دی‌کلرواستیک اسید (DCA) حل شده و مقدار کمی هم کلروفرم دوتره به محلول افزوده شده تا دستگاه اسپکترومتر lock شود. مقدار ۲۰ و ۶۰ میلی‌گرم از نمونه‌ها در حلال حل شده و جهت ^1H NMR و ^{13}C NMR به ترتیب مورد استفاده قرار گرفتند.

ویسکوزیته ذاتی (IV) پلیمرها، با حل کردن پلی‌استرهای سنتز شده در دی‌کلرواستیک اسید و با استفاده از ویسکومتر آبلود در دمای $25 \pm 0/1^\circ\text{C}$ به دست می‌آید.

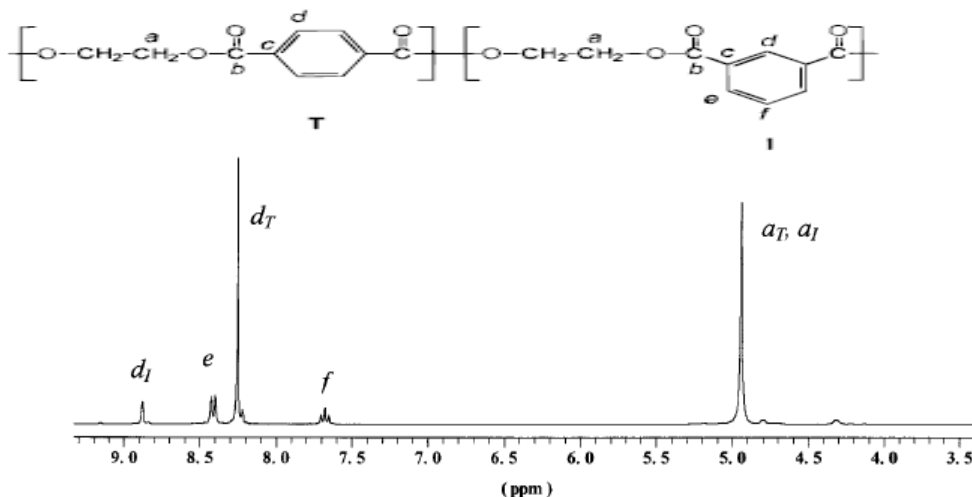
رفتار حرارتی پلیمرها توسط (DSC) با دستگاه مدل 822 $^\circ$ ساخت شرکت Mettler Toledo که توسط ایندیم کالیبره شده بود بررسی شد. داده‌های DSC از نمونه‌های ۴-۶ میلی‌گرم بعد از دو بار حرارت دادن و سرد کردن با سرعتی $10^\circ\text{C}/\text{min}$ و ۲۰ تحت جو نیتروژن به دست آمده‌اند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- سنتز

یک سری از کوپلیمرهای PEIT با ترکیب درصدی مختلف سنتز و شناسایی شدند. شرایط بهینه (دما، فشار، مقدار کاتالیست و نسبت مولی) جهت سنتز پلیمرها با جرم ملکولی بالا در نظر گرفته شد. میزان آب تولیدی در زمانهای مختلف، بیانگر میزان تبدیل منومرها خواهد بود. مشاهده می‌گردد که ترکیب درصدی بیشتر از ۱٫۳ سرعت واکنش استریفیکاسیون را بیشتر می‌کند اما ترکیب درصد ۱٫۳ در نهایت درجه تبدیل بالاتری را خواهد داشت. همچنین با افزایش دما تا 240°C سرعت و درصد تبدیل مواد افزایش یافت. اثر نسبت مولی منومرها بروی میزان پلیمر تولیدی نیز نشان داد که نسبت مولی ۱٫۳ بیشترین مقدار پلیمر را تولید می‌کند.

برای کوپلیمرهای سنتز شده، ترکیب درصد کومونومرها در زنجیر بوسیله H-NMR ارزیابی می‌شود. یک نمونه از گرافها برای کوپلیمر در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲- گراف HNMR برای کوپلیمر حاوی ۴۰٪ ایزوفتالیک اسید

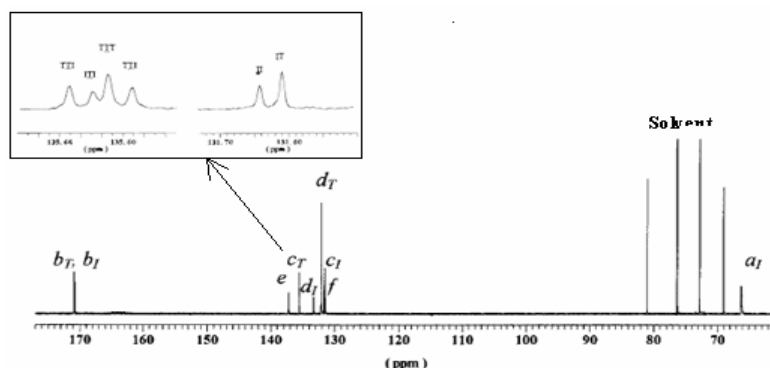
ترکیب درصد منومرهای TPA و IPA در خوراک و در استخوان‌بندی اصلی کوپلیمر سنتز شده بوسیله انتگرال‌گیری از سطح زیر پیک‌های مربوطه و مقدار شیمیایی آنها اندازه‌گیری می‌شود. که نتایج آن در جدول (۱) آورده شده است. ترکیب درصد منومرهای TPA و IPA در کوپلیمر توافق خیلی خوبی با میزان ترکیب درصد آنها در خوراک اولیه دارد، که این نتیجه نشان می‌دهد منومرهای TPA و IPA تقریباً واکنش‌پذیری مشابهی با EG در واکنش استریفیکاسیون دارند. وزن ملکولی هموپلیمر PET و کوپلیمرهای آن نیز بوسیله اندازه‌گیری IV و همچنین معادله مارک-هونیک برای هموپلیمر PET و PEI محاسبه و مقایسه شد.

جدول ۱- ترکیب درصد، ویسکوزیته ذاتی و متوسط وزن ملکولی برای PET و PEI و PET

Sample	Feed ratio (IPA/TPA)	Polyester composition (IPA/TPA)	$[\eta]$ (gr/dl)	M_w a	M_w b
PET	۰,۰/۱۰۰	۰,۰/۱۰۰	۰,۵۴۵	۳۶۰۰۰	۲۴۰۰۰
PET ₉₅ I ₅	۵,۰/۹۵	۵,۱/۹۴,۹	۰,۵۵۱	۳۷۰۰۰	۲۵۰۰۰
PET ₉₀ I ₁₀	۱۰/۹۰	۹,۹/۹۰,۱	۰,۵۴۲	۳۶۰۰۰	۲۳۸۰۰
PET ₇₅ I ₂₅	۲۵/۷۵	۲۵,۲/۷۴,۸	۰,۵۳۶	۳۵۰۰۰	۲۳۰۰۰
PET ₆₀ I ₄₀	۴۰/۶۰	۳۹,۸/۶۰,۲	۰,۵۲۴	۳۶۰۰۰	۲۳۸۰۰
PEI	۱۰۰/۰,۰	۱۰۰/۰,۰	۰,۳۷۲	۲۱۰۰۰	۱۳۵۰۰

(a) طبق معادله $[\eta] = 7.61 \cdot 10^{-4} \cdot M_n^{0.67}$ که برای هموپلیمر pet می‌باشد [7].

(b) طبق معادله $[\eta] = 8.15 \cdot 10^{-4} \cdot M_n^{0.645}$ که برای هموپلیمر pei می‌باشد [7].



شکل ۳- گراف CNMR برای کوپلیمر حاوی ۴۰٪ ایزوفتالیک اسید

در شکل (3) یک نمونه طیف CNMR برای کوپلیمر PEIT نشان داده شده است. با توجه به طیفهای ^{13}C CNMR کربن ترفتالات (که در شکل (۳) علامت گذاری شده است) به چهار سیگنال تقسیم می‌شود. این چهار سیگنال عبارتند از: TTI و TTT و ITI و TTI و کربن ایزوفتالات به دو سیگنال تقسیم می‌شود که عبارتند از II و IT مقدار شیفت شیمیایی این گروه‌ها در جدول (۲) آمده است. این اطلاعات اجازه می‌دهد که با دقت بالایی ریزساختار کوپلیمرهای سنتز شده را ارزیابی کنیم.

جدول ۲- شیفت‌های شیمیایی (ppm) برای PET و PEIT در طیف‌های H و CNMR

Chemical shift (^1H)									
	$^1\text{H}_a$	$^1\text{H}_d$	$^1\text{H}_e$	$^1\text{H}_f$					
PET	۴,۹۴	۸,۲۵							
PEIT	۴,۹۴	۸,۲۵	۴,۹۴	۸,۸۸	۸,۴۱	۷,۶۸			
Chemical shift (^{13}C)									
	$^{13}\text{C}_a$	$^{13}\text{C}_b$	$^{13}\text{C}_c$	$^{13}\text{C}_d$	$^{13}\text{C}_e$	$^{13}\text{C}_f$			
PET	۶۶,۲	۱۷۰,۹	۱۳۵,۶	۱۳۲,۱					
PEIT	۶۶,۲	۱۷۰,۹	۱۳۵,۶	۱۳۲,۱	۶۶,۲	۱۷۰,۸	۱۳۱,۶	۱۳۳,۴	۱۳۷,۳

جزء مولی هر کدام از این توالی‌ها را می‌توان با انتگرال‌گیری از سطح زیر پیک مربوطه محاسبه کرد. با استفاده از معادلات ۵ می‌توان متوسط طول توالی‌های اتیلن ترفتالات و اتیلن ایزوفتالات را محاسبه کرد [6].

$$n_T = \frac{N_{TTT} + \left(\frac{N_{TTI} + N_{ITI} + N_{ITI}\right)}{2}}{\left(\frac{N_{TTI} + N_{ITI} + N_{ITI}\right)}{2}} \quad n_I = \frac{N_{II} + \left(\frac{N_{TTI} + N_{ITI} + N_{ITI}\right)}{2}}{\left(\frac{N_{TTI} + N_{ITI} + N_{ITI}\right)}{2}} \quad R = \frac{1}{n_T} + \frac{1}{n_I} \quad (5)$$

برای محاسبه طول توالی‌های هر کدام از TI و II و TTI و TTT و می‌توان از مدل آماری برنولی نیز استفاده کرد. اگر X_T و X_I جزء مولی واحدهای ترفتالیک و ایزوفتالیک در کوپلیمر باشند، X_T^2 ، X_I^2 ، $2X_T X_I$ احتمالات تئوریک برای وجود توالی‌های دوتایی

TT و II در کوپلیمر هستند. برای توالی‌های سه تایی و بیشتر هم می‌توان از این تحلیل استفاده کرد. با مقایسه نتایج تئوریک از طول توالی‌ها و نتایج محاسبه شده از سطح زیر پیک‌ها می‌توان متوسط طول هر کدام از توالی‌ها را محاسبه کرد. نتایج این تحلیل در جدول (۳) آمده است. متوسط طول توالی‌های اتیلن ترفتالات (PII) متوسط طول توالی‌های اتیلن ایزوفتالات (PII) جزء مولی هر کدام از توالی‌های دوتایی و یا سه‌تایی (N)، میزان رندم بودن ساختارها (R).

جدول ۳- توزیع توالی و میزان رندم بودن ساختار کوپلیمرهای PEIT

copolyester	Composition		Trsds(mole%)			Dyads(mole%)		Av sequense length		randomness
	X _T	X _I	TTT	TTI	ITI	IT	II	n _T	n _I	R
PET	۱۰۰	۰,۰	۷۹,۹	---	---	---	۲۰,۱	۹۵,۰	۰,۰	۰,۰۰
PET ₉₅ I ₅	۹۴,۹	۵,۱	۸۹,۱	۱۰,۹	۰,۰	۹۲,۶	۷,۴	۱۷,۱	۱,۱	۰,۹۷
PET ₉₀ I ₁₀	۹۰,۱	۹,۹	۸۲,۳	۱۶,۹	۰,۸	۸۸,۲	۱۱,۸	۹,۶	۱,۱	۱,۰۰
PET ₇₅ I ₂₅	۷۴,۸	۲۵,۲	۵۸,۸	۳۶,۵	۴,۷	۷۳,۸	۲۶,۲	۴,۰	۱,۴	۰,۹۶
PET ₆₀ I ₄₀	۶۰,۲	۳۹,۸	۳۷,۷	۴۶,۴	۱۵,۹	۵۷,۰	۴۳,۰	۲,۶	۱,۷	۰,۹۹

۲-۳- خواص حرارتی کوپلی‌استرها

نتایج حاصل از تست DSC شامل دمای ذوب، دمای انتقال شیشه‌ای و درصد کریستالینیتی این کوپلی‌استرها در جدول (۴) نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود با افزایش ترکیب درصد کومونمر ایزوفتالیک اسید، دمای انتقال شیشه‌ای کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است غیر متقارن بودن حلقه فنیل و انعطاف‌پذیری بیشتر زنجیرهای اتیلن ایزوفتالات باعث کوچکتر شدن T_g این گروه‌ها نسبت به اتیلن ترفتالات می‌گردد. همچنین در این روند دمای ذوب T_m نیز کاهش می‌یابد. بطوریکه برای ترکیب درصدی بیشتر از ۲۵٪ دمای ذوب وجود ندارد و نمونه‌ها کاملاً آمورف می‌شوند. بنابراین با افزایش ترکیب درصد کومونمر ایزوفتالات در ساختار PET کریستالیتی و دمای ذوب بلورها کاهش می‌یابد تا جاییکه کوپلیمرهای با ترکیب درصدی بیشتر از ۲۵٪ کاملاً آمورف هستند. ولی PEI مثل سایر پلی‌استرها، ساختارهای کریستالی دارد و در گراف DSC آن دمای ذوب مشاهده می‌شود. اما ساختارهای کریستالی PEI و PET با هم متفاوتند و ایزوفتالیک اسید بصورت یک نقص در ساختارهای کریستالی PET قرار می‌گیرد و باعث ایجاد ساختارهای نامنظم و کریستالهای کوچکتر می‌شود. ΔH_f همانند T_g از روی ترموگراف DSC قابل محاسبه می‌باشد. ΔH_c با استفاده از مقدار گرمای تغییر فاز (J/g) ۱۱۷,۶ برای PET کاملاً کریستالی محاسبه می‌شود.

جدول ۴- حرارتی اندازه‌گیری شده با استفاده از داده‌های DSC

Sample	T _g (°C)	T _m (°C)	ΔH _f (J/g)	X _c %
PET	۷۶,۱	۲۵۸,۶	۴۳,۹۸	۳۷,۴
PET ₉₅ I ₅	۷۴,۶	۲۴۴,۸	۳۷,۸	۳۲,۱
PET ₉₀ I ₁₀	۷۳,۵	۲۳۴,۲	۳۵,۷۲	۳۰,۴
PET ₇₅ I ₂₅	۶۹,۹	-----	-----	-----
PET ₆₀ I ₄₀	۶۶,۴	-----	-----	-----
PEI	۵۶,۰	۲۳۲,۴	۲,۳۹۰	۲,۰

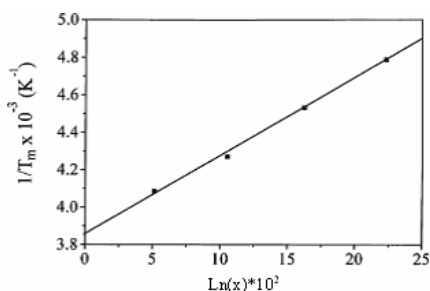
همانگونه که در شکل (۷) مشاهده می‌شود؛ بررسی و مقایسه دمای ذوب کوپلیمرهای سنتز شده که از ترموگرام DSC بدست آمده با دمای ذوب محاسبه شده از معادله فلوری (۸) که برای کوپلیمرهای آماری بیان شده است. [8]

$$\frac{1}{T_m} - \frac{1}{T_m^0} = -\frac{R}{\Delta H_f} \ln x \quad (8)$$

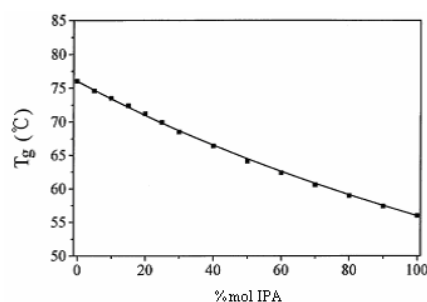
$$\frac{1}{T_{g,co}} = \frac{w_a}{T_{g,a}} + \frac{w_b}{T_{g,b}} \quad (9)$$

و در آن T_m دمای ذوب کوپلیمر و T_{0m} دمای ذوب هموپلیمر PET و X جزء مولی واحدهای اتیلن ترفتالات که قابلیت کریستال شدن را دارند و R ثابت عمومی گازها می‌باشد. نشان می‌دهد که توافق خوبی بین نتایج تئوری و آزمایشگاهی وجود دارد. لذا کوپلیمرهای سنتز شده ساختار آماری دارند.

تغییرات T_g با ترکیب درصد کومنومر نیز بوسیله معادله فاکس ارزیابی می‌شود [9]. که در آن T_{g,co} دمای انتقال شیشه‌ای کوپلیمر و T_{g,a} دمای انتقال شیشه‌ای هموپلیمر PET و T_{g,b} دمای انتقال شیشه‌ای هموپلیمر PEI و w_a, w_b جزء وزنی کومنومرها می‌باشد. در شکل (۸) نتایج حاصل از اندازه‌گیری T_g بوسیله داده‌های DSC و معادله فاکس نشان داده شده است که دیده می‌شود که توافق خوبی بین نتایج تئوری و آزمایشگاهی وجود دارد. بر اساس این نتایج می‌توان استنباط کرد که کوپلیمرهای سنتز شده همگی کوپلیمرهای آماری می‌باشند.



شکل ۶- نمودار دمای ذوب کوپلیمر
بر حسب نسبت مولی منومرها (۰)
آزمایشگاهی (-) معادله فلوری



شکل ۵- نمودار دمای انتقال شیشه‌ای کوپلیمر
بر حسب نسبت مولی منومرها (۰)
آزمایشگاهی (-) معادله فاکس

۴- نتیجه‌گیری

در این کار کوپلیمر پلی اتیلن ترفتالات-کو-ایزوفتالات (PEIT) طی یک فرایند دو مرحله‌ای سنتز شد. شرایط بهینه (دما، نسبت مولی منومرها، مقدار کاتالیست و ...) برای رسیدن به پلیمر با وزن ملکولی بالا و سرعت مناسب محاسبه و ارزیابی شد. ساختار شیمیایی و وزن ملکولی پلیمرهای سنتز شده بوسیله HNMR و ویسکومتر موئینه ارزیابی و مشخص شد که واکنش‌پذیری IPA با EG تقریباً برابر با واکنش‌پذیری TPA با EG می‌باشد. داده‌های DSC نشان داد که Tg و Tm و میزان کریستالیتی با حضور گروه‌های IPA در ساختار PET کاهش پیدا می‌کند بطوریکه کوپلیمرها با ترکیب درصد بیشتر از ۲۵٪ کوپلیمرهایی کاملاً آمرفند و دمای ذوب نشان ندادند. ریز ساختار کوپلیمرهای سنتز شده توسط CNMR ارزیابی شد و متوسط طول توالی گروه‌های منومری و میزان رندم بودن ساختارها با ترکیب درصد محاسبه شد. دیده شد که کوپلیمرهای تولیدی همگی ساختار رندم با توالی‌های مختلف دارند.

۵-مراجع

- 1- N. Sanchez-Arrieta, A. Martinez de Ilarduya (2005), *Europ. Polym. J., European Polym. J., v 41, 1493-1501*,
- 2- SRI, R18
- 3- O. Olabisi, *Handbook of Thermoplastics*, p449
- 4- J. Scheirs, T. E. Long. (2003), *Modern Polyester: Chemistry and Technology of Polyester and Copolyesters*, John Wiley & Sons. Ltd,
- 5- B. Li, J. Yu, S. Lee, M. Ree (1999), *Europ. Polym. J.* ,v35 ,1607-1610,
- 6- darwin P.R.Kint,(2003),microestructure and crystalization of melt-mixed poly(ethylene trephthalate)/poly(ethylene isophthalate)blends.jornal of appl polymers sci. 90:3076-3086 ,
- 7- wallach ML.(1967) non-isothermal crystallization behaviors of poly(ethylene isophthalate-co-terephthalate)s jornal of macromol chem, 19, 103
- 8- Baker CH, mandelkem L,(1967) Influence of crystallization conditions on the location of side-chain branches in ethylene copolymers, jornal of polymer , 7 , 7
- 9- Dimarzio EA, Gibbs JH . (1960) the glass transition in polymer melt jornal of polymer science , 40 , 121

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

توجه: بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

PROPOSAL
پروپوزال

توجه: پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

ISI
Scopus

توجه: آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو