

هیدرولیز آنزیمی پارچه های پلی استر قسمت اول: اثرات هیدرولیز بر وزن، استحکام، ضخامت و جذب رطوبت

هاله خلیلی
کارشناسی ارشد

اکبر خدای
مربی

محمد مرشد

استادیار

دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

در این قسمت هیدرولیز آنزیمی پارچه های پلی استر با تغییر شرایط واکنش شامل زمان، دما و غلظت آنزیم بررسی شد. اثرات هیدرولیز بر نمونه ها با اندازه گیری کاهش وزن، رطوبت بازیافتی، نیروی پارگی نخ های تار، ضخامت پارچه و تهیه طیف های FTIR ارزیابی گردید. نتایج آزمایش ها نشان می دهند بر اثر هیدرولیز در شرایطی آرام، جذب رطوبت نمونه ها بهتر می شود. اگر دما، زمان و غلظت بیش از یک حد معین افزایش یابد، بر رطوبت بازیافتی تأثیر منفی خواهد داشت. طیف های FTIR افزایش گروه های عاملی به ویژه هیدروکسیل را مشخص می سازد. کاهش وزن، استحکام و ضخامت پارچه ها بر اثر این عملیات ناچیز می باشد.

Enzymatic Hydrolysis of Polyester Fabrics Part I: The Effects of Hydrolysis on the Weight, Tensile Strength, Thickness and Moisture Absorption

A. Khoddami
Lecturer

H. Khalili
Lecturer

M. Morshed
Assistant Professor

Isfahan University of Technology, Textile Department

Abstract

Enzymatic hydrolysis of polyester fabrics has been investigated, using different treatment times, temperature and concentration of enzymes. The effects of hydrolysis on samples were evaluated by measurement of weight loss, moisture regain, breaking load of warp yarns, thickness and FTIR spectroscopy.

Results show that hydrolysis under mild conditions can improve moisture absorption of the samples. If the applied temperature, treatment time and concentration exceeded some specific range, the moisture regain would be affected negatively. The FTIR spectrums showed an increase in functional groups specially hydroxyl. However the effects of enzymatic hydrolysis on weight loss, tensile strength and thickness of polyester fabrics were negligible.

Key words

Enzymatic Hydrolysis, Lipase, Esterase, Moisture Absorption, Polyester Fabric.

واژه‌های کلیدی

هیدرولیز آنزیمی، لیپاز، استرآن، جذب رطوبت، پارچه پلی استر.

مقدمه

پلی استر (پلی اتیلن ترفتالیت یا PET) یکی از الیاف غیر آب دوست (هیدروفوب) می باشد که از قابلیت خیس شونده‌گی (wettability) ضعیفی برخوردار است. خیس شونده‌گی الیاف در عملیات های شیمیایی دارای نقش مهمی می باشد، لذا تحقیقات گسترده‌ای جهت بهبود این خاصیت پلی استر انجام شده است. هیدرولیز قلیایی یکی از تکمیل‌هایی است که به منظور اصلاح این خواص بکار می رود [۱].

کاربرد آنزیم‌ها در صنعت نه تنها از جنبه مسائل زیست محیطی بلکه از نظر اقتصادی نیز نسبت به مواد شیمیایی با اثرات مشابه ارجحیت دارد [۲]. این دلایل سبب شده‌اند تا روند استفاده از آنزیم‌ها در صنعت نساجی رشد روزافزونی داشته باشد. نمونه‌ای از این کاربردها، استفاده از آنزیم‌های سلولاز جهت بهبود خواص الیاف سلولزی و مخلوط آنها با دیگر الیاف نساجی می باشد. در این زمینه مقالاتی نیز به زبان فارسی انتشار یافته است [۲-۵]. از مواردی که در سال‌های اخیر مورد تحقیق قرار گرفته است، استفاده از آنزیم‌های لیپاز جهت هیدرولیز پلی استر می باشد [۶-۹]. یکی از اهداف این پژوهش‌ها بهبود خواص آبخور شونده‌گی الیاف پلی استر به کمک آنزیم‌های لیپاز و استرآن بوده است [۶].

لیپازها گروهی از هیدرولازها هستند که قادر به هیدرولیز اسیدهای چرب و استرهای کربوکسیلیک می باشند. دسته‌ای از آنزیم‌های لیپاز می توانند در هیدرولیز تعداد زیادی از استرهای کربوکسیلیک که فاقد بار هستند (uncharged carboxylic esters) نقش کاتالیزوری داشته باشند. به این دسته از آنزیم‌ها، استرآزها (Carboxylic Ester Hydrolases) می گویند.

گونه‌ای از استر آنزیم موسوم به استر آزها-آ (A-esterases) می توانند سبب شکسته شدن پیوندهای استری مواد آروماتیک مانند فنیل استات شوند، بنابر این به آنها آریل استر آنزیم‌ها (EC. ۳. ۱. ۱. ۲) می گویند [۱۰-۱۲]. این آنزیم‌ها می توانند پیوندهای استری موجود در پلی استر را نیز هیدرولیز نمایند [۶].

در تحقیقاتی که تاکنون در زمینه هیدرولیز لیپولیتیک پلی استر انجام شده است، به تجزیه زیست‌شناسی (biodegradation) پلی استر، کوپلیمرهای حاوی پلی استر و مخلوط‌های دارای پلی استر توجه گردیده [۷-۹] و تنها در یک مورد [۶] از هیدرولیز آنزیمی جهت بهبود خواص آبخور شونده‌گی و قابلیت جذب (absorbency) پارچه‌های پلی استر استفاده شده است.

از آنجا که در این زمینه تاکنون تحقیقی در کشور ایران انجام نشده است، لذا در قسمت اول این پژوهش هیدرولیز آنزیمی پارچه‌های پلی استر به صورت کلی با تغییر شرایط واکنش مورد بررسی قرار گرفت. در قسمت دوم این مقاله نیز نتایج مربوط به تأثیر هیدرولیز بر خواص رنگرزی که یکی از مهمترین مراحل تکمیل پارچه‌های پلی استر می باشد، ارائه خواهد شد.

۱- تجزیه

مواد

سوپسترایی که برای این آزمایش‌ها به کار رفت، پارچه ۱۰۰٪ پلی استر با خصوصیات مشخص شده در جدول شماره ۱ می باشد.

تمام مواد شیمیایی بکار رفته از نوع آنالیتیک و ساخت شرکت مرک (MERCK) بودند. لیپاز بکار برده شده با نام تجاری Lumafast ۲۰۰۰G محصول شرکت Genecor International Inc. بود. این آنزیم از منشأ *Pseudomonas mendocina* و از نوع باسیلی (*Bacillus*) می باشد.

جدول (۱) خصوصیات پارچه‌ای که در این آزمایش‌ها به عنوان سوپسترا بکار رفته است.

نوع بافت	تراکم (در سانتیمتر)		نمره نخ (انگلیسی)		ضخامت (میلی متر)
	تار	پود	تار	پود	
سرزه T۲/۱ Z	۳۶	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۲۲

دستگاه‌ها

هیدرولیز نمونه‌ها به وسیله دستگاه رنگری آهیپالی مت (Ahiba Polymat) انجام شد. این دستگاه به صورت کامپیوتری قابل کنترل می‌باشد. برای سنجش استحکام نمونه‌ها دستگاه Zwick / Materral prüfung ۱۴۴۶ و برای اندازه‌گیری ضخامت پارچه‌ها از ضخامت سنج Hans Baer AG Zweier Strass35 استفاده شد. طیف‌های مادون قرمز (IR) نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروسکوپی FTIR با نام Bomem مدل Economical High performance FTIR: MB ۱۰۰ گرفته شد.

لیتری با هم مخلوط شدند. این مخلوط به آرامی تکان داده شد و به مدت ۴ ساعت در دمای ۲۷ درجه سانتیگراد در شرایطی که شدت تکان خوردن آن ثابت بود نگهداری گردید. در پایان زمان نگهداری، به منظور شکسته شدن امولسیون و توقف واکنش، ۳۰ ml از محلول ۱:۱ از الکل و استون به آن اضافه شد، سپس به مخلوط معرف فنل فتالئین زده و توسط هیدروکسید سدیم، ۰/۰۵ / نرمال تیترا گردید. نمونه شاهد نیز به همین طریق عمل شد، اما محلول آنزیم قبلاً با جوشاندن غیرفعال شده بود.

روش‌ها

تعیین فعالیت آنزیم

۱- تهیه امولسیون

به درون یک لیتر آب مقطر که در حال هم خوردن بود ۱۰ گرم پلی وینیل الکل اضافه شد. برای حصول دیسپرسیون مناسب، ۵ میلی لیتر اسید کلریدریک یک دهم نرمال افزوده گردید. این مخلوط تا دمای ۸۵-۷۵ °C گرم شد و جهت حل شدن کامل یک ساعت آن را هم زده، سپس سرد و با استفاده از هیدروکسید سدیم یک دهم نرمال به pH ۸/۵ رسید.

روغن زیتون از بالا به آرامی به درون محلول ریخته و برای تشکیل امولسیون ۵ دقیقه توسط مخلوط کن، هم زده شد.

۲- روش تعیین فعالیت

۱۰ میلی لیتر از امولسیون تهیه شده از پلی وینیل الکل و سوپسترا با ۵ میلی لیتر بافر و ۵ میلی لیتر از آنزیم آماده شده برای آزمون در یک ارلن ۱۲۵ میلی

هیدرولیز آنزیمی

از آنجا که اطلاعات چندانی از چگونگی و شدت تأثیر هیدرولیز لیپولیتیک پارچه‌های پلی استر در دسترس نبود، نمونه‌ها تحت شرایط مختلف از نظر دما، زمان و غلظت آنزیم عمل شدند. چگونگی شرایط هیدرولیز در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. همانگونه که این جدول نشان می‌دهد نمونه‌ها تحت ۴۸ حالت مختلف [۴۸ = (زمان) ۴ × (غلظت) ۴ × (دما) ۳] آزمایش شدند.

نحوه هیدرولیز نیز بدین ترتیب بود که ابتدا محلول بافر فسفات ساخته شد. سپس با افزودن مقدار لازم آنزیم، نمونه‌های پارچه وارد محلول گردید و بعد از اینکه دمای محیط آزمایش پس از ۱۰ دقیقه به درجه حرارت مورد نظر رسید، نمونه‌ها در زمان‌های مشخص شده در جدول شماره ۲، تحت واکنش قرار گرفتند.

در پایان نیز برای خنثی‌سازی و غیرفعال ساختن آنزیم‌ها پس از زمان‌های مذکور، پارچه‌ها در بافری با pH اسیدی عمل شده سپس آبکشی گردیده و در دمای محیط خشک شدند.

جدول (۲) شرایط هیدرولیز.

صفر و ۰/۱ و ۰/۵ و ۱	(g/l)	غلظت آنزیم
۲۵ و ۴۰ و ۵۵	(°C)	درجه حرارت
۵ و ۱۵ و ۳۰ و ۶۰	(min)	زمان واکنش
۸ - ۸/۵	pH	
۱:۱۰	(L:R)	نسبت حجم محلول به وزن کالا

بررسی اثرات هیدرولیز بر خصوصیات پارچه

تأثیرات هیدرولیز بر خواص نمونه های مختلف با اندازه گیری مقدار کاهش وزن، نیروی پارگی نخ های تار، میزان رطوبت بازیافتی، ضخامت و با تهیه طیف های FTIR ارزیابی شد.

کاهش وزن به وسیله توزین هر نمونه با دقت 0.0001 گرم قبل و بعد از واکنش، پس از اینکه به مدت ۱۲ ساعت در دمای 60°C خشک گردید، محاسبه شد. اندازه گیری نیروی پارگی نخ های تار مطابق روش استاندارد ASTM D2256 انجام گردید.

برای تعیین مقدار رطوبت باز یافتی، نمونه ها بمدت ۷۲ ساعت در شرایط استاندارد نگهداری شدند. ضخامت پارچه ها نیز مطابق روش استاندارد ۲۵۴۴ BS اندازه گیری گردید.

بعد از این آزمایش جهت تهیه طیف های FTIR از نمونه ها به روش قرص گیری با برمید پتاسیم طیف گیری شد. در این مرحله از قرص KBr بعنوان زمینه (background) استفاده گردید و بقیه طیف ها نسبت به آن سنجیده شد.

نتایج و بحث

اولین عاملی که برای مقایسه شدت هیدرولیز نمونه ها ارزیابی گردید، مقدار کاهش وزن نمونه ها بود. نتایج اندازه گیری کاهش وزن مشخص می سازند که با افزایش دما بر مقدار کاهش وزن نمونه ها نیز افزوده می شود. اختلاف این مقادیر نیز همانطوریکه در جدول شماره ۲ مشاهده می گردد، در سطح تشخیص ۵٪ و تحت آزمون تی (t-test) از لحاظ آماری معنی دار می باشد.

در بررسی دقیقتر اثر افزایش دما در حالتی که تأثیر غلظت و زمان واکنش (در هر یک از چهار غلظت و یا سه زمان آزمایش شده) به تفکیک منظور گردید، معلوم شد که رابطه بین دما و کاهش وزن بصورت مستقیم

می باشد همچنین مشخص گردید در زمانهای ۵ و ۱۵ دقیقه تأثیر افزایش دما از ۲۵ به ۴۰ درجه سانتی گراد بر کاهش وزن بیش از اثر تغییر دما از ۴۰ به ۵۵ درجه می باشد این در حالی است که در زمان های ۳۰ و ۶۰ دقیقه تأثیر افزایش دما از ۴۰ به ۵۵ درجه سانتیگراد بیشتر است (جدول ۴).

اثر زمان واکنش بر کاهش وزن در شکل شماره ۱ می شود. اختلاف درصد کاهش وزن کلی بین زمانهای ۱۵ و ۵ دقیقه از لحاظ آماری معنی دار نمی باشد، ولی اختلاف مقادیر در زمانهای (۱۵ و ۳۰) و (۳۰ و ۶۰) دقیقه معنی دار است.

نتایج بدست آمده از تأثیر زمان و دما بر کاهش وزن منطقی می باشد، زیرا با افزایش دما تا 60°C میزان فعالیت آنزیمهای بکاربرده شده بیشتر می شود [۱۴] و از طرف دیگر علاوه بر آنزیم، سوبسترای بکار برده شده توسط بافر نیز هر چند جزئی ولی هیدرولیز می شود و بنابر این کاهش وزن حاصل شده نتیجه اثر متقابل آنزیم و بافر می باشد، لذا با افزایش دما و زمان در محدوده شرایط آزمایش شده، بر مقدار کاهش وزن افزوده می شود.

جدول شماره ۵ اثر غلظت بر کاهش وزن را نشان می دهد. این جدول مشخص می سازد بیشترین کاهش وزن مربوط به نمونه عمل شده توسط بافر می باشد و با افزایش غلظت آنزیم از مقدار کاهش وزن کاسته می شود. به نظر می رسد که وجود آنزیم برای این نوع بافر نقش باز دارنده دارد و از محلول شدن و جدا ساختن قسمت‌هایی از زنجیرهای پلیمری توسط بافر تاحدی جلوگیری می کند. از طرف دیگر در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد افزایش غلظت آنزیم از ۱/۰ به ۵/۰ و از ۵/۰ به ۱۰/۰ گرم بر لیتر، اختلاف معنی داری در کاهش وزن بوجود نمی آورد، اما در دمای ۵۵ درجه سانتی گراد مقادیر کاهش وزن دارای اختلاف معنی دار می باشد و با

جدول (۴) مقایسه تفاوت مقادیر کاهش وزن در زمان های مختلف بر اثر افزایش دما.

دما (درجه سانتیگراد)	۲۵	۴۰	۵۵
درصد کاهش وزن	0.3396 ± 0.0144	0.4452 ± 0.0058	0.5383 ± 0.014
رطوبت بازیافتی	0.3041 ± 0.0175	0.346 ± 0.0057	0.3193 ± 0.0005

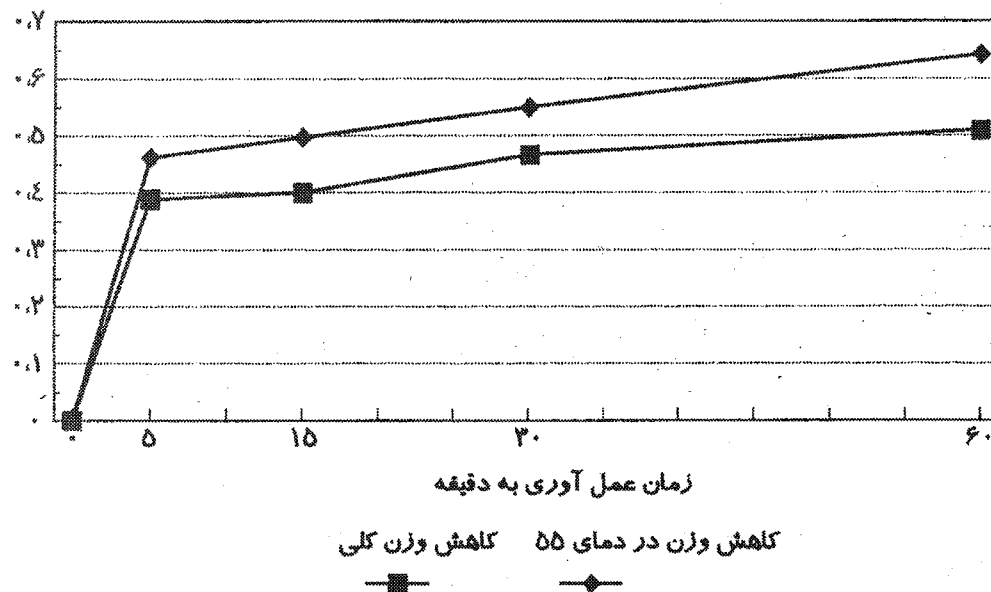
دهنده این مورد نیز باشد که آنزیمها در دمای بالا دنا توره شده وبر سطح پارچه رسوب می کنند، زیرا این نوع آنزیم از درجه خلوص بالایی برخوردار بوده و ثبات

افزایش غلظت از کاهش وزن تا حد زیادی جلوگیری میشود (جدول شماره ۶). بنابراین تاثیر افزایش غلظت در دمای ۲۵ و ۵۵ درجه سانتی گراد می تواند نشان

جدول (۲) تاثیر دما بر مقدار کاهش وزن و رطوبت بازیافتی.

اختلاف کاهش وزن در دو دما	زمان هیدرولیز (دقیقه)	افزایش دما از T1 به T2 (درجه سانتیگراد)
۰/۱۳۲	۵	۲۵ به ۴۰
۰/۲۱۲	۱۵	
۰/۰۲۷	۳۰	
۰/۰۳۳	۶۰	
۰/۰۵۳۸	۵	۴۰ به ۵۵
۰/۰۰۴	۱۵	
۰/۱۱۳	۳۰	
۰/۱۸۲	۶۰	

درصد کاهش وزن



شکل (۱) تاثیر زمان بر مقدار کاهش وزن.

حرارتی (temperature stability) آن کم است [۱۴] و از جانب دیگر نیز امروزه جذب پروتئین (protein absorption) بر سطح مواد پلیمری موردی شناخته شده است [۶].

در بررسی تاثیر متقابل زمان و غلظت در تمام دماها مشخص می گردد که در زمان ۵ دقیقه با افزایش غلظت از ۰/۱ به ۰/۵ گرم بر لیتر کاهش وزن بیشتر می شود، اما با افزایش غلظت از ۰/۵ به ۱ گرم بر لیتر کاهش وزن کمتر می شود (۰/۳۸ ± ۰/۲۵۶۷، ۰/۰۷۷، ۰/۴۱۸ ± ۰/۱ و ۰/۳۴۵۷ ± ۰/۱ به ترتیب). از دیگر نتایجی که از این قسمت حاصل می شود، تفاوت روند تغییرات کاهش وزن در غلظت ۰/۱ نسبت به غلظت ۱ گرم بر لیتر با افزایش زمان می باشد. همانگونه که شکل شماره ۲ نشان می دهد در غلظت ۰/۱ گرم بر لیتر، کاهش وزن با افزایش زمان بیشتر می شود، ولی در غلظت ۱ گرم بر لیتر، کاهش وزن تا ۱۵ دقیقه افزایش و بعد از آن کم می شود و این در حالی است که برای نمونه های عمل شده در بافر روند تغییرات کاهش وزن صعودی می باشد، ولی با افزایش غلظت این مورد مصداق ندارد. لذا با توجه به توضیحاتی که در تحلیل نتایج اثر افزایش غلظت در دماهای مختلف به آنها اشاره گردید بنظر میرسد نتایج می توانند مبین این مطلب باشند که با افزایش زمان و غلظت، تاثیر آنزیم بر عمل بافر و دناتوره شدن آن شدت می یابد.

تغییرات مقدار جذب رطوبت دومین عاملی بود که در این تحقیق بررسی شد. نتایج این آزمایش نشان می دهد

که جذب رطوبت نمونه های هیدرولیز شده نسبت به نمونه شاهد افزایش می یابد. علت این پدیده بوجود آمدن گروه های کربوکسیل و هیدروکسیل بر اثر شکسته شدن پیوندهای استری می باشد.

تاثیر افزایش دما بر رطوبت بازیافتی در جدول شماره ۳ ارائه شده است. با توجه به اینکه رطوبت بازیافتی نمونه شاهد ۰/۰۰۳ ± ۰/۲۹۷ می باشد، مشخص می گردد که با افزایش دما از ۲۵ به ۴۰ درجه سانتی گراد، رطوبت بازیافتی افزایش و سپس کاهش می یابد. در تمام غلظتها نیز روند تغییرات بدین گونه می باشد.

تاثیر افزایش زمان بر جذب رطوبت در شکل شماره ۳ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می گردد بطور تقریبی می توان ادعان داشت که رابطه افزایش زمان هیدرولیز و مقدار رطوبت بازیافتی بصورت معکوس می باشد، بنحویکه بیشترین جذب مربوط به نمونه عمل شده به مدت ۵ دقیقه می باشد.

بررسی اثر غلظت بر مقدار رطوبت بازیافتی همانگونه که جدول شماره ۵ و شکل شماره ۴ نشان می دهند، مشخص می سازد که افزایش غلظت از صفر تا ۰/۵ گرم بر لیتر سبب بیشتر شدن مقدار رطوبت بازیافتی می شود، اما بعد از آن جذب رطوبت کاهش می یابد.

بررسی اثر متقابل زمان و غلظت بر جذب رطوبت نشان می دهد که فقط در زمان ۵ دقیقه نمونه های عمل شده در بافر افزایش در مقدار رطوبت بازیافتی دارند

جدول (۵) تاثیر غلظت بر مقدار کاهش وزن و رطوبت بازیافتی.

غلظت آنزیم (g/l)	صفر	۰/۱	۰/۵	۱
درصد کاهش وزن	۰/۵۱۱۹ ± ۰/۰۱	۰/۴۷۲۵ ± ۰/۰۲	۰/۴۴۵ ± ۰/۰۲	۰/۳۳۴۷ ± ۰/۰۰۲
رطوبت بازیافتی	۰/۳۰۲۵ ± ۰/۰۰۴	۰/۳۱۰۸ ± ۰/۰۰۰۷	۰/۳۶۴۸ ± ۰/۰۰۵۴	۰/۳۱۳ ± ۰/۰۰۰۳

جدول (۶) تاثیر افزایش غلظت بر مقدار کاهش وزن در دماهای مختلف.

غلظت آنزیم (g/l)	۰/۱	۰/۵	۱
دما (درجه سانتیگراد)			
۲۵	۰/۳۳۸۷ ± ۰/۰۱۷	۰/۲۹۲۵ ± ۰/۰۶	۰/۳۰۳۷۵ ± ۰/۰۰۵۵
۵۵	۰/۶۷۳۷ ± ۰/۰۵	۰/۵۴۱۷ ± ۰/۰۴۳	۰/۳۸ ± ۰/۰۰۸۷

ولی در بقیه شرایط جذب رطوبت بیشتر نشده است. علت آن می تواند به جدا شدن زنجیر های هیدرولیز شده توسط قلیا مربوط شود، زیرا این نمونه ها بیشترین کاهش وزن را دارند. این بررسی همچنین نشان می دهد که بیشترین جذب رطوبت در غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر و در زمانهای ۱۵ و ۵ دقیقه بوجود آمده است و بنظر می رسد افزایش زمان به بیش از این حد تاثیر مثبتی بر مقدار رطوبت بازیافتی ندارد، البته هر چند مقدار رطوبت بازیافتی در زمان ۵ دقیقه بیش از ۱۵ دقیقه می باشد، اما بین این دو مقدار در شرایط مذکور اختلاف معنی داری وجود ندارد.

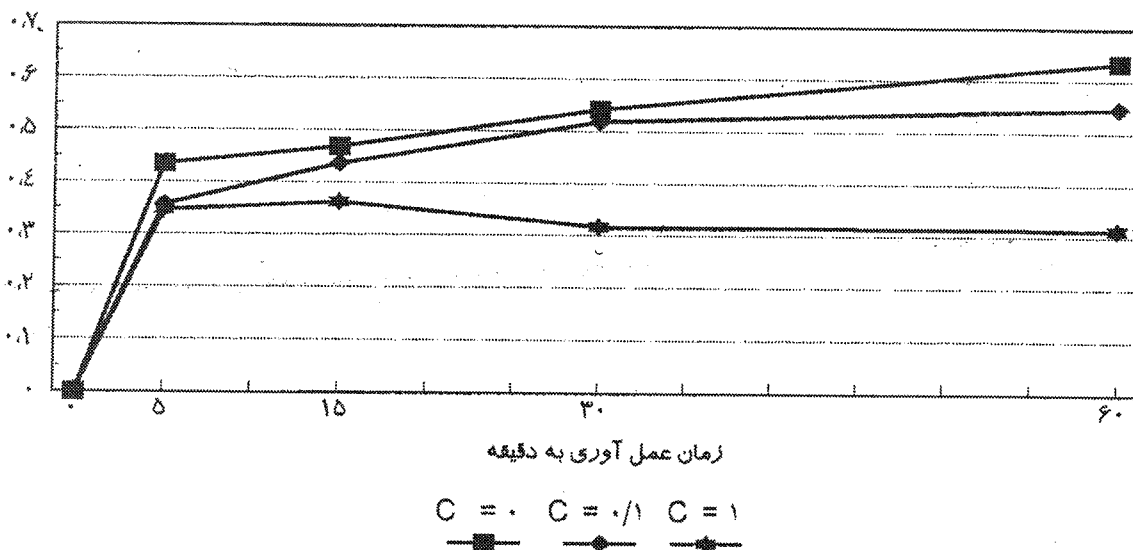
نقش دما بر جذب رطوبت را می توان اینگونه توجیه کرد که در اکثر موارد آنزیمهای استر آن بیشترین میزان فعالیت خود را در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد دارا می باشند [۱۱] و در خیلی از موارد نیز افزایش دما هر چند فعالیت آنزیم را به طور کلی افزایش می دهد ولی فعالیت استرازاها را کاهش و بر فعالیت لیپاز می افزاید [۱۱]. علاوه بر اینها با توجه به ثبات کم حرارتی آنزیم، آنزیم های دناتوره می توانند در محیط واکنش حضور داشته باشند آنگاه بر اساس مراجع موجود [۶] اینگونه آنزیم ها می توانند نقش منفی برخواص رطوبتی پلی استر ایفاء کنند. این دلایل در توجیه اثر زمان و افزایش غلظت بر مقدار جذب رطوبت نیز صدق می کنند، علاوه بر این در این زمینه شاید افزایش گروههای قطبی بر اثر

ادامه و یا شدت بیشتر هیدرولیز (افزایش غلظت) هم مؤثر باشند. زیرا گروه های هیدروفوب دارای نقش مهمی در هیدرولیز سوبستراها می باشند به گونه ای که استرهای دارای بار (charged esters) تحت تأثیر واکنش با آنزیم ها قرار نمی گیرند [۱۰]. لازم به ذکر است هر چند رابطه زمان و جذب رطوبت به صورت معکوس می باشد، اما علت اینکه بیشترین جذب رطوبت در زمان ۵ دقیقه حاصل شده می تواند علاوه بر هیدرولیز آنزیمی از عمل بافر نیز متأثر باشد، زیرا نمونه های عمل شده در بافر تنها در این زمان نسبت به نمونه های عمل نشده افزایش رطوبت بازیافتی را نشان می دهند. بنابر این به نظر می رسد در زمان ۱۵ دقیقه آنزیم ها بیشترین تأثیر را بر جذب رطوبت داشته باشند.

اندازه گیری نیروی پارگی نخ های تاریکی دیگر از عواملی بود که مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این آزمایش نشان می دهد که در شدیدترین شرایط هیدرولیز هم کاهش استحکام نسبت به نمونه شاهد به ۵ درصد نیز نمی رسد. همچنین مشخص گردید نمونه شاهد علیرغم کاهش وزن بیشتر آن، استحکام خود را بیش از بقیه نمونه ها حفظ کرده است. این مورد نیز بدیهی به نظر می رسد زیرا نمونه های دیگر علاوه بر بافر، توسط آنزیم ها نیز هیدرولیز شده اند.

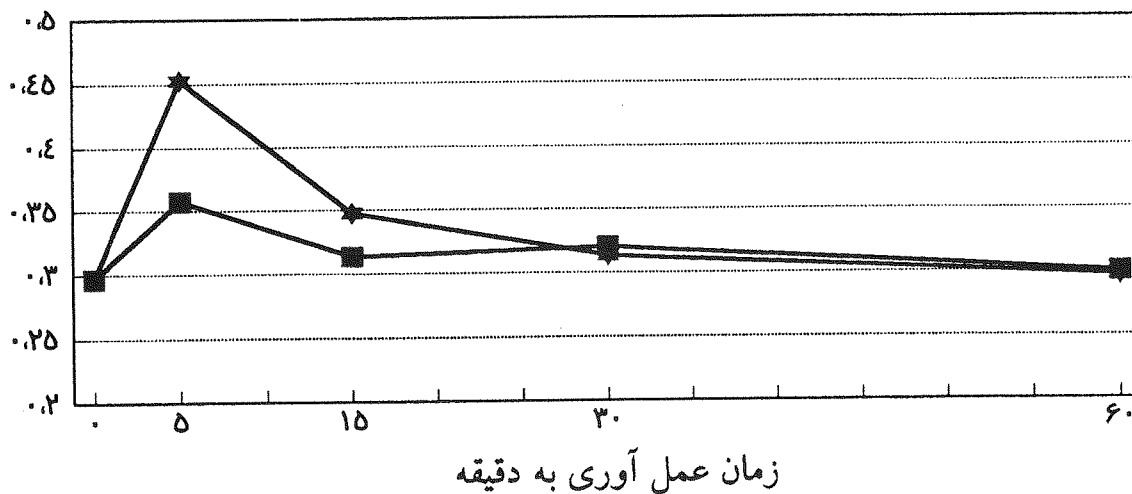
ضخامت نمونه های هیدرولیز شده نسبت به نمونه های شاهد در حد دقت دستگاهی که اندازه گیری ها

درصد کاهش وزن



شکل (۲) تأثیر افزایش زمان در غلظت های مختلف بر مقدار کاهش وزن.

رطوبت بازیافتی

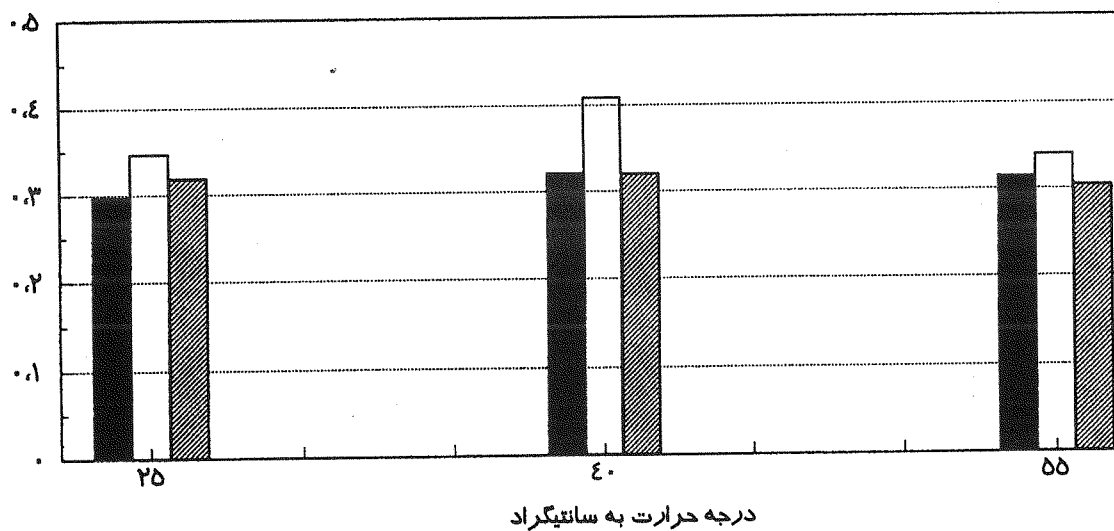


رطوبت بازیافتی ۵۵ درجه رطوبت بازیافتی کلی

■ ★

شکل (۳) تأثیر زمان بر مقدار رطوبت بازیافتی.

رطوبت بازیافتی



■ C = 0.1 □ C = 0.5 ▨ C = 1

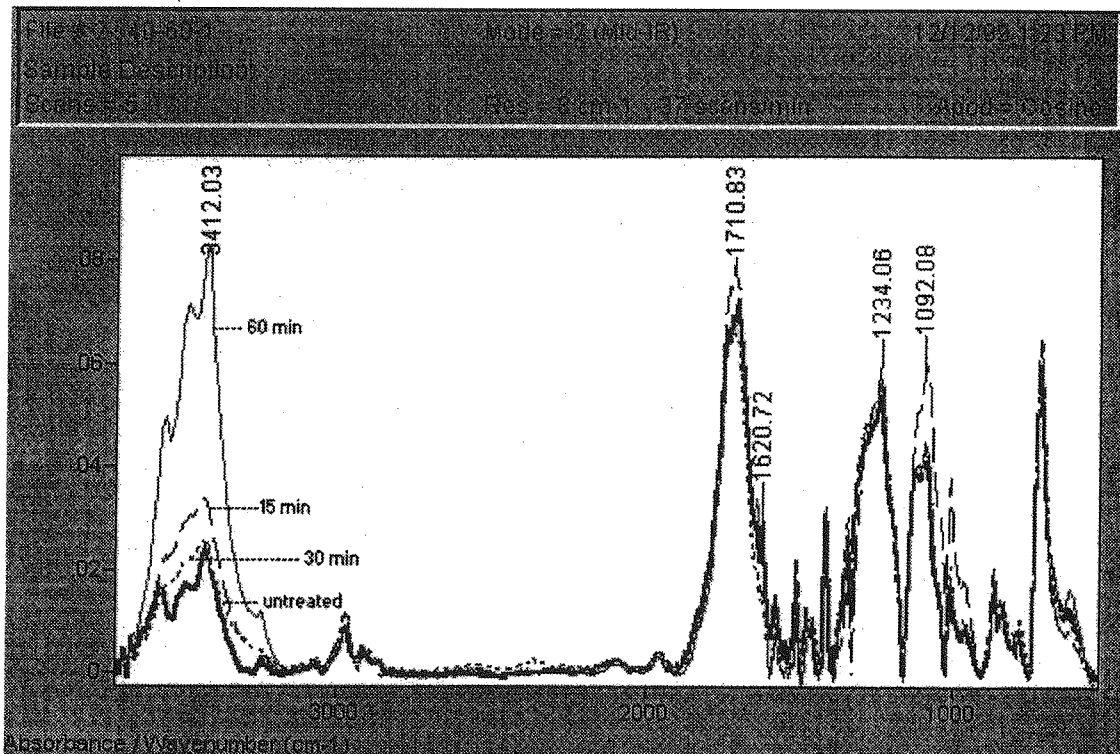
شکل (۴) تأثیر غلظت بر مقدار رطوبت بازیافتی.

توسط آن انجام شد تفاوتی رانشان نمی دهد و می توان اظهار داشت که ضخامت نمونه ها تغییری نداشته است. آنزیم های لیپاز از وزن مولکولی بالایی برخوردار می باشند، همچنین پلی استر دارای ساختمانی فشرده می باشد، بنابراین عمل هیدرولیز به سطح نمونه ها محدود می شود لذا مشاهده می گردد که کاهش وزن نمونه ها و کاهش نیروی پارگی نیز ناچیز می باشد و تغییر ضخامت نمونه به ۰/۰۱ میلی متر هم نمی رسد البته تغییرات ضخامت بر اثر هیدرولیز در حد چند میکرومتر می باشد [۶].

به منظور بررسی دقیق تر میزان تغییراتی که بر اثر هیدرولیز در سطح نمونه ها بوجود می آید از چند نمونه که در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد و با غلظت ۱ گرم بر لیتر در زمان های ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه هیدرولیز شده اند در مقایسه با نمونه عمل نشده توسط دستگاه FTIR طیف گیری شد تا بررسی گردد آیا با این روش می توان اثر هیدرولیز آنزیمی را مطالعه کرد. نتیجه این آزمایش در شکل شماره ۵ نشان داده شده است، همانگونه که مشاهده می شود طیف ها به وضوح بیانگر وقوع تغییراتی در سطح الیاف می باشند. در ناحیه حدود عدد موجی (cm^{-1}) ۳۵۰۰ به وضوح افزایش تعداد گروه های

هیدروکسیل الکی و اسیدی مشاهده می گردد. نمونه ای که به مدت ۶۰ دقیقه هیدرولیز شده است در این ناحیه بلندترین پیک را نشان می دهد. برای این نمونه در ناحیه ۱۶۳۰ و ۱۶۴۰ افزایش تعداد گروه های کربوکسیل اسیدی نسبت به نمونه شاهد مشهود است. برای نمونه هیدرولیز شده به مدت ۱۵ دقیقه در ناحیه ۱۷۲۰ افزایش تعداد گروه های کربونیل و تغییر شکل پیک به چشم می خورد، البته برای این نمونه و نمونه ای که به مدت ۳۰ دقیقه هیدرولیز شده در ناحیه ای که گروه های کربونیل اسیدی برای نمونه شاهد و نمونه ۶۰ دقیقه مشاهده می گردد، پیکی بروز نکرده است. در ناحیه حدود ۱۱۰۰ برای تمام نمونه های هیدرولیز شده بخصوص نمونه ۱۵ دقیقه تعداد گروه های C-OH الکی افزایش را نشان می دهد [۱۳].

ذکر این نکته الزامی است که با تمام این تفاسیر، مقادیر بدست آمده دارای تفاوت های جزئی می باشند و هر چند سعی شده که شرایط آزمایش به گونه ای انتخاب شود که بتوان بر روی داده ها تجزیه و تحلیل آماری انجام داد و خطاها به حداقل برسد اما ضرورت کار و تحقیق بیشتر در این زمینه کاملاً مشهود است.



شکل (۵) مقایسه اثرات واکنش بر چند نمونه هیدرولیز شده توسط طیف های FTIR (دمای ۴۰ درجه، غلظت ۱ گرم بر لیتر).

۳- نتیجه گیری

هیدرولیز آنزیمی سبب بهبود جذب رطوبت پارچه های پلی استر می شود. این عملیات در دماهای کم و زمان های کوتاه انجام می شود. به نظر می رسد بهترین شرایط واکنش برای پارچه آزمایش شده دمای ۴۰ درجه سانتیگراد، غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر آنزیم و زمان های بین ۵ تا ۱۵ دقیقه باشد.

اگر شدت هیدرولیز پارچه های پلی استر از حد معینی بیشتر شود، آنگاه اثرات مثبت عملیات بر جذب رطوبت کاهش می یابد.

بزرگ بودن مولکول های آنزیم و ساختمان فشرده پلی استر سبب می شود تا هیدرولیز آنزیمی به سطح پارچه محدود گردد، بنابراین تغییرات وزن، ضخامت و

مراجع

- H., and Klein, J., *Enzyme Microb. Technol.*, 17 (3), 218-224 (1995).
- [10] Krisch, K., "Carboxylic Ester Hydrolyses", in "The Enzymes", Boyer, P.D., Ed., Vol. V. 43-69, Academic press, New York (1971).
- [11] Bier, M., "Lipases", in "Methods in Enzymology", Colowick, S.P., and Kaplan, N.O., Eds., Vol. I, 627-642, Academic Press, New York (1955).
- [12] Reed, G., and Underkofler, L.A., "Lipase", in "Food Science and Technology", 157-175, Academic Press, New York (1966).
- [13] براساس نظرات اساتید محترم آقایان دکتر شادپور ملک پور (استاد) و دکتر عبدالرضا حاجی پور (دانشیار) از دانشکده شیمی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- [14] Product Sheet of Lumafast 2000 G, Genecor International Delivering Innovation Through Biotechnology.

استحکام ناچیز است. این دلایل می توانند سبب ارجحیت هیدرولیز آنزیمی بر هیدرولیز قلیایی باشند.

۴- تشکر و قدردانی

از مسئولان محترم دانشگاه صنعتی اصفهان به دلیل حمایت مالی در اجرای این طرح پژوهشی، راهنمایی اساتید گرامی آقای دکتر ملک پور و آقای دکتر حاجی پور و نیز خانم مهندس راضیه گرگین و مهندس لیلا آزمون که در انجام آزمایش های این تحقیق زحمات فراوانی متقبل شدند، همچنین از مسئولان ارجمند شرکت فنلاندی ژن کور و کارخانه ایران ترمه قم که در تهیه مواد برای این پژوهش همکاری کردند، صمیمانه قدردانی می شود.

- [1] Hsieh, Y. L., Miller, A., and Thompson, J., *Textile Res. J.*, 66 (1), 1 - 10 . (1996).
- [۲] خدای اکبر، مرشد محمد و همکاران، *مجله علوم و تکنولوژی پلیمر*، سال یازدهم، شماره ۲۹، صفحه ۲۳، ۱۳۷۷.
- [۳] خدای اکبر، امیرشاهی سید حسین، نورالدین مهرخ، *مجله امیرکبیر*، سال دهم، شماره ۴۰، صفحه ۳۳۴، ۱۳۷۸.
- [۴] مرشد محمد، خدای اکبر، *مجله علوم و تکنولوژی پلیمر*، سال دهم، شماره ۲۸، صفحه ۲۵۱، ۱۳۷۶.
- [۵] خدای اکبر، عاشوری مجیدی حسین، *مجله علوم و تکنولوژی پلیمر*، سال یازدهم، شماره ۴۲، صفحه ۲۴۳، ۱۳۷۷.
- [6] Hsieh, Y. L., and Cram, L.A., *Textile Res. J.*, 68 (5), 311-319 (1998).
- [7] Nagata, M., *Macromol. Rapid Commun.*, 17 (8), 583-587 (1996).
- [8] Iwamoto, A., and Tokiawa, y., *Polym. Degrad. Stab.*, 45 (2), 205-213 (1994).
- [9] Walter, T., Augusta, J., Muller, R.J., Widdecke,