

اثر عوامل زمان، دما، غلظت آنزیم و پرزهای سطحی بر کاهش وزن در زیست پرداخت پارچه‌های پنبه‌ای

The Effects of Time, Temperature, Concentration of Enzyme and Fuzz on Weight Loss in Biopolishing of Cotton Fabrics

محمد مرشد، اکبر خدایمی

دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی نساجی

دریافت: ۷۶/۴/۲، پذیرش: ۷۶/۱۱/۹

چکیده

زیست پرداخت پارچه‌های پنبه‌ای با تغییر شرایط واکنش شامل دما، زمان و غلظت آنزیم به وسیله اندازه گیری میزان تغییرات کاهش وزن حاصل از هیدرولیز آنزیمی بررسی شده است. با مقایسه نتایج هیدرولیز نمونه‌های مختلفی از پارچه، که بعضی از آنها خارزده و تعدادی نیز برس زده بودند، مشخص شد که شکل منحنیها و مقادیر کاهش وزن بستگی به میزان پرزهای سطح پارچه دارد.

با تعیین تابع ریاضی بهترین منحنی، بین نتایج مقدار کاهش وزن در مقابل زمان واکنش و غلظت آنزیم، نشان داده شده است که این منحنیها دارای روند تغییراتی مشابه‌اند. از این رو به کمک آنها می‌توان شرایط مطلوب انجام زیست پرداخت را در حالتی که شرایط هیدرولیز ملایم است معین کرد.

واژه‌های کلیدی: زیست پرداخت، هیدرولیز آنزیمی، سلولاز، کاهش وزن، پارچه پنبه‌ای

Key Words: biopolishing, enzymatic hydrolysis, cellulase, weight loss, cotton fabric

مقدمه

تاکنون مطالب و مقالات متعددی درباره زیست پرداخت پارچه‌های سلولوزی در مجله‌های مختلف به چاپ رسیده است [۱، ۲]. یکی از دلایل گسترش نیافتن عملیات زیست پرداخت مانند فرایندهای متداول در صنعت نساجی این است که تعیین شرایط مناسب برای واکنش و کنترل دقیق شدت هیدرولیز کار ساده‌ای نیست. زیرا، هیدرولیز آنزیمی پارچه‌های سلولوزی علاوه بر زمان و دمای فرایند، به عوامل متعددی بستگی دارد که عبارتند از:

- ساختار و نوع بافت پارچه،

- مقدار و نوع الیاف سلولوزی موجود در پارچه،

- pH، سیستم بافر و نوع آنزیمهای مصرفی،

- نوع تجهیزاتی که برای عملیات زیست پرداخت بکار می‌رود و مقدار پارچه و نسبت حجم مایع به وزن کالا.

در زیست پرداخت، بر اثر هیدرولیز سلولولیتی، عمدتاً پرزها و الیافی که دارای سر آزاد در سطح پارچه‌اند تضعیف می‌شوند، ولی برای کامل شدن عملیات و کنده شدن پرزها اعمال سایش مکانیکی ضرورت پیدا می‌کند [۳-۶]. بنابراین، نوع تجهیزات و نسبت حجم مایع به وزن کالا دارای نقش تعیین کننده‌ای است. سایش اعمال شده روی پارچه علاوه بر نوع ماشین بکار رفته به سایش سطوح پارچه با یکدیگر نیز بستگی دارد. ملاحظه می‌شود که با توجه به تعدد پارامترهای موثر در

هیدرولیز پارچه‌ها، کنترل دقیق فرایند کار ساده‌ای نیست. باید تمام عوامل شناسایی و چگونگی تاثیر آنها مشخص شود تا کنترل دقیق

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

وزن (g/m ²)	نوع بافت	تراکم (بر cm)		نمره نخ (انگلیسی)	
		تار	پود	تار	پود
۱۳۷	تافته	۳۰	۲۴	۲۴/۱	۲۴/۱

فرایند زیست‌پرداخت میسر گردد.

در بیشتر مقالات [۱، ۳، ۶، ۷] پیشنهاد شده است که با آزمایش نمونه‌های کوچکی از پارچه تحت شرایط مختلف، شرایط بهینه فرایند معین شود. بدیهی است که این روش وقتگیر و مشکل است. از این رو، در این پژوهش سعی شده است که مشخصه‌ای برای تعیین شرایط مناسب هیدرولیز پیشنهاد شود، تا با کمترین کاهش استحکام، خواص سطحی و پرزدهی پارچه بهبود یابد.

تجربی

مواد

در آزمایشها پارچه صد در صد پنبه‌ای با خصوصیات مندرج در جدول ۱ بکار رفته است. تمام مواد شیمیایی مصرفی از نوع تجزیه‌ای و ساخت شرکت مرک بودند. آنزیمهای سلولاز بکار برده شده با نام تجاری انزولون CM-۳۰ محصول شرکت LJ Specialities بودند.

دستگاهها

دستگاهی که هیدرولیز نمونه‌ها به کمک آن انجام گرفت، دستگاه آهیابلی مت بود. برای خارزنی (raising) و برس‌زنی نمونه‌های پارچه از ماشین آلن‌وست برایتون استفاده شد. برای اندازه‌گیری استحکام (نیروی پارگی) نمونه‌ها، دستگاه اندازه‌گیری استحکام، ساخت شرکت زوئیک مدل ۱۴۴۶ بکار برده شد.

روشها

هیدرولیز آنزیمی نمونه‌ها

برای بررسی رابطه بین شدت هیدرولیز و کاهش وزن، نمونه‌های پارچه با تغییر غلظت آنزیم، دما و زمان واکنش در شرایط زیر آزمایش شدند: غلظت آنزیم ۱، ۲، ۳ و ۴ g/L، pH=۴/۵، دما ۴۰ و ۵۵ C، زمان واکنش ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه و نسبت حجم محلول به وزن کالا ۲۰ به ۱ بود.

روش آزمایش نیز بدین ترتیب بود که ابتدا به وسیله استیک‌اسید و سدیم هیدروکسید محلول بافر ساخته شد و پس از آنکه مقدار لازم از

آنزیم به آن اضافه گردید، نمونه پارچه در محلول وارد و در زمانهای مشخص واکنش روی آن انجام شد. در پایان نیز برای توقف هیدرولیز، نمونه‌های پارچه بمدت ۱۰ دقیقه در دمای ۸۰ C در همان محیط عمل‌آوری شدند و در آخر ۱ g/L سدیم کربنات به محلول اضافه شد. سپس، پارچه‌ها آبکشی و در دمای محیط خشک شدند. در تمام مراحل آزمایش نیز به منظور افزایش سایش مکانیکی به هر حمام ۲۵ ساچمه فولادی اضافه شد.

اثر مقدار پرزهای سطح پارچه بر شدت هیدرولیز

با ترسیم منحنیهای تغییرات کاهش وزن نسبت به زمان واکنش و غلظت آنزیم مشخص شد که کاهش وزن بر اثر هیدرولیز آنزیمی، ارتباط نزدیکی با مقدار پرزهای سطح پارچه دارد. از این رو، برای اثبات این موضوع نمونه‌هایی از پارچه‌ها خارزده و تعدادی دیگر نیز برس زده شدند. روش انجام این عملیات نیز بنحوی بود که کمترین نیرو به پارچه وارد شد. هدف از برس زدن پارچه جداساختن پرزها و الیاف سستی بود که در سطح پارچه یافت می‌شدند. در هر بار برس زنی نیز دو طرف پارچه برس زده شد و از طرف دیگر برای افزایش پرزهای سطح پارچه عملیات خارزنی انجام گردید.

هیدرولیز نمونه‌هایی که خارزده یا برس زده شدند در pH=۴/۵ دمای ۵۵ C، زمان واکنش ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه انجام شد و نسبت حجم محلول به وزن کالا ۲۰ به ۱ بود. غلظت آنزیم برای نمونه‌های برس زده شده ۵ g/L و برای نمونه‌های خارزده شده ۳ g/L بود.

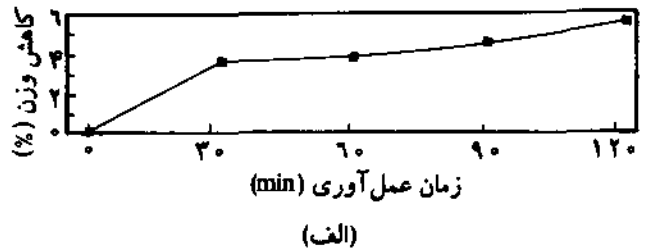
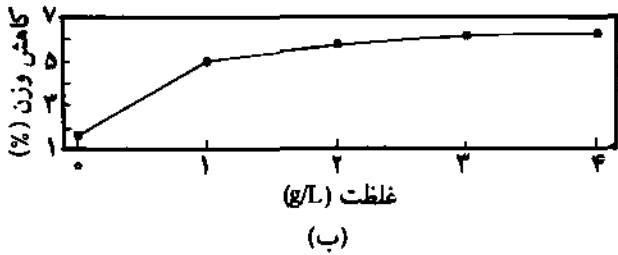
اثر هیدرولیز بر خصوصیات نمونه‌های پارچه

اثر هیدرولیز بر خواص پارچه با اندازه‌گیری مقدار کاهش وزن و کاهش نیروی پارگی بررسی شد. کاهش وزن به وسیله توزین هر نمونه قبل و بعد از واکنش و پس از اینکه بمدت ۴ ساعت در دمای ۱۰۵ C خشک شد، محاسبه گردید.

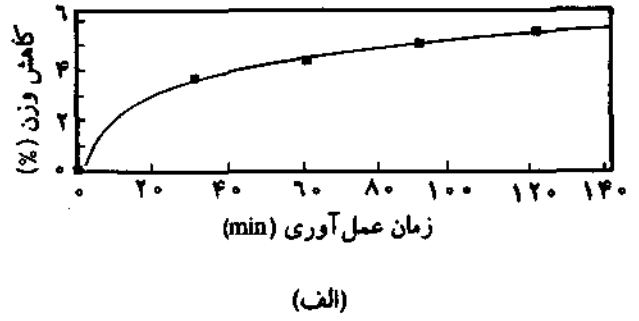
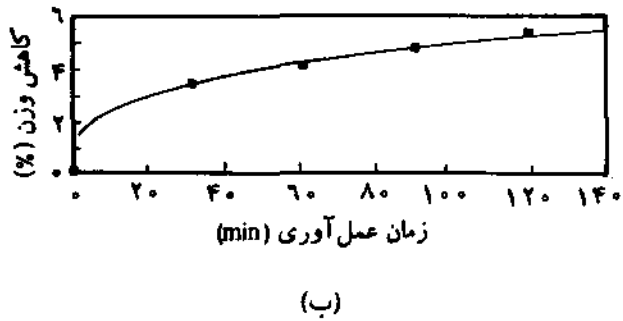
برای اندازه‌گیری استحکام نخهای تار و پود، نمونه‌هایی به طول ۵ cm و برای پارچه بصورت نواری، نمونه‌هایی بطول ۱۵ cm انتخاب و با سرعت ۵۰ mm/min به کمک دستگاه زوئیک آزمایش شدند.

نتایج و بحث

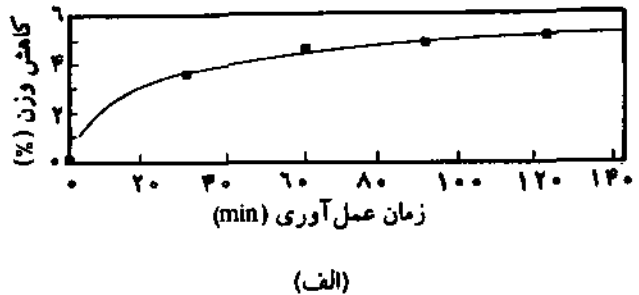
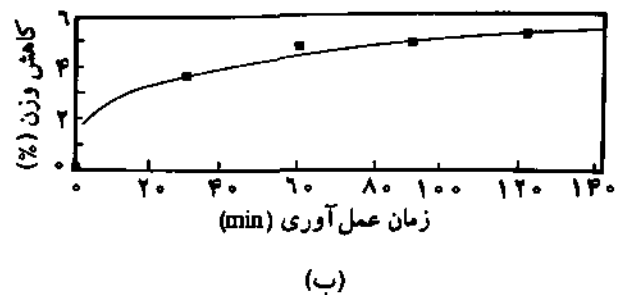
تغییرات مقدار کاهش وزن نسبت به غلظت آنزیم و زمان واکنش در شکلهای ۱ تا ۴ نشان داده شده‌اند. منحنیهای تغییرات کاهش وزن بدست آمده از این آزمایشها با نتایج گزارش شده در سایر مراجع مطابقت دارند [۱۱-۸]. همان گونه که منحنیهای کاهش وزن نسبت به زمان واکنش نشان می‌دهند، بیشترین شدت کاهش وزن در همان



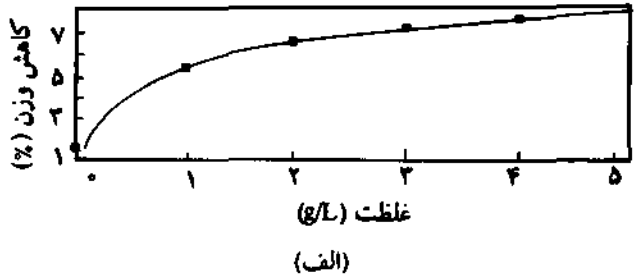
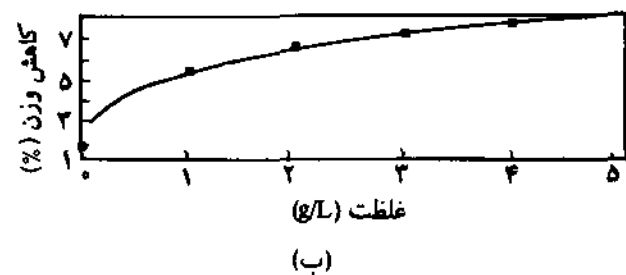
شکل ۱- تغییرات کاهش وزن در دمای 40°C نسبت به: (الف) زمان عمل آوری در غلظت 4 g/L و (ب) غلظت آنزیم در زمان 90 min .



شکل ۲- تغییرات کاهش وزن نسبت به زمان واکنش و منحنیهای برازنده آنها در دمای 55°C و غلظت آنزیم 3 g/L : (الف) لگاریتمی و (ب) توانی.



شکل ۳- تغییرات کاهش وزن نسبت به زمان عمل آوری و منحنیهای برازنده آنها در دمای 40°C و غلظت آنزیم 3 g/L : (الف) لگاریتمی و (ب) توانی.



شکل ۴- تغییرات کاهش وزن نسبت به غلظت آنزیم و منحنیهای برازنده آنها در دمای 40°C و زمان عمل آوری 120 min : (الف) لگاریتمی و (ب) توانی.

جدول ۲ - نتایج رگرسیون برای منحنیهای شکلهای ۲ تا ۴.

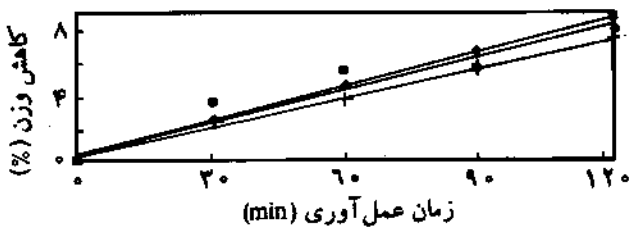
شکل ۴		شکل ۳		شکل ۲		نوع تابع
لگاریتمی	توانی	لگاریتمی	توانی	لگاریتمی	توانی	
۰/۹۹۹	۰/۹۹۴	۰/۹۳۸	۰/۹۲۴	۰/۹۶۸	۰/۹۹۰	R^2
۵/۳۱۴	۵/۳۴۴	-۰/۳۰۲	۱/۴۷۸	-۰/۹۹۲	۳/۰۷۸	a
۱/۶۷۶	۰/۲۶۴	۱/۱۸۰	۰/۲۷۱	۱/۲۹۱	۰/۰۰۵	b

وزن، روند تغییرات یکسان است.

نتایج هیدرولیز پارچه‌های خارزده شده در شکل ۵ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌گردد، هر دو پارچه خارزده شده دارای کاهش وزن بیشتری نسبت به نمونه شاهدند و نمونه‌ای که سه بار خار زده شده است بیشترین کاهش وزن را دارد. در نمونه‌هایی که برس زده شده‌اند با افزایش دفعات برس زنی، که نشان دهنده کم شدن پرزهای سطح پارچه است، کاهش وزن ناشی از واکنش نیز کمتر شده است. شکل ۶ نتایج این آزمایشها را نشان می‌دهد. از شکل ۵ علاوه بر نتیجه یاد شده بخوبی مشخص است که با افزایش پرزهای سطح پارچه، ناحیه تغییر شیب منحنیها در محدوده بالاتری از کاهش وزن قرار می‌گیرد.

در شکل ۷، تغییرات کاهش وزن برای نمونه‌های هیدرولیز شده در شرایط مختلف نشان داده شده است. برای تمام این نمونه‌ها ملاحظه می‌شود که پس از ۶۰ دقیقه مقدار کاهش وزن ناچیز است.

نتایج اندازه‌گیری نیروی پارگی نخهای تار و پود در شکل ۸ نشان داده شده است. در مراحل اولیه عملیات، به علت کنده شدن پرزهای سطح پارچه، مقدار کاهش وزن حاصل از واکنش زیاد است. بعد از این مرحله، چون کاهش وزن عمدتاً به هیدرولیز ساختار اصلی پارچه مربوط می‌شود، از میزان آن کاسته می‌شود. بنابراین، همان طور که شکل ۸ نشان می‌دهد، در مراحل ابتدایی هیدرولیز با اینکه مقدار کاهش وزن زیاد است، چون وزن کاسته شده مربوط به کنده شدن پرزهاست، نخها استحکام خود را تا حد زیادی حفظ کرده‌اند. ولی، در مرحله‌ای که شیب منحنیها کمتر شده است، حتی با اندک افزایشی در



شکل ۶ - اثر کاهش پرزهای سطح پارچه بر منحنیهای کاهش وزن نمونه‌های: (■) شاهد و (◆) یک‌بار و (+) دوبار برس زده شده.

ابتدای هیدرولیز اتفاق می‌افتد و بعد از ۶۰ دقیقه به یک حد تقریباً ثابت می‌رسد و از شدت آن کاسته می‌شود. در شرایطی نیز که تمام عوامل ثابت بوده و فقط غلظت آنزیم افزایش می‌یابد، بیشتر تغییرات کاهش وزن در محدوده غلظتهای کم صورت می‌گیرد و افزایش غلظت آنزیم اثر چندانی بر کاهش وزن ندارد (شکل ۴).

با در نظر گرفتن y به عنوان درصد کاهش وزن و x یک‌بار زمان واکنش و بار دیگر غلظت آنزیم و با فرض:

$$y = \phi(x) \quad (1)$$

شکلهای مختلف توابع خطی، لگاریتمی، نمایی و توانی، به وسیله کامپیوتر بررسی شده‌اند. در میان این توابع، تابع لگاریتمی به شکل:

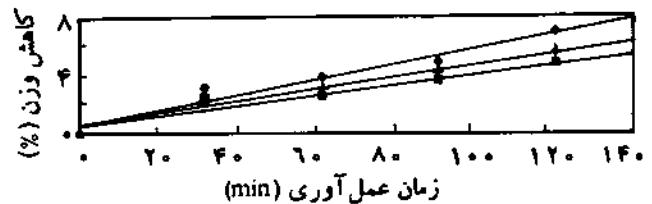
$$y = a + b \ln x \quad (2)$$

و تابع توانی به صورت:

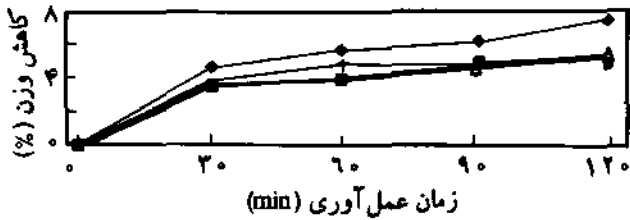
$$y = a + bx^{1/2} \quad (3)$$

که در آنها ضرایب a و b مقادیری ثابت‌اند، بهترین ضریب همبستگی (R^2) را داشتند.

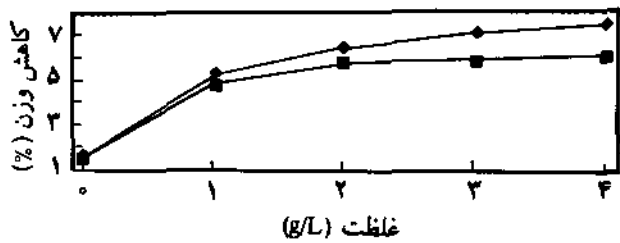
نتایج محاسبات انجام شده برای شکلهای ۲ تا ۴ در جدول ۲ نشان داده شده است. در مورد بقیه منحنیهای کاهش وزن نیز ضرایب همبستگی بالاتر از ۹۰٪ است. ملاحظه می‌شود که در منحنیهای کاهش



شکل ۷ - اثر پرداز کردن سطح پارچه بر منحنیهای کاهش وزن نمونه‌های: (■) شاهد و (+) یک‌بار و (◆) دوبار خارزده شده.



شکل ۹- اثر شدیدتر شدن شرایط هیدرولیز بر مقدار کاهش وزن مطلوب برای زیست پرداخت: ۳ g/L و ۵۵°C (▲)، ۳ g/L (■) و ۴۰°C (⊕)، ۳ g/L و ۵۵°C (◆) و ۴ g/L و ۴۰°C (⊕).



شکل ۱۰- مقایسه منحنیهای کاهش وزن در دمای ۴۰°C در غلظتهای مختلف آنزیم با زمان عمل آوری: ۹۰ min (■) و ۱۲۰ min (◆).

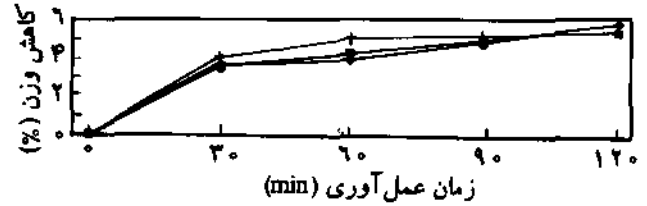
نتیجه گیری

کاهش وزن عاملی است که به کمک آن بنحوی مطلوب می توان شدت هیدرولیز آنزیمی پارچه ها را معین کرد. کاهش وزن حاصل از عملیات زیست پرداخت نسبت مستقیم با پرزهای سطح پارچه دارد. شکل منحنیهای کاهش وزن مشخص می سازد که می توان زیست پرداخت را در زمانهای کوتاه و با استفاده از غلظت کم آنزیم انجام داد. منحنیهای کاهش وزن شکل یکسانی دارند و روند تغییرات در آنها مشابه اند و با توابع لگاریتمی و توانی با ضرایب همبستگی بالا مطابقت دارند.

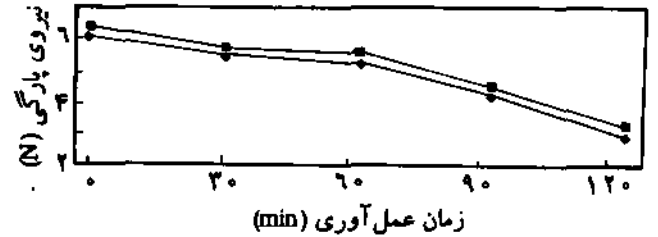
بنظر می رسد که شدت هیدرولیز مناسب برای فرایند زیست پرداخت رابه کمک منحنیهای کاهش وزن بتوان مشخص کرد و آن در صورتی است که شرایط واکنش چندان شدید نباشد. اگر در شرایطی ملایم پارامتر متغیر هیدرولیز زمان واکنش باشد، مشاهده می شود که در محدوده های خاص، شیب منحنیهای کاهش وزن تقلیل می یابد. این محدوده شاید بتواند مشخص کننده کاهش وزن (شدت هیدرولیز) مناسب فرایند باشد. برای جلوگیری از کاهش بیش از حد استحکام، بهتر است حد پایین کاهش وزن در محدوده معین شده برای عملیات زیست پرداخت مدنظر قرار گیرد.

مراجع

1 Klahorst S., Kumar A. and Mullins M. M.; *Text. Chem.*



شکل ۷- تعیین محدوده خاصی از کاهش وزن به وسیله منحنیهایی که برای نمونه های هیدرولیز شده در شرایط مختلف بدست آمده است: ۳ g/L و ۵۵°C (■)، ۳ g/L و ۴۰°C (⊕) و ۴ g/L و ۴۰°C (+) و ۳ g/L و ۵۵°C (◆).



شکل ۸- کاهش نیروی پارگی نخهای تار و پود نمونه های هیدرولیز شده در ۵۵°C با غلظت آنزیم ۳ g/L نسبت به زمان واکنش: تار و پود (◆).

مقدار کاهش وزن، کاهش نیروی پارگی نخهای تار و پود زیاد می شود. اثر غلظت آنزیم بر مقدار کاهش وزن در شکل ۹ نشان داده شده است. در این شکل مشاهده می شود که در شرایط یکسان با افزایش غلظت آنزیم، کاهش وزن افزایش می یابد. این تفاوت می تواند بر اثر فعالیت آنزیمها در قابل حل ساختن قسمتهای داخلی پارچه باشد. ملاحظه می شود که در شرایط یکسان با افزایش غلظت آنزیم اجزای بیشتری از الیاف ساختار پارچه هیدرولیز می شوند و بدیهی است که کاهش استحکام نیز بیشتر می شود.

برای تسریع واکنش، به علت اینکه دامنه تغییرات دما محدود است، فقط می توان غلظت آنزیم را بیشتر کرد. در وضعیتی که تمام شرایط از جمله سایش مکانیکی ثابت است و فقط غلظت آنزیم افزایش می یابد، کاهش استحکام بیش از زمانی خواهد بود که شرایط هیدرولیز ملایمتر است.

شکل ۱۰ اثر غلظت آنزیم را بر کاهش وزن در زمانهای ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه نشان می دهد. این شکل مشخص می سازد که بهتر است هیدرولیز در شرایطی ملایم و با غلظت کم آنزیم انجام گیرد. زیرا، اگر شدت هیدرولیز و مقدار کاهش وزن حتی اندکی بیش از حد مناسب عملیات شود، کاهش استحکام کالا زیاد خواهد بود (شکل ۸). بنابراین، بهتر است همیشه حد پایین محدوده مشخص شده برای زیست پرداخت را جهت هیدرولیز آنزیمی کنترل شده پارچه ها مدنظر قرار داد.

404-7 and E184-5, 1993.

8 Koo H., Ueda M. and Wakida T.; *Text. Res. J.*; **64**, 2, 70-2, Feb. 1994.

9 Buschle-Diller G. et al.; *Text. Res. J.*; **64**, 5, 270-9, May 1994.

10 Beltrame P. L. and Paglia D.; *J. Appl. Polym. Sci.*; **44**, 12, 2095-101, 1992.

۱۱ - مرشد محمد و خدای اکبر، مجموعه مقالات کنفرانس علوم و تکنولوژی نساجی، صفحه ۱۸۷، ۱۳۷۶.

Color.; **26**, 2, 13-8, Feb. 1998.

2 Lenz J. et al.; *J. Appl. Polym. Sci.*; **41**, 1315-26, 1990.

3 Pederson G. L., Screw G. A. and Cedron D. M.; *Can. Text. J.*; 31-5, Dec. 1992.

4 Kumar A., Purtell C. and Lepola M.; *Text. Chem. Color.*; **26**, 10, 25-8, Oct. 1994.

5 Cavaco A. and Almeida L.; *Biocatalysis*; **10**, 353-60, 1994.

6 Chong C. L. and Yip P. C.; *Am. Dyestuff Rep.*; 54-9, March 1994.

7 Almeida L. and Cavaco A.; *Melliand Textilber*, **74**, 5,