

# صمغ گیری ابریشم ایرانی با استفاده از آنزیم های آلكالاز و ساویناز

مختار آرامی<sup>i</sup>؛ فیروز مهر مظاهری<sup>ii</sup>؛ شهرام رحیمی<sup>iii</sup>

## چکیده

در این تحقیق ابتدا امکان صمغ گیری ابریشم ایرانی به وسیله دو آنزیم پروتئینی آلكالاز و ساویناز به طور مجزا بررسی و نتایج حاصل شده با روش معمول صمغ گیری (روش صابونی) مقایسه شده است. همچنین قابلیت مخلوط آنزیم های فوق نیز در صمغ گیری مطالعه شده است. درصد کاهش وزن، استحکام و درصد ازدیاد طول نسبی نمونه ها به منظور به دست آوردن بهترین شرایط فرایند صمغ گیری ارزیابی شد. با توجه به نتایج به دست آمده، روش آنزیمی نسبت به روش صمغ گیری مرسوم (روش صابونی) به تخریب به مراتب کمتری بر روی فیلامنت های ابریشم منجر می گردد. همچنین تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) تهیه شده از نمونه های عمل شده با آنزیم و بدون آنزیم برای مقایسه تهیه شد که نتایج به دست آمده را تأیید می کند. با توجه به اهمیت آب و مشکلات تهیه آن، در این تحقیق اثر L.R. نیز بررسی شده است. با توجه به پایین بودن دما در این روش (۵۵°C) و زمان عمل کوتاه نسبت به روش صابونی (۹۵-۱۰۰°C) صرفه جویی قابل ملاحظه ای نیز در انرژی و زمان می شود. به علت مصرف کم مواد شیمیایی و سازگاری و تجزیه پذیری آنزیم ها در محیط زیست، مشکلات زیست محیطی نیز کاهش می یابند.

## کلمات کلیدی:

ابریشم، صمغ گیری، آنزیم، آلكالاز، پروتئاز، صابون ماریسی

## *Enzymatic Degumming of Persian silk by Alcalase and Savinase*

M. Arami, F. Mazaheri and S. Rahimi

### Abstract

The effectiveness of Alcalase and Savinase two proteolytic enzymes were evaluated towards the degumming of Iranian silk. The results were compared with the conventional method of silk degumming (soap degumming). Also, efficacy of some parameters such as time, concentration of enzymes, L.R. on degumming of the raw material was studied. In addition, mixture of these enzymes with different ratio were used for silk degumming. The degummed samples were assessed for quality by comparing their weight loss and physical properties (Strength and Elongation).

The results obtained show that enzymatic degumming of silk could be a good alternative method for soap degumming, due to introducing better properties the to degummed silk filaments and less

<sup>i</sup> عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر: arami731@yahoo.com و arami@aut.ac.ir

<sup>ii</sup> عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

<sup>iii</sup> کارشناس ارشد مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر



consumption of chemicals and energy. Also SEM pictures show the less degradation of the filaments and confirm the results obtained by enzymatic treatment of the raw silk samples.

In addition, as enzymes are Eco-friendly products, it would not produce any harmful material in the wastewater of the silk degumming process.

### Keywords

Silk, Degumming, Alcalase, Savinase, Soap

امروزه استفاده از آنزیم‌ها در صنعت نساجی رو به رشد است. به عنوان مثال، سلولاز به عنوان اصلاح کننده سطوح الیاف بخوبی شناخته شده است. استفاده از این آنزیم در شستشوی پارچه‌های جین به منظور جایگزینی با فرآیند سنگ‌شویی روز به روز در حال افزایش است. تکمیل پارچه‌های پنبه‌ای با این آنزیم به ایجاد یک سطح نرم و متفاوت با سطح ایجاد شده در روش‌های تکمیلی دیگر منجر می‌شود. آنزیم‌های پروتئاز نیز به طور موفقیت‌آمیزی در کاهش سختی، نمدی شدن، افزایش سفیدی و... الیاف پشم به کار رفته‌اند. همچنین این آنزیم‌ها در شویپنده‌های مخصوص مصارف نساجی و شستشوی منسوجات به کار رفته‌اند [۱]. [۲]، [۶]، [۱۱].

روش صمغ‌گیری با آنزیم علاوه بر این‌که شرایط ملایمی را می‌طلبد و به نتایج بهتری منجر می‌شود، انرژی بسیار کمتری مصرف می‌کند و از نظر زیست‌محیطی هم مشکلی ایجاد نمی‌کند و به طور کلی با توجه به تولید آنزیم‌هایی برای صمغ‌گیری ابریشم، خواص فیزیکی و شیمیایی لیف عمل شده با آنزیم‌ها نیز بهتر است [۲]، [۴]، [۹]، [۱۰].

آنزیم‌ها به طور کلی به صورت انتخابی عمل کرده و قادر هستند که به محل‌های مشخصی از ساختمان سنبستریت حمله کرده و باعث سست شدن چسبندگی و یا تخریب آن شوند [۱۲]، [۱۳].

روش صمغ‌گیری ابریشم با کمک امواج اولتراسونیک یکی از روش‌های نوین صمغ‌گیری است که به نحو مطلوبی و با مکانیزم Cavitation انجام شده است [۷]، [۸].

در این تحقیق آنزیم‌های آلکالاز و ساویناز و مخلوط آنها در شرایط متفاوت زمان، غلظت، L.R. برای صمغ‌گیری ابریشم خام ایرانی بررسی و شرایط صمغ‌گیری بهینه گزارش شده است.

### ۲- مواد و دستگاه‌ها

نخ ابریشم ۱۰ لا با ظرافت  $63 \pm 7\% \text{ tex}$  محصول شرکت ابریشم کشتی گیلان، آنزیم‌های آلکالاز و ساویناز از شرکت Novo Nordisk، سطح فعال نانینونیک Irgasol NA محصول شرکت Ciba استفاده شد.

### ۱- مقدمه

ابریشم طبیعی از دو پروتئین فیبروئین و سریسین تشکیل شده است. صمغ سریسین، فیبروئین را به صورت غلافی در بر گرفته است. تفاوت این دو پروتئین در درصد اسید آمینه‌های موجود در آنها و شکل فضایی آنهاست. این مسأله به ساختمان کریستالی برای فیبروئین (الیاف) و ساختاری آمورف برای سریسین (صمغ) منجر می‌شود. این تفاوت در ساختمان باعث می‌شود تا با کمک مواد شیمیایی صمغ از روی الیاف کنده شده و آسیب جدی به الیاف وارد نشود [۱]، [۲].

برای دستیابی به الیاف ابریشم ایده آل و نهایتاً منسوج با زیر دست لطیف، درخشندگی مناسب و رنگرزی یکنواخت، صمغ‌گیری ابریشم خام یک مرحله ضروری است. در مرحله صمغ‌گیری، یعنی سریسین زدایی، بسته به نوع ابریشم، کاهش وزنی در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد مشاهده می‌شود که البته امروزه با روش‌های روکش پلیمری، این کاهش وزن بدون اینکه به خواص مورد نظر خللی وارد آید، جبران می‌شود [۱]، [۱۱].

از سالیان دور، روش متداول صمغ‌گیری ابریشم، روش صمغ‌گیری با محلول قلیایی صابون بوده است. در این روش، جزئی از صابون در مجاورت قلیا هیدرولیز شده و سریسین متورم شده به وسیله صابون در آب به دلیل خاصیت امولسیون‌سازی صابون معلق گشته و از الیاف جدا می‌شود [۱]، [۲].

صمغ‌گیری با روش صابونی روش نسبتاً گرانی است؛ زیرا اولاً صابون‌ها معمولاً گران قیمت هستند و ثانیاً این فرایند در دمای ۹۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱-۳ ساعت انجام می‌شود. از معایب دیگر این روش می‌توان به آلوده کردن محیط زیست به علت وجود قلیا و صابون در پساب اشاره نمود [۲]، [۴].

از روش‌های دیگر صمغ‌گیری ابریشم می‌توان روش اسیدی را نام برد. این روش به طور موفقیت‌آمیزی با اسید تارتاریک انجام شده است؛ اما به خاطر مشکل بودن کنترل عمل صمغ‌گیری چندان مورد توجه قرار نگرفته است [۵].

مواد شیمیایی دیگر مواد آزمایشگاهی (Merck Analar) بودند.

برای صمغ گیری از دستگاه Ahiba1000 و برای به دست آوردن خصوصیات فیزیکی الیاف از دستگاه Instron 5566 (Applied Science Co.) استفاده شد.

توزین نمونه ها با ترازوی دیجیتال Ohaus و با دقت ۰/۰۰۰۱ انجام شد.

### ۳- کارهای تجربی

صمغ گیری ابریشم در دستگاه رنگرزی آزمایشگاهی Ahiba 1000 و با نمونه های ۲ گرمی و برای هر نمونه ۳ بار تکرار شد و اعداد گزارش شده میانگین آنها می باشند. ابتدا صمغ گیری با ۵ gr/l صابون ماریسی ، ۵ gr/l بیکربنات سدیم و ۵ gr/l سطح فعال آنیونیک (Irgasol NA) در دمای ۹۵°C و در زمان های ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه انجام شد ، سپس صمغ گیری با غلظت های مختلف (۰/۲۵ ، ۰/۵۰ ، ۱/۰۰ ، ۲/۰۰ گرم بر لیتر) آنزیم به منظور یافتن غلظت بهینه و سپس در زمان های مختلف (۱۵ ، ۳۰ ، ۶۰ ، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه) و در غلظت بهینه و سپس در L.R. های مختلف (۱:۲۰ ، ۱:۳۰ ، ۱:۴۰ ، ۱:۵۰) انجام شد. pH محیط در حدود ۸-۹ بوده است که این pH به وسیله شرکت سازنده آنزیم توصیه می شود. این pH با استفاده از محلول بی کربنات سدیم تنظیم شده است. در نهایت، صمغ گیری در غلظت های ترکیبی مختلف آنزیم های آلکالاز و ساویناز به ترتیب (۱/۰۰ ، ۰/۱۰۰) ، (۰/۷۵ ، ۰/۲۵) ، (۰/۵۰ ، ۰/۵۰) ، (۰/۲۵) ، ۰/۲۵) ، (۰/۷۵ ، ۱/۰۰) و (۱/۰۰ ، ۰/۱۰۰) گرم بر لیتر و در دو زمان ۳۰ و ۶۰ دقیقه انجام شد.

### ۴- ارزیابی کارایی روش های صمغ گیری

#### ۴-۱- درصد کاهش وزن

برای به دست آوردن درصد کاهش وزن ، ابتدا نمونه ها در آون در دمای ۱۰۰ °C به مدت ۱ ساعت خشک و پس از

سرد شدن در دسیکاتور وزن شدند. بعد از صمغ گیری نیز به همین ترتیب توزین صورت پذیرفت و درصد کاهش وزن با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$(1) \quad \text{درصد کاهش وزن} = \frac{(W_i - W_f)}{W_i} * 100$$

در این رابطه،  $W_i$  وزن اولیه و  $W_f$  وزن نهایی است که بعد از خشک کردن نمونه ها در آون با دمای ۱۰۰°C و تا رسیدن به وزن ثابت (۱ ساعت) به دست آمده اند.

### ۴-۲- بررسی خصوصیات فیزیکی

بدین منظور از دستگاه Instron 5566 با فاصله فکهای ۱۰cm و سرعت ۵۰ mm/Min استفاده شد و استحکام و درصد ازدیاد طول نسبی نمونه ها به دست آمد.

### ۵- نتایج و بحث

#### ۵-۱- اثر زمان و نوع آنزیم

در این قسمت حمام هایی با مشخصات زیر تهیه شدند. اثر متغیر زمان بر درصد کاهش وزن ، استحکام و درصد ازدیاد طول نسبی نمونه ها در جدول (۱) و نمودار های (۱) و (۲) مشاهده می شود. همان طوری که در جدول و نمودار (۱) مشاهده می شود ، با کمک آنزیم آلکالاز در مدت ۳۰ دقیقه به نتایج مطلوبی می توان دست یافت ، در صورتی که در روش صابونی و آنزیم ساویناز به مدت زمان طولانی تری نیاز است (۶۰ دقیقه). همین طور دیده می شود که در ابتدا سرعت صمغ گیری زیاد است؛ ولی با گذشت زمان به مقدار نسبتاً ثابتی می رسد.

آنزیم آلکالاز اثر چندان مخربی روی فیلامنت های ابریشم نمی گذارد؛ زیرا به کاهش استحکام ۹/۴۱ درصد منجر می شود، در حالی که این مقدار برای آنزیم ساویناز ۱۴/۰۹ درصد و برای روش صابونی ۲۱/۲۰ درصد است. دلیل این امر را می توان به شرایط سخت و طولانی در روش صابونی نسبت داد؛ زیرا در این روش، صمغ گیری در دمای جوش به مدت ۶۰ دقیقه انجام می شود ، در صورتی که در مورد آنزیم آلکالاز دما ۵۵ °C و زمان ۳۰ دقیقه است.

Enzyme degumming

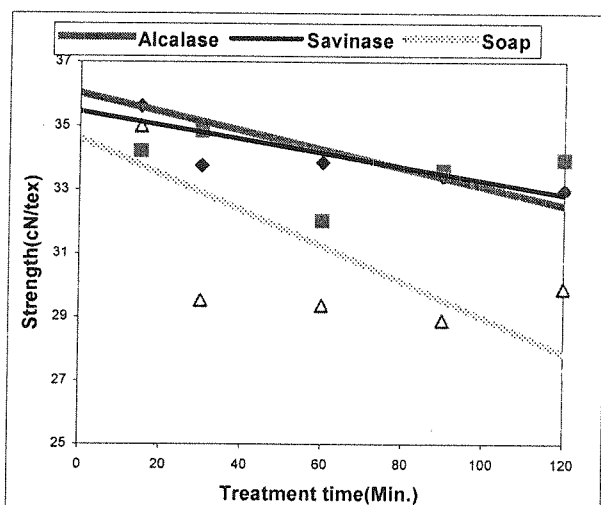
Enzyme=1gr/l  
Irgasol NA= 1 gr/l  
L.R. = 30:1  
Bicarbonate=5gr/l  
pH=8.5  
temp.=55-60°C

Soap degumming

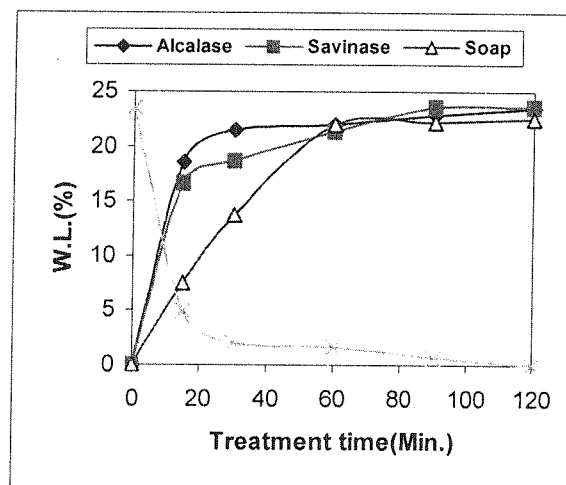
Soap=5gr/l  
Irgasol NA= 1 gr/l  
L.R. = 30:1  
Bicarbonate=5gr/l  
pH=8.5  
temp.=95°C

جدول (۱): اثر متغیر زمان بر روی درصد کاهش وزن، استحکام و درصد ازدیاد طول نسبی ابریشم.

روش صابونی			ساویناز				آلکالاز				زمان (دقیقه)	
درصد کاهش استحکام	درصد ازدیاد طول نسبی	استحکام (cN/tex)	درصد کاهش وزن	درصد کاهش استحکام	درصد ازدیاد طول نسبی	استحکام (cN/tex)	درصد کاهش وزن	درصد کاهش استحکام	درصد ازدیاد طول نسبی	استحکام (cN/tex)		درصد کاهش وزن
۰	۱۵/۸۶	۲۷/۲۷	۰	۰	۱۵/۸۶	۲۷/۲۷	۰	۰	۱۵/۸۶	۲۷/۲۷	۰	۰
-	-	-	-	۸/۱۸	۱۶/۹۴	۳۴/۲۲	۱۶/۶۱	۴/۴۵	۱۶/۹۴	۳۵/۶۱	۱۸/۶۳	۱۵
۲۰/۷۹	۱۸/۳۶	۲۹/۵۲	۱۲/۷۵	۶/۵۲	۱۶/۸۳	۲۴/۸۴	۱۸/۷۲	۹/۴۲	۲۰/۰۸	۳۳/۷۶	۲۱/۵۳	۳۰
۲۱/۲۰	۱۷/۸۳	۲۹/۳۷	۲۲/۰۲	۱۴/۱۱	۱۸/۴۲	۳۲/۰۳	۲۱/۴۰	۹/۱۸	۲۰/۳۰	۳۳/۸۵	۲۱/۹۵	۶۰
۲۲/۴۶	۱۷/۰۰	۲۸/۹۰	۲۲/۲۳	۹/۸۷	۱۷/۵۰	۲۳/۵۹	۲۳/۵۷	۱۰/۳۰	۲۰/۹۰	۳۳/۴۳	۲۲/۸۶	۹۰
۱۹/۷۷	۱۸/۵۸	۲۹/۹۰	۲۲/۵۸	۸/۹۱	۱۸/۱۷	۳۳/۹۵	۲۳/۶۳	۱۱/۵۱	۲۰/۷۶	۳۲/۹۸	۲۲/۵۳	۱۲۰



نمودار (۲): اثر متغیر زمان بر روی استحکام



نمودار (۱): اثر متغیر زمان بر روی درصد کاهش وزن

آنزیم ساویناز و روش صابونی بهترین زمان ۶۰ دقیقه انتخاب می شود.

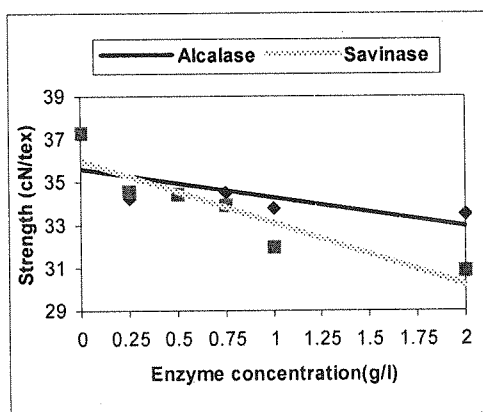
#### ۴-۵- اثر غلظت آنزیم

اثر غلظت آنزیمها در صمغ گیری ابریشم با اندازه گیری درصد کاهش وزن، استحکام و درصد ازدیاد طول نسبی نمونه ها بررسی شد. نتایج در جدول (۲) و نمودارهای (۳) و (۴) مشاهده می شود. مشخصات حمام مانند قسمت قبل است با این تفاوت که زمان برای آنزیم آلکالاز ۳۰ دقیقه و برای ساویناز ۶۰ دقیقه بود و غلظت آنزیمها مطابق جدول (۲) است.

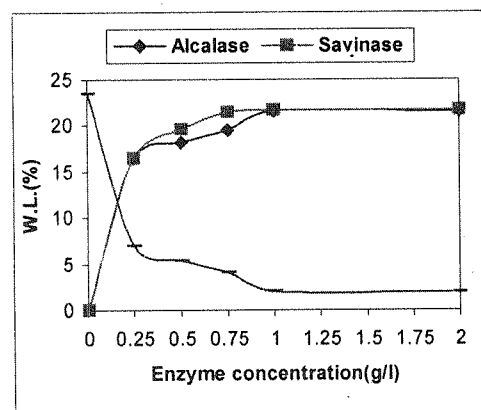
در هر سه مورد مشاهده می شود که با افزایش زمان درصد ازدیاد طول نسبی ابریشم افزایش می یابد که در مورد آنزیم آلکالاز این مقدار بیشتر از دو روش دیگر است. با مقایسه آنزیمهای آلکالاز و ساویناز مشاهده می شود که آنزیم آلکالاز در زمانهای کوتاه اثر به مراتب بهتری نسبت به آنزیم ساویناز از خود به نمایش می گذارد. با افزایش زمان مشاهده می شود که اثر آنزیم ساویناز بیشتر می شود که این مطلب نشان دهنده این است که آنزیم ساویناز در زمانهای طولانی اثر بهتری از خود نشان می دهد. با توجه به نتایج فوق برای آنزیم آلکالاز بهترین زمان ۳۰ دقیقه و برای

جدول (۲): اثر تغییرات غلظت آنزیم‌ها بر روی درصد کاهش وزن، استحکام و درصد ازدیاد طول نسبی ابریشم

ساییناز			آلکالاز			غلظت آنزیم‌ها (gr/l)
درصد کاهش استحکام	درصد ازدیاد طول نسبی	استحکام (cN/tex)	درصد کاهش استحکام	درصد ازدیاد طول نسبی	استحکام (cN/tex)	
.	۱۵/۸۶	۳۷/۲۷	.	۱۵/۸۶	۳۷/۲۷	۰/۱۰۰
۷/۳۰	۱۷/۳۳	۳۴/۵۵	۸/۱۸	۱۵/۹۱	۳۴/۲۲	۰/۲۵
۷/۶۲	۱۸/۲۵	۳۴/۴۳	۷/۶۲	۱۸/۸۹	۳۴/۴۳	۰/۵۰
۸/۹۹	۱۷/۱۰	۳۲/۹۲	۷/۴۳	۲۰/۵۸	۳۴/۵۰	۰/۷۵
۱۴/۳۰	۱۸/۴۲	۳۱/۹۴	۹/۴۲	۲۰/۰۸	۳۲/۷۶	۱/۰۰
۱۷/۲۵	۱۸/۲۰	۳۰/۸۴	۱۰/۱۲	۱۹/۷۵	۳۲/۵۰	۲/۰۰



نمودار (۴): اثر غلظت آنزیم‌ها بر روی استحکام



نمودار (۳): اثر غلظت آنزیم‌ها بر روی درصد کاهش وزن

که آنزیم آلکالاز اثر ملایم تری نسبت به ساییناز آنزیم بر روی ابریشم دارد.

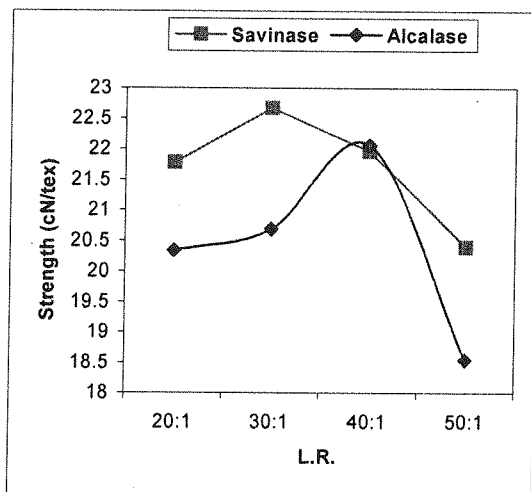
### ۳-۵- اثر L.R.

به منظور بررسی اثر L.R. (نسبت حجم حمام به وزن کالا) در صمغ گیری ابریشم، نمونه‌ها در L.R. های مختلف صمغ گیری شدند که نتایج آن در جدول (۳) و نمودارهای (۵) و (۶) دیده می شود. مشخصات حمام مانند قسمت (۲-۵) است؛ با این تفاوت که غلظت آنزیم‌ها ۱ gr/l و L.R. حمام‌ها مطابق جدول (۳) بود:

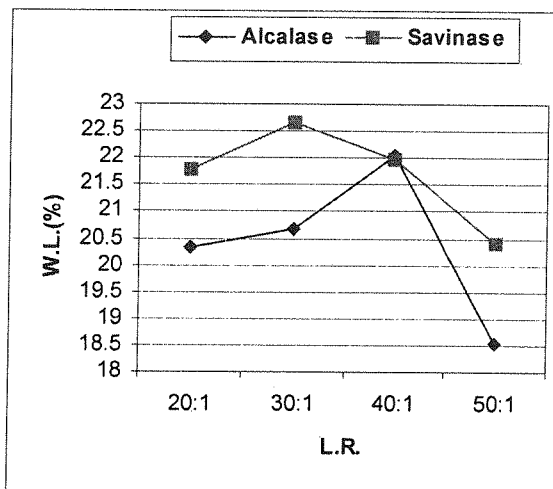
با توجه به جدول (۲) و نمودارهای (۳) و (۴) مشاهده می شود که با افزایش غلظت آنزیم درصد کاهش وزن افزایش می یابد؛ ولی به تدریج به مقدار تقریباً ثابتی می رسد. در هر دو مورد نتایج نسبتاً مشابهی دیده می شود. بهترین شرایط عمل دو آنزیم با توجه به جدول (۲)، غلظت ۱ gr/l است. البته لازم به ذکر است که زمان عملیات برای آنزیم آلکالاز ۲۰ دقیقه است در صورتی که برای آنزیم ساییناز ۶۰ دقیقه است. درصد ازدیاد طول نسبی هم با افزایش غلظت آنزیم افزایش می یابد که این افزایش در مورد آنزیم آلکالاز بیشتر است. در اینجا با مقایسه استحکام‌ها مشخص می شود

جدول (۳): اثر تغییرات L.R. بر روی درصد کاهش وزن، استحکام و درصد ازدیاد طول نسبی

ساییناز			آلکالاز			L.R.
درصد ازدیاد طول نسبی	استحکام (cN/tex)	درصد کاهش وزن	درصد ازدیاد طول نسبی	استحکام (cN/tex)	درصد کاهش وزن	
۱۷/۵۲	۳۴/۲۵	۲۱/۷۸	۱۸/۵۸	۳۵/۳۸	۲۰/۳۴	۲۰:۱
۱۸/۳۴	۳۴/۰۰	۲۲/۶۷	۱۷/۵۸	۳۴/۵۱	۲۰/۶۹	۲۰:۱
۱۷/۴۴	۳۴/۲۴	۲۱/۹۶	۱۹/۱۷	۳۴/۹۷	۲۲/۰۶	۴۰:۱
۱۶/۹۱	۳۵/۵۲	۲۰/۴۰	۱۷/۰۰	۳۶/۰۸	۱۸/۵۴	۵۰:۱



نمودار (۶): اثر تغییرات L.R. بر روی استحکام



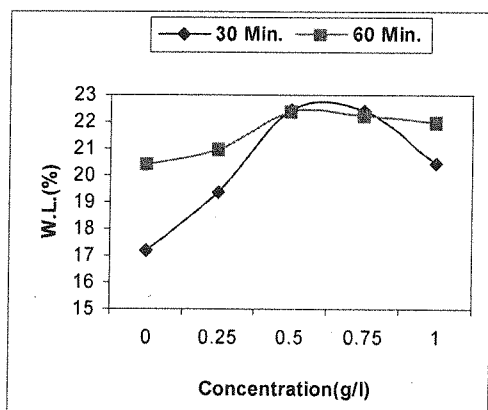
نمودار (۵): اثر تغییرات L.R. بر روی درصد کاهش وزن

شود که با افزایش غلظت آنزیم ساویناز درصد کاهش وزن افزایش و سپس کاهش می یابد.

این امر را می توان چنین توجیه کرد که قسمت عمده صمغ گیری ابریشم، (همان طوری که از جدول (۴) مشخص است)، بر عهده آلکالاز است و آنزیم ساویناز احتمالاً می تواند بخش های جزئی سریسین را؛ که آلکالاز توانایی هیدرولیز آنها را در این زمان ندارد، هیدرولیز کند و در نتیجه عاملی کمکی برای آلکالاز باشد، اما با افزایش غلظت بیش از ۰/۵ gr/l آن ، درصد کاهش وزن کاهش می یابد ، که این موضوع نیز تاکید کننده این مسأله است که بخش عمده سریسین در مدت زمان ۳۰ دقیقه به وسیله آلکالاز هیدرولیز می شود.

همان طوری که از نمودارهای (۵) و (۶) مشخص است، با افزایش L.R. ابتدا درصد کاهش وزن افزایش می یابد و به یک مقدار حداکثر می رسد و سپس دوباره نزول می کند ، به نحوی که بهترین شرایط عمل را می توان  $L.R. = 40:1$  برای آنزیم آلکالاز و  $L.R. = 30:1$  برای آنزیم ساویناز دانست. می توان گفت که در L.R. های پایین ، حمام به سرعت از سریسین اشباع می شود و در نتیجه سرعت صمغ گیری کم می شود و در L.R. های بالا سطح تماس آنزیم و سابستریت کم است و در نتیجه عملیات صمغ گیری به کندی پیش می رود و احتمالاً سریسین جدا شده امکان دوباره نشست بر روی الیاف را پیدا می کند.

#### ۴-۵- مخلوط آنزیم ها و اثر زمان



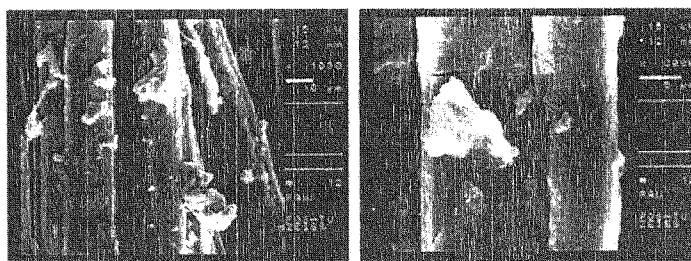
نمودار (۷): اثر زمان بر روی درصد کاهش وزن در حمام حاوی مخلوط آنزیم ها

مشخصات حمام صمغ گیری در این قسمت مانند قسمت (۳-۵) و غلظت آنزیم ها نیز مطابق جدول (۴) تغییر می کند. نتایج صمغ گیری با مخلوط آنزیم های آلکالاز و ساویناز در غلظت های مختلف و در دو زمان ۳۰ و ۶۰ دقیقه را می توان در جدول (۴) و نمودار (۷) مشاهده کرد. همان طور که از نمودار (۷) و جدول (۴) مشاهده می شود، در مدت زمان ۶۰ دقیقه تفاوت چندانی در درصد کاهش وزن نمونه ها مشاهده نمی شود. دلیل این امر را می توان به طولانی بودن زمان نسبت داد به نحوی که آنزیم ساویناز به اندازه کافی فرصت عمل کردن داشته است و در نتیجه در غلظت های مختلف تفاوت محسوسی در درصد کاهش وزن وجود ندارد. اما در مورد مدت زمان ۳۰ دقیقه مشاهده می-

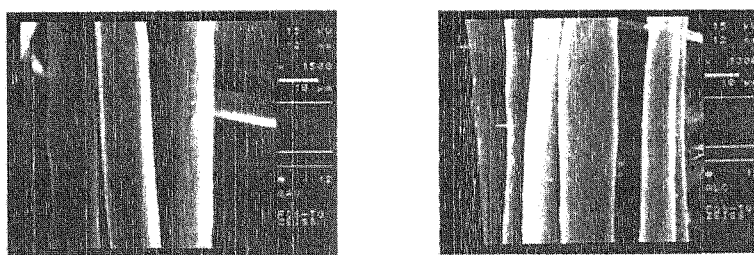
جدول (۳): اثر زمان بر روی درصد کاهش وزن، استحکام و درصد ازدیاد طول نسبی در مخلوط آنزیم ها

درصد ازدیاد طول نسبی	استحکام (cN/tex)	درصد کاهش وزن	زمان (دقیقه)	ساییناز (gr/l)	آلكالاز (gr/l)
۱۵/۰۰	۳۲/۶۶	۱۷/۱۹	۳۰	۱/۰۰	۰/۰۰
۱۸/۴۲	۳۲/۰۳	۲۰/۴۰	۶۰		
۱۵/۸۳	۳۲/۳۹	۱۹/۳۸	۳۰	۰/۷۵	۰/۲۵
۱۸/۳۳	۳۵/۴۸	۲۰/۹۶	۶۰		
۱۷/۷۴	۳۳/۲۲	۲۲/۴۳	۳۰	۰/۵۰	۰/۵۰
۱۷/۴۲	۳۴/۷۷	۲۲/۳۸	۶۰		
۱۸/۶۱	۳۲/۵۴	۲۲/۴۰	۳۰	۰/۲۵	۰/۷۵
۱۸/۱۸	۳۴/۹۵	۲۲/۲۲	۶۰		
۱۹/۴۴	۳۳/۵۹	۲۰/۴۶	۳۰	۰/۰۰	۱/۰۰
۲۰/۳۰	۳۳/۸۵	۲۱/۹۵	۶۰		

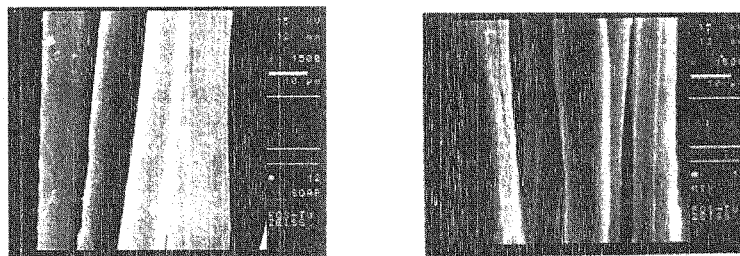
۵-۵- مطالعات و بررسی‌های میکروسکوپی  
 با توجه به موارد فوق بهترین نتیجه را از مخلوط آنزیم ها در زمان ۳۰ دقیقه با ۰/۵ gr/l از هر دو آنزیم می توان به دست آورد.  
 تصاویر میکروسکوپی به دست آمده از نمونه های مختلف را می توان در تصاویر (۱) تا (۵) مشاهده کرد.



A B  
 تصویر (۱): نمونه خام  
 A- (×۳۰۰۰) - B (×۱۰۰۰)



تصویر (۲): نمونه صمغ گیری شده با آنزیم آلكالاز (×۱۳۰۰) - تصویر (۳): نمونه صمغ گیری شده با آنزیم سایناز (×۱۵۰۰)



تصویر (۴): نمونه صمغ گیری شده با مخلوط آنزیم ها (×۱۴۰۰) - تصویر (۵): نمونه صمغ گیری شده به وسیله صابون (×۲۰۰۰)

S. R. Shukla, R. S. Patel, A.N.Saligram, "Silk Degumming Process: A Comparison Of Efficiencies", American Dyestuff Reporter, September 1992, 22-24

Giuliano Freddi, Giulia Allara and Guido Candiani, "Degumming of silk fabrics with tartaric acid", JSDC, Vol. 112, July/August 1996, 141-145.

V.B. Gupta, R.Rajkhowa & V.K. Kothari, "Physical characteristics and structure of Indian silk fibres", Indian Journal of Fibre & Textile Research, March 2000, 14-19

A. Krasowski, B. Muller, J. Fohles, H. Hocker, "Degumming of Silk in an-Ultrasonic Field", Melliand Textilberichte, No. 6, 1999

Sami Awad, "Ultrasonic Cavitations and Precision Cleaning", Precision cleaning, November, 1996

M. L. Guluajani and Shlini sen, "Efficacy of protease on degumming of dupion\_silk", Indian Journal of Fibre & Textile Research, Vol. 23, March 1998 -P: 52-58

M.L.Guluajan, Ritu Agarwal & Subhash Chand, "Degumming of silk with a fungal\_protease", Indian Journal of Fibre & Textile Research, Vol.25, June 2000, P: 138-142.

Nelson Duran and Marcela Duran, "Enzyme applications in the textile industry", Rev. Prog Coloration, Vol. 30, 2000, P:41-43.

"Structure and Mechanism in protein Science, A guide to Enzyme Catalysis and Protein Folding", by Alan Fersht, 1999, W.H.Freeman and company, New York.

"Biochemistry", by James C. Blackstock, 1998, Butterworth-Heinemann

[۴] همان طوری که در تصاویر مشخص است ، صمغ گیری در تمامی روش‌ها تقریباً به طور کامل انجام شده است. نکته قابل توجه عدم وجود تخریب در نمونه‌ها است.

[۵]

## ۶- نتیجه گیری

[۶] ۱- صمغ گیری با آنزیم آلکالاز با غلظت ۱ gr/l ، ۱ gr/l بیکربنات سدیم (pH = ۸-۹) ، Irgasol NA ۵ gr/l (سطح فعال نانیونیک) و L.R= ۴۰:۱ ، زمان ۳۰ دقیقه و دمای ۵۵ درجه بهترین نتیجه را می دهد.

[۷] ۲- صمغ گیری با آنزیم ساویناز با غلظت ۱ gr/l ، ۱ gr/l بیکربنات سدیم ، Irgasol NA ۵ gr/l و L.R= ۳۰:۱ ، زمان ۶۰ دقیقه و دمای ۵۵ درجه نتایج مناسب‌تری را به دست می دهد.

[۸] ۳- صمغ گیری با مخلوط آنزیم ها و غلظت های ۰/۵ gr/l از هر کدام و مشابه شرایط فوق در زمان ۳۰ دقیقه بهترین شرایط صمغ گیری با مخلوط آنزیم ها است.

[۹] ۴- صمغ گیری به کمک صابون ماریسی با غلظت ۱ gr/l صابون ، Irgasol NA ۵ gr/l و L.R= ۳۰:۱ و L.R.= ۶۰ و زمان ۶۰ دقیقه در جوش نتایج مناسب‌تری را به دست می دهد.

[۱۰] با در نظر گرفتن نتایج این تحقیق (درصد کاهش وزن ، درصد کاهش استحکام و ازدیاد طول نسبی و تصاویر میکروسکوپی) می توان به طور کلی نتیجه گرفت که روش-

[۱۱] های آنزیمی درصد کاهش وزن بسیار مطلوبی و حدوداً یکسان را در زمانی کوتاه همراه با کاهش استحکام ناچیزی (۹-۱۴ درصد) در مقایسه با روش صابونی (۲۵-۲۱ درصد) در پی دارند؛ طبق جدول (۱). از مزایای دیگر روش‌های آنزیمی نسبت به روش مرسوم صابونی مصرف کمتر مواد شیمیایی ، مصرف کمتر انرژی به‌خاطر انجام عملیات صمغ گیری در دمایی به مراتب پایین تر (۵۵ °C) و زمان کوتاه تر و همچنین سازگار بودن و قابلیت تجزیه شدن این مواد در محیط زیست است.

## ۷- مراجع

[۱] S.R. karmakar, "Chemical Technology in the pre-treatment processes of textiles", Elsevier, 1999

[۲] F.Sadov, "Chemical Technology of fibrous materials", Mir publishers, Moscow, 1973

[۳] M. L. Gulrajani, Subrata Das & Sheetal Sethi, "Degumming of Murshidabad silk fabrics with alkalies", Indian Journal of fibre & Textile Research, Vol.15, December 1990,173-179