شیمی نساجی

بررسی و مقایسه خواص آبگریزی پارچه پنبه‌ای عمل شده با مواد ضدآب متفاوت

الهام اخوه[1و*]، شیده صالحی[1]، شیما شایسته‌فر[2]

چکیده

طی سالیان متمادی با شکل‌گیری صنعت نساجی و پیشرفت آن در زمینه‌های مختلف انواع روش‌های تکمیل به منظور بهبود خواص کالا پیشنهاد شده است. اعمال این تکمیل‌ها بر کالا آن را برای استفاده در بازار منسوجات مانند لباس، مصارف خانگی و منسوجات صنعتی مناسب می‌کند. یکی از این تکمیل‌ها، تکمیل دفع آب یا آبگریزی است که از قدیمی‌ترین انواع تکمیل است و همان‌طور که از نام آن مشخص است، هدف این تکمیل ایجاد شرایطی است تا به واسطه آن قطرات آب موجود بر سطح کالا به داخل آن نفوذ نکنند. در این مقاله هدف اصلی مقایسه و بررسی خواص آبگریزی دو نمونه کالای پنبه‌ای است که یکی با ماده ضدآب بر پایه فلئور کربن (امولسیون فلئور کربن) و دیگری با ماده‌ای بر پایه سیلیکون (Dynasilan 9116) ضدآب شده است. بدین منظور ابتدا نمونه‌هایی با این دو ماده پد شده و در دمای مناسب تثبیت شده‌اند. بررسی خواص آبگریزی کالا با استفاده از آزمون اسپری تست و طبق استاندارد (۲۰۰۵) 22AATCC TM انجام شده است. برای بررسی ثبات مواد ضدآب‌کننده در برابر شستشو طبق استاندارد 2001-61ISO AATCC عمل شده. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ماده بر پایه فلوئور کربن خاصیت ضدآبی بیشتر و همچنین ثبات بیشتری در برابر شستشو از خود نشان داده است در حالی که ماده سیلیکونی زیردست و نرمی بهتری به کالا بخشیده است.

۱- مقدمه

طی سالیان متمادی با شکل‌گیری صنعت نساجی و پیشرفت آن در زمینه‌های مختلف انواع روش‌های تکمیل به منظور بهبود خواص کالا پیشنهاد شده است. اعمال این تکمیل‌ها بر کالا آن را برای استفاده در بازار منسوجات مانند لباس، مصارف خانگی و منسوجات صنعتی مناسب می‌کند. یکی از این تکمیل‌ها، تکمیل دفع آب یا آبگریزی است که از قدیمی‌ترین انواع تکمیل است و همان طور که از نام آن مشخص است، هدف این تکمیل ایجاد شرایطی است تا به واسطه آن قطرات آب موجود بر سطح کالا به داخل آن نفوذ نکنند. کالا ضدآب شده بیشتر به عنوان پوشاک مقاوم در برابر نفوذ آب، پارچه‌های رومبلی و کفپوش‌های ضدآب، لکه و ضدروغن و در تهیه البسه نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۱- سطوح آبگریز موجود در طبیعت

در طبیعت سطوح آبگریز زیادی یافت می‌شوند، مانند برگ گیاهان [۱]، پای حشرات و بال‌های برخی از حشرات..

مفهوم سطوح آبگریز، در اصل، الهام گرفته از برگ‌های گل نیلوفر آبی در طبیعت است. به همین دلیل مقاومت بسیار بالا در برابر آب و ویژگی‌های خود پاک‌کنندگی، که برگ‌های گیاه نیلوفر آبی از خود نشان می‌دهد را تأثیر نیلوفری می‌نامند.

ایجاد این خاصیت به علت ناهمواری‌های سطحی گیاه و مواد پوشاننده آن است که حالت پارافینی دارند. طبق معادله یانگ (فرمول ۱)، زمانی که کشش سطحی مایع از انرژی آزاد سطح جامد کمتر باشد، مایع فوراً جامد را خیس خواهد کرد.

$$\cos\theta_{flat} = \frac{\gamma_{SV} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LV}} \quad (۱)$$

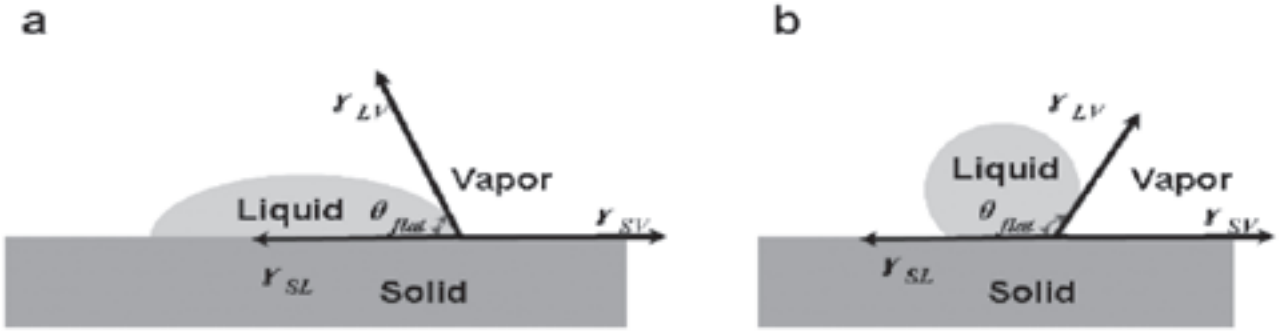
کشش سطحی آب برابر است ۷۲/۸ mN/m است. مواد شوینده با کاهش کشش سطحی آب باعث بهبود خواص شستشو می‌شوند. برای مقاوم‌سازی کالا در برابر آب باید انرژی سطحی آن تا حدود ۳۰-۲۴ mN/m پایین آورده شود.

۱-۲- تئوری خیس شدن سطوح صاف و ناهموار

زمانی که یک قطره از مایع روی سطحی که از نظر شیمیایی خواصی ثابت و از نظر فیزیکی صاف و یکنواخت است می‌ریزد، خیس شدن سطح وابسته به ترکیب شیمیایی آن است. زاویه تماس قطره با سطح براساس برهم‌کنش نیروهای جامد – گاز (γ_{SV})، جامد – مایع (γ_{SL}) و مایع – گاز (γ_{LV}) است و طبق معادله یانگ محاسبه می‌شود (فرمول ۱).

θ (زاویه تماس) را می‌توان به وسیله نقاله زاویه‌یاب اندازه‌گیری کرد.

براساس فرمول ۱، آبگریزی سطح با کاهش انرژی آزاد سطح میان جامد و گاز ( )، افزایش می‌یابد. زمانی که θ کوچکتر از ۹۰° باشد، سطح به عنوان یک سطح آبدوست در نظر گرفته می‌شود و زمانی که θ بیشتر از ۹۰° باشد، سطح آبگریز است (شکل ۱).



شکل ۱) زاویه تماس یک مایع بر یک سطح صاف ایده‌آل. برای آب اگر $\theta < 90^\circ$ باشد، سطح آبدوست است (a). و اگر $\theta > 90^\circ$ باشد سطح آبگریز است (b)

تأثیر ناهمواری‌های سطح بر خیس شدن آن ابتدا توسط Wenzel در سال ۱۹۳۶ و سپس توسط Cassie& Baxter در سال ۱۹۴۴ مورد بحث و بررسی قرار گرفت [۲]. مرز ایجاد شده میان قطره مایع و سطح جسم طبق خواص ظاهری هریک، به یکی از شکل‌های زیر درمی‌آید.

شکل (۲) مرز میان جسم و قطره آب در حالات مختلف

Wenzel بیان نمود که مساحت مؤثر سطح، با افزایش ناصافی آن، افزایش می‌یابد. به این ترتیب آب بر یک سطح آبدوست ناهموار بیشتر توزیع می‌شود و تماس مایع با جامد بیشتر می‌شود. در حالی که توزیع کمتر مایع روی یک سطح آبدوست ناهموار، تماس مایع با جامد را کم می‌کند. هر دو اینها از نظر ترمودینامیکی قابل قبول هستند. اگر سطح جامد ناهموار است و مایع در تماس نزدیکی با ناهمواری‌های جامد است، قطره مایع در وضعیت Wenzel قرار دارد. زمانی که مایع بر بالای ناهمواری‌ها قرار می‌گیرد در وضعیت Cassie –Baxter است.

۱-۳- روش‌های کاهش سطح انرژی سطح

روش‌های مختلفی وجود دارد که باعث کاهش سطح انرژی محصولات نساجی می‌شود. اولین روش اختلاط مکانیکی مواد ضدآب‌کننده درون و یا روی سطح الیاف پارچه، در منافذ الیاف و فضای بین الیاف و نخ‌هاست. نمونه‌های این مواد امولوسیون‌های پارافین است. روش دیگر ایجاد یک فیلم ضدآب روی سطح الیاف است که با موادی مثل سیلیکون و فلوئورکربن‌ها ایجاد می‌شود و در آخر استفاده از الیاف با ساختمان ویژه مانند فیلم‌های پلی‌تترا فلوئورین (Goretex)، فیلم‌های هیدروفوبیک پلی‌استر (Sympoto) و پوشش‌های متخلخل بسیار ریز در حد میکرو (پی‌اورتان‌های اصلاح شده‌ی هیدروفوب) [۳]. یک مشکل اجتناب‌ناپذیر مواد کاربردی جهت تکمیل ضدآب ثبات کم آنها است که ناشی از نیروی کم اتصالات ایجاد شده به وسیله پیوندهای عرضی است. برای تولید این ترکیبات جدید نوع خاصی از فلوئور کربن‌ها و ایزوسیانات‌هایی که تقویت‌کننده نامیده می‌شوند به کار برده شده‌اند. با استفاده از نوع خاصی از فلوئور کربن‌ها کالا طی شستشوی خانگی سریع‌تر تمیز شده و آلودگی‌ها به راحتی از سطح آن پاک می‌شوند.

۲- روش تحقیق

در این تحقیق از کالای ۱۰۰٪ پنبه‌ای پرزسوزی شده آهارگیری شده و سفیدگری شده استفاده گردید. از ماده ضدآب‌کننده بر پایه فلوئور کربن با نام تجاری Water less 6064، از محصولات شرکت شیمی پخش ایران و ماده ضدآب‌کننده بر پایه سیلیکون با نام تجاری DYNASYLAN 9116 استفاده گردید. ابعاد نمونه‌ها جهت انجام تکمیل ضدآب ۱۸۰×۱۸۰ میلی‌متر تهیه گردید و سپس نمونه‌ها در رطوبت نسبی ۶۵٪ و دمای محیط به تعادل رسیدند. برای بررسی و مقایسه خواص آبگریزی منسوجات ابتدا کالا را با استفاده از روش پد با غلظت‌های مختلف ماده ضدآب‌کننده آغشته نموده در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد خشک کرده و در نهایت کالای تکمیل شده با فلوئوروکربن در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ دقیقه و کالای تکمیل شده با ماده سیلیکونی در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ دقیقه تثبیت گردیدند.

۲-۱- مقایسه و درجه‌بندی نمونه‌ها

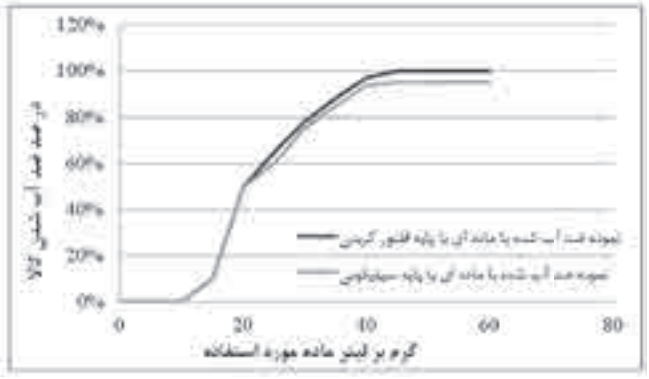
بررسی خواص آبگریزی کالا با استفاده از آزمون اسپری تست و طبق استاندارد (۲۰۰۵) 22AATCC TM انجام شده است [۵]. برای بررسی ثبات مواد ضدآب‌کننده در برابر شستشو طبق استاندارد ۲۰۰۱-61AATCC ISO عمل شده [۶].

۳- نتایج و بحث

طبق استاندارد AATCC TM22 (۲۰۰۵) [۵] و با مقایسه نمونه‌ها با الگوهای موجود در استاندارد خواص آبگریزی نمونه‌ها به شرح زیر می‌باشد. همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد ماده ضدآب بر پایه فلوئورکربن با مقدار کمتر ۱۰۰٪ خاصیت ضدآبی به کالا بخشیده است. مواد سیلیکونی که باعث ایجاد خاصیت آبگریزی می‌شوند با کمک کاتالیزور با یکدیگر واکنش داده و پیوندهای سه‌بعدی هیدروژنی را در اطراف الیاف تشکیل می‌دهند. ادامه

واکنـش بـا افزایـش دمـا در طـول حـرارت دادن کالا صـورت می‌گیـرد. ایـن در حالـی اسـت کـه مـواد بـا پایـه فلوئـور کربـن شـامل گروه‌هـای پرفلوئـور می‌باشـند کـه بـا روش فلوئـوردار شـدن الکتروشـیمیایی پلیمریـزه شـده و بـا تشـکیل یـک لایـه متراکـم CF_3 باعـث کاهـش شـدید سـطح انـرژی سـطح گردیـده و خـواص آبگریـزی همـراه بـا خـواص دفـع روغـن بـر سـطح کالا ایجـاد می‌نماینـد. مـواد بـا پایـه سـیلیکونی بـه علـت برخـی ویژگی‌هـای خـاص باعـث ایجـاد خـواص نرم‌کنندگـی و روان‌کنندگـی بـر سـطح کالا می‌شـوند. بـا ایجـاد ایـن خاصیـت اسـتحکام ایـن دسـته از مـواد در برابـر پارگـی بیشـتر می‌شـود. همچنیـن بـه دلیـل وجـود گروه‌هـای آمیـن در مـواد بـا پایـه سـیلیکونی، ایـن مـواد دارای خاصیـت آنتی اسـتاتیکی هستند.

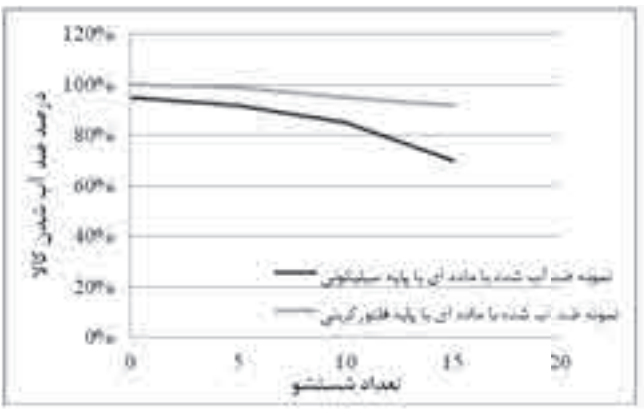
۳-۱- مقایسـه نتایـج آزمـون اسـپری تسـت بـرای نمونه‌هـای ضـدآب شـده بـا امولسـیون فلوئـور کربـن بـا نمونه‌هـای ضـدآب شـده بـا سـیلیکون:



منحنی ۱) رابطه میان مقدار ماده مورد استفاده و درصد ضدآب شدن کالا

۳-۲- تست ثبات تکمیل در برابر شستشو

بـرای بررسـی ثبـات تکمیـل انجـام شـده بـر کالا بـه منظـور ضـدآب کـردن آن، آزمایشـی شـبیه بـه تسـت اسـتاندارد ۶۱AATCC-۲۰۰۱ بـرای بررسـی ثبـات تکمیـل در برابـر شستشـو طراحـی شـده اسـت [۶].



منحنی ۲) رابطه میان شستشو و درصد ضدآب شدن کالا

نمونه‌هـای عمـل شـده بـا سـیلیکون نیـز بعـد از ۵ مرحلـه شستشـو تـا حـدودی خـواص آبگریـزی خـود را حفـظ می‌کننـد امـا بعـد از ۱۰ بـار شستشـو خـواص آبگریـزی کاهـش یافتـه و نتایـج حاصـل از اسـپری تسـت بـه قـرار زیـر هسـتند. مـواد بـا پایـه فلوئـور کربـن ثبـات شستشـویی بیشـتری داشـته و گاه تـا ۸۰ بـار شستشـو بـر سـطح کالا باقـی می‌ماننـد. امـا چنانچـه خاصیـت آبگریـزی بـر اثـر شستشـو یـا خشک‌شـویی کاهـش یافـت، بـا اعمـال حـرارت دوبـاره می‌تـوان ایـن خاصیـت را در کالا ایجـاد کـرد. ذرات سـیلیکا بـرای چسـبندگی هرچـه بیشـتر بـه لیـف پنبـه درون شـیارهای لیـف جـای می‌گیرنـد و ثبـات شستشـویی خـود را تـا ۵ بـار شستشـو نیـز حفـظ می‌کننـد [۴] امـا ثبـات مـواد ضدآب‌کننـده بـا پایـه سـیلیکون بـر سـطح کالا کمتـر از مـواد بـا پایـه فلوئـور کربـن اسـت.

٤- نتیجه‌گیری

بـا توجـه بـه مطالـب بیـان شـده مشـاهده می‌گـردد کـه مـاده بـر پایـه فلوئـور و کربـن خاصیـت ضدآبـی بیشـتر و همچنیـن ثبـات بیشـتری در برابـر شستشـو از خـود نشـان داده اسـت در حالـی کـه مـاده سـیلیکونی زیردسـت و نرمـی بهتـری بـه کالا بخشـیده اسـت. در نتیجـه در انتخـاب مـاده ضـدآب نهایـی بایـد کاربـرد نهایـی کالا مـورد بررسـی قـرار داد و بـا توجـه بـه آن مـاده ضـدآب مناسـب انتخـاب گـردد.

پی‌نوشت

۱- گروه مهندسی نساجی، مؤسسه آموزش عالی کار واحد قزوین

۲- دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

*Elham.ekhveh@gmail.com

مراجع

[1] L.Feng & L.Zhang & Y.Somg & B.Liu & L.Jiang and D.Zhu , Super hydrophobic surfaces : from natural to artificial . Adv . Mater 14.1857-1860 (2002).

[2] A.B.D. Cassie and S. Baxter , Wettability of porous surfaces, Trans.Faraday Soc, 40,546-551(1944).

[3] W.D . Schindler & P.J. Hauser , Chemical Finishing Textile, Wood Head Publishing (2004).

[4] M.Yu & G.Gu & W.Dong Meng & F.Ling Qing, Superhydrophobic Cotton Fabric Coating Based On a Complex Layer Of Silica Nanoparticles and Prfluorooctylated Quaternary Ammonium Silane Coupling Agent, Applied Surface Science , 2533669-3673 (2007).

[5] Water Repellency : Spray test AATCC TM 22(2005).

[6] colourfastness to Laundering , Home & Commerdial: Accelerated . (AATCC 61) 61-2001.

تکنولوژی نساجی

زیست پرداخت پارچه پنبه‌ای با استفاده از سلولاز به‌دست آمده از قارچ و اثر آن بر مورفولوژی الیاف پنبه

مترجم: امین رضایی

چکیده

آنالیز تغییرات ساختاری ایجادشده در الیاف پنبه حین پروسه زیست پرداخت با سلولاز به دست آمده از تریکودرما ریزای بررسی شده است. هیدرولیز به وسیله سلولاز باعث کاهش وزن نمونه‌ها می‌شود، که به نوبه‌ی خود، جدا شدن الیاف و از بین رفتن ناهمواری‌های سطحی الیاف را به همراه دارد، همان‌طور که در تصاویر SEM نیز دیده می‌شود. درجه بلورینگی، به دلیل هیدرولیز تصادفی آنزیم‌های سلولاز روی الیاف پنبه، تحت تاثیر پروسه زیست پرداخت قرار نمی‌گیرد. نظم جانبی کریستالیت‌ها که بین پیک‌های (۱۰۱) و(۱۰$\bar{1}$) پراش پرتو x محاسبه شده، در اثر هیدرولیز از ۰/۶۹۲ به ۰/۶۶۷ کاهش یافته است، هرچند که ضخامت کریستالیت عمود بر صفحه ۰۰۲ بدون تغییر باقی می‌ماند. نتایج FTIR، خمش پیوند O-H، خمش در صفحه پیوند CH2 و نوسان پیوند C-H زنجیرهای سلولز در نمونه‌های پنبه‌ای زیست پرداخت شده با سلولاز را نشان می‌دهد.

مقدمه

زیست پرداخت پارچه‌های پنبه‌ای با استفاده از سلولاز، با هدف از بین بردن ناخالصی‌های سلولزی و انتهای الیاف بیرون‌زده از سطح پارچه و به منظور بهبود ظاهر و زیردست پارچه‌ها انجام می‌شود. شکاف‌ها و ترک‌های مارپیچ و عرضی اغلب در الیاف پنبه بعد از هیدرولیز طولانی‌مدت با سلولاز دیده می‌شود. کاهش وزنی بین ٪۱/۷ تا ٪۱۹/۷، به همراه کاهش نسبی مقاومت گسیختگی در نمونه‌های زیست پرداخت شده گزارش شده است.

باز جذب رطوبت نمونه‌ها حین هیدرولیز با آنزیم و همراه با هم‌زدن شدید از ٪۶ به ٪۶/۱ افزایش یافته که اساساً به دلیل فیبریلی شدن الیاف است. تمایل سلولاز به پنبه به درجه بلورینگی و شرایط ماده اولیه و ترکیبات سلولاز استفاده شده در واکنش بستگی دارد.

با اینکه هیدرولیز تصادفی سلولز تاثیری در درجه بلورینگی ندارد، نتایج متفاوتی در گذشته گزارش شده است. تحقیق حاضر به منظور آنالیز تغییرات ساختاری الیاف پنبه در حین پروسه زیست پرداخت با استفاده از سلولاز تهیه شده از تریکودرما ریزای انجام شده است.

مواد و روش‌ها

تولید سلولاز با استفاده از روش تخمیر غوطه‌ور

کشت غرقی تریکودرما ریزای MTCC 162 تهیه شده از انستیتوی فناوری میکروبی چاندیگار ، برای تولید آنزیم سلولاز به کار گرفته شد. محیط کشت با استفاده از پپتون (۰/۲۵ g/L)، عصاره مخمر (۰/۱ g/L)، پتاسیم دی هیدروژن فسفات (۲ g/L)، سولفات آمونیوم (۱/۴ g/L)، اوره (۰/۳ g/L)، سولفات منیزیم (۰/۳ g/L)، کلسیم کلرید (۰/۳ g/L)، به همراه کربوکسی متیل سلولز و لینترهای پنبه سفیدگری‌شده و پودرشده به عنوان منبع کربن آماده شد. عناصر حیاتی متشکل از سولفات آهن (۵۰ mg)، سولفات منگنز (۱۵/۶ mg)، سولفات روی (۳۳/۴ mg) و کلرید کبالت (۱۴ mg) به صورت ۱۰ mL در هر ۱۰۰ mL ماده مخمر اضافه شد. محیط کشت اتوکلاو شد و پس از رسیدن دمای آن به دمای اتاق، با تعلیقی از هاگ تریکودرما ریزای تلقیح شد. سپس فلاسک به منظور رشد قارچ و تولید سلولاز، به مدت ۱۰ روز در تکاننده چرخشی با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه قرار گرفت. سلولاز خام فیلتر شد و مایع فیلترشده با سرعت ۷۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴°C تحت سانتریفیوژ قرار گرفت. محتوی پروتئین و میزان فعالیت آنزیم با استفاده روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. رشد قارچ در محیط کشت در مراحل مختلف با وزن‌کردن ظرف اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فعالیت سلولاز

۰/۵ mL از آنزیم سلولاز رقیق‌شده در بافر سیترات با pH ۵/۵ و ۰/۵ mL کربوکسی متیل سلولز ٪۱ با یکدیگر مخلوط شده و در دماهای ۴۵°C، ۵۰°C، ۵۵°C و ۶۰°C به مدت ۱۵ دقیقه عمل شد. به این مخلوط، ۰/۵ mL از ۳ و ۵- دی نیترو سالیسیلیک اسید اضافه شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه جوشانده شد و ۱ mL سدیم پتاسیم تارتارات به آن اضافه و در نهایت محتویات سرد شد. تغییر رنگ در طول موج ۵۴۰ nm محاسبه و از مقدار آنزیم شاهد کم شد و با استفاده از منحنی استاندارد بر حسب مقادیر گلوکز بیان شد.

تعیین فعالیت آنزیم

اثر دما روی فعالیت آنزیم و پروفیل دما با محاسبه کاهش قند از نمونه‌های عمل شده در دمای ۷۰°C-۳۰ به مدت ۳۰ دقیقه تعیین شد. به طور مشابه، اثر pH روی فعالیت آنزیم نیز با عمل آنزیم سلولاز به همراه سلولز به مدت ۳۰ دقیقه و با استفاده از بافر استات با pH بین ۵/۹-۳ و بافر فسفات با pH بین ۷-۶ محاسبه شد.

زیست پرداخت نمونه‌های پنبه

اثر آنزیم سلولاز خام برای زیست پرداخت پارچه‌های پنبه‌ای بررسی شد. نمونه‌های پارچه ۲۰×۲۰ cm در فلاسک حاوی سلولاز با سیستم بافر مناسب انداخته شد و در تکاننده با ۱۲۰ ضربه در دقیقه عمل شد. سه سطح از غلظت سلولاز (۶، ۸، ۱۰ mL/L)، مدت زمان عملیات (۴۰، ۵۰، ۶۰ دقیقه)، pH (۴/۵، ۵، ۵/۵) و دما (°C ۴۵، ۵۰، ۵۵) به عنوان پارامترهای طراحی آرایه‌های متعامد L9 با استفاده از روش تاگوچی در طراحی آزمایش‌ها برای بهینه‌سازی پارامترهای طراحی به کار گرفته شد. هم‌زدن مکانیکی حمام با اضافه کردن ۱۰ توپ شیشه‌ای (هریک به وزن ۱ گرم) افزایش یافت. مقادیر کاهش وزن بعد از