نشریه علوم و مهندسی جداسازی
دوره سوم، شماره اول، سال۱۳۹۰، صفحه ۳۱ تا ۴۰

Journal of Separation Science and Engineering
Vol. 3 , No. 1 , pp. 31-40

بهینه سازی فرآیند لیگنین زدایی الیاف خرما به روش پاسخ سطح و تابع مطلوب

سید رضا امینی نیاکی [۱]، احمد غضنفری مقدم [۲،*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲. دانشیار پژوهشکده باغبانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان (aghazanfari@uk.ac.ir)

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:
دریافت ۲۵ مرداد ۱۳۸۹
دریافت پس از اصلاح ۱۸ اسفند ۱۳۸۹
پذیرش نهایی ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۰

کلمات کلیدی:
الیاف خرما
لیگنین
بهینه سازی
پاسخ سطح
استحکام کششی

چکیده

استفاده از الیاف گیاهی برای تقویت محصولات بیوکامپوزیتی اخیراً مورد توجه محققین قرار گرفته است. لیگنین موجود در این الیاف باعث کاهش خصوصیات مکانیکی بیوکامپوزیت‌ها شده و لازم است الیاف تحت تیمار شیمیایی قرار گرفته تا لیگنین آن‌ها کاهش یابد. در این پژوهش با استفاده از روش پاسخ سطح (RSM) و تابع مطلوب به بهینه سازی متغیرهای موثر در فرآیند کاهش لیگنین الیاف خرما پرداخته شد تا الیافی با حداقل لیگنین و حداکثر استحکام کششی بدست آید. متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده در این پژوهش عبارت بودند از: ۱) درصد وزنی آب اکسیژنه، ۲) در صد وزنی هیدرواکسید سدیم، ۳) دمای محلول قلیایی و ۴) مدت قرار دادن الیاف در محلول. آزمایش‌ها براساس طرح مرکب مرکزی چرخشی انجام و از دو چند جمله‌ای درجه دوم برای بیان تابع وابستگی بین متغیرهای مستقل و متغیرهای وابسته (لیگنین و استحکام کششی) استفاده شد. مقادیر پیش بینی شده توسط دو مدل بدست آمده با نتایج آزمایشگاهی مطابقت خیلی بالایی داشتند ($R^2 = ۰/۹۸$). مقادیر بهینه متغیرهای مستقل که با استفاده از روش تابع مطلوب بدست آمدند عبارت بودند از: آب اکسیژنه (wt) ۴/۵٪ ، هیدروکسیدسدیم (wt) ۵/۷٪ ، دما $۴۱/۹^{\circ}C$ و مدت آزمایش ۱۶/۸ ساعت. آزمایش‌های انجام شده با مقادیر بهینه شده میانگین لیگنین و استحکام کششی الیاف را به ترتیب ۱۰/۲۳٪ و ۲۲۰/۰۸ MPa نشان دادند

* عهده دار مکاتبات

حقوق ناشر محفوظ است.

۱- مقدمه

کاهش منابع و افزایش آگاهی از آلودگی‌های زیست محیطی الیاف مصنوعی باعث افزایش گرایش به استفاده از الیاف طبیعی شده است. از مزایای الیاف طبیعی می‌توان قیمت کم، تجزیه پذیری در طبیعت، بدست آمدن از منابع تجدید پذیر و به وفور در دسترس بودن را نام برد. کمپوزیتهای تقویت شده با الیاف طبیعی دارای خصوصیات مکانیکی بالا با دانسیته کم هستند. وجود لیگنین به عنوان عامل پیوند دهنده الیاف، باعث ایجاد شکنندگی و کاهش استحکام بیوکامپوزیت‌ها گشته و درنتیجه لیگنین یک ناخالصی در بیوکمپوزیت‌ها محسوب شده و حذف آن بسیار حائز اهمیت است. معمولا از روش‌های شیمیایی خصوصا محلول‌های قلیایی برای کاهش مقدار لیگنین الیاف استفاده می‌شود. تیمارهای قلیایی باعث کاهش موثر لیگنین و بهبود ویژگی های فیزیکی و مکانیکی الیاف و بیوکمپوزیت‌های تقویت شده با آن‌ها می‌گردند [۱].

بررسی اثر تیمار های شیمیایی روی الیاف کتان و تاثیر آن بر کامپوزیت پلی اتیلن سنگین - الیاف خالص سازی، نشان داد که استفاده از این الیاف استحکام مکانیکی کامپوزیت‌های تولید شده را افزایش می دهد[۲]. همچنین اثر تیمار قلیایی روی الیاف خرما به عنوان تقویت کننده مواد کمپوزیتی مورد بررسی قرار گرفت و نشان داده شد که تیمار قلیایی به علت کاهش لیگنین و مواد مومی الیاف شده و باعث افزایش خواص مکانیکی الیاف و همچنین روشن تر شدن رنگ آنها می‌شود[۳،۴]. بررسی اثر محلول‌های قلیایی بر الیاف موز نشان داد که این محلول‌ها لیگنین را کاهش داده و باعث بهبود ویژگی های فیزیکی و مکانیکی الیاف موز می‌شوند ولی استفاده از مواد قلیایی با غلظت های بالا به ساختار الیاف صدمه وارد می‌نماید [۵].

مهمترین فاکتورها در انجام تیمارهای شیمیایی برای خالص سازی الیاف درصد وزنی مواد شیمیایی استفاده شده، دما و زمان آزمایش هستند. برای رسیدن به بهترین نتایج لازم است که مقدار این فاکتورها بهینه گردند. در تحقیقات روش‌های مختلفی برای بهینه سازی شامل روش نیوتن، تندترین شیب [۶]، شبکه‌های عصبی ، پاسخ سطح [۷] و تابع مطلوب [۸] مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ولی در آزمایش‌هایی که دارای چند متغیر وابسته هستند و لازم است این متغیرهای مستقل بطور همزمان بهینه شوند، روش تابع مطلوب نسبت به روش‌های دیگر موثرتر است [۸].

الیاف خرما که حاصل هرس سالیانه نخل خرما هستند در مناطق پرورش نخل به مقدار زیاد بدست می‌آیند. این الیاف در حد فاصل بین برگ و قسمت بالای تنه قرار دارند و بطور سنتی برای تهیه ریسمان، ساخت سبد و سایر صنایع دستی استفاده - شده‌اند. در حال حاضر با فراگیر شدن محصولات پلیمری، این الیاف استفاده چندانی نداشته و اغلب سوزانده می‌شوند. الیاف خرما نسبتا طویل و قوی هستند و می‌توانند پس از کاهش لیگنین، برای تقویت بیوکمپوزیت مورد استفاده قرار گیرند[۳،۴]. هدف از انجام این تحقیق بهینه سازی فاکتورهای موثر در خالص سازی الیاف خرما است تا بتوان الیافی با حداقل لیگنین و استحکام کششی از طریق تیمار قلیایی بدست آورد.

مواد وروش‌ها

۲-۱- تهیه و لیگنین زدایی الیاف

الیاف نخل خرمای مورد نیاز در این آزمایش از نخلستان‌های شهداد واقع در شهرستان کرمان تهیه شد. این الیاف به صورت رشته‌های درهم تنیده با طولی بین ۲۰ تا ۹۰ سانتی متر بودند. ابتدا الیاف را در آب خیس داده تا نرم شوند و سپس آن‌ها را بریده و رشته الیافی به طول حدود ۲۰ سانتی متر تهیه شد. رشته الیاف را به دو گروه تقسیم نموده یک گروه را به عنوان الیاف خام و گروه دیگر را برای لیگنین زدایی تحت تیمار شیمیایی قرار داده شدند. به منظور لیگنین زدایی، ابتدا الیاف را با قیچی به قطعه‌های ۴ تا ۵ سانتی متر بریده و آنها را با آب گرم شستشو داده تا ناخالصی‌های سطحی آنها جدا شود. سپس الیاف را در محلول آب اکسیژنه و هیدروکسیدسدیم قرار داده وبهمزده شدند. در آزمایش‌های انجام شده بازه درصد وزنی آب اکسیژنه و هیدروکسید سدیم در محلول قلیایی به ترتیب در محدوده ۶-۲ wt٪ و ۷-۳ wt٪، دمای آزمایش در محدوده ۴۶°C - ۳۰°C و مدت نگهداری الیاف در محلول در بازه زمانی ۱۸-۱۴ ساعت در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها براساس طرح مرکب مرکزی چرخشی (Central Composite Rotatable Design) انجام شد [۹]. بعد از انجام هر تیمار الیاف را از محلول خارج نموده و با آب شستشو داده و سپس آنها را در محیط آزمایشگاه پهن نموده تا خشک شدند.

۲-۲- اندازه گیری لیگنین و استحکام کششی

برای اندازه گیری لیگنین الیاف، مقدار یک گرم از الیاف را در ۱۵ میلی لیتر اسید سولفوریک ۷۲٪ به مدت ۶۰ دقیقه در

دمای ۳۰° C قرار داده و مخلوط را کاملاً بهم زده سپس ۵۶۰ ۱۰۵°C به مدت ۱۵۰ دقیقه گذاشته و از کاغذ فیلتر عبور داده شد. ماده خشک مانده بر روی کاغذ فیلتر مقدار لیگنین موجود در الیاف می‌باشد [۱۰].

برای اندازه گیری استحکام کششی الیاف از یک دستگاه آزمون کشش (ساخت شرکت جاوا مکاترونیک – مشهد) استفاده شد. در این اندازه گیری الیاف را جداگانه در بین فک-های دستگاه قرار داده و با سرعت mm/min ۵ تحت کشش قرار گرفتند و حداکثر نیرویی که هر لیف تا رسیدن به نقطه پارگی تحمل نمود اندازه گیری شد. چون در این آزمایش برای تعیین استحکام کششی نیاز به آگاهی از سطح مقطع الیاف بود قطر متوسط الیاف با استفاده از یک کولیس اندازه گیری شد.

میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. محلول را در آون با دمای

۲-۳- طرح آزمایش و آنالیز آماری

جهت بررسی تاثیرات متغیرهای مستقل شامل درصد وزنی آب اکسیژنه (X_1)، هیدروکسیدسدیم (X_2)، مدت زمان فرآیند (X_3) و دما (X_4) بر میزان لیگنین و استحکام کششی الیاف خالص سازی شده از روش پاسخ سطح (Response Surface Methodology) استفاده شد. در روش پاسخ سطح تابع وابستگی بین متغیر وابسته (Y) و متغیرهای مستقل (X_i) با معادله چند جمله ای درجه دوم زیر بیان می شود [۷]:

$$Y = \beta_{ko} + \sum_{i=1}^{4} \beta_{ki} x_i + \sum_{i=1}^{4} \beta_{kii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{3} \sum_{J=i+1}^{4} \beta_{kij} x_i x_j \quad , k = 1,2,3,4 \qquad (۱)$$

که در رابطه فوق $\beta_{ko}, \beta_{ki}, \beta_{kii}, \beta_{kij}$ ضرایب رگرسیون و k تعداد متغیرهای مستقل می باشند.

در روش پاسخ سطح به منظور تخمین پارامتر های تابع متغیرهای مستقل باید دارای مقادیر کدگذاری شده باشند این کد گذاری با رابطه زیر انجام می شود [۱۲]:

$$x_i = \frac{X_i - X_0}{\Delta X_i} \quad , \ i = 1,2,3,4 \qquad (۲)$$

در رابطه بالا x_i مقدار کدگذاری شده متغیر مستقل i و X_i مقدار حقیقی آن است. همچنین X_o میانه بازه حقیقی متغیر مستقل i و ΔX_i قدر مطلق اختلاف بین میانه و مقدار داده بعدی یا قبلی آن می باشد. سطوح مقادیر حقیقی متغیرهای مستقل که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته-اند و مقادیر کدگذاری شده مربوط به هریک از آنها در جدول (۱) نشان داده شد. همان طور که ملاحظه می شود هر کد دارای یکی از مقادیر صفر، ± 1 یا ± 2 است.

جدول (۱): مقادیر حقیقی و کدگذاری شده متغیرهای مستقل

متغیر مستقل	مقادیر حقیقی				
آب اکسیژنه (wt،%)	۶	۵	۴	۳	۲
هیدروکسیدسدیم (wt،%)	۷	۶	۵	۴	۳
دما (°C)	۴۶	۴۲	۳۸	۳۴	۳۰
زمان (h)	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴
کد مقادیر حقیقی	۲	۱	۰	-۱	-۲

بر اساس طرح مرکب مرکزی چرخشی تعداد آزمایشات مورد نیاز (N) با رابطه زیر تعیین می شود:

$$N = 2^k + 2k + n_0 \qquad (۳)$$

در این رابطه k تعداد متغیرهای مستقل است؛ 2^k تعداد آزمایشاتی است که با استفاده از کدهای ۱+ و ۱- باید انجام شوند؛ $2k$ تعداد آزمایشاتی است که با استفاده از یک متغیر با کد ۲- یا ۲+ و بقیه متغیرها با کد صفر انجام شوند و n_0 تعداد تکرار آزمایشاتی است که با استفاده از مقادیر متغیر مستقل با کد صفر باید انجام شوند. در این آزمایش n_0 برابر ۶ در نظر گرفته شدو بنابراین در مجموع ۳۰ آزمایش انجام شد (جدول۳).

۲-۴- بهینه سازی تابع

به منظور بهینه سازی مقادیر متغیرهای مستقل برای همزمان کمینه کردن لیگنین و بیشینه کردن استحکام کششی از روش تابع مطلوب (Desirability Function Methodology) استفاده شد [۸]. بر طبق این روش برای بیشینه کردن تابع مطلوب $d_i(Y_i(x))$ به صورت زیر بیان می شود :

(۴)

$$d_i(Y_i)=\begin{cases}0 & y_i(x)<L_i\\ \left(\frac{Y_i(x)-L_i}{T_i-L_i}\right)^s & L_i\le y_i(x)\le T_i\\ 1 & y_i(x)>T_i\end{cases}$$

و برای کمینه کردن متغیر وابسته (مقدار لیگنین) تابع مطلوب به صورت زیر تعریف می شود :

(۵)

$$d_i(Y_i)=\begin{cases}1 & y_i(x)<T_i\\ \left(\frac{Y_i(x)-U_i}{T_i-U_i}\right)^s & T_i\le y_i(x)\le U_i\\ 0 & y_i(x)>U_i\end{cases}$$

در روابط (۴) و (۵) متغییرهای L_i ، U_i و T_i به ترتیب حد پایین، حد بالا و مقدار مطلوب هر متغیر وابسته هستند. چنان چه s =۱ باشد تابع هدف به صورت خطی به سمت T_i افزایش می‌یابد که موجب افزایش در مقدار $d_i(Y_i(x))$ می-شود. در روابط فوق چنان چه $s=1$ باشد تابع هدف به صورت خطی , اگر $s<1$ و $s>1$ شکل توابع به ترتیب به صورت محدب و مقعر خواهد شد. با محاسبه مقدار تابع مطلوب مربوط به همه متغیرهای وابسته مقدار کل تابع مطلوب D با محاسبه میانگین هندسی آنها محاسبه می‌شود. مقدار کل تابع مطلوب (D) دارای محدوده [۱،۰] می‌باشد و هرچه به یک نزدیکتر باشد بهینه سازی بهتر انجام شده است. برای انجام بهینه سازی از نرم افزار Design Expert 8 استفاده شد. در این نرم افزار ابتدا تعداد متغیرهای مستقل و طرح آزمایش تعریف می‌شوند. نرم افزار به هریک از متغیرهای مستقل کدی محاسبه نموده و سپس مقادیر حقیقی متغیرهای وابسته به نرم افزار داده می‌شود و تابع مطلوب برای هریک از متغیرهای وابسته محاسبه می‌شود.

۳- نتایج و بحث

مقادیر میانگین قطر، لیگنین و استحکام کششی الیاف خام و تیمار شده در جدول (۲) نشان داده شده‌اند. همان طور که مشاهده می‌شود تیمار شیمیایی موجب افزایش استحکام کششی الیاف شده است. دلیل اصلی این افزایش، کاهش سطح مقطع متوسط الیاف می‌باشد که به علت لیگنین زدایی صورت گرفته است. درصد لیگنین موجود در الیاف خام ۱۹/۳۲٪ است که پس از تیمار شیمیایی به ۱۱/۲۹٪ کاهش یافته که حدود ۵۵٪ کاهش نسبی را نشان می‌دهد. به همین ترتیب میانگین قطر الیاف خالص سازی شده نسبت به الیاف خام حدود ۶۰٪ کاهش نسبی داشته است. در مجموع، آمار گنجانیده شده در جدول ۲ نشان می‌دهند که تیمار قلیایی باعث افزایش استحکام کششی و الیاف شده و آن‌ها را برای تقویت بیوکمپوزیت‌ها مناسب تر می‌کند. از طرفی کاهش لیگنین نیز در بهبود پیوند بین الیاف و مواد زمینه کمپوزیت‌ها نقش دارد.

جدول(۲): میانگین خصوصیات اندازه گیری شده الیاف خام و تیمار شده

نوع الیاف	قطر (mm)	نیرو در استحکام (N)	لیگنین (%)	استحکام کششی (MPa)
خام	۰/۷	۱۰۲	۱۹/۳	۱۴۷/۴
تیمار شده	۰/۴۳	۸۵	۱۱/۲۹	۱۹۸/۹

نتایج حاصل از ۳۰ آزمایش که بر اساس طرح مرکب مرکزی چرخشی انجام شده‌اند در جدول (۳) نشان داده شده است. کدهای محاسبه شده برای مقدار هر متغیر مستقل در ستون‌های ۲ تا ۵ ذکر گردیده‌اند. مقادیر حقیقی بدست آمده برای درصد لیگنین و استحکام کششی به ترتیب در ستون‌های ۶ و ۸ نشان داده شده‌اند. همانطور که ملاحظه می شود مقدار لیگنین در الیاف از ۱۰/۱۸٪ تا ۱۲/۳۷٪ تغییر می کند که بستگی به شرایط هر آزمایش دارد. استحکام کششی الیاف نیز از ۱۷۵/۰۳ تا ۲۲۴/۳۷ مگاپاسکال متغیر است.

کدهای محاسبه شده با رابطه (۲) برای متغیرهای مستقل و مقادیر حقیقی بدست آمده برای متغیرهای وابسته به نرم افزار MINITAB 15 داده شدند و ضرایب هر متغیر (β) با استفاده از رگراسیون چند متغیره محاسبه شدند. پارامترهای بدست آمده برای دو مدل لیگنین و استحکام کششی در جدول (۴) نشان داده شده اند. اهمیت نسبی هر یک از این پارامترها

در ستون p بیان شده است. ضرایبی که مقدار p آنها کمتر از ۰/۰۵ است مهم هستند و ضرایبی که بیشتر از ۰/۰۵ هستند کم اهمیت بوده از مدل حذف شدند. توابع نهایی بدست آمده برای درصد لیگنین (LG) و استحکام کششی (TS) همراه با ضرایب تبیین آن‌ها (R^2) در روابط (۶) و (۷) نشان داده شده‌اند:

$$LG = 11/2 - 0.14x_1 - 0/15x_2 - 0.56x_3 - 0/22x_4 - 0/061x_2^2 + 0/095x_4^2 + 0/04x_1x_4 - 0/006x_2x_4 \quad ، \quad R^2 = 0.986 \qquad (۶)$$

$$TS = 200/48 + 2/93x_1 + 3/12x_2 + 12/3x_3 + 4/62x_4 + 1./4x_2^2 - 2/27x_4^2 - 0/8x_1x_4 \quad ، \quad R^2 = 0.987 \qquad (۷)$$

مقادیر پیش بینی شده توسط این دو مدل در جدول ۳ در کنار مقادیر آزمایشگاهی نشان داده شده اند. همان طور که مشاهده می‌شود، مقادیر اندازه گیری شده با مقادیر پیش بینی شده توسط مدل درجه دوم بسیار به هم نزدیک هستند. علاوه بر این R^2 بالای هر دو مدل نشان می‌دهد که نتایج آزمایشگاهی با خروجی‌های هر دو مدل تطابق بسیار بالای دارند.

۳-۱- بهینه سازی

روابط ۶ و ۷ تنها برای پیش بینی مقدار لیگنین و استحکام کششی در شرایط مختلف آزمایش مناسب هستند ولی اطلاعاتی در مورد مقدار بهینه هر یک از متغیرهای مستقل ارئه نمی نمایند. برای بهینه سازی مقادیر متغیرهای مستقل بطور همزمان، به نحوی که مقدار لیگنین الیاف بدست آمده کمینه و مقدار استحکام کششی آن‌ها بیشینه باشد از روش تابع مطلوب استفاده شد. بدین منظور ابتدا مقادیر حقیقی متغیرهای مستقل و مقادیر حقیقی متغیرهای وابسته که از اجرای ۳۰ آزمایش بدست آمده بودند به نرم افزار داده شدند. سپس نرم افزار ۶ بار اجراء گردید که جواب های بدست آمده در جدول (۵) نشان داده شد. دلیل تفاوت در هر بار اجرا بواسطه اجرا شدن برنامه بهینه سازی با مقادیر اولیه متفاوت است. ولی در مجموع مقادیر محاسبه شده در هر اجرا برای متغیرهای مستقل و وابسته خیلی به هم نزدیک هستند. بنابراین میانگین مقادیر متغیرهای مستقل که در ردیف پایین جدول ذکر شده‌اند به عنوان مقادیر بهینه در نظر گرفته شد. مقایسه میانگین مقدار لیگنین و استحکام کششی جدول (۵) با مقادیر ذکر شده برای الیاف تیمار شده در جدول (۲) نشان می‌دهد که در صورت استفاده از مقادیر بهینه شده متغیرهای مستقل مقدار لیگنین الیاف کاهش و مقدار استحکام کششی افزایش می‌یابد. آزمایشات انجام شده با استفاده از مقادیر بهینه نهایی در شش تکرار نشان داد بطور متوسط لیگنین الیاف تیمار شده به میزان ۱/۰۶٪ کاهش و استحکام کششی آن‌ها به میزان ۲۱/۱۸ MPa افزایش یافت.

۳-۲-تحلیل برهم کنش متغیرها

برای بررسی چگونگی تاثیر هر متغیر مستقل بر دو متغیر وابسته و پیدا کردن مقدار بهینه متغیر مستقل از روش تحلیل نموداری استفاده شد. شکل ۱ تاثیر متغیر دما را بر دو متغیر لیگنین و استحکام کششی نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش دما از ۳۰°C به ۴۲/۵°C مقدار لیگنین کاهش و مقدار استحکام کششی افزایش می‌یابد. سپس تا دمای ۴۶°C لیگنین به مقدار کمی افزایش و استحکام کششی هم به مقدار کمی کاهش می‌یابد. بر این اساس بهترین دما برای فرآیند خالص سازی ۴۲/۵°C می‌باشد که در این دما استحکام کششی بیشینه و لیگنین کمینه است. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود استحکام کششی و لیگنین به صورت تابعی درجه دوم از دما می‌باشند با این تفاوت که لیگنین به صورت تابعی مثبت و استحکام کششی به صورت تابعی منفی است.

تاثیر متغیر زمان واکنش بر دو متغیر لیگنین و استحکام کششی الیاف در شکل ۲ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش زمان مقدار لیگنین کاهش و مقدار استحکام کششی افزایش می‌یابد. بر این اساس بهترین زمان برای فرآیند خالص سازی در حدود ۱۷ ساعت می‌باشد که محل تلاقی دو تابع می‌باشد. شکل نشان می‌دهد که استحکام کششی و لیگنین به صورت تابعی خطی از زمان هستند با این تفاوت که لیگنین به صورت تابعی خطی با شیب منفی و استحکام کششی به صورت تابعی خطی با شیب مثبت است.

تاثیر درصد وزنی آب اکسیژنه بر دو متغیر لیگنین و استحکام کششی در شکل ۳ نشان داده شده است. با افزایش

درصد وزنی آب اکسیژنه مقدار لیگنین کاهش و مقدار استحکام کششی تقریباً به صورت خطی افزایش می‌یابد. در مجموع بررسی این شکل نشان می‌دهد که بهترین درصد وزنی آب اکسیژنه در حدود ۳/۹٪ می‌باشد. این مقدار نسبت به آنچه که در جدول (۵) ذکر شده است کمی کمتر است. این تفاوت به دلیل خطای برازش منحنی است. این خطا با تکرار آزمایش‌ها در محدوده ۵٪ – ۳٪ آب اکسیژنه کاهش خواهد یافت. تاثیر درصد وزنی هیدروکسید سدیم بر دو متغیر لیگنین و استحکام کششی در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود در ابتدا با افزایش درصد وزنی هیدروکسید سدیم از ۳٪ تا ۴٪ مقدار لیگنین افزایش و مقدار استحکام کششی کاهش می‌یابد. سپس با افزایش درصد وزنی هیدروکسیدسدیم تا ۷٪ مقدار لیگنین کاهش و استحکام کششی افزایش می‌یابد. منحنی‌های نشان داده شده در این نمودار هر دو درجه دو بوده و منحنی لیگنین از نوع منفی و استحکام کششی از نوع مثبت است. بررسی این شکل نشان می‌دهد که درصد وزنی بهینه هیدروکسیدسدیم نزدیک ۶/۲٪ می‌باشد.

جدول (۳) : مقادیر کدگذاری متغیرهای مستقل و مقادیر حقیقی و پیش بینی شده لیگنین و استحکام کششی

شماره آزمایش	کد متغیرهای مستقل				لیگنین (%)		استحکام کششی (MPa)	
	X_1	X_2	X_3	X_4	آزمایش	مدل	آزمایش	مدل
۱	-۱	-۱	-۱	-۱	۱۲/۳۷	۱۲/۳۷	۱۷۶/۱۰	۱۷۶/۴۸
۲	۱	-۱	-۱	-۱	۱۲/۰۲	۱۲/۰۳	۱۸۳/۷۰	۱۸۳/۵۵
۳	-۱	۱	-۱	-۱	۱۲/۲۲	۱۲/۱۹	۱۷۹/۳۰	۱۷۹/۱۳
۴	۱	۱	-۱	-۱	۱۱/۷۰	۱۱/۷۵	۱۸۹/۱۰	۱۸۸/۲۵
۵	-۱	-۱	۱	-۱	۱۱/۲۲	۱۱/۳۰	۲۰۱/۵۰	۲۰۰/۰۵
۶	۱	-۱	۱	-۱	۱۱/۰۴	۱۰/۹۹	۲۰۵/۳۰	۲۰۵/۸۷
۷	-۱	۱	۱	-۱	۱۱/۰۴	۱۰/۹۸	۲۰۵/۱۰	۲۰۵/۴۰
۸	۱	۱	۱	-۱	۱۰/۴۸	۱۰/۵۸	۲۱۵/۱۰	۲۱۳/۲۷
۹	-۱	-۱	-۱	۱	۱۱/۸۸	۱۱/۸۷	۱۸۵/۱۰	۱۸۵/۷۳
۱۰	۱	-۱	-۱	۱	۱۱/۷۲	۱۱/۷۱	۱۸۸/۸۰	۱۸۹/۶۰
۱۱	-۱	۱	-۱	۱	۱۱/۶۸	۱۱/۶۶	۱۹۰/۳۰	۱۹۰/۸۳
۱۲	۱	۱	-۱	۱	۱۱/۳۸	۱۱/۴۰	۱۹۶/۵۰	۱۹۶/۷۵
۱۳	-۱	-۱	۱	۱	۱۰/۸۹	۱۰/۷۷	۲۰۸/۱۰	۲۱۰/۰۵
۱۴	۱	-۱	۱	۱	۱۰/۵۲	۱۰/۶۵	۲۱۳/۷۰	۲۱۲/۶۷
۱۵	-۱	۱	۱	۱	۱۰/۳۵	۱۰/۴۳	۲۱۸/۹۰	۲۱۷/۸۵
۱۶	۱	۱	۱	۱	۱۰/۲۸	۱۰/۲۱	۲۲۱/۸۰	۲۲۲/۵۲
۱۷	-۲	۰	۰	۰	۱۱/۵۴	۱۱/۶۰	۱۹۳/۵۰	۱۹۲/۸۸
۱۸	۲	۰	۰	۰	۱۱/۱۱	۱۱/۰۳	۲۰۳/۹۰	۲۰۴/۶۲
۱۹	۰	-۲	۰	۰	۱۱/۳۱	۱۱/۳۱	۱۹۹/۳۰	۱۹۸/۴۰
۲۰	۰	۲	۰	۰	۱۰/۷۱	۱۰/۶۹	۲۰۹/۹۰	۲۱۰/۹۰
۲۱	۰	۰	-۲	۰	۱۲/۳۹	۱۲/۴۱	۱۷۵/۸۰	۱۷۵/۰۳
۲۲	۰	۰	۲	۰	۱۰/۱۸	۱۰/۱۴	۲۲۳/۵۰	۲۲۴/۳۷
۲۳	۰	۰	۰	-۲	۱۲/۱۱	۱۲/۰۷	۱۸۰/۶۰	۱۸۲/۱۵
۲۴	۰	۰	۰	۲	۱۱/۱۷	۱۱/۱۹	۲۰۲/۱۰	۲۰۰/۶۵
۲۵	۰	۰	۰	۰	۱۱/۲۲	۱۱/۲۵	۲۰۱/۴۰	۲۰۰/۴۸
۲۶	۰	۰	۰	۰	۱۱/۲۷	۱۱/۲۵	۲۰۰/۳۰	۲۰۰/۴۸
۲۷	۰	۰	۰	۰	۱۱/۲۶	۱۱/۲۵	۲۰۰/۵۰	۲۰۰/۴۸
۲۸	۰	۰	۰	۰	۱۱/۳۸	۱۱/۲۵	۱۹۶/۲۰	۲۰۰/۴۸
۲۹	۰	۰	۰	۰	۱۱/۰۴	۱۱/۲۵	۲۰۵/۳۰	۲۰۰/۴۸
۳۰	۰	۰	۰	۰	۱۱/۳۱	۱۱/۲۵	۱۹۹/۲۰	۲۰۰/۴۸

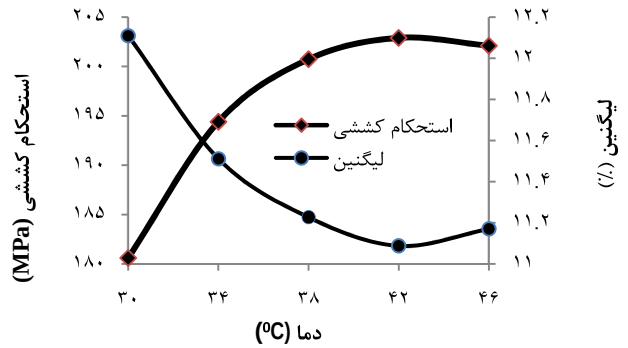
جدول (۴) :ضرایب تخمین زده شده برای مدل‌های لیگنین و استحکام کششی

عامل	مدل لیگنین		مدل استحکام کششی	
	ضریب	p	ضریب	p
X^0	۱۱/۲۵	S <۰/۰۰۰۱	۲۰۰/۴۸	S <۰/۰۰۰۱
X_1	-۰/۱۴	S <۰/۰۰۰۱	۲/۹۳	S <۰/۰۰۰۱
X_2	-۰/۱۵	S <۰/۰۰۰۱	۳/۱۲	S <۰/۰۰۰۱
X_3	-۰/۵۶	S <۰/۰۰۰۱	۱۲/۳۳	S <۰/۰۰۰۱
X_4	-۰/۲۲	S <۰/۰۰۰۱	۴/۶۲	S <۰/۰۰۰۱
x_1^2	۰/۰۱۶۹	۰/۳۸۴	-۰/۴۳۳	۰/۳۰۱
x_2^2	-۰/۰۶۱۷	S ۰/۰۰۵	۱/۰۴۱	S ۰/۰۲۱
x_3^2	۰/۰۰۶۹	۰/۷۱۸	-۰/۱۹۵	۰/۶۳۵
x_4^2	۰/۰۹۵	S <۰/۰۰۰۱	-۲/۲۷	S <۰/۰۰۰۱
x_1x_2	-۰/۰۲۴	۰/۳۴۱	۰/۵۱۲	۰/۳۴۸
x_1x_3	۰/۰۰۹۳	۰/۷۱۱	-۰/۳۱۲	۰/۵۶۴
x_1x_4	۰/۰۴۴۳	S ۰/۰۴۴	-۰/۸	S ۰/۰۱۵
x_2x_3	-۰/۰۳۱۸	۰/۲۱۸	۰/۶۷۵	۰/۲۲۲
x_2x_4	-۰/۰۰۶۸	S ۰/۰۰۷	۰/۶۱۲	۰/۲۶۵
x_3x_4	-۰/۰۰۵۶	۰/۸۲۴	۰/۱۸۷	۰/۷۲۸

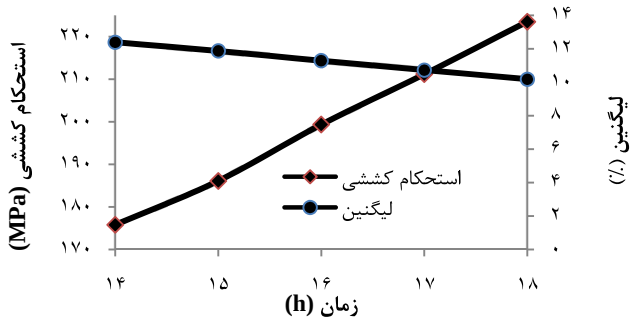
S: ضریب معنی دار است.

جدول (۵) : مقادیر بهینه محاسبه شده به روش تابع مطلوب در شش بار اجرای نرم افزار

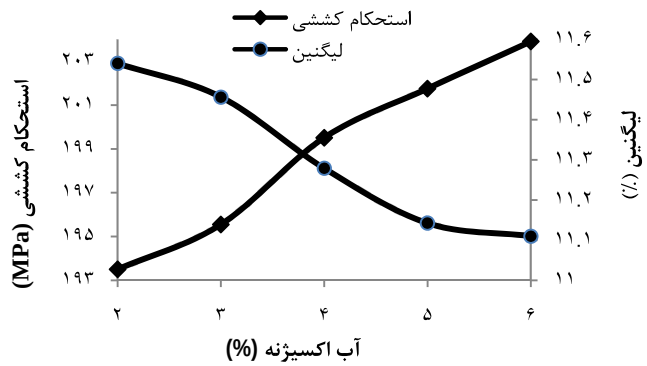
شماره اجراء	آب اکسیژنه (%،wt)	هیدروکسیدسدیم (%،wt)	زمان (h)	دما °C	لیگنین (%)	استحکام کششی (MPa)
۱	۵/۰	۶/۰	۱۷	۴۱/۵	۱۰/۲۱	۲۲۲/۴۶
۲	۵/۰	۶/۰	۱۶/۹	۴۱/۷	۱۰/۲۰	۲۲۲/۵۲
۳	۴/۵	۵/۸	۱۶/۷	۴۱/۹	۱۰/۲۸	۲۲۰/۹۳
۴	۴/۳	۴/۶	۱۷/۲	۴۰/۴	۱۰/۲۳	۲۱۸/۸۱
۵	۵/۰	۵/۹	۱۵/۰	۴۳/۵	۱۰/۲۴	۲۱۶/۶۳
۶	۳/۴	۶/۰	۱۵/۸	۴۲/۰	۱۰/۲۲	۲۱۹/۲۶
میانگین	**۴/۵**	**۵/۷**	**۱۶/۸**	**۴۱/۹**	**۱۰/۲۳**	**۲۲۰/۰۸**



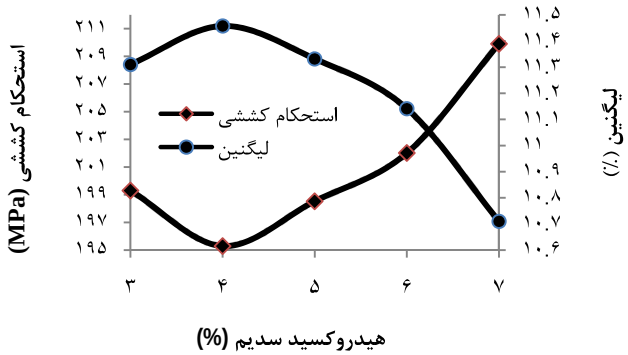
شکل (۱): تاثیر دما بر مقدار لیگنین و استحکام کششی



شکل (۲): تاثیر زمان واکنش بر مقدار لیگنین و استحکام کششی



شکل (۳): تاثیر درصد وزنی آب اکسیژنه بر مقدار لیگنین و استحکام کششی



شکل (۴): تاثیر درصد وزنی هیدروکسیدسدیم بر مقدار لیگنین و استحکام کششی

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش تاثیر چهار متغیر مستقل شامل درصد وزنی آب اکسیژنه ، درصد وزنی هیدروکسید سدیم ، زمان و دما بر روی دو متغیر وابسته لیگنین و استحکام کششی با استفاده از روش پاسخ سطح مورد بررسی قرار گرفت. دو مدل درجه دوم برای بیان هریک از متغیرهای وابسته مستقل به صورت تابعی از متغیرهای مستقل ارائه گردید. خروجی‌های دو مدل به خوبی با نتایج آزمایشگاهی مطابقت نمودند (R^2 >۰/۹۸). بررسی اثرات برهمکنش متغیرها نشان داد که تغییرات لیگنین و استحکام کششی نسبت به دما و درصد وزنی هیدروکسید سدیم به صورت یک تابع درجه دو هستند ولی این تغییرات نسبت به زمان و درصد وزنی آب اکسیژنه به صورت خطی هستند. بهینه سازی پارامترها به روش تابع مطلوب نشان داد که مقادیر بهینه برای درصد وزنی آب اکسیژنه ۴/۵٪ ، درصد وزنی هیدروکسید سدیم ۵/۷٪ ، زمان ۱۶/۸ ساعت و دما ۴۱/۹°C می‌باشد. براساس آزمایشات انجام شده با مقادیر بهینه درصد لیگنین و استحکام کششی در الیاف خالص سازی شده به ترتیب به طور متوسط برابر ۱۰/۲۳٪ و ۲۲۰/۰۸ MPa بدست آمد.

مراجع

[1] Alemdar A. and Sain M., (2008), Biocomposites from wheat straw nanofibers: Morphology, thermal and mechanical properties, *Composites Science and Technology* (68): 557–565.

[2] Ghazanfari A. Panigrahi S. Tabil, Jr. L., (2006), The effects of chemical treatments of flax fiber on some engineering properties of biocomposite, CSBE/SCGAB Annual Conference Edmonton, Alberta Canada.

[3] Zare Mirak-Abad A., Ghazanfari Moghaddam A. and Hahsemipour Rafsanjani H., (2011), The effects of eliminating lignin on physical, mechanical and chemical characteristics of date palm fibers, *Journal of Separation Science and Engineering* 2(2): 69-76 (In Farsi).

[4] Ghafarzadeh H. and Ghazanfari Moghaddam A., (2010), Comapring four methods of purifying date palm fibers for reinforcing purpose in biocomposites, *Journal of Separation Science and Engineering* 2(1): 105-114 (In Farsi).

[5] Zuluaga R., Putaux J.L., Cruz J., Velez J., Mondragon I. and Ganan P., (2008), Cellulose microfibrils from banana rachis: Effect of alkaline treatments on structural and morphological features, *Carbohydrate Polymers* 76(1):51-59.

[6] Edwin K. P. C and Stanislaw H. Z., (2001). An Introduction to Optimization. 2nd , John Wiley and Sons, Inc ed.New York.

[7] Deniz Bas., Ismail H. Boyacl., (2007), Modeling and optimization II: Comparison of estimation capabilities of response surface methodology with artificial neural networks in a biochemical reaction, *Journal of Food Engineering* (78): 846–854.

[8] Jeong I. and Kim K., (2009), An interactive desirability function method to multiresponse optimization, *European Journal of Operational Research* (195): 412–426.

[9] Corzo,O.,Gomez,E.,(2003), Optimization of osmotic dehydration of cantaloupe using desired function methodology, *Journal of Food Engineering* (64):213-219.

[10] Ghafarzadeh,H., (2010), Production of composites and nanocomposite using date palm fibers and high density polyethylene, Master of Science thesis, Department of Mechanic of Agricultural Machineries, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. (In Farsi).

[11] Deniz Bas, Ismail H. Boyacı., (2007), Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology, *Journal of Food Engineering* (78): 836–845.

[12] Ismail Eren, Figen Kaymak-Ertekin., (2007), Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology, *Journal of Food Engineering* (79): 344–352.

Optimization of Lignin Content Reduction in Date Palm Fibers by Response Surface Methodology and Desirability Function

Seid Reza Amini Niaki[1], Ahmad Ghazanfari Moghaddam[2]

1. M.Sc. Student in Mechanic of Agricultural Machinery, Shahid Bahonar University of Kerman.
2. Associate Professor of Horticultural Institute, Shahid Bahonar University of Kerman.

A R T I C L E I N F O

Article history:

Received 16 August 2010
Received in revised form 9 March 2011
Accepted 18 May 2011

Keywords:

Date palm fibers
Lignin
Optimization
Response surface
Tensile strength

A B S T R A C T

During the past decade, the use of plant fibers for reinforcing biocomposite material has attracted many researchers. The lignin content of the fibers reduces the mechanical properties of the resulting biocomposites, thus the lignin content is reduced by chemical treatments. In this research, the effective factors in the process of lignin reduction, including hydrogen peroxide and sodium hydroxide content, and temperature of the medium and the retention time, were optimized to prepare fiber with lowest amount of lignin and with highest tensile strength. The experiments were performed based on "central composite rotatable design" using four independent factors, each at five levels. A second degree polynomial was used to define a function relating the dependent and independent variables. The experimental data and the predicted data by the models were highly correlated (R^2 >0.98). The optimization results indicated that the optimized level for hydrogen peroxide and sodium hydroxide were 4.5% and 5.7% ،wt. The optimum medium temperature and retention time were 41.9?C and 16.8 h, respectively. At the optimized values of the independent variables, the lignin content and the tensile strength of the fibers were 10.23% ww and 220.08 MPa, respectively.

All rights reserved.

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.