بهینه سازی فاکتورهای موثر در خالص سازی الیاف خرما به روش برهم کنش تابع مطلوب (IDFA) از طریق اندازه گیری استحکام کششی

سید رضا امینی نیاکی [۱]، احمدغضنفری [۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- دانشیار بخش مهندسی ماشین های کشاورزی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

rezaamininiaki@gmail.com

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 گشته و سعی می گردد با تیمار شیمیایی لیگنین موجود در الیاف کاهش داده شود. درصد وزنی آب اکسیژنه ، درصد وزنی هیدروکسیدسدیم ، زمان و دما متغیرات مستقلی هستند که در کاهش لیگنین و افزایش استحکام کششی نقش دارند. آزمایشات براساس طرح مرکب مرکزی چرخشی با چهار فاکتور و هر یک از فاکتورها در پنج سطح انجام شد. از یک معادله چند جمله‌ای درجه دوم برای تعریف تابع وابستگی بین متغیرات مستقل و هر متغیر وابسته استفاده شد. براساس نتایج و بررسی‌های بعمل آمده شرایط بهینه برای متغیرات مستقل مقدار آب اکسیژنه ٤/٦ درصد وزنی، هیدروکسیدسدیم ٦ درصد وزنی، زمان ۱۷ساعت و دما ^{0}C ٤١/٩ بدست آمد. در این شرایط مقدار لیگنین و استحکام کششی به ترتیب ۷/۹٪ و ۲۲۷ MPa می باشند.

واژه‌های کلیدی : بهینه سازی، روش برهم کنش تابع مطلوب، خالص سازی، مقاومت کششی، الیاف

مقدمه

درخت خرما یک گیاه کشاورزی- صنعتی در ایران می باشد که در استان کرمان به وفور یافت می شود. هرساله با قطع برگ‌های خشک بر روی تنه و جمع آوری الیاف محل اتصال برگ مقدار زیادی مواد فیبری بدست می آید که قسمت عمده آنها جزء ضایعات کشاورزی محسوب شده و سوزانده می شوند. در حالی که می توان از این الیاف به طور وسیع در صنعت به طور مثال به عنوان تقویت کننده در بیوکامپوزیت‌ها، تولید کاغذ، تولید بیوپلاستیک‌ها استفاده کرد. مشکل اصلی در استفاده از الیاف طبیعی همانند الیاف نخل خرما در مقایسه با الیاف مصنوعی وجود ناخالصی، مواد مومی و صمغی در الیاف می باشد. به منظور خالص سازی و تهیه الیافی با ویژگی های همگن، الیاف گیاهی اغلب تحت تیمارهای شیمیایی قرار می گیرند که استفاده از این تیمارهای شیمیایی مناسب باعث کاهش درصد لیگنین، مواد مومی و صمغی و افزایش درصد سلولز در الیاف می شود که نهایتا باعث بهبود و یکسان شدن ویژگی های فیزیکی و مکانیکی در الیاف می شود (Alemdar and Sain, 2008). تحقیقات متعددی در مورد خالص سازی الیاف و بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی انجام گرفته است. اثر چهار فرایند شیمیایی، $NaOH(17.5w/w\%)$، $NaOH(5w/w\%)$، $HCL(2m)$، $KOH(18w/w\%)$ به منظور خالص سازی بر روی الیاف موز بررسی شد و بیان کردند که تیمارهای شیمیایی باعث کاهش لیگنین و بهبود ویژگی های فیزیکی و مکانیکی در الیاف موز می شود (Zuluaga et al, 2008).

به منظور حذف حداکثر ناخالصی ها و افزایش استحکام کششی در الیاف باید شرایط و فاکتورهای آزمایش در حالت بهینه قرار بگیرند. روش‌های مختلفی در بهینه سازی همانند روش گرادیان، روش نیوتن، روش مزدوج مستقیم، روش گوس- نیوتن، شبکه عصبی، کاهش شیب، قانون فازی، روش تحلیل سطح وجود دارد. در واکنش هایی که شامل چندین متغیر وابسته هستند و هدف بهینه سازی همزمان این متغیرات وابسته باشد، روش برهم کنش تابع مطلوب (Interactive Desirability Function Approach) نسبت به روش های دیگر کاربرد بیشتری دارد (Jeong and kim, 2009). روش بهینه سازی برهم کنش تابع مطلوب شامل سه مرحله کلی می باشد. مرحله اول قالب بندی اطلاعات، مرحله دوم فاز ترکیب کردن و محاسبات و مرحله سوم فاز تصمیم گیری می باشد. روش تابع مطلوب به منظور بهینه سازی، تابع وابستگی تعریف شده مابین متغیرات مستقل و وابسته را به استفاده از یک تابع مطلوب به یک مقدار مستقل و منحصر به فرد تبدیل می کند که به فرم (d_i) نشان داده می شود و سپس این مقدار منحصر به فرد برای هر تابع را با یکدیگر ترکیب کرده و تابع مطلوب کل را محاسبه نموده و با D نمایش می دهند. اکنون با بیشینه ساختن مقدار D مقادیر بهینه هریک از متغیرات مستقل محاسبه می شود. هدف از این مطالعه بهینه سازی شرایط و فاکتورهای موثر در خالص سازی و افزایش مقاومت کششی در الیاف نخل خرما به روش برهم کنش تابع مطلوب می باشد. در این تحقیق برای مدل سازی، آنالیز مدل های ارائه شده و بهینه سازی از نرم افزار Design Expert 8 استفاده شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از الیاف درخت خرما تهیه شده در استان کرمان، استفاده شده است. برای اندازه گیری استحکام کششی الیاف نیاز به دستگاه تست کشش می باشد که دارای دقت مناسب برای اندازه گیری استحکام کششی الیاف باشد. در این تحقیق از دستگاه تست کشش ساخت شرکت مکاترونیک- مشهد با دقت محاسبه نیروی یک نیوتن استفاده شد. با قرار دادن هر یک از الیاف خام نخل خرما در دستگاه تست کشش و با تنظیم سرعت حرکت فک ها ۵ mm/min تست کشش را جداگانه برای هریک از الیاف ها انجام می دهیم. به منظور تعیین سطح مقطع الیاف از نرم افزار پردازش تصویر UTHSCA image استفاده شده است. ابتدا الیاف را به روی کاغذ چسبانیده و آنها را داخل دستگاه اسکنر قرار داده و از الیاف تصاویری با دقت ۸۰۰ DPI تهیه می شود سپس با انتقال تصاویر به کامپیوتر و با استفاده از نرم افزار، قطر الیاف اندازه گیری می شود. با اندازه گیری قطر الیاف توسط نرم افزار پردازش تصویر و به دست آوردن مساحت آنها، مقدار استحکام کششی الیاف طبق رابطه (۱) محاسبه می شود.

$$\sigma = \frac{F}{A} \qquad (۱)$$

σ : مقاومت کششی الیاف N/m^2 F : نیرو N A : سطح مقطع الیاف m^2

پس از تعیین استحکام کششی به طور جداگانه برای هریک از الیاف خام نخل خرما، برای افزایش مقاومت کششی در الیاف فرایند خالص سازی را انجام می دهیم. ابتدا الیاف را به مدت ۲٤ ساعت در آب گذاشته تا کاملا خیس بخورند تا مواد اضافی چسبیده به آن ها که لیگنین می باشند راحت تر جدا شوند. برای جداشدن بیشتر مواد چسبیده به الیاف، از یک همزن مکانیکی استفاده شد. الیاف در دمای اتاق به مدت ٤۸ ساعت نگهداری شدند تا رطوبت آنها خارج شود، سپس در تیمارهای مختلف الیاف خام خرما را در محلول قلیای رقیق آب اکسیژنه و هیدروکسیدسدیم در زمان و دماهای متفاوت نشان داده شده در جدول (۱) قرار داده می شود سپس الیاف را ازمحلول خارج کرده و با آب مقطر چندین مرتبه کاملا شستشو داده و در محیط قرار داده تا خشک شوند. سپس هر نمونه از الیاف را پس از خالص سازی در دستگاه تست کشش قرار داده و میزان مقاومت کششی آن ها را محاسبه می کنیم.

جدول ۱ : مقادیر واقعی متغیرات مستقل در هر تیمار

آب اکسیژنه (wt%) X_1	هیدروکسیدسدیم (wt%) X_2	زمان (ساعت) X_3	دما (^0C) X_4
۲	۳	۱۴	۳۰
۳	۴	۱۵	۳۴
۴	۵	۱۶	۳۸
۵	۶	۱۷	۴۲
۶	۷	۱۸	۴۶

طرح آزمایش و آنالیز آماری

با توجه به اینکه هریک از متغیرات مستقل در آزمایش در واحدهای مختلف اندازه گیری می شوند، به منظور استفاده از روش بهینه سازی تابع مطلوب باید مقادیر واقعی متغیرات مستقل (درصد وزنی آب اکسیژنه X_1 ، درصد وزنی هیدروکسیدسدیم X_2 ، زمان X_3 ، دما X_4) به مقادیر بدون بعد x_i تبدیل شود. برای این تبدیلات از طرح مرکب مرکزی قائم Central Composite Orthogonal Design (CCOD) استفاده می شود. این طرح شامل 2^4 نقاط اصلی که فاصله این نقاط از مرکز ± 1و یک نقطه مرکزی و ۸ نقطه محوری می باشد. فاصله نقاط محوری از مرکز $\pm \alpha$که مقدار دقیق αبه نوع آزمایش و تعداد متغیرات مستقل بستگی دارد که این مقدار طبق رابطه (۲) محاسبه می شود.

$$\alpha = \left(\frac{\sqrt{F(F+2K+n_0)} - F}{2} \right)^{0.5} \qquad (۲)$$

F: نقاط اصلی ، K : تعداد متغیرات مستقل ، n_0: تعداد نقاط مرکزی

با استفاده از معادله چند جمله ای درجه دوم (رابطه ۳)، یک تابع وابستگی بین متغیرات مستقل کدگذاری شده و هریک از متغیرات وابسته تعیین می شود.

$$Y_k = \beta_{k0} + \sum_{i=1}^{4} \beta_{ki} x_i + \sum_{i=1}^{4} \beta_{kii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=i+1}^{4} \beta_{kij} x_i x_j \qquad (۳)$$

β_{k0}: عرض از مبدا ، $\beta_{ki}, \beta_{kii}, \beta_{kij}$ ضرایب رگرسیون ، x_i متغیرات مستقل کدگذاری شده و Y_kمتغیر وابسته (کاهش لیگنین ، افزایش مقاومت کششی).

معنا دار بودن پارامترهای موجود در تابع وابستگی بین متغیرات مستقل و هر یک از متغیرات وابسته با استفاده از تحلیل واریانس و همچنین برای ارزیابی تابع وابستگی تعریف شده از پارامتر R^2، و جمع مربعات خطاهای پیش بینی شده (PRESS) استفاده شد (Corzo and Gomez, 2003). یک مدل خوب از تابع وابستگی دارای مقدار R^2 بالا و مقدار PRESS پایین می باشد. مقادیر واقعی متغیرات مستقل (جدول ۱) طبق رابطه (۲) به مقادیر کدگذاری شده تبدیل می شود که این مقادیر کدگذاری شده در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲ : مقادیر واقعی و کدگذاری شده متغیرات مستقل

مقادیر کدگذاری شده متغیرات مستقل	۲	۱	۰	-۱	-۲
مقادیر حقیقی متغیرات مستقل					
آب اکسیژنه (wt%)	٦	٥	٤	٣	٢
هیدروکسیدسدیم (wt%)	٧	٦	٥	٤	٣
زمان (ساعت)	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤
دما (^0C)	٤٦	٤٢	٣٨	٣٤	٣٠

بهینه سازی

فرآیند بهینه سازی به منظور مشخص کردن مقادیر بهینه برای هریک از متغیرات مستقل به طوری که متغیرهای وابسته، کاهش لیگنین (Y_2) و استحکام کششی (Y_1)، به طور همزمان در شرایط بهینه قرار بگیرند را به صورت $opt\{Y_1(x_i),Y_2(x_i)\}$ نشان می دهند (Khuri,1996) . زمانی که هدف بهینه سازی متغیرات وابسته به طور همزمان باشد از روش برهم کنش تابع مطلوب استفاده می شود (Jeong and Kim,2009). برای بهینه سازی تابع وابستگی چند جمله ای درجه دوم ارائه شده بین متغیرات مستقل و وابسته (رابطه ۳) از تابع مطلوب استفاده می شود. این تابع مدل ارائه شده بین هر یک از متغیرات وابسته ومتغیرات مستقل را به یک مقدار مستقل و منحصربه فرد تبدیل می کند که این مقدار مستقل را تابع مطلوب هر متغیر وابسته می نامند و به فرم $d_i(Y_i(x_i))$ نشان می دهند که این مقدار مستقل در محدوده صفر و یک قرار می گیرد $(0 \le d \le 1)$. در صورتی که $d_i = 1$ ، آنگاه واکنش مورد نظر به عنوان واکنش هدف انتخاب می شود و درصورتی که $d_i = 0$ ، آن گاه واکنش مورد نظر به عنوان واکنش هدف در نظر گرفته نمی شود (Jeong and kim, 2009). تابع مطلوب مربوط به متغیر وابسته $Y_i(x_i)$ طبق رابطه (٤) محاسبه می شود. هرچه مقدار $Y_i(x_i)$بیشتر شود متناظر با آن مقدار $d_i(Y_i(x_i))$ هم افزایش می یابد. پس از محاسبه تابع مطلوب مربوط به همه واکنش ها، مقدار تابع مطلوب کل را که از ترکیب تابع های منحصر به فرد هر واکنش بدست می آید و با D نشان داده می شود را طبق رابطه (۵) محاسبه می کنیم. همچنین D هم مقداری مابین صفر و یک دارد $(0 \le D \le 1)$. سپس شرایط بهینه را توسط بیشینه ساختن مقدار D بدست می آوریم.

(٤)

$$d_i(Y_i(x)) = \begin{cases} 0 & Y_i(x) \le Y_i^{\min}, Y_i(x) \succ Y_i^{\max} \\ \left[\dfrac{Y_i(x)-Y_i^{\min}}{T_i^{\min}-Y_i^{\min}}\right]^{s_i} & Y_i^{\min} \prec Y_i(x) \le T_i^{\min} \\ \left[\dfrac{Y_i^{\max}-Y_i^{\min}}{Y_i^{\max}-T_i^{\max}}\right]^{t_i} & T_i^{\max} \prec Y_i(x) \le Y_i^{\max} \\ 1 & T_i^{\min} \prec Y_i(x) \le T_i^{\max} \end{cases}$$

در معادله فوق، $d_i(Y_i(x))$ تابع مستقل برای $Y_i(x)$ ، $Y_i^{\max}, Y_i^{\min}$ به ترتیب حد بالا و پایین مرز در واکنش و $(T_i^{\min} \le T_i^{\max}), T_i^{\max}, T_i^{\min}$ به ترتیب حد بالا و پایین هدف در واکنش می باشند و s_i, t_iپارامترهایی هستند که شکل تابع مستقل را برای $d_i(Y_i(x))$ مشخص می کنند، که اگر $s_i, t_i \succ 1$ ، آنگاه شکل تابع به صورت محدب و $s_i, t_i \prec 1$، شکل تابع به صورت مقعر خواهد شد که برای بهینه سازی به روش تابع مطلوب، $s_i = t_i = 1$ در نظر گرفته، درنتیجه شکل تابع به صورت خطی می باشد.

$$D = (d_1^{v_i} \times d_2^{v_i} \times d_3^{v_i} \times .... \times d_n^{v_i})^{1/\sum v_i} = \left(\prod_{i=1}^{n} d_i^{v_i}\right)^{1/\sum v_i} \qquad (۵)$$

که v_i ، مشخص کننده شماره iامین واکنش می باشد.

بحث و نتایج

در این تحقیق تاثیر متغیرات مستقل درصد وزنی آب اکسیژنه، درصد وزنی هیدروکسید سدیم، زمان و دما بر خالص سازی الیاف خام نخل خرما، و تاثیر آن ها بر مقاومت کششی الیاف با یک نقطه مرکزی بررسی شده است و نتایج در جدول (۳) گزارش شده است. تابع وابستگی چندجمله ای درجه دوم بین متغیرات مستقل کدگذاری شده و متغیرهای وابسته استحکام کششی (Y_1) و مقدار لیگنین پس از خالص سازی (Y_2) ، به ترتیب در رابطه های ٦ و ٧ نشان داده شده است.

(٦)

$$Y_1 = 206 + 2.93x_1 + 3.12x_2 + 12.3x_3 + 4.62x_4 - 0.662x_1^2 + 0.813x_2^2 - 0.425x_3^2 - 2.5x_4^2 + 0.512x_1x_2 - 0.313x_1x_3 - 0.8x_1x_4 + 0.675x_2x_3 + 0.612x_3x_4 + 0.187x_3x_4$$

(٧)

$$Y_2 = 8.78 - 0.0925x_1 - 0.113x_2 - 0.432x_3 - 0.147x_4 + 0.0098x_1^2 - 0.0202x_2^2 - 0.0227x_3^2 + 0.0735x_4^2 - 0.0138x_1x_2 - 0.0088x_1x_3 + 0.03x_1x_4 - 0.0325x_2x_3 - 0.0288x_2x_4 - 0.0187x_3x_4$$

که Y_1 و Y_2 به ترتیب مقادیر پیش بینی شده برای استحکام کششی و درصد لیگنین را در الیاف خالص سازی شده تعیین می کند ، و $x_i(i=1,2,3,4)$ متغیرات مستقل در حالت کدگذاری شده می باشد. برای تعیین تاثیر متغیرات مستقل در واکنش، از آزمون $t-Test$ استفاده می کنیم. هرچه مقدار t برای هریک از متغیرات مستقل بیشتر باشد تاثیر آن پارامتر در واکنش بیشتر خواهد شد. با توجه به آزمون t، (جدول ٤)، در پارامترهای خطی در رابطه (٦)، فاکتور (x_3)، و در پارامترهای درجه دوم، فاکتور (x_2^2) ، و در پارامترهای تاثیر متقابل ، فاکتور (x_2x_3) دارای بیشترین تاثیر می باشند. و به همین ترتیب در رابطه (٧)، فاکتور (x_1)، فاکتور (x_4^2) و فاکتور (x_1x_4) به ترتیب در پارامترهای خطی، درجه دوم و تاثیر متقابل دارای بیشترین تاثیر هستند. برای تعیین معنادار بودن هریک از پارامترها از آزمون $\rho-value$ استفاده می کنیم بدین ترتیب که متغیراتی که دارای $\rho \prec 0.05$ می باشند در معادله ارائه شده از تابع وابستگی مابین متغیرات وابسته و متغیرات مستقل معنادار می باشد. برای ارزیابی مدل ارائه شده از پارامترهای R^2 و $PRESS$ استفاده می شود (جدول ٤).

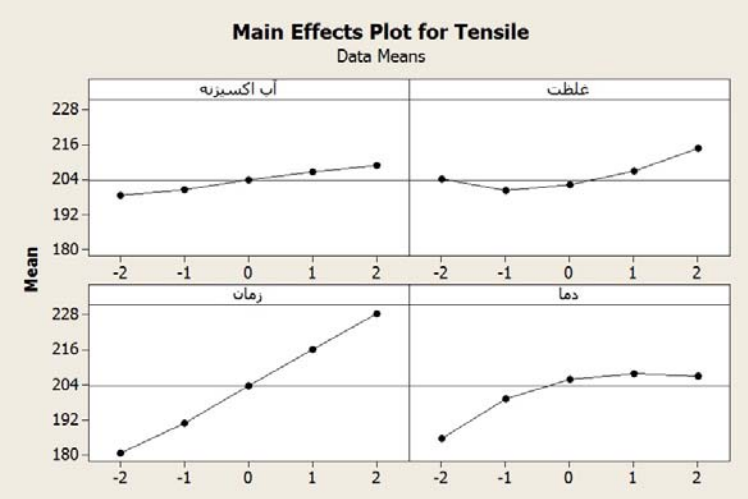
جدول ۳ : مقادیر مشاهده شده برای درصد لیگنین و مقاومت کششی قبل و بعد از خالص سازی

تیمار	x_1	x_2	x_3	x_4	استحکام کششی قبل از خالص سازی	استحکام کششی پس از خالص سازی Y_1	مقدار لیگنین پس از خالص سازی Y_2
۱	−۱	−۱	−۱	−۱	۱۳۶/۱	۱۸۱/۱	۹/۵٤
۲	۱	−۱	−۱	−۱	۱٤۳/۷	۱۸۸/۷	۹/۳۱
۳	−۱	۱	−۱	−۱	۱٤٤	۱۸٤/۳	۹/٤۲
٤	۱	۱	−۱	−۱	۱۵٤/٦	۱۹٤/۱	۹/۱۹
۵	−۱	−۱	۱	−۱	۱٦۱/۵	۲۰٦/۵	۷/۷۸
٦	۱	−۱	۱	−۱	۱٦۵/۳	۲۱۰/۳	۸/۵۵
۷	−۱	۱	۱	−۱	۱٦۷/۳	۲۱۰/۱	۸/٦۱
۸	۱	۱	۱	−۱	۱۷۵/۸	۲۲۰/۱	۸/۲۸
۹	−۱	−۱	−۱	۱	۱۵۰/٦	۱۹۰/۱	۹/۲۹
۱۰	۱	−۱	−۱	۱	۱٤۹/۸	۱۹۳/۸	۹/۱۹
۱۱	−۱	۱	−۱	۱	۱۵۱/۳	۱۹۵/۳	۹/۱۱
۱۲	۱	۱	−۱	۱	۱۵۷/۵	۲۰۱/۵	۸/۹٦
۱۳	−۱	−۱	۱	۱	۱۷۰	۲۱۳/۱	۸/٤۹
۱٤	۱	−۱	۱	۱	۱۷۵/۷	۲۱۸/۷	۸/۳۸
۱۵	−۱	۱	۱	۱	۱۷۹/۹	۲۲۳/۹	۸/۱٦
۱٦	۱	۱	۱	۱	۱۸۵/۸	۲۲٦/۸	۷/۹۸
۱۷	−۲	۰	۰	۰	۱۵۸/۵	۱۹۸/۵	۸/۹۷
۱۸	۲	۰	۰	۰	۱٦۵/۹	۲۰۸/۹	۸/٦٤
۱۹	۰	−۲	۰	۰	۱٦۲/۳	۲۰٤/۳	۸/۹۱
۲۰	۰	۲	۰	۰	۱۷۰/۷	۲۱٤/۹	۸/٤٦
۲۱	۰	۰	−۲	۰	۱٤۰/٦	۱۸۰/۸	۹/۵۷
۲۲	۰	۰	۲	۰	۱۸٤/۵	۲۲۸/۵	۷/۷۸
۲۳	۰	۰	۰	−۲	۱٤۱/۸	۱۸۵/٦	۹/٤۱
۲٤	۰	۰	۰	۲	۱٦۵/۵	۲۰۷/۱	۸/۷۱
۲۵	۰	۰	۰	۰	۱٦۲/۷	۲۰٦/٤	۸/۷۸

جدول ٤: تحلیل واریانس برای مدل های ارائه شده

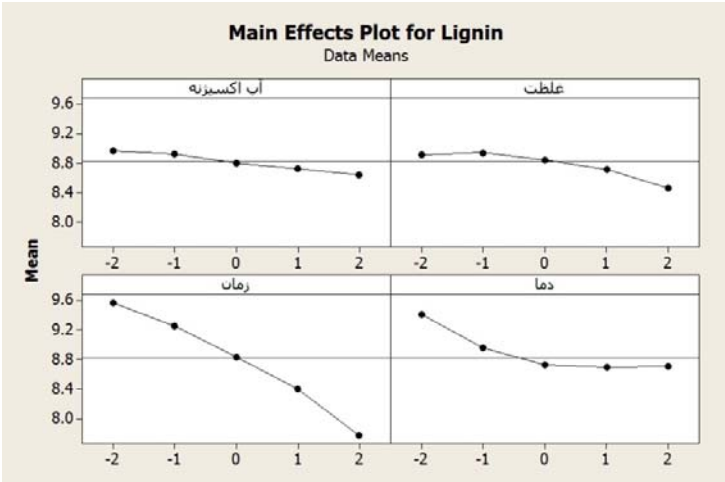
پارامترها	استحکام کششی Y_1 (Mpa)			مقدار لیگنین Y_2		
	ضرایب رگرسیون	$t-value$	$\rho-value$	ضرایب رگرسیون	$t-value$	$\rho-value$
عرض از مبدا	۲۰۶	۱۳۵/٤٦	۰/۰۰۰۱	۸/۷۸	۲۰۲/۹۹	۰/۰۰۰۱
x_1	۲/۹۳	۹/٤۳	۰/۰۰۰۱	−۰/۰۹۲۵	−۱۰/٤۸	۰/۰۰۰۱
x_2	۳/۱۲	۱۰/۰۵	۰/۰۰۰۱	−۰/۱۱۳	−۱۲/۸٤	۰/۰۰۰۱
x_3	۱۲/۳	۳۹/٦۵	۰/۰۰۰۱	−۰/٤۳۲	−٤۸/۸۹	۰/۰۰۰۱
x_4	٤/٦۲	۱٤/۸۷	۰/۰۰۰۱	−۰/۱٤۷	−۱٦/٦۱	۰/۰۰۰۱
x_1^2	−۰/٦٦۲	−۱/٤٦	۰/۱۷۵	۰/۰۰۹۸	۰/۷٦	۰/٤٦٤
x_2^2	۰/۸۱۳	۱/۷۹	۰/۰۱۰۳	−۰/۰۲۰۲	−۱/۵۷	۰/۱٤۷
x_3^2	−۰/٤۲۵	−۰/۹٤	۰/۳۷۱	−۰/۰۲۲۷	−۱/۷٦	۰/۱۰۸
x_4^2	−۲/۵	−۵/۵۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۷۳۵	۵/۷۱	۰/۰۰۰۱
x_1x_2	۰/۵۱۲	−۱/۳۵	۰/۲۰۸	−۰/۰۱۳۸	−۱/۲۷	۰/۲۳۲
x_1x_3	−۰/۳۱۳	−۰/۸۲	۰/٤۳۱	−۰/۰۰۸۸	−۰/۸۱	۰/٤۳۷
x_1x_4	−۰/۸	−۲/۱۰	۰/۰٦۲	۰/۰۳	۲/۷۷	۰/۰۲۰
x_2x_3	۰/٦۷۵	۱/۷۷	۰/۰۱۰۷	−۰/۰۳۲۵	−۳/۰۱	۰/۰۱۳
x_2x_4	۰/٦۱۲	۱/٦۱	۰/۱۳۹	−۰/۰۲۸۸	−۲/٦٦	۰/۰۲٤
x_3x_4	۰/۱۸۷	۰/٤۹	۰/٦۳۳	−۰/۰۱۸۷	−۱/۷۳	۰/۱۱٤
R^2	۹۹/۵٪			۹۹/۷٪		
$adj(R^2)$	۹۸/۸٪			۹۹/۲٪		
PRESS	٤۱/۷۹۹			۵۱/۵۳۷		
C.V.%	۰/۷۵			۰/٤۹		

پس از تعیین تابع وابستگی بین متغیرات مستقل کدگذاری شده و متغیرات وابسته، (روابط ٦ و ۷)، این معادلات تخمینی $Y_i(x)$ را به $d_i(Y_i(x))$ تبدیل و برای این تبدیل مقادیر $Y_i^{\max}, Y_i^{\min}, T_i(T_i^{\max} = T_i^{\min})$ برای هریک از متغییرات وابسته طبق نمودار (۱و۲) محاسبه شد.



نمودار۱: تاثیر متغییرات مستقل بر استحکام کششی

که طبق نمودار فوق، $Y_i^{\max} = 246.856$، $Y_i^{\min} = 148.535$و $T_i^{\min} = T_i^{\max} = 204.65$ بدست می آید.



نمودار ۲: تاثیر متغییرات مستقل بر کاهش لیگنین

طبق نمودار (۲)، $Y_i^{\max} = 10.2202$، $Y_i^{\min} = 7.0822$ و $T_i^{\min} = T_i^{\max} = 8.675$ بدست می آید. با توجه به مقادیر بدست آمده برای $Y_i^{\min}, Y_i^{\max}, T_i (T_i^{\min} = T_i^{\max})$، تابع مطلوب برای $Y_i(x)$را طبق رابطه (٤) محاسبه می کنیم. با توجه به رابطه (۵) مقدار تابع مطلوب کل (D) محاسبه شد، که این مقدار برابر $D(Y_i(x)) = 0.753$ می باشد. بهینه سازی به وسیله نرم افزار Design Expert انجام شد. نتایج در جدول (۵) گزارش شده است.

جدول۵: مقادیر بهینه برای متغیرات مستقل

متغییرات مستقل	مقادیر بهینه کدگذاری شده	مقادیر بهینه حقیقی	لیگنین	استحکام کششی
آب اکسیژنه (wt%)	۰/۶	۴/۶	Y_2=۷/۹	Y_1=۲۲۷
هیدروکسیدسدیم (wt%)	۱	۶		
زمان (ساعت)	۱	۱۷		
دما (^0C)	۰/۹۶	۴۱/۹		

نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان می دهد که درصد لیگنین در الیاف خالص سازی شده کاهش و استحکام کششی افزایش می یابد و به طور کلی باعث بهبود ویژگی های فیزیکی و مکانیکی در الیاف شده است. به منظور کاهش لیگنین در الیاف خام خرما و افزایش استحکام کششی با توجه به روش تابع مطلوب مقادیر بهینه برای مقدار آب اکسیژنه ٤/٦ درصد وزنی، مقدار هیدروکسیدسدیم ٦ درصد وزنی، زمان ۱۷ ساعت و دما ^0C ٤١/٩ محاسبه شد.

منابع و مآخذ

1. Ayse Alemdar and Mohini Sain., (2008), Biocomposites from wheat straw nanofibers: Morphology, thermal and mechanical properties, Composites Science and Technology (68): 557–565.
2. Corzo,O.,Gomez,E.,(2003), Optimization of osmotic dehydration of cantaloupe using desired function methodology, Journal of Food Engineering (64):213-219.
3. In-Jun Jeong., Kwang-Jae Kim., (2009), An interactive desirability function method to multiresponse optimization, European Journal of Operational Research (195): 412–426.
4. Khuri, A.I., 1996. Multiresponse surface methodology. In: Ghosh, A., Rao, C.R. (Eds.). Handbook of Statistics: Design and Analysis of Experiment, vol. 13, pp. 377–406.
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 (62): 1-10.

Abstract

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 optimization results indicated that the optimized level for hydrogen peroxide and sodium hydroxide were 4.6% and 6%. The optimum medium temperature and retention time were 41.9ºC and 17 h, respectively. At the optimized values of the independent variables, the lignin content and the tensile strength of the fibers were 7.9% and 227 MPa, respectively.

Keywords: optimization, Interactive Desirability Function Approach, purification, tensile strength, fiber