

生物法提取桑皮纤维漂白工艺的研究与优化

郜小娟¹, 杜双田¹, 郭玉孝², 杨 琴¹

(1 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】【目的】研究生物法提取桑皮纤维的最佳漂白工艺。【方法】采用回归正交组合设计, 研究了碱(NaOH)用量、漂白剂(H₂O₂)用量、水料比、漂白温度及漂白时间对生物法提取桑皮纤维漂白的技术参数。【结果】(1)各因子对纤维白度的影响程度依次为: 漂白温度>漂白时间>碱用量>漂白剂用量>水料比, 漂白温度是漂白过程中的关键控制因素。(2)因子交互效应分析显示, 碱用量与漂白温度、漂白剂用量与漂白时间、料水比与漂白时间通过互作产生了增白效应。【结论】通过对纤维白度模型的优化, 得到的最佳漂白工艺参数为: 碱用量 2.05 g/L, 漂白剂用量 6%, 水料比 16.7:1, 漂白温度 112 ℃, 漂白时间 125 min。在最佳工艺参数条件下, 纤维白度可达 75.0 以上, 经反复试验验证, 该工艺正确可行。

【关键词】 桑皮纤维; 生物法提取; 漂白工艺; 数学模型

【中图分类号】 TS745

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)04-0213-07

Optimization of bleaching technology for mulberry fiber by bio-extraction

GAO Xiao-juan¹, Du Shuang-tian¹, GUO Yu-xiao², YANG Qin¹

(1 College of Life Science, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract:【Objective】The bleaching technology for mulberry fiber by bio-extraction was studied and the technological conditions were optimized.【Method】The effects of NaOH, H₂O₂, temperature, time, and the ratio of water/fiber on the bleaching of mulberry fiber by bio-extraction was studied. A mathematical model of the relationship for these factors with fiber whiteness was established by using the five-way quadratic orthogonal regression design.【Result】(1)The effects of five factors on the fiber whiteness were: bleaching temperature>bleaching time>dosage of NaOH>dosage of H₂O₂>ratio of water to material, and bleaching temperature was the main factor influencing the fiber whiteness;(2)The factor interaction analysis suggested that the interaction of dosage of NaOH and bleaching temperature, dosage of H₂O₂ and bleaching time, ratio of water to material and bleaching time increased the fiber whiteness effectively.【Conclusion】The optimum technological parameters were: NaOH 2.05 g/L, H₂O₂ 6%, ratio of water to material 16.7:1, temperature 112 ℃, and bleaching time 125 min, the fiber whiteness in the optimized fiber whiteness model reached above 75.0. It was identified correct and feasible by repeated experiment.

Key words: mulberry fiber; bio-extraction; bleaching technology; mathematical model

桑皮纤维作为“绿色纺织品”或“生态纺织品”的典型原料,既具有棉花的特性,又具有麻纤维的许多

优点^[1-2],是近年来开发的新型植物纤维^[3],是优质的天然纺织及造纸原料^[4-5]。桑皮脱胶的方法主要

* [收稿日期] 2008-06-13

[作者简介] 郜小娟(1983-),女,内蒙古乌兰察布人,在读硕士,主要从事微生物资源与利用研究。

E-mail: xiaojuan200214118@163.com

[通信作者] 杜双田(1961-),男,陕西扶风人,副教授,主要从事食用与药用真菌研究。E-mail: dst6107@126.com

有化学脱胶和生物脱胶 2 种。采用化学法脱胶时,虽然工作效率较高,但对环境的污染较大,而且对纤维有一定的损伤。生物脱胶法采用特殊的微生物发酵处理,不仅绿色环保,而且对纤维损伤较小,节约能源,生产成本较低,已成为当前研究的主要方向^[6-8]。

生物法提取的桑皮纤维的残胶量较高^[9-10],用传统的漂白工艺漂白难以达到理想的白度要求。因此,对桑皮纤维漂白工艺进行优化研究,无疑对其质量的改进具有重要的实际意义。本试验采用回归正交组合设计,系统研究了漂白过程中碱用量、漂白剂用量、水料比、漂白温度及漂白时间对纤维白度的影响,以期通过数学模型法优化^[11-12]确定生物法提取桑皮纤维的最佳漂白工艺参数,从而为优质桑皮纤维的生产提供技术支持。

表 1 生物法提取桑皮纤维漂白试验的因素水平及编码

Table 1 Factors and levels of the bleaching technology for mulberry fiber by bio-extraction

水平 Levels $x_j (Z_j)$	因素 Factor				
	Z_1 碱用量/(g · L ⁻¹) Dosage of NaOH	Z_2 漂白剂用量/% Dosage of H ₂ O ₂	Z_3 水料比 Ratio of water to material	Z_4 漂白温度/℃ Bleaching temperature	Z_5 漂白时间/min Bleaching time
$r(Z_{2j})$	3.00	6.00	20.00	120.00	180.00
$1(Z_{0j} + \Delta_j)$	2.46	5.35	17.82	111.29	147.35
$0(Z_{0j})$	1.75	4.50	15.00	100.00	105.00
$-1(Z_{0j} - \Delta_j)$	1.04	3.65	12.18	88.71	62.65
$-r(Z_{1j})$	0.50	3.00	10.00	80.00	30.00
变化间距 ($\Delta_j = (Z_{2j} - Z_{1j})/2r^*$) Alternative gradient	0.706 9	0.847 0	2.823 4	11.293 7	42.351 4
编码公式 ($x_j = (Z_j - Z_{0j})/\Delta_j$) Coding formula	$x_1 = 1.416 6 Z_1 - 2.479 1$	$x_2 = 1.180 6 Z_2 - 5.312 9$	$x_3 = 0.354 2 Z_3 - 5.312 7$	$x_4 = 0.088 5 Z_4 - 8.854 5$	$x_5 = 0.023 6 Z_5 - 2.479 3$

注: $r^* = 1.770 9$; Z_{2j} 、 Z_{1j} 、 Z_{0j} 分别表示第 j 个因素 Z_j 的上水平、下水平、零水平。

Note: $r^* = 1.770 9$; Z_{2j} 、 Z_{1j} 、 Z_{0j} indicate upper level, down level and zero level respectively.

2 结果与分析

2.1 不同处理对桑皮纤维漂白效果的影响

对不同处理桑皮纤维的纤维白度值(y')进行测

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试桑皮纤维材料由微生物发酵法提取。

供试试剂有过氧化氢(西安化学试剂厂产品)和氢氧化钠(天津市博迪化工有限公司产品),均为分析纯。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 生物法提取桑皮纤维的漂白试验,采用正交回归组合设计^[13-14],试验因素水平及编码见表 1。

1.2.2 方法 供试纤维经手工开松后充分混匀,按试验设计方案进行 2 次漂白,充分漂洗、晾干后,用 DSBS-1 数字白度仪(南通宏大试验仪器有限公司)测定纤维白度,每样品重复 3 次。

定,计算其标准差 σ ,剔除 $y' \pm 2\sigma$ 以外的数据,再求其平均数(\bar{y})即为试验结果(表 2)。对表 2 结果进行分析,所得结果如表 3 所示。

表 2 不同处理对桑皮纤维白度的影响

Table 2 Effects of different treatments on the whiteness of mulberry fiber

试验编号 No.	纤维白度 Whiteness of fiber	试验编号 No.	纤维白度 Whiteness of fiber	试验编号 No.	纤维白度 Whiteness of fiber
1	80.2	11	74.4	21	70.1
2	58.7	12	49.1	22	68.3
3	74.0	13	75.5	23	73.3
4	64.9	14	39.8	24	56.6
5	64.5	15	66.5	25	70.2
6	65.5	16	58.8	26	63.3
7	76.0	17	73.2	27	71.8
8	55.1	18	59.8	28	71.2
9	68.0	19	75.3	29	69.7
10	57.1	20	70.0	30	72.0

表 3 不同影响因子对桑皮纤维白度的影响
Table 3 Analysis of different factors on the whiteness of mulberry fiber

计算项目 Item	影响因子 Influencing factor						
	x_0	$x_1(Z_1)$	$x_2(Z_2)$	$x_3(Z_3)$	$x_4(Z_4)$	$x_5(Z_5)$	x_1x_2
$\sum x_{ij}^2$	30.00	22.27	22.27	22.27	22.27	22.27	16.00
B_j	1 992.90	73.43	34.09	-6.31	129.90	88.92	8.70
b_j	66.43	3.30	1.53	-0.28	5.83	3.99	0.54
S_j	—	242.10	52.17	1.79	757.63	355.00	4.73
F_j	—	233.65**	48.19**	1.65	699.86**	32.79*	4.37
a_j		0.01	0.01	—	0.01	0.05	0.25

计算项目 Item	影响因子 Factor						
	x_1x_3	x_1x_4	x_1x_5	x_2x_3	x_2x_4	x_2x_5	x_3x_4
$\sum x_{ij}^2$	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
B_j	7.30	-29.10	-8.18	12.70	16.00	-23.10	4.10
b_j	0.46	-1.82	-0.51	0.79	1.00	-1.44	0.26
S_j	3.33	52.93	4.18	10.08	16.00	33.35	1.05
F_j	3.08	48.87**	3.86	9.31	13.65	30.81*	0.97
a_j	0.25	0.01	0.25	0.10	0.05	0.05	—

计算项目 Item	影响因子 Factor						
	x_3x_5	x_4x_5	$x_1^2(x_1^2)$	$x_2^2(x_2^2)$	$x_3^2(x_3^2)$	$x_4^2(x_4^2)$	$x_5^2(x_5^2)$
$\sum x_{ij}^2$	16.00	16.00	19.14	19.14	19.14	19.14	19.14
B_j	17.90	10.30	-51.70	-13.96	-35.60	-62.26	-51.00
b_j	1.12	0.64	-2.70	-0.73	-1.86	-3.25	-2.66
S_j	20.03	6.63	139.69	10.19	66.23	202.38	135.74
F_j	18.50*	6.12	129.04**	9.41*	61.18**	186.96**	125.40**
a_j	0.05	0.10	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01

注: B_j 为常数项矩阵; b_j 为回归系数; S_j 为偏差平方和; F_j 为 F 检验值; a_j 为显著性水平; ** 表示差异达极显著水平; * 表示差异达显著水平。
Note: B_j : constant matrix; b_j : regression coefficient; S_j : square of deviance; F_j : F -test value; a_j : significance level; ** extremely significant level; * significant level.

由表 3 回归分析结果,可得纤维白度(y)与影响因素的回归方程为:

$$y = 66.43 + 3.297x_1 + 1.5304x_2 - 0.2837x_3 + 5.8324x_4 + 3.9924x_5 + 0.5438x_1x_2 + 0.4563x_1x_3 - 1.8188x_1x_4 - 0.5113x_1x_5 + 0.7938x_2x_3 + x_2x_4 - 1.4438x_2x_5 + 0.2563x_3x_4 + 1.1188x_3x_5 + 0.6438x_4x_5 - 2.7018x_1^2 - 0.7296x_2^2 - 1.8604x_3^2 - 3.2533x_4^2 - 2.6634x_5^2. \quad (1)$$

对回归方程进行显著性检验,得 $F_{\text{回}} = 4.53 > F_{0.05(10,6)} = 4.06$,表明回归方程的显著性水平为 0.05,置信度为 95%。且方程不失拟,与实际情况吻合。

为了分析方便,对回归方程中的不显著项进行剔除后,可得:

$$y = 66.43 + 3.297x_1 + 1.5304x_2 + 5.8324x_4 + 3.9924x_5 - 1.8188x_1x_4 - 1.4438x_2x_5 + 1.1188x_3x_5 - 2.7018x_1^2 - 0.7296x_2^2 - 1.8604x_3^2 - 3.2533x_4^2 - 2.6634x_5^2. \quad (2)$$

2.2 各因素对桑皮纤维白度(y_{xi})的效应分析

由表 3 可以看出,碱用量、漂白剂用量及漂白温

度对纤维白度的影响达到极显著水平,漂白时间对纤维白度的影响达显著水平,水料比对纤维白度的影响不显著。各因素对纤维白度的影响作用表现为:一次项 x_4 (漂白温度) $> x_5$ (漂白时间) $> x_1$ (碱用量) $> x_2$ (漂白剂用量) $> x_3$ (水料比);二次项 $x_4^2 > x_1^2 > x_5^2 > x_3^2 > x_2^2$ 。由此可见,漂白温度对纤维白度的影响最大,是漂白过程中的关键控制因素。

在方程(2)中,分别将其余 4 个变量固定在 0 水平上,依次可得到以下 5 个单因素与桑皮纤维白度的数学模型:

$$\hat{y}_{(x_1)} = 66.43 + 3.297x_1 - 2.7018x_1^2; \quad (3)$$

$$\hat{y}_{(x_2)} = 66.43 + 1.5304x_2 - 0.7296x_2^2; \quad (4)$$

$$\hat{y}_{(x_3)} = 66.43 - 1.8604x_3^2; \quad (5)$$

$$\hat{y}_{(x_4)} = 66.43 + 5.8324x_4 - 3.2533x_4^2; \quad (6)$$

$$\hat{y}_{(x_5)} = 66.43 + 3.9924x_5 - 2.6634x_5^2. \quad (7)$$

由方程(3)~(7)可得图 1。由图 1 可见,碱用量、漂白剂用量、水料比、漂白温度、漂白时间与纤维白度均呈二次函数关系,表明对各试验因子而言,随着试验水平的提高,纤维白度也随之增加;但当各试

验因子的水平达到一定值时,纤维白度达到最大值;之后随着试验水平的进一步提高,纤维白度会有一定程度的降低。表明选择适宜的漂白工艺参数非常

重要,过度漂白会影响桑皮纤维的白度,并对纤维的天然色泽造成一定影响。

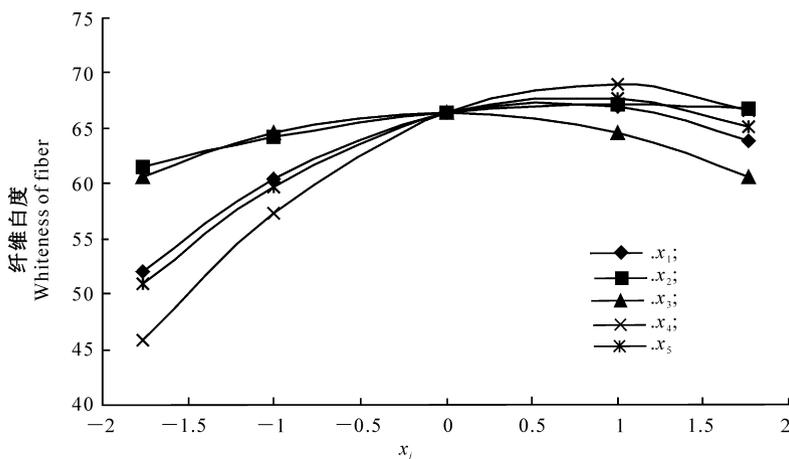


图 1 各单因素对桑皮纤维漂白白度的影响

Fig. 1 Whiteness of fiber at different levels of experiment factors

图 1 的 5 条曲线中, x_1 (碱用量) 与 x_5 (漂白时间) 非常接近, 从曲线的变化可以看出, 随着碱用量的增加及漂白时间的延长, 纤维白度逐渐增加, 在高水平的碱用量条件下, 才能取得理想的漂白效果; 同时生物法提取桑皮纤维的漂白, 是一个比较缓慢的过程, 短时间内不能获得理想的漂白效果。当 $x_1 = 0.61$ 、 $x_5 = 0.75$ 时, 纤维白度达到最大值; 超过该水平后, 反而会使纤维的白度有所下降。从 x_4 的变化趋势看, 漂白温度对纤维漂白效果的影响最为明显, 低温条件下, 不利于纤维漂白, 高温是纤维漂白的必备条件。 x_2 的曲线形态接近于直线, 而且比较平缓, 反映出在桑皮纤维的漂白过程中, 仅靠增加漂白剂的用量并不能达到理想的漂白效果。从 x_3 的曲线变化来看, 适宜的水料比对纤维的漂白效果也会产生一定的影响, 是一个不可忽视的因素。

若令 $\frac{\partial y_i}{\partial x_i} = 0 (i=1, 2, \dots, 5)$, 则可得出 y_i 为最大

值时, 对应的 x_i 值。将 x_i 代入编码公式, 即可得到桑皮纤维漂白效果最好时各单因素的最佳值为: 碱用量 2.18 g/L, 漂白剂用量 5.40%, 水料比 15 : 1, 漂白温度 110 °C, 漂白时间 136 min。

2.3 各影响因素交互作用对桑皮纤维白度的影响

由表 3 可知, 碱用量与漂白温度的交互作用对纤维白度的影响达到 0.01 的极显著水平, 漂白剂用量与漂白温度、漂白剂用量与漂白时间、水料比与漂白时间的交互作用对纤维白度的影响达到 0.05 的显著水平; 漂白剂用量与水料比、漂白温度与漂白时

间的交互作用对纤维白度的影响达到 0.1 的显著水平; 碱用量与漂白剂用量、碱用量与漂白时间、碱用量与水料比的交互作用, 对纤维白度的影响达到 0.25 的显著水平; 水料比与漂白温度的交互作用很小, 可以忽略不计。

选择对桑皮纤维白度影响显著的交互项 x_1 与 x_4 、 x_2 与 x_5 、 x_3 与 x_5 进行分析, 固定其他 3 个因子为 0 水平, 可从模型 (2) 中导出另外两个因子的解析模型。

2.3.1 $x_1 x_4$ 对纤维白度的影响 $x_1 x_4$ 与纤维白度的交互作用关系式为:

$$y_{(x_1 x_4)} = 66.43 - 1.8188 x_1 x_4 + 3.297 x_1 + 5.8324 x_4 - 2.7018 x_1^2 - 3.2533 x_4^2. \quad (8)$$

由方程 (8) 可得图 2。由图 2 可见, 当 $x_1 = 0$ 及 $x_1 = 1$ 时, x_4 不论取何值, 纤维白度都比较大; 当 $x_1 = -1.7709$ 及 $x_1 = -1$ 时, 随漂白温度的升高, 纤维白度逐渐增加, 但纤维白度都较低, 表明在漂白过程中碱用量非常重要, 较低浓度的碱液不利于漂白; 当 $x_1 = 1.7709$ 时, 不论温度怎样变化, 漂白效果都较好, 表明适当提高碱用量, 有利于桑皮纤维的漂白, 而且也能缩短漂白时间。但在高浓度碱液中漂白时, 漂白温度不能太高, 较高的温度会使纤维白度迅速降低, 即在高碱用量及较高温度下, 漂白质量反而降低。从图 2 曲线的位置与形态不难看出: $x_1 \in [0, 1]$, $x_4 \in [0, 1]$ 时, $x_1 x_4$ 的交互作用较为明显。经计算, $x_1 = 0.345$, $x_4 = 0.7308$ 时, $y_{(x_1 x_4)}$ 有极大值, 即二者的交互作用最强。

2.3.2 x_2x_5 对纤维白度的影响 x_2x_5 与纤维白度的交互作用关系式为:

$$y_{(x_2x_5)} = 66.43 + 1.5304x_2 + 3.9924x_5 - 1.4438x_2x_5 - 0.7296x_2^2 - 2.6634x_5^2 \quad (9)$$

由方程(9)可得图 3。由图 3 可见,在漂白时间较短时,不同漂白剂用量对纤维的漂白作用明显不同,漂白剂用量越高,漂白作用越强。在相同漂白剂用量下,随着漂白时间的延长,纤维的漂白作用逐渐增强,达到适宜的反应时间时纤维的白度达到最大值,而过长增加漂白时间会使纤维白度降低,破坏桑皮纤维的天然色泽。

从图 3 曲线的变化趋势来看,随着漂白时间的延长,漂白剂用量越高,曲线拐点出现得越早,即高用量的漂白剂不但能缩短漂白时间,而且能提高漂白效果,但较高用量的漂白剂长时间漂白会降低纤维白度。因此,在确定漂白剂用量及漂白时间时,应根据漂白反应的规律、漂白剂的价格、漂白过程的能耗及对纤维白度的具体要求综合考虑。从图 3 还可以看出,在 $x_2 \in [0, 1.7709]$, $x_5 \in [-1, 1]$ 时, x_2x_5 的交互作用较强,在 $x_2 = 1.7709$ 、 $x_5 = 0.2695$ 时,二者的交互作用达到最强,即纤维白度最大。

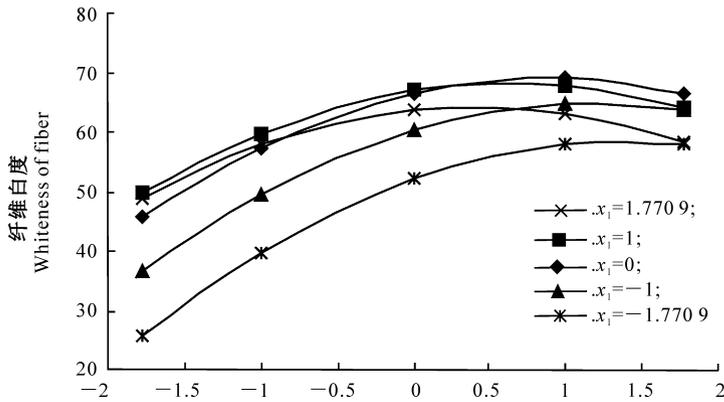


图 2 碱用量(x_1)和漂白温度(x_4)对纤维白度的影响

Fig. 2 Effects of NaOH(x_1) and bleaching temperature(x_4) on the whiteness of fiber

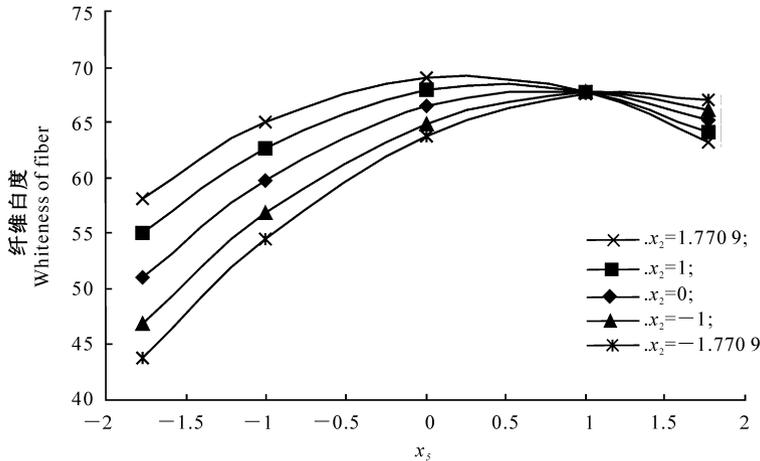


图 3 漂白剂用量(x_2)和漂白时间(x_5)对纤维白度的影响

Fig. 3 Effects of H_2O_2 (x_2) and bleaching time (x_5) on the whiteness of fiber

2.3.3 x_3x_5 对纤维白度的影响 x_3x_5 对纤维白度的交互作用关系式为:

$$y_{(x_3x_5)} = 66.43 + 1.1188x_3x_5 + 3.9924x_5 - 1.8604x_3^2 - 2.6634x_5^2 \quad (10)$$

由方程(10)可得图 4。由图 4 可见, x_3 (水料比)取不同值时,5 条曲线差异明显,表明不同水料比对纤维白度有明显影响。因为水料比直接影响着漂白体

系中的漂白剂浓度、碱浓度、纤维分散性、漂白体系升温时间等,从而影响漂白过程中的化学反应速度和反应时间等。因此,在桑皮纤维漂白过程中,水料比是一个非常重要的因素。

图 4 表明,不论漂白时间的长短,不同水料比对纤维白度都有较大的影响,水料比较高或较低时,均达不到理想的漂白效果;在 $x_3 = 0$ 时,漂白效果最

好。另外,从曲线的拐点看,水料比的试验水平由小到大变化时,5 条曲线的拐点分别为(0.38,60.98), (0.54,65.26), (0.75,67.93), (0.96,66.93)及 (1.12,63.95)。表明要达到理想的漂白效果,必须根

据水料比的不同,选用不同的漂白时间。此外,由图 4 还可以看出, x_3 及 x_5 的适宜取值范围分别为 $x_3 \in [0,1], x_5 \in [0,2]$ 。经计算, $x_3=0, x_5=0.75$ 时, 桑皮纤维的漂白效果最好。

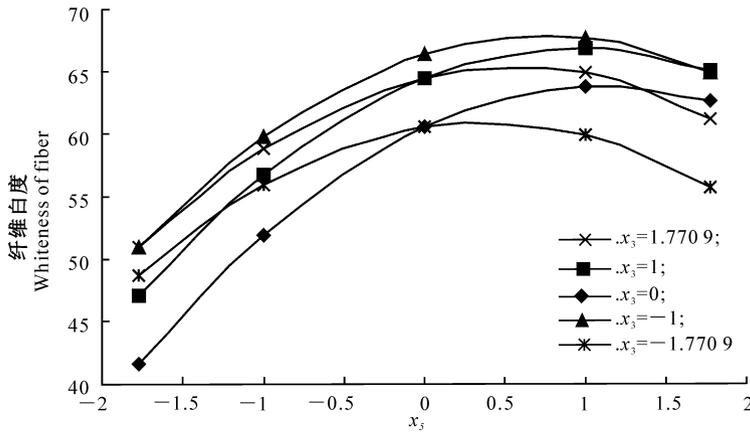


图 4 水料比(x_3)和漂白时间(x_5)对纤维白度的影响

Fig. 4 Effects of ratio of water/fiber (x_3) and bleaching time(x_5) on the whiteness of fiber

2.4 桑皮纤维白度模型的优化

根据以上分析结果对模型进行优化,采用薛尔维斯德(Sylvester)不等式分析判别方程(1)的极值,计算 y 对 $x_j (j=1,2,\dots,5)$ 的各阶偏导数,并定义行列式 D_j 为:

$$D_j = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_j} \\ \frac{\partial^2 y}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} & \dots & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2 \partial x_j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial^2 y}{\partial x_j \partial x_1} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_j \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 y}{\partial x_j^2} \end{vmatrix},$$

$$(j=1,2,\dots,5).$$

计算得: $D_1 = -5.036 < 0, D_2 = 7.0528 > 0, D_3 = -22.37 < 0, D_4 = 156.31 > 0, D_5 = -929.27 < 0$ 。

由以上计算结果可知,方程(1)具有极小值,可采用求驻点的方法计算其极小值,对方程(1)中各变量求一阶偏导数并令其为 0,则有:

$$\begin{cases} 3.297 - 5.4036x_1 + 0.5438x_2 + 0.4563x_3 - \\ 1.8188x_4 - 0.5113x_5 = 0, \\ 1.5304 + 0.5438x_1 - 1.459x_2 + 0.7938x_3 + \\ x_4 - 1.4438x_5 = 0, \\ -0.2834 + 0.4563x_1 + 0.7938x_2 - \\ 3.7208x_3 + 0.2563x_4 + 1.1188x_5 = 0, \\ 5.8324 - 1.8188x_1 + x_2 + 0.2563x_3 - \\ 6.5066x_4 + 0.6438x_5 = 0, \\ 3.9924 - 0.5113x_1 - 1.4438x_2 + 1.1188x_3 + \\ 0.6438x_4 - 5.3268x_5 = 0. \end{cases}$$

解此方程组得: $x_{1\max} = 0.42, x_{2\max} = 1.83, x_{3\max} = 0.59, x_{4\max} = 1.13, x_{5\max} = 0.47$ 。

从计算结果可以看出, x_2 的值大于试验的最高水平 1.7709,因此以 1.7709 进行计算。将编码公式代入上式得: $Z_{1\max} = 2.05 \text{ g/L}, Z_{2\max} = 6\%, Z_{3\max} = 16.7 : 1, Z_{4\max} = 112 \text{ }^\circ\text{C}, Z_{5\max} = 125 \text{ min}$ 。即碱(NaOH)用量为 2.05 g/L,漂白剂(H_2O_2)用量为 6%,水料比为 16.7 : 1,漂白温度为 112 $^\circ\text{C}$,漂白时间为 125 min,这即是桑皮纤维的最佳漂白条件。

3 结论与讨论

本研究通过对数学模型的优化,确定了生物法提取桑皮纤维的最佳漂白工艺条件,即碱(NaOH)用量为 2.05 g/L,漂白剂(H_2O_2)用量为 6%,水料比为 16.7 : 1,漂白温度为 112 $^\circ\text{C}$,漂白时间为 125 min。在该最佳漂白条件下,纤维白度可达 75.0 以上,经过反复漂白试验验证,该工艺参数正确可行。

与传统化学法提取桑皮纤维的漂白工艺^[15]相比,本研所得生物法提取桑皮纤维的最佳漂白工艺参数中,碱及漂白剂用量较大,漂白温度高,漂白时间长,因为生物法提取的桑皮纤维脱胶不彻底,在纤维的表面吸附有大量的微生物酶、半纤维素、有机酸等大分子物质,粘性很高,不易漂洗干净,若加碱漂白之后则很容易漂洗,而且能节约用水。可见,生物法提取桑皮纤维的漂白过程,是一系列复杂的化学变化过程,具有脱胶与漂白的双重作用。

[参考文献]

- [1] 华 坚,彭旭东,郑庆康,等. 桑皮纤维的结构和性能研究 [J]. 丝绸,2003(10):21-23.
Hua J, Peng X D, Zheng Q K, et al. Structure and property of mulberry fiber [J]. Silk Monthly, 2003(10): 21-23. (in Chinese)
- [2] 杨佩鹏,武海良,吴长春. 桑皮纤维生物脱胶工艺研究 [J]. 丝绸,2006(11):56-57.
Yang P P, Wu H L, Wu C C. Research on the biodegumming procedure of mulberry fiber [J]. Silk Monthly, 2006(11): 56-57. (in Chinese)
- [3] 张之亮,张元明,章悦庭,等. 几种新型植物纤维的开发利用现状 [J]. 中国麻业,2004,26(2):91-94.
Zhang Z L, Zhang Y M, Zhang Y T, et al. Development and utilization of kinds of new plant fibers [J]. Plant Fibers and Products, 2004, 26(2): 91-94. (in Chinese)
- [4] 马君志,杜丽霞. 桑皮纤维的制备及其产品开发 [J]. 纺织导报,2007(5):67-69.
Ma J Z, Du L X. Manufacturing of mulberry fiber and related product development [J]. China Textile Leader, 2007(5): 67-69. (in Chinese)
- [5] 王 键. 桑枝制浆造纸性能的研究 [J]. 中国造纸,2003,22(12):9-11.
Wang J. Pulping and papermaking of mulberry stalk [J]. China Pulp & Paper, 2003, 22(12): 9-11. (in Chinese)
- [6] 邱训国,严松俊. 桑皮纤维开发及其综合利用 [J]. 辽宁丝绸,2002(4):10-13.
Qiu X G, Yan S J. The development and comprehensive utilization of mulberry fiber [J]. Liaoning Tussah Silk, 2002(4): 10-13. (in Chinese)
- [7] 白延坤,刘秉钺,何连芳. 韧皮纤维生物脱胶制浆的研究及发展 [J]. 中国造纸学报,2006,21(3):88-92.
Bai Y K, Liu B Y, He L F. Research progress of biodegumming for bast fiber pulping [J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2006, 21(3): 88-92. (in Chinese)
- [8] 庞宗文,卢珍兰,张 琳,等. 桑皮微生物脱胶机理的初步研究 [J]. 丝绸,2008(8):34-36.
Pang Z W, Lu Z L, Zhang L, et al. Preliminary study on the mechanism in microbial retting process of mulberry bark [J]. Silk Monthly, 2008(8): 34-36. (in Chinese)
- [9] 李树明,华 坚. 桑皮胶质绿色降解方法 [J]. 纺织科技进展,2007(6):76-78.
Li S M, Hua J. Green decomposing of mulberry pectin [J]. Progress in Textile Science & Technology, 2007(6): 76-78. (in Chinese)
- [10] 荆学谦,杨佩鹏,武海良. 桑皮纤维脱胶工艺初探 [J]. 中国麻业,2006,28(4):182-185.
Jing X Q, Yang P P, Wu H L. Preliminary study on degumming procedure of mulberry fiber [J]. Plant Fibers and Products, 2006, 28(4): 182-185. (in Chinese)
- [11] Qu L J, Zhu Sh F, Liu M J, et al. The mechanism and technology parameters optimization of alkali-H₂O₂ one-bath cooking and bleaching of hemp [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2005, 97(6): 2279-2285.
- [12] Mohta D C, Roy D N, Whiting P. Bleaching study of kenaf mechanical pulps [J]. Tappi Journal, 2003, 2(8): 29-32.
- [13] 任露泉. 试验优化技术 [M]. 北京:机械工业出版社,1986:173-175.
Ren L Q. Techniques of optimization that direct experimentation [M]. Beijing: China Machine Press, 1986: 173-175. (in Chinese)
- [14] 北京林学院. 数理统计 [M]. 北京:中国林业出版社,1980:273-290.
Beijing Forestry University. Mathematic Statistis [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1980: 273-290. (in Chinese)
- [15] 李海明,杨立宏. 制浆和漂白技术的进展 [J]. 现代造纸技术,2004,23(6):22-24.
Li H M, Yang L H. Progress of pulping & bleaching technology [J]. Pulp and Paper Technology, 2004, 23(6): 22-24. (in Chinese)