

## 煮绵工艺的实验探究

赵树强<sup>1,2</sup>, 林海涛<sup>1,2</sup>, 宁晚娥<sup>1,2</sup>, 覃朝熙<sup>3</sup>

(1. 广西科技大学 生物与化学工程学院, 广西 柳州 545006; 2. 广西糖资源绿色加工重点实验室, 广西 柳州 545006; 3. 鹿寨县贵盛茧丝工贸有限公司, 广西 鹿寨 545600)

**摘要:** 针对常规煮绵工艺效率低、能耗大、时间长、脱胶效果差等问题, 文章拟采用几种新型、环保、高效的煮绵助剂处理丝绵, 并采用扫描电镜、红外光谱仪、X射线衍射仪等对不同工艺处理后的丝绵表面处理效果, 丝绵二级结构的情况及其他性能指标进行测试。研究结果表明: 与常规工艺处理后的丝绵相比, 清丝宝处理后的丝绵手感蓬松、柔软、无异味、光泽较好, 其残油率、练减率、煮练温度、煮练时间及白度均有不同程度的改善。因此, 在现行的丝绵生产工艺中, 采用清丝宝处理丝绵, 其实验数据对完善已有成果的煮绵工艺及改善丝绵的内在质量具有一定的实际应用价值。

**关键词:** 丝绵; 残油率; 助剂; 丝绵生产工艺; 回潮率

中图分类号: TS142.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-7003(2018)03-0032-07

引用页码: 031106

### An experimental study on the silk floss cooking process

ZHAO Shuqiang<sup>1,2</sup>, LIN Haitao<sup>1,2</sup>, NING Wan'e<sup>1,2</sup>, QIN Chaoxi<sup>3</sup>

(1. College of Biological and Chemical Engineering, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545006, China; 2. Guangxi Sugar Resource Green Processing Key Laboratory, Liuzhou 545006, China; 3. Guangxi Luzhai County Guisheng Cocoon Silk Industry and Trade Co., Ltd., Luzhai 545600, China)

**Abstract:** Aiming at the problem of the conventional silk flossing process such as low efficiency, high energy consumption, long time and low degumming effect, this article intends to use several new, environmentally friendly and efficient silk floss cooking auxiliaries to treat silk floss. Besides, scanning electron microscopy, infrared spectroscopy and X-ray diffraction, etc. were used to test the surface treatment effect of the silk floss after treatment by the different process, the situation of the secondary structure of the silk floss and other performance indexes. The research results show that compared with the conventional process of silk floss, the silk floss treated by Qingsibao feels fluffy and soft, with no smell and good gloss. Meanwhile, its refining yield reduction rate, cooking temperature, cooking time, residual oil rate and whiteness are improved in different degrees. Therefore, in the current production processes of silk floss, Qingsibao has certain practical application value to improve the existing achievements and the intrinsic quality of silk floss.

**Key words:** silk floss; residual oil rate; auxiliaries; the production process of silk floss; moisture regain

丝绵是以各类原料茧及缫丝副产品等为原料制作而成的, 具有柔滑、透湿及手感蓬松等特点<sup>[1]</sup>。由

其制成的高档寝被用品不仅具有蓬松爽滑、保暖性强等特点, 还具有预防风湿症、关节炎及提高睡眠质量等优点, 然而使用一段时间后, 会出现丝绵颜色泛黄、异味、抗菌性能差等问题。此外现有煮绵工艺本身也存在较多问题: 一方面, 处理废水的污染问题, 如处理时间过长, 生产效率不高, 处理过程中易产生沉淀, 同时对丝绵的损伤也较大; 另一方面, 在常规煮绵的过程中残余丝胶及杂质的存在会出现丝绵缠

收稿日期: 2017-07-16; 修回日期: 2017-12-26

基金项目: 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科AA16380045)

作者简介: 赵树强(1987-), 男, 硕士研究生, 研究方向为茧丝绸新工艺与新产品的开发与研究。通信作者: 林海涛, 教授, lhthost@163.com。

连,严重影响丝绵的内在质量,进而影响其使用寿命。为了改变其现状,亟待开发一种新的煮绵工艺替换常规煮绵工艺,进而提高丝绵的内在质量。推动广西丝绵产业的良性循环,有利于形成自主品牌,实现丝绵生产的节能、低耗、绿色环保,为实现广西打造桑蚕茧丝产业基地服务<sup>[2-10]</sup>。

## 1 实验

### 1.1 材料

蛹衬丝绵片(广西融安县金鼎制丝有限责任公司)。

### 1.2 仪器

Y(B) 802N 八篮恒温烘箱、WSB-3A 白度计(温

州大荣纺织仪器有限公司), YB71 旦尼尔电子天平(常州市幸运电子设备有限公司), HH-6 数显恒温水浴锅(国华电器有限公司), S-570 型扫描电子显微镜(日本日立公司), 美国 Nicolet5700 型红外光谱仪(美国热电尼高力仪器公司), YG(B) 026E-500 型电子织物强力机(温州大荣纺织仪器有限公司), Quanta600F 场发射扫描电镜(美国 FEI 公司)。

### 1.3 试剂

石油醚(30~60℃)(天津市大茂化学试剂厂), 脱胶剂和皂剂(广东化学试剂工程技术研究中心), 双氧水(乔科化学(东莞)有限公司), 自制助剂(表1)及柔软剂 928(上海市纺织印染材料研发工程中心), 试剂均为分析纯。

表1 助剂种类及性能特点

Tab.1 Types and properties of auxiliaries

助剂	主要成分	性能特点
净丝素	脂肪醇聚氧乙烯醚羧酸钠	与脱胶剂混合煮练丝绵时,能加速丝胶的膨润和溶解,具有很好的渗透、润湿、乳化、分散、去污等性能;整理丝绵时,能显著改善丝绵的手感,增加光泽,避免手感粗糙,提高丝绵的服用性能,而且生物降解性良好,以及低毒和低刺激性,然而其润湿速度不如清丝宝,除油除杂能力也不高
清丝宝	蓖麻油酸咪唑啉	与脱胶剂混合煮练丝绵时,其良好的渗透、润湿、乳化、分散、去污等性能减小了溶液中介质间界面张力,渗透到丝绵纤维里的脱胶剂的量增加,一定程度上加速了丝胶的膨化和水解,刺激性小,毒性低,纯度高,具有良好的生物降解性;处理后的丝绵手感柔软、干爽,富有弹性,可防止丝绵褶皱和擦伤,蛹油及杂质清除彻底,不易产生沉淀,而且其润湿速度比传统表面活性剂快一倍
练丝灵	椰油酰胺烷醇硫酸钠	椰油酰胺烷醇硫酸钠作为一类性能优异的非离子型表面活性剂,具有良好的钙皂分散力、乳化力、润湿、渗透、增溶等性能;然而与脱胶剂混合煮练丝绵时,随着煮练时间的延长,椰油酰胺烷醇硫酸钠吸附在了丝绵纤维的表面,降低了脱胶剂与丝胶作用的效果,从而影响其煮练效果,而且处理后的丝绵手感较差,油脂及杂质清除不彻底,易产生沉淀

## 2 方法

### 2.1 常规工艺

取一定量的丝绵,分别置于温度 100℃, 10 g/L 的双氧水,浴比 1:100 如表 2 所示(试样编号 1#~4#)的各种试剂溶液中连续煮练 120 min,然后用 40℃ 左右去离子水反复洗涤后,最后用质量浓度为 10 g/L 的柔软剂 928 溶液浸泡试样 1 h,再用 40℃ 左右去离子水洗涤 3 次后脱水、烘干,每个试样重复实验 3 次,求平均值。

### 2.2 工艺改良

选取如表 2 所示(试样编号 5#~16#)的试剂溶液(温度 75℃、10 g/L 的双氧水、浴比 1:100)对丝绵进行煮练,即煮练 30 min 后取出,换液后保持同样条

件煮练 20 min,共煮练 50 min,然后用 40℃ 左右去离子水洗涤 3 次,最后用质量浓度为 10 g/L 的柔软剂 928 溶液浸泡试样 1 h,再用 40℃ 左右去离子水洗涤 3 次后脱水、烘干,并对其实验重复 3 次,以确定其实验数据的可靠性和真实性。

### 2.3 测试项目及方法

#### 2.3.1 残油率的测定

按照 GB/T 24252—2009《蚕丝被》中的测试方法对丝绵残油率进行测定。

#### 2.3.2 白度的测定

将实验后检测白度的丝绵片做一些前处理,然后将其均匀放入实验盒,用标准白度板来校准过的 WSB-3A 白度计对其进行测试<sup>[11]</sup>,测试 3 次,然后求平均值。

表 2 组分及用量  
Tab. 2 Composition and dosage

试样编号	组分	质量浓度 / (g · L <sup>-1</sup> )	试样编号	组分	质量浓度 / (g · L <sup>-1</sup> )
1 <sup>#</sup>	脱胶剂	1.00	9 <sup>#</sup>	脱胶剂	0.05
	皂剂	0.05		练丝灵	0.10
2 <sup>#</sup>	脱胶剂	1.50	10 <sup>#</sup>	脱胶剂	0.05
	皂剂	0.05		练丝灵	0.15
3 <sup>#</sup>	脱胶剂	2.00	11 <sup>#</sup>	脱胶剂	0.05
	皂剂	0.05		练丝灵	0.20
4 <sup>#</sup>	脱胶剂	2.50	12 <sup>#</sup>	脱胶剂	0.05
	皂剂	0.05		练丝灵	0.25
5 <sup>#</sup>	脱胶剂	0.05	13 <sup>#</sup>	脱胶剂	0.05
	净丝素	0.50		清丝宝	1.00
6 <sup>#</sup>	脱胶剂	0.05	14 <sup>#</sup>	脱胶剂	0.05
	净丝素	1.00		清丝宝	2.00
7 <sup>#</sup>	脱胶剂	0.05	15 <sup>#</sup>	脱胶剂	0.05
	净丝素	1.50		清丝宝	3.00
8 <sup>#</sup>	脱胶剂	0.05	16 <sup>#</sup>	脱胶剂	0.05
	净丝素	2.00		清丝宝	4.00

### 2.3.3 练减率的测定

将煮绵前后的丝绵分别在恒温烘箱中烘干,然后用电子天平分别称其质量,其练减率公式<sup>[12]</sup>如下:

$$\text{练减率}/\% = \frac{\text{煮绵前试样干质量} - \text{煮绵后试样干质量}}{\text{煮绵前试样干质量}} \times 100 \quad (1)$$

### 2.3.4 手感

采用手触摸法进行评定<sup>[13]</sup>,用★表示:★表示手感较差,★★表示手感一般,★★★表示手感好,★★★★表示手感较好。

### 2.3.5 回潮率的测定

按照 GB/T 9995—1997《纺织材料含水率和回潮率的测定 烘箱干燥法》中的测定方法对丝绵回潮率进行测定。

### 2.3.6 丝绵 pH 值的测定

按照 GB/T 7573—2009《纺织品水萃取液 pH 值的测定》中的测定方法对丝绵 pH 值进行测定。

### 2.3.7 结构表征

将煮练处理前后丝绵纤维的粉末与 KBr 均匀混合,并对其进行压片处理,取其波长 500 ~ 4 000 cm<sup>-1</sup>,对丝绵进行测试。

采用 Quanta600F 场发射扫描电镜观察其微观表面形态。

### 2.3.8 力学性能的测试

丝绵的断裂强力及其断裂伸长率在 YG(B) 026E-500 型电子织物强力机上进行测试,具体方法如下:将丝绵片纵向剪取 25 cm,横向剪取 5 cm,以此作为丝绵试样,其中丝绵片夹持长度为 100 mm,拉伸速度为 250 mm/min,预张力 10 cN,温度为 (20 ± 2) °C,相对湿度为 65% ± 5%。每个试样重复 3 次,取其平均值作为测试值。

## 3 结果与分析

### 3.1 丝绵练减率的测定

表 3 为不同工艺下的练减率,表 4 为采用单因素分析得到不同工艺下练减率的显著性。

从表 3 的数据可知,其练减率随着脱胶剂质量浓度的增加而增加,当脱胶剂质量浓度为 2.5 g/L 时,练减率最大,为 20.31%。此外,由表 4 可以看出,各因素的  $F$  值  $> F_{\text{crit}} = 4.07$ ,  $P\text{-value} < 0.01$ ,在显著性水平  $\alpha = 0.05$  下,可以认为各因素对丝绵练减率的影响非常显著。在实验的质量浓度范围之内,练减率随着煮绵助剂用量的增加而增加,当清丝宝、净丝素、练丝灵的质量浓度分别为 4、2、0.25 g/L 时,丝绵练减率分别为 16.85%、16.22%、13.52%。由此可以看出,在加入等量脱胶剂的同时,脱胶剂与清丝

表 3 不同工艺下的练减率

Tab. 3 The silk degumming loss rate in different processes

编号	1	2	3	$\bar{X}$	编号	1	2	3	$\bar{X}$
1 <sup>#</sup>	12.49	12.71	12.93	12.71	9 <sup>#</sup>	10.66	10.35	10.24	10.42
2 <sup>#</sup>	13.61	13.78	13.95	13.78	10 <sup>#</sup>	11.93	11.34	11.78	11.68
3 <sup>#</sup>	16.50	16.98	16.21	16.56	11 <sup>#</sup>	12.31	12.03	12.56	12.30
4 <sup>#</sup>	20.83	19.87	20.23	20.31	12 <sup>#</sup>	13.47	13.86	13.23	13.52
5 <sup>#</sup>	11.56	12.04	12.77	12.12	13 <sup>#</sup>	12.78	12.23	12.95	12.65
6 <sup>#</sup>	14.89	15.20	15.45	15.18	14 <sup>#</sup>	14.40	14.23	14.16	14.26
7 <sup>#</sup>	15.34	15.79	15.86	15.66	15 <sup>#</sup>	15.56	15.23	15.09	15.29
8 <sup>#</sup>	16.04	16.18	16.43	16.22	16 <sup>#</sup>	16.75	16.86	16.93	16.85

表 4 不同工艺下练减率的显著性

Tab. 4 Significance of the silk degumming loss rate under different processes

编号	差异源	SS	df	MS	F	P-value	F-crit
1# ~ 4#	组间	103.633 800	3	34.544 610	297.969 600	1.52E-08	4.066 181
	组内	0.927 467	8	0.115 933	—	—	—
	总计	104.561 300	11	—	—	—	—
5# ~ 8#	组间	30.183 490	3	10.061 160	70.778 500	4.21E-06	4.066 181
	组内	1.137 200	8	0.142 150	—	—	—
	总计	31.320 690	11	—	—	—	—
9# ~ 12#	组间	15.018 070	3	5.006 022	64.001 990	6.2E-06	4.066 181
	组内	0.625 733	8	0.078 217	—	—	—
	总计	15.643 800	11	—	—	—	—
13# ~ 16#	组间	17.724 830	3	5.908 275	105.819 900	8.9E-07	4.066 181
	组内	0.446 667	8	0.055 833	—	—	—
	总计	18.171 490	11	—	—	—	—

宝的混合煮练对丝绵的练减效果非常明显。而练丝灵加入,使得丝绵练减率略有下降,可能是因为练丝灵中的椰油酰胺烷醇硫酸钠表面活性剂吸附在丝绵纤维表面,降低了脱胶剂与丝胶作用的效果,因此练丝灵与脱胶剂的混合煮练对丝绵的练减效果并不是十分明显。

### 3.2 丝绵力学性能的测试

从表 5 的数据分析可知,煮练处理后的丝绵与未处理的丝绵相比,其断裂强力及断裂伸长率均有不同程度地降低,可能是煮绵助剂的表面活性作用

加速了丝绵中丝胶的膨润,进而均匀地溶解在溶液中,这对丝绵里的丝素或多或少会造成不同程度的破坏。脱胶剂与皂剂混合煮练丝绵,其断裂强力及断裂伸长率均有大幅度的降低,说明脱胶剂与皂剂的混合煮练促进了丝胶的膨化,进而水解到溶液中,但是也会在一定程度上破坏丝素,进而影响丝绵的内在质量。脱胶剂与练丝灵的混合煮练虽然其断裂强力及断裂伸长率较常规工艺有较大提高,但是其煮练效果很差,而脱胶剂与清丝宝混合煮练处理丝绵后,其断裂强力及断裂伸长率较理想,而且手感蓬松、柔滑。

表 5 不同工艺条件下的丝绵的断裂强力和断裂伸长率

Tab. 5 The breaking strength and the breaking elongation of the silk floss under different processes

编号	断裂强力/N				断裂伸长率%			
	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$
1#	205.5	201.1	205.4	204	12.0	11.3	13.9	12.4
2#	203.7	193.7	188.8	195.4	13.9	11.1	10.4	11.8
3#	176.3	170.4	184.3	177.0	10.9	9.9	10.6	10.5
4#	165.0	143.9	150.6	153.2	11.2	10.4	8.1	9.9
5#	205.8	203.2	202.3	203.7	12.8	12.9	12.8	12.8
6#	196.0	195.7	199.9	197.2	12.5	13.0	11.4	12.2
7#	189.4	187.1	192.4	189.6	12.2	12.3	11.6	12.0
8#	183.7	193.9	185.2	187.6	12.8	13.9	12.2	12.97
9#	204.2	207.1	205.8	205.7	13.7	12.5	11.5	12.6
10#	213.1	201.7	199.9	204.9	12.3	12.1	12.6	12.3
11#	211.9	198.5	197.3	202.6	13.4	12.0	11.9	12.4
12#	198.5	200.3	201.8	200.2	13.7	12.5	11.1	12.4
13#	201.0	198.6	199.5	199.7	13.5	12.6	13.7	13.3
14#	188.9	189.5	192.2	190.2	12.4	11.4	11.7	11.8
15#	193.1	187.9	188.1	189.7	13.0	12.5	12.0	12.5
16#	183.2	187.6	185.6	185.5	12.1	12.6	11.6	12.1

### 3.3 残油率、白度和手感的测定

与常规工艺相比,工艺改良后丝绵的白度和残油率均得到不同程度地改善。由表 6 可知,随着清丝宝质量浓度的增加,丝绵白度大体呈上升趋势,当清丝宝的质量浓度为 4 g/L 时,白度达到了 81.45%,大于常规工艺处理的丝绵的白度,而且手感蓬松、柔滑,其残油率为 0.64%,达到了特级品填充物含油率的要求,有利于丝绵质量的提升。净丝

素与脱胶剂混合煮练时,白度也有较大提高,净丝素质量浓度为 2 g/L 时,白度也达到了 80.73%,而手感蓬松略差,其残油率为 0.75%,同样符合国家标准。然而练丝灵与脱胶剂混合煮练时,其残油率均小于 1.5%,白度也比常规工艺煮练的好,但是手感蓬松很差且有异味,可能是丝绵里的蛹油或者杂质没有清除彻底,因此脱胶剂-练丝灵混用煮练时,效果不佳。

表 6 不同工艺条件下的残油率、白度和手感  
Tab.6 Residual oil rate, whiteness and hand feeling in different processes

工艺条件	编号	残油率/%				白度/%				手感
		1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	
常规工艺	1 <sup>#</sup>	1.28	1.34	1.17	1.26	65.82	64.78	66.48	65.69	★
	2 <sup>#</sup>	1.08	0.98	1.14	1.07	68.22	66.74	69.14	68.03	★
	3 <sup>#</sup>	0.97	0.83	0.79	0.86	72.60	73.49	71.83	72.64	★★
	4 <sup>#</sup>	0.88	0.79	0.81	0.83	77.17	76.79	75.33	76.43	★★
不同工艺条件	5 <sup>#</sup>	1.09	1.03	1.12	1.08	76.51	74.45	75.67	75.54	★
	6 <sup>#</sup>	0.98	1.14	1.21	1.11	76.70	74.56	77.52	76.26	★
	7 <sup>#</sup>	0.83	0.87	0.74	0.81	78.99	77.84	76.54	78.12	★★★
	8 <sup>#</sup>	0.78	0.72	0.76	0.75	80.01	82.34	79.85	80.73	★★★
	9 <sup>#</sup>	1.23	1.16	1.32	1.24	72.70	73.26	74.32	73.43	★★
	10 <sup>#</sup>	1.41	1.14	1.25	1.27	74.77	75.25	76.51	75.51	★
	11 <sup>#</sup>	1.20	1.16	1.38	1.25	76.51	81.34	73.75	77.20	★
	12 <sup>#</sup>	0.93	0.79	0.86	0.86	78.99	76.54	74.94	76.82	★
	13 <sup>#</sup>	1.25	1.36	1.32	1.31	63.29	61.78	60.21	61.76	★
	14 <sup>#</sup>	0.78	0.87	0.72	0.79	72.42	74.56	79.90	75.63	★★★
	15 <sup>#</sup>	0.73	0.75	0.79	0.76	77.50	74.23	72.73	74.82	★★★
	16 <sup>#</sup>	0.71	0.69	0.64	0.68	82.35	80.34	81.65	81.45	★★★★

### 3.4 回潮率和 pH 值的测定

从表 7 可以看出,与常规工艺处理的丝绵相比,新工艺处理后丝绵的回潮率均有下降,尤其是 8<sup>#</sup> 的回潮率达到了 9.28%,符合 GB/T 24252—2009《蚕丝被》中回潮率小于 12% 的要求。蚕丝被质量的好

坏一定程度上与 pH 值的大小有关,而从表 7 中发现,常规工艺处理丝绵时的 pH 值均高于国家标准值,而新型工艺的 pH 值有所降低,尤其是 5<sup>#</sup> ~ 16<sup>#</sup> 的 pH 值均小于 8.0,因此选择其作为煮绵工艺的测试指标是合理可行的。

表 7 不同工艺条件下的回潮率和 pH 值  
Tab.7 Moisture regain and pH value in different technological conditions

编号	温度/℃	回潮率/%	pH 值	编号	温度/℃	回潮率/%	pH 值
1 <sup>#</sup>	100	12.61	9.53	9 <sup>#</sup>	75	10.25	7.34
2 <sup>#</sup>	100	12.35	8.43	10 <sup>#</sup>	75	10.64	7.74
3 <sup>#</sup>	100	12.68	9.67	11 <sup>#</sup>	75	10.03	6.98
4 <sup>#</sup>	100	12.47	8.76	12 <sup>#</sup>	75	10.46	7.96
5 <sup>#</sup>	75	11.34	6.97	13 <sup>#</sup>	75	11.23	6.93
6 <sup>#</sup>	75	10.23	6.57	14 <sup>#</sup>	75	10.43	7.13
7 <sup>#</sup>	75	10.92	7.05	15 <sup>#</sup>	75	10.63	6.84
8 <sup>#</sup>	75	9.28	6.83	16 <sup>#</sup>	75	10.66	7.01

### 3.5 丝绵表面的形貌变化

为了研究不同工艺条件下丝绵表面的处理效果,对所观测的样品做一些喷涂处理后,对其进行观测(图 1)。从图 1 的扫描电镜图可以看出,图 1(a)中的丝绵表面不光滑,存在大量的丝胶及孔洞,而且丝胶易团聚,出现了多条由丝胶斑形成的纵条纹;图 1(b)中的丝绵表面相对未处理之前,平整光滑了很多,但是发现多条细小的裂纹,丝素受到了不同程度地损伤,可能是在煮绵的过程中,其工艺条件(如煮绵温度过高、煮绵时间等)处理不当,造成其煮绵过度;而图 1(c)中的丝绵表面处理效果很好,与常规工艺相比,表面平整光滑,大体上没有损伤。

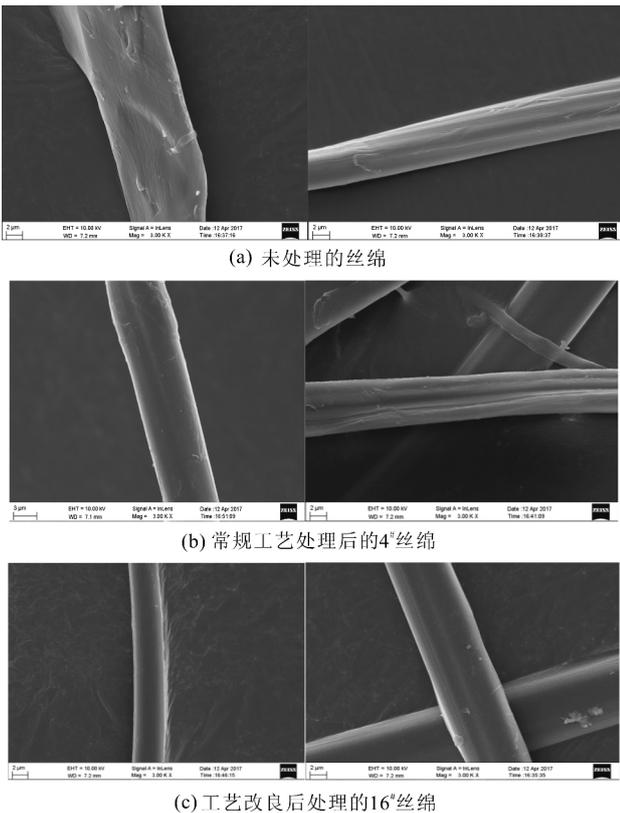


图 1 不同工艺处理后的丝绵的电镜照

Fig. 1 The SEM images of silk floss after different processing technology

### 3.6 丝绵 X 衍射曲线对比分析

由图 2 可知,不同工艺处理后的丝绵在 20.1° 的特征衍射峰较强,在 9.1°、24.3° 附近的特征衍射峰较微弱,而这两种丝绵在 19.7° 附近没有出现特征衍射峰,可能是丝素蛋白中的一些无规线团(Silk I 结构)结构受到温度、表面活性剂等因素的影响向 β-折叠结构转变(Silk II 结构),说明不同工艺处理后的丝绵的晶体结构都以 Silk II 型为主,几乎不含有 Silk I

和 α-螺旋特征衍射峰,而且它们在整体结构上无明显差异,图像很相似。

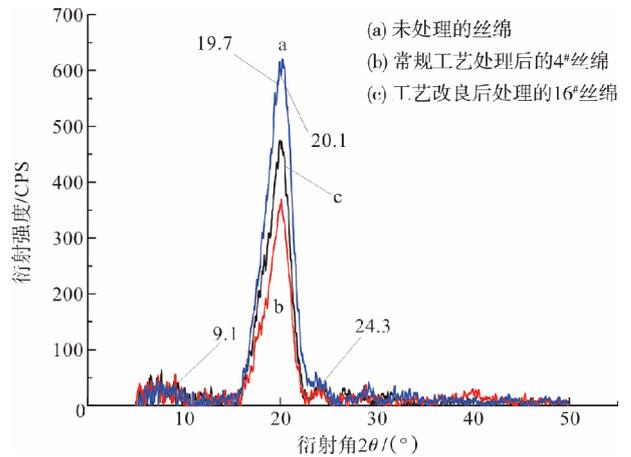


图 2 丝绵的 X 射线衍射曲线

Fig. 2 The X-ray diffraction curve of the silk floss

### 3.7 丝绵红外光谱对比分析

从图 3 的傅里叶红外光谱曲线中可以看出,未处理丝绵的红外光谱吸收峰(a 曲线)的大致情况是:1 655 cm<sup>-1</sup>(酰胺 I)为 α-螺旋结构,1 627 cm<sup>-1</sup>(酰胺 I)、1 519 cm<sup>-1</sup>(酰胺 II)、1 231 cm<sup>-1</sup>(酰胺 III)及 698 cm<sup>-1</sup>(酰胺 V)为 β-折叠结构。从图 3 的(b)和(c)曲线中发现,不同工艺处理后的吸收峰中的 1 627 cm<sup>-1</sup>(酰胺 I)消失,而峰值 1 655 cm<sup>-1</sup>(酰胺 I)小幅度偏向低位,可能是丝绵中所含有的蛋白质分子由于受到外部条件的影响,其构成 β-折叠结构的链间氢键发生改变所致,同时也说明了丝胶中含有 β-折叠结构的结论。总之,它们的变化说明了工艺改良后丝胶脱落的速度、脱胶的时间及丝绵表面的光滑程度优于常规工艺,达到了煮练的目的。另外,

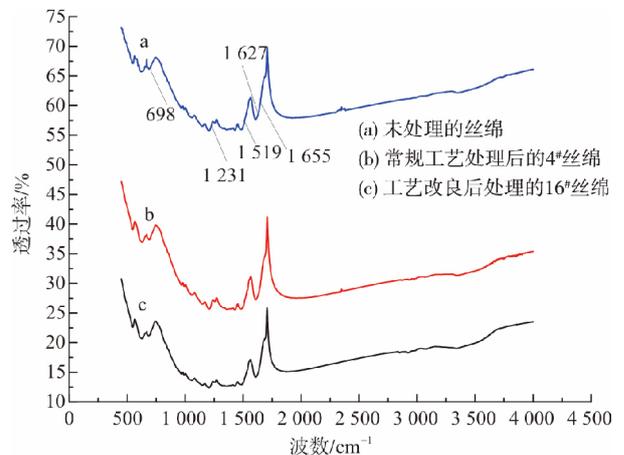


图 3 丝绵的红外光谱图

Fig. 3 The infrared spectrum of the silk floss

虽然峰值  $1655\text{ cm}^{-1}$  (酰胺 I) 小幅度向低位移动,但其仍属于  $\alpha$ -螺旋结构的范畴。其他三个峰值大体上没有什么变化,它们在整体结构上没有明显差异,与 X 射线衍射处理的结果大体上是一样的。

## 4 结 论

采用几种新型、环保、高效的煮绵助剂处理丝绵,通过单因素实验分析可以得出,本文采用清丝宝与脱胶剂组合的比例配比处理丝绵,与常规工艺处理后的丝绵相比,其效果显著。一是降低了处理丝绵的温度;二是有效减少了处理丝绵的时间,同时也减少了能源的消耗,具有较好的综合效益。其工艺优化条件为:清丝宝、脱胶剂及双氧水质量浓度分别为 4、0.05、10 g/L,温度  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,浴比 1:100,且其残油率小于 1.5%,回潮率小于 12%,符合国标优质要求。

### 参考文献:

- [1]董艳革,王立石,李学文,等. 蚕丝的理化性质及其利用途径[J]. 安徽农学通报,2007,13(4):88-89.  
DONG Yan'ge, WANG Lishi, LI Xuwen, et al. Physical and chemical characters and utilizing approach of silk [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin,2007,13(4):88-89.
- [2]封宝山,林海涛,蒋芳,等. 不同脱胶除油工艺对丝绵性能影响的研究[J]. 丝绸,2014,51(9):1-4.  
FENG Baoshan, LIN Haitao, JIANG Fang, et al. An analysis on influence of different degumming and oil removal processes on silk floss properties [J]. Journal of Silk,2014,51(9):1-4.
- [3]徐艳龙,李龙,林海涛,等. 丝绵除油工艺的探讨及其生产自动化[J]. 轻纺工业与技术,2013(6):39-40.  
XU Yanlong, LI Long, LIN Haitao, et al. Silk floss oil removal process and its production [J]. Light and Textile Industry and Technology,2013(6):39-40.
- [4]LIN H T, MA P B, Ning W E, et al. Structure and improvement of properties of floss silk via scouring and finishing treatment [J]. Fibres and Textiles in Eastern Europe,2013,3(99):18-21.
- [5]LIN H T, XU Y L, LI L, et al. The study on the degreasing technology of silk floss treated with leaching method [J]. Applied Mechanics and Materials,2014,496-500:114-117.
- [6]HUTCHINGS K, WEIR D. Introduction to the special issue—journeys along the silk road: intercultural approaches to comparative business systems and practices [J]. Thunderbird International Business Review,2006,48(1):1-7.
- [7]储呈平,盛家镛,林红,等. 新型多功能丝绵被的研制与开发[J]. 丝绸,2003(12):8-11.  
CHU Chengping, SHENG Jiayong, LIN Hong, et al. Research and development of new multifunction silk floss quilt [J]. Journal of Silk,2003(12):8-11.
- [8]LU Z, MAO C, MENG M, et al. Fabrication of  $\text{CeO}_2$  nanoparticle-modified silk for UV protection and antibacterial applications [J]. Journal of Colloid and Interface Science,2014,435(8):8-14.
- [9]GOGIO D, CHOUDHURA A J, CHUTIA J, et al. Enhancement of hydrophobicity and tensile strength of muga silk fiber by radiofrequency Ar plasma discharge [J]. Applied Surface Science,2011,258(1):126-135.
- [10]BOONCHO P, PIYARAT J, WORAWAN B, et al. Graft copolymerization coating of methacryloyloxyethyl diphenyl phosphate flame retardant onto silk surface [J]. Progress in Organic Coatings,2014,77(10):1585-1590.
- [11]张遥遥,周明惊. 丝绵白度试验方法研究[J]. 中国纤检,2016(4):86-88.  
ZHANG Yaoyao, ZHOU Mingliang. Study on the test method of silk wadding whiteness [J]. China Fiber Inspection,2016(4):86-88.
- [12]蒋新建. 机制丝绵相关技术的研究[D]. 苏州:苏州大学,2011.  
JIANG Xinjian. Mechanism of Silk Related Technology Research [D]. Suzhou: Soochow University,2011.
- [13]吴小海,李世琪,郭玉良,等. 多功能精练剂在棉机织布前处理工艺中的应用研究[J]. 染整技术,2016,38(5):37-41.  
WU Xiaohai, LI Shiqi, GUO Yuliang, et al. Application research of the pretreatment process for multifunctional scouring agent on cotton woven fabrics [J]. Textile Dyeing and Finishing Journal,2016,38(5):37-41.