doi:10.3969/j.issn.1002－7351.2009.04.016

竹原纤的性能及绿竹制备竹原纤的工艺研究

刘文福[1,3],张淑云[1],雒 军[2],唐孝明[1]
(1.三明职业技术学院,福建 三明 365000; 2.兰州理工大学,
甘肃 兰州 730050; 3.永安市华伟纺织有限公司,福建 永安 366000)

摘要:分析了竹原纤的形态结构及其性能特点,并对绿竹竹原纤化学法和生物酶法开纤工艺以及精练剂、漂白剂对绿竹竹原纤开纤效果的影响进行了研究,结果表明:生物酶开纤法较化学(烧碱)开纤法易于控制,且开出的竹原纤手感柔软;精练剂、氧化漂白剂对竹原纤的开纤影响较大。

关键词:绿竹;竹原纤;开纤工艺;精练剂;漂白剂
中图分类号:TS102.2 **文献标识码**:A **文章编号**:1002－7351(2009)04－0067－05

Bamboo Fiber Properties and the Technical Research on Making the Bamboo Fibers with Green Bamboo

LIU Wen-fu[1,3], ZHANG Shu-yun[1], LUO Jun[2], TANG Xiao-ming[1]
(1. *Sanming Vocational Technical College*, *Sanming* 365000, *Fujian*, *China*;
2. *Lanzhou University of Technology*, *Lanzhou* 730050, *Gansu*, *China*;
3. *Yong'an Huawei Textiles Limited Company*, *Yong'an* 366000, *Fujian*, *China*)

Abstract: This paper analysed the morphological structure and performance of the bamboo fiber; studied the effects of chmical splitting, ecological enzyme splitting and the scouring agent, bleaching agent on the splitting of the bamboo fiber; the results indicated that: 1) ecological enzyme splitting was more controllable than the chemical splitting, and the fiber had soft handle; 2) the scouring agent and bleaching agent had great influence on the splitting of the bamboo fiber.

Key words: green bamboo; bamboo fiber; splitting; scouring agent; bleaching agent

竹原纤是世界纺织史上继棉、麻之后出现的第3种天然纤维素纤维。竹原纤是从竹子中提取出来的一种绿色环保型纤维材料,具有独特的物理、化学性能和特质,主要组成成分是纤维素。与其它纤维相比,其具有很高的绿色环保性、良好的透气性、独特的回弹性、瞬间吸水性等优良特性。由于竹原纤具有诸多优势,因此笔者结合本地区"竹子之乡",盛产毛竹、绿竹的特点,通过竹原纤的性能分析,对绿竹制备竹原纤的工艺进行了初步的探讨。

1 竹原纤的性能

1.1 竹原纤的形态结构

单根竹纤维细长,呈纺锤状、两端尖。竹纤维纵向表面具有光滑、均一的特征,同时纵向表面有多条较浅的沟槽,横截面接近椭圆形,边沿不规则。这种表面结构使得竹纤维具有一定的抱合力,有利于纤维的成纱。全金英等对6种竹材的研究结果表明[1]:竹原纤长度约为1～2 mm,纤维宽度约为10～25 μm,长宽比在100～200之间,与其他天然纤维如棉、苎麻相比,纤维长度较短,与黄麻等纤维类似,可纺性较差。纺织工业使用的纤维原料一般为单纤维,少数为工艺纤维或束纤维。竹原纤的长宽比严重影响可纺性(纺织纤维有一些与纱线品质、纺纱难易有关的综合物理性能称为可纺性),为保持一定的可纺性,纤维原料应具备一定长宽比,此外纤维原料还必须具备一定的柔软性和强力。

收稿日期:2009－06－08; **修回日期**:2009－08－07
作者简介:刘文福(1963－),男,山东沾化人,三明职业技术学院印染工程师,从事染整生产及新产品、新工艺、新技术的开发与染整助剂的开发应用,染整技术职业教育工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.2 竹原纤的性能特点

1.2.1 竹原纤的特点

1)绿色、环保性。竹子自身具有抗菌性,且在生长期内不必使用任何农药,不产生任何污染,确保了竹纤维资源生态无毒性。同时竹纤维及其制品具有优良的生物可降解性,竹纤维能够 100%降解,对自然环境不会产生严重的破坏[2]。

2)透气、凉爽、保暖性。竹纤维是目前唯一的凉爽型天然纤维,此纤维的结构特殊,具有天然的高度“中空”,透气性极强,保暖性好,避免了传统纤维透气性差的弊端,填补了天然凉爽型纤维的空白。

3)保健、防紫外线性。中医认为竹叶、竹茹、竹簧、竹沥等具有清热化痰、除烦定惊、利尿止呕之功。日本白井松新药株式会社对竹沥作了大量试验研究,证实其有广泛的抗微生物功能。竹纤维天然含有竹蜜和果胶成分,该成分对皮肤健康是有益的。经中国科学院上海物理研究所检测证明,竹纤维对 0.02～0.40 μm 紫外线的穿透率为 0.06%,棉的紫外线穿透率为 25%,竹纤维的抗紫外线能力是棉的 417 倍。竹材中所含的叶绿素铜钠是安全、优良的紫外线吸收剂。因此竹纤维织物具有优良的抗紫外线性能[3]。

4)天然的抗菌、除臭性。竹原纤维具有天然抗菌性能,由竹纤维制成的纺织品 24 h 抗菌率可达到 71%,大大高于其他纤维。竹子中含有多种微量元素、天然抗菌的成分“竹醌”,使其自身具有抗菌性,在生长过程中无虫蛀、无腐烂。经多家权威机构检测表明:竹纤维对细菌、真菌癣菌均有良好的抑制作用,具有优良的广谱抗菌保健性能。与其它纤维相比,其杀菌效果较好[3-5]。竹原纤所含的叶绿素和叶绿素铜钠具有良好的除臭作用。实验表明竹原纤维织物对氨气的除臭率为 70%～72%,对酸臭的除臭率达到 93%～95%[6]。

5)恢复性、可机洗、免熨烫、纤维染色性。竹子具有天然的韧性,以竹纤维生产的织物有较强的稳定性和防皱性,具有可机洗和免熨烫的良好效果,极大地方便了消费者。竹纤维染色性能好,易着色。

1.2.2 竹原纤的物理机械性能 纤维的断裂强度、伸长率和初始模量是重要的物理性能指标,与纤维的可纺性和服用性能关系密切。与其它纤维相比,天然竹纤维的断裂强度与苎麻纤维相当,高于棉纤维,断裂强度方差略高于苎麻纤维,棉纤维最低;竹原纤维的断裂伸长率低于麻纤维和棉纤维,断裂伸长率方差与苎麻纤维相接近,而低于棉纤维。这些力学性能的差异,说明竹原纤维属高强低伸型纤维,刚度较大,但低于苎麻纤维。这种高强低伸的特点对服装加工是不利的[2]。

1.2.3 竹原纤的舒适性 从竹原纤、苎麻纤维、亚麻纤维和棉纤维的回潮率、保水性、扩散面积和透湿量的测试结果可以看出,在 4 种天然纤维素纤维中,竹原纤的回潮率、保水率较小,与苎麻纤维相接近,竹原纤的扩散面积、透湿性最好[2]。其原因是在竹原纤维的大分子上存在亲水基团,特别是竹原纤维大分子中腔有裂纹的形态结构。因此穿着由竹原纤维制作的服装具有干爽舒适的感觉。

1.2.4 竹原纤的耐酸碱性 竹原纤的化学性能与其他纤维素纤维相似,耐碱不耐酸,但不耐强碱。在稀碱中极为稳定,在浓碱作用下,纤维易膨润,生成碱纤维素;若在稀酸液的中和下,可恢复成纤维素,但其晶体结构发生了变化,机械物理性能也会产生相应的变化,导致断裂强度下降,而断裂伸长率有所提高[2]。

2 绿竹制备竹原纤的工艺研究

我国竹原纤的开发还处于起步阶段。目前经有关资料报道的方法有:①赵子群的生化脱胶法[7];②俞建勇、万玉芹等人的化学方法[8],马文烈、蒋天弟等人的氢氧化钙溶液预处理法[9];③刘忆萍的生物脱胶法[10]。各方法的目的是一致的,就是得到脱胶均一、杂质去除相对完全、具有一定强力、柔韧性、耐折性的可用于纺纱的纤维。

竹原纤在开纤(由纤维束通过分离变为更细纤维束或单根纤维的过程即称为开纤)时,经脱胶以后,木质素、聚戊糖的减少有助于纤维柔软性的提高。但由于提取的竹原纤为束纤维,完全脱胶会使纤维强力丧失,纤维变为 1～2 mm 的粉末,从而失去可纺性,因此既能保持竹原纤强力和长度,又可适当提高纤维的柔软性和脱胶率合理工艺,成为纺织用竹原纤提取工作中的关键一环。

亚硫酸钠能使木质素变成木质素磺酸盐而易溶于碱液中,且能与水中的游离氧化剂反应,起到保护纤

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

维素的作用，同时还有漂白作用。焦磷酸钠是一种多电荷具有胶体性质的电解质，对微细的无机粒子及有机粒子具有吸附的作用，可与果胶、半纤维素、木质素结合，增加胶质的负电势，对胶质产生分解和助溶的效果。

2.1　粗竹原纤的制备

考虑到竹子生长期对竹原纤含量的影响，决定选取生长期为 1～2 a 的绿竹做为本次研究的对象。

绿竹粗竹原纤制备的初步处理工艺为：截断→切片→清洗→压榨→浸泡(室温，24 h)→压榨→清洗→烘干(100℃，60 min)。

2.2　化学法开纤的研究

选用烧碱、亚硫酸钠及焦磷酸钠等作为浸煮液的主要用剂，部分除去绿竹中的木质素、半纤维素和果胶物质等。

2.2.1　试验工艺

1)工艺流程：粗竹原纤→浸煮→水洗→酸洗→水洗→中和→水洗→烘干→竹原纤。

2)主要工艺条件：浸煮温度分别为 100、110、120、130 ℃，处理时间为 60 min，浴比为 1∶20；酸洗温度为室温，处理时间为 3 min，浴比为 1∶20；中和温度为室温，处理时间为 3 min；烘干温度为 100 ℃，处理时间为 45 min。

3)工艺处方：浸煮碱用量分别为 15、25、35、45 $g \cdot L^{-1}$，亚硫酸钠为 4 $g \cdot L^{-1}$，焦磷酸钠为 2 $g \cdot L^{-1}$，酸洗硫酸为 1.5 $g \cdot L^{-1}$；中和纯碱为 1 $g \cdot L^{-1}$；绿竹粗竹原纤 10 g。

2.2.2　结果及分析

1)随处理液烧碱浓度和温度的提高，残留液的颜色由浅黄色逐渐变为黄棕色，且粗竹原纤逐渐松软散开，开纤效果也逐渐明显。

2)在 110、120、130 ℃温度下，粗竹原纤的失重率高，脱胶去杂效果好，竹纤维易于分离。高温和高烧碱浓度有利于促进半纤维素和木质素等杂质的溶解，但当温度超过 120 ℃，烧碱浓度超过 45 $g \cdot L^{-1}$时，极易引起纤维素的过度分离。温度对粗竹原纤中杂质的影响比较大。

3)所开竹原纤较细，但长度较短，粉末较多，可纺性差，产品长度在 0.8～32 mm，细度在 300～600 公支。

2.3　生物酶法开纤的研究

酶的催化作用具有很高的专一性，它对竹纤维的损伤相对较低。针对目前市场上现有的几种酶进行了初步的试验。

2.3.1　试验工艺

1)工艺流程：粗竹原纤→浸泡(室温，24 h)→浸煮→沸水水洗→冷水洗→烘干→竹原纤。

2)主要工艺条件：浸煮温度 100℃，浸煮时间分别为 2、4、6 h。

3)工艺处方：酶用量分别为 5、10、15、20、25 $g \cdot L^{-1}$，食盐 10 $g \cdot L^{-1}$，渗透剂 2 $g \cdot L^{-1}$，浴比 1∶20，绿竹粗竹原纤 10 g。

2.3.2　结果及分析

1)经试验发现：GX－1 净棉酶、生物酶、抛光酶对粗竹原纤的作用不明显；888 氧漂煮练酶对粗竹原纤具有明显的开纤效果。

2)在 100℃条件下，随着 888 氧漂煮练酶用量的增加，粗竹原纤处理后的残留液颜色逐渐变深，且绿竹粗竹原纤逐渐变柔软、松散，粗竹原纤的开纤效果越来越好；但 888 氧漂煮练酶的用量超过 20 $g \cdot L^{-1}$ 后，继续增加 888 氧漂煮练酶的用量，开纤效果变化不大，颜色也无明显变化。

3)随着作用时间的延长，888 氧漂煮练酶对绿竹粗竹原纤的影响逐渐明显，但当达到一定时间后(4 h)，再延长时间，已无明显影响。

4)所开竹原纤粗细差距较大，长度大多在 15～40 mm，细度在 100～600 公支。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 精练剂及漂白剂对开纤效果的影响

3.1 精练剂对开纤效果的影响

通过对现有精练剂 S、特殊精练剂、高效精练剂 880 的筛选发现，高效精练剂 880 有助于粗竹原纤的开纤。

3.1.1 精练剂与烧碱同浴对开纤效果的影响

1)试验工艺。工艺流程：粗竹原纤→浸煮→沸水水洗→冷水洗→烘干→竹原纤。主要工艺条件：浸煮温度 120 ℃，浸煮时间分别为 30、60、90 min，工艺处方：烧碱用量分别为 10、20、30、40 $g \cdot L^{-1}$，高效精练剂 880 分别为 5、10、15、20、25 $g \cdot L^{-1}$，亚硫酸钠 4 $g \cdot L^{-1}$，焦磷酸钠 2 $g \cdot L^{-1}$，浴比 1∶20，绿竹粗竹原纤 10 g。

2)结果及分析。加入精练剂 880 后，随着烧碱、精练剂用量的增加，处理效果显著提高，且时间缩短，但当烧碱的用量为 40 $g \cdot L^{-1}$时，精练剂 880 至 20 $g \cdot L^{-1}$后，处理效果基本不再变化。加入精练剂 880 开出的竹原纤均较为松散、柔软、均匀。当烧碱用量为 40 $g \cdot L^{-1}$、精练剂 880 为 15 $g \cdot L^{-1}$、亚硫酸钠为 4 $g \cdot L^{-1}$、焦磷酸钠为 2 $g \cdot L^{-1}$、温度 120 ℃、时间 60 min 时，所开出的竹原纤比较符合要求。

3.1.2 精练剂与 888 氧漂煮练酶同浴对开纤效果的影响

1)试验工艺。工艺流程及工艺条件：粗竹原纤→浸泡(室温，24 h)→浸煮(100 ℃，4 h)→沸水水洗→冷水洗→烘干→竹原纤。工艺处方：888 氧漂煮练酶分别为 5、7.5、10、12.5、15 $g \cdot L^{-1}$，食盐 10 $g \cdot L^{-1}$，渗透剂 2 $g \cdot L^{-1}$，高效精练剂 880 分别为 5、7.5、10、12.5、15、17.5、20 $g \cdot L^{-1}$，浴比 1∶20，绿竹粗竹原纤 10 g。

2)试验结果及分析。当 888 氧漂煮练酶的用量一定时，随着高效精练剂 880 用量的增加，残留液的颜色也逐渐加深，粗竹原纤的开纤效果也越好，所开出的竹原纤更为柔软、松散。结果表明，888 氧漂煮练酶为 12.5 $g \cdot L^{-1}$、高效精练剂 880 为 7.5 $g \cdot L^{-1}$、食盐为 10 $g \cdot L^{-1}$、渗透剂为 2 $g \cdot L^{-1}$，开纤效果比较理想。

3.2 漂白对绿竹粗竹原纤开纤效果的影响

漂白不仅能去除纤维素纤维上的色素，提高纤维素纤维的白度或色泽鲜艳度，同时也可去除纤维上残留的其他杂质如木质素、蜡质等。因此，在绿竹开纤时，氧化型漂白剂对粗竹原纤开纤有促进作用，但工艺条件相对难于把握，尤其是在烧碱、双氧水同浴的情况下，双氧水分解较快。为此，仅重点对双氧水、次氯酸钠漂白/888 氧漂煮练酶开纤工艺予以探讨。

3.2.1 试验工艺

1)工艺流程。

①先漂白后开纤：粗竹原纤→双氧水漂白(100 ℃，60 min)(或次氯酸钠漂白(室温，60 min))→冷水洗(→脱氯→冷水洗)→浸煮酶液(100 ℃，60 min)→沸水水洗→冷水洗→烘干→竹原纤。

②先开纤后漂白：粗竹原纤→浸煮酶液(100 ℃，60 min)→沸水水洗→冷水洗→双氧水漂白(100 ℃，60 min)(或次氯酸钠漂白(室温，60 min))→冷水洗(→脱氯→冷水洗)→烘干→竹原纤。

2)工艺处方。双氧水漂白：30%H_2O_2 为 20 g，水玻璃 5 g，用 NaOH 调 pH 至 9～10，浴比为 1∶20，绿竹粗竹原纤 10 g。次氯酸钠漂白：有效氯为 5 $g \cdot L^{-1}$，浴比为 1∶20，绿竹粗竹原纤 10 g。脱氯：H_2SO_4 为 1 $g \cdot L^{-1}$，浴比为 1∶20。酶处理液：888 氧漂煮练酶为 12.5 g，NaCl 为 10 g，渗透剂为 2 g，精练剂 880 为 7.5 $g \cdot L^{-1}$。

3.2.2 试验结果及分析

1)无论是先漂白后开纤还是先开纤后漂白，氧漂竹原纤的白度均比氯漂高，且对竹原纤的强力损伤相对较小。

2)粗竹原纤经氧漂或氯漂后再开纤，采用 888 氧漂煮练酶对绿竹粗原纤的开纤的影响较大。

3)先漂白后开纤工艺更有利于对粗竹原纤开纤的控制，只是漂白效果不如先开纤后漂白工艺。

4 结论与讨论

1)对绿竹、毛竹进行优化培育，提高竹子纤维素纤维的含量及长度，降低后期开发成本。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2)从竹子开发成可纺性好的竹原纤，生物酶开纤法较化学(烧碱)开纤法易于控制，对竹原纤的强力损伤小，并且手感柔软，有利于后道工序的加工。若采用化学(烧碱)开纤法应严格控制烧碱的用量以及温度、时间。

3)采用 888 氧漂煮练酶进行开纤的最佳工艺流程为：粗竹原纤→浸泡(室温，24 h)→浸煮→沸水水洗→冷水洗→烘干→竹原纤；主要工艺条件为：100 ℃浸煮 4 h；工艺处方为：酶用量 20 g·L^{-1}，食盐 10 g·L^{-1}，渗透剂 2 g·L^{-1}。

4)在染整加工前处理过程中，应注意控制烧碱、双氧水、精练剂的用量以及温度、时间等对竹原纤织物的强力损伤。避免再进一步开纤，使可纺性竹原纤变为短纤而造成织物强力下降。

5)需要加强竹原纤开纤、纺织、染整专用助剂的开发，使竹原纤开纤生产和纺织生产产品质量更加稳定，并提高可纺性竹原纤的产收率。

6)由于竹子的纤维素纤维含量仅在 44%～53%，杂质含量相对较高，在对竹原纤的开发利用过程中，应注意产业链的对接，加强对残留物：短纤、半纤维素、木质素、果胶物质等的开发研究和利用，避免对环境产生污染和资源的浪费。

7)由于竹种、竹龄、竹节的影响，所开竹原纤的细度差距较大，如何区分将有待于研究，以有利于用途的开发。

*：本次试验得到了锦昌化工、东晟化工、宏程化工的大力支持，在此表示感谢!

参考文献：

[1]全金英，黄金生，张潇，等．制浆用竹材生物结构及化学组成的研究[J]．竹类研究，1992(1)：44－51.
[2]周湘祁．竹原纤维的性能研究与产品开发[J]．纺织科技进展，2005(6)：34－37.
[3]系井彻，王志进．环保型竹纤维布料的开发[J]．国外纺织技术，2003(1)：27－28.
[4]郑明伟．粘胶竹纤维抗菌抑菌功能探秘[J]．上海造纸，2004，35(1)：19－21.
[5]M·Bourgois．新型抗菌纺织品——产品及其性能[J]．产业用纺织品，1992，10(2)：30－35.
[6]周衡书，钟文燕．竹纤维的开发与应用[J]．纺织科技研究，2003(4)：30－36.
[7]赵子群．竹纤维及其制造方法：中国，CN 1375578A[P]．2002－10－23.
[8]俞建勇，万玉芹，吴丽莉，等．竹材成纤的制备方法：中国 CN 1415790A[P]．2003－05－07.
[9]马文烈，蒋天弟，李晓珍，等．竹纤维加工工艺：中国，CN 1587504A[P]．2005－03－02.
[10]刘忆萍．一种将原竹加工成可纺性竹纤维的制作方法：中国，CN 1624212A[P]．2005－06－08.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net