

# 莲纤维的化学和热学性能研究

韩朝旭, 郭 嫣\*, 李欣欣

(西安工程大学 纺织科学与工程学院, 陕西 西安 710048)

**摘要:** 莲纤维是一种新型天然纤维, 其性能和应用还有待于探索, 在工业化应用中突出莲纤维特性, 研究其化学和热学性能将为其化学及染整加工提供依据。对2种不同方法制备的莲纤维物理机械性能、耐酸和碱、氧化性进行测试和分析, 采用差示扫描量热法(DSC)进行热学性能测试, 结果表明: 莲纤维在强酸、强碱环境下溶解, 在强氧化剂环境下发生部分溶解, 扫描量热法测出抽丝莲纤维的失重率为42.7%, 脱胶莲纤维的失重率为66.6%, 抽丝莲纤维的热学性能优于脱胶莲纤维。

**关键词:** 耐酸性; 耐碱性; 耐氧化性; 差示扫描量热法

**中图分类号:** TS 101.8

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-0356(2023)06-0001-03

莲因其旺盛的生命力、广泛和极强的适应性以及独特的生物特征在中国广泛分布, 其中的莲纤维属于绿色环保材料<sup>[1-2]</sup>, 主要成分有纤维素、果胶、木质素、半纤维素。莲纤维分为莲丝纤维、脱胶莲纤维。莲丝纤维是天然纤维, 脱胶莲纤维是纤维聚合体、木质素、纤维素各种纤维结合<sup>[3-4]</sup>, 因制备方法不同, 各项性能有所差异, 莲纤维具有出色的抗菌性和吸湿性, 备受关注。目前, 莲纤维制品的使用率、生产率都不高, 与纤维的制备工艺复杂和制成率低有关<sup>[5-6]</sup>。手工抽丝法和脱胶法是提取莲纤维的主要方式, 手工抽丝效率低, 而脱胶法提取的质量较低<sup>[7-9]</sup>, 且2种方法制备的纤维在结构和性能上差异较大<sup>[10]</sup>。为提高莲纤维利用价值, 使莲纤维既能展现出原本的优良特性, 又赋予新的功能, 需要对其进行合适的染整加工, 且莲纤维制成的纺织品的前处理及其染色加工过程会直接影响产品最终质量的优劣, 确保莲纤维纺织品在染整加工之后仍然能具有其特定的功能<sup>[11]</sup>, 研究其化学、热学性能会为其应用提供依据。

## 1 试验部分

### 1.1 主要材料与仪器

莲丝纤维和脱胶莲纤维(莲杆选自陕西兴平, 课题组通过湿法抽丝制备莲丝纤维, 采用碱氧一浴脱胶工

艺制备脱胶莲纤维); 乙酸(HAc); 硫酸( $H_2SO_4$ ); 氢氧化钠(NaOH); 过氧化氢( $H_2O_2$ ); STA449F3 同步热分析仪(NETZSCH, 德国)。

### 1.2 测试方法

#### 1.2.1 纤维物理机械性能测试

对不同方法制备的莲纤维的纤维长度、细度、强度等物理机械性能进行测试(GB/T 16257—2008)。

#### 1.2.2 耐化学性能测试

选用乙酸、硫酸、氢氧化钠、过氧化氢4种试剂测试莲纤维的耐酸性、耐碱性、耐氧化性, 温度分别为30、60、90℃。每次称取0.1g试样, 分别浸入不同温度和浓度的溶液中, 10min后观察其溶解情况及色泽变化(参考标准GB/T 11547—2008)。

#### 1.2.3 热学性能

采用差示扫描量热法(DSC)测试莲纤维的热学性能。

## 2 结果与讨论

### 2.1 莲纤维物理机械性能

莲纤维的物理机械性能测试结果见表1, 可以看出, 莲丝纤维平均长度617.3mm, 平均细度2.29dtex, 脱胶莲纤维平均长度为136.8mm, 平均细度为50dtex, 莲丝纤维细度较细(单纤维结构), 而脱胶莲纤维(纤维束)则很粗, 差异很大, 这与不同制备方法所获得的纤维结构有密切关系, 对后续生产会产生很大影响。与同为纤维素纤维的棉纤维和麻纤维相比, 2种纤维的细度、长度和强度在设计合理的纺纱工艺条件下均能适应纺织加工要求。

收稿日期: 2023-03-20

基金项目: 2020年陕西省科技厅工业领域重点研发项目(2020GY-267); 中国纺织联合会指导性项目(2018061)

第一作者: 韩朝旭(1998—), 男, 在读硕士研究生, 主要研究方向为纺织工艺, E-mail: 864205747@qq.com。

\* 通信作者: 郭 嫣(1966—), 女, 教授, 主要从事功能性纺织新产品开发, E-mail: Xaguoyan@126.com。

表1 莲纤维物理机械性能

项目	长度		细度		强度	
	平均长度/mm	CV/%	平均细度/dtex	CV/%	断裂强度/(cN·dtex <sup>-1</sup> )	断裂伸长/%
莲丝纤维	617.3	2.7	2.29	2.8	3.38	2.83
脱胶莲纤维	136.8	3.4	50.00	7.1	1.35	6.81

## 2.2 莲纤维的耐酸性

在不同浓度和温度的2种酸作用下,莲纤维色泽及溶解情况见表2,莲丝纤维和脱胶纤维表现相同。可以看出:在HAc的作用下,浓度、温度改变均不会造成莲纤维色泽变化,也不会溶解;但在40% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>作用下,随着温度升高,莲纤维由米黄色变为褐色,不溶变为部分溶解;而当H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>浓度达到75%时,莲纤维色泽变化明显,溶解情况明显。莲纤维是天然纤维素纤维,其主要成分有纤维素、半纤维素、木质素,在酸性环境下,半纤维素会和游离的H<sup>+</sup>发生水解反应,随着H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>浓度增加,反应加剧,纤维素也会发生水解。

表2 不同温度、浓度的酸作用下莲纤维状态和色泽变化

温度/℃	HAc 浓度/%		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 浓度/%	
	40	75	40	75
30	米黄、不溶	米黄、不溶	米黄、不溶	褐色、溶解
60	米黄、不溶	米黄、不溶	米黄、微溶	黑色、溶解
90	米黄、不溶	米黄、不溶	褐色、部分溶解	黑色、溶解

## 2.3 莲纤维的耐碱性

莲丝纤维和脱胶纤维的耐碱性表现相同,测试结

果见表3。可以看出:在10 g/L NaOH、15 g/L NaOH的弱碱性环境中,莲纤维色泽基本不发生变化,不出现溶解情况。在20 g/L NaOH、30 g/L NaOH、40 g/L NaOH的强碱性环境中,莲纤维色泽发生变化,出现溶解情况。随着温度的升高,强碱环境中的莲纤维会全部溶解。在强碱的环境下,莲纤维的木质素受到游离的OH<sup>-</sup>的作用,使木质素大分子发生水解,随着温度升高,木质素全部溶解后,纤维素、半纤维素也随之发生碱性水解,因此莲纤维对弱碱的稳定性较好,对强碱的稳定性较差。

## 2.4 莲纤维耐氧化性

莲丝纤维和脱胶纤维耐氧化性能表现相同,见表3。可以看出,在5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、10% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液中,莲纤维色泽基本不发生变化,也不出现溶解;在20% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液中,莲纤维色泽出现变化,并伴随部分溶解。说明莲纤维对过氧化氢的稳定性较好,发生溶解情况因为纤维素大分子的活性基团被氧化;H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>中的HOO<sup>-</sup>和莲纤维木质素中羰基和侧链双键反应,使其氧化,并造成侧链碎解,从而造成木质素大分子被降解。

表3 不同温度、浓度的碱和氧化剂作用下莲纤维状态和色泽变化

温度/℃	NaOH 浓度/(g·L <sup>-1</sup> )				H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 浓度/%			
	15	20	30	40	5	10	15	20
30	米黄、不溶	米黄、不溶	褐色、微溶	黑色、溶解	米黄、不溶	米黄、不溶	米黄、不溶	土黄、部分溶解
60	米黄、不溶	褐色、微溶	黑色、溶解	黑色、溶解	米黄、不溶	米黄、不溶	土黄、部分溶解	土黄、部分溶解
90	米黄、不溶	黑色、溶解	黑色、溶解	黑色、溶解	米黄、不溶	米黄、不溶	土黄、部分溶解	土黄、部分溶解

## 2.5 热学性能分析

图1为莲纤维的TG曲线图,可以看出:莲丝纤维和脱胶莲纤维均出现了2个失重阶段,莲丝纤维初始失重阶段发生在40~101.3℃之间,第2个失重阶段发生在250~397.2℃之间;脱胶莲纤维的初始失重阶段发生在40~110.8℃之间,第2个失重发生在220~399.8℃之间。

莲纤维热降解过程中,失重主要在初始阶段,其质量损失为抽丝莲纤维所含水分的挥发;第二失重阶段,莲纤维中的半纤维素、木质素发生分解。整个热降解过程中,抽丝莲纤维的失重率为42.7%,脱胶莲纤维的

失重率为66.6%,脱胶莲纤维失重率明显大于抽丝莲纤维,主要是因为脱胶莲纤维中半纤维素、木质素含量高,在第二失重阶段发生降解,使其质量下降。

图2为莲纤维的DSC曲线图,可以看出:抽丝莲纤维、脱胶莲纤维的DSC曲线图中均出现了3个熔融峰,莲丝纤维的第1个熔融峰出现在90.8℃,出现玻璃化转变,第2个熔融峰出现在352.2℃,第3个熔融峰出现在417.3℃。主要原因是莲纤维中的半纤维素在第2个熔融峰发生分解,而莲纤维中纤维素在第3个熔融峰发生分解。脱胶莲纤维同理,第1个熔融峰出现在84.8℃,第2个熔融峰出现在317.3℃,第3个

熔融峰出现在 404.8 °C。

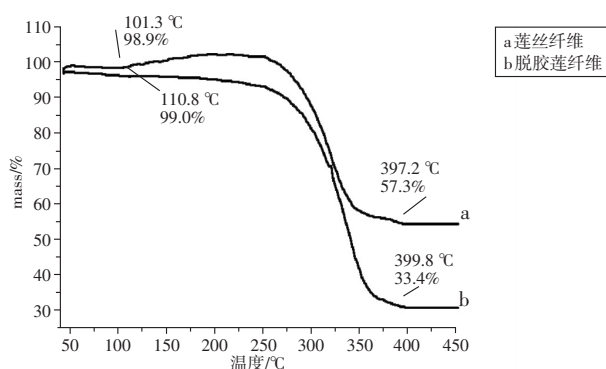


图1 莲丝纤维、脱胶莲纤维的 TG 变化曲线

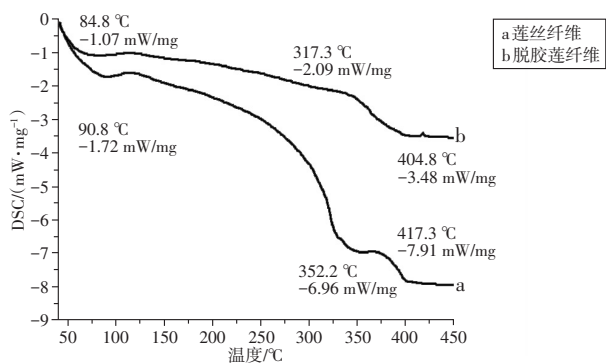


图2 莲丝纤维、脱胶莲纤维的 DSC 变化曲线

### 3 结论

(1)莲丝纤维采用手工抽取,为单纤维结构,细细,平均长度较脱胶莲纤维更长;而脱胶莲纤维为纤维束结构,纤维粗且不均匀,但2种方法制备的莲纤维均可用于纺织加工。

(2)通过对莲纤维化学和热学分析,莲纤维在弱酸和弱碱中均具有很好的稳定性,但在强酸和强碱中的稳定性较差;在过氧化氢中稳定性较好,不易被氧化。因此,在染整或纤维前处理中应避免强酸、强碱和高温。

### 参考文献:

- [1] 王丹,张德顺,刘鸣. 荷花的园林景观特质[J]. 中国城市林业,2017,15(3):39-43.
- [2] 陈美华. 观光农业背景下的荷花栽培技术[J]. 农业与技术,2018,38(12):21.
- [3] 何佩峰. 天然染料对羊毛织物的复配泡沫染色研究[D]. 大连:大连工业大学,2020.
- [4] 刘德志. 荷花的养护技巧及在园林设计中的应用[J]. 新农业,2022(15):53-55.
- [5] 毛立彦,龙凌云,丁丽琼,等. 我国子莲育种栽培研究进展[J]. 农业研究与应用,2017(6):78.
- [6] 杨桂林,潘剑萍. 观赏荷花在农业生态旅游中的应用与发展对策[J]. 广东科技,2014(6):87.
- [7] 强盛,郭嫣,陶梦,等. 莲纤维的制备工艺研究[J]. 现代纺织技术,2021,29(3):30-34.
- [8] 王建刚,袁小红,何军,等. 莲纤维的物理性能[J]. 纺织学报,2008(12):9-12.
- [9] 何叶丽. 活性染料的发展及其应用(一)[J]. 印染,2015(3):15.
- [10] 袁小红,陈东生,甘应进,等. 莲纤维的化学性能[J]. 纤维科学与技术,2012(20):44.
- [11] 谢佩. 莲纤维针织物的前处理及染色性能研究[D]. 苏州:苏州大学,2015.

## Study on Chemical and Thermal Properties of Lotus Fiber

HAN Chaoxu, GUO Yan\*, LI Xinxin

(School of Textile Science and Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** Lotus fiber is a new type of natural fiber, its performance and application still need to be explored. Highlighting the characteristics of lotus fiber in industrial application and studying its chemical and thermal properties will provide a basis for its chemical and dyeing and finishing processing. The physical and mechanical properties, acid and alkali resistance and oxidation resistance of lotus fiber prepared by two different methods were tested and analyzed, and the thermal properties of lotus fiber were tested by differential scanning calorimetry (DSC). The results showed that the lotus fiber was dissolved in strong acid and alkali environment, and partially dissolved in strong oxidant environment. By scanning calorimetry, the weight loss rate of lotus fiber was 42.7% and the weight loss rate of degummed lotus fiber was 66.6%. The thermal properties of the silk lotus fiber are better than that of the degummed lotus fiber.

**Key words:** acid resistance; alkali resistance; oxidation resistance; differential scanning calorimetry