

文章编号:1005-1538(2008)03-0055-03

· 文物修复研究 ·

细菌纤维素对木质文物修复的初步探索

周松峦, 卫扬波

李焱蕙, 黄玉屏, 沈萍

(湖北省博物馆, 湖北武汉 430077) (武汉大学生命科学院, 湖北武汉 430072)

摘要: 为研究细菌纤维素对木质文物的修复效果, 首先检测了产纤维素的醋杆菌 *Acetobacter sp.* PDA 静置培养时的生长, 然后将其与小块的饱水木材一起静置培养, 通过测定木块处理前后的湿重及扫描电镜观察, 结果显示细菌纤维素对木质文物有一定的修复作用。

关键词: 细菌纤维素; 木质文物; 修复; 醋杆菌

中图分类号: K876.6 **文献标识码:** A

0 引言

木质文物是不易保存的有机物质, 一般出土的木质文物纤维损失较大, 木质品纤维会减少 30% ~ 50%。出土的木器由于埋藏了漫长的岁月, 受到地下水的长期浸泡, 木器的内部分子结构已完全被水饱和, 加上地下水中所含的各种化学物质如酸、碱、盐等的腐蚀, 使构成木材的纤维素、木质素等遭到破坏, 并且木质文物中的纤维素又是微生物的养料, 微生物将木材中的纤维素降解, 使木材全然失去了强度。因此饱水木构件的保护一直是世界性难题。此前, 国内外一般采用“化学法”或“物理法”进行保护, 但均存在难以克服的缺陷, 如所用材料老化、文物色泽变异、收缩率较大、成本昂贵等, 甚至造成文物毁坏。

细菌纤维素 (Bacterial cellulose, BC) 是一种由微生物合成的超微纯纤维素, 与自然界中存在的植物纤维素相比, 具有纯度高、结晶度高、聚合度高、吸水性强、抗张强度高、生物适应性强、自然界可直接降解等特性^[1-3]。由于细菌纤维素在纯度、吸水性、物理和机械性能等方面具有独特的优良性能, 使其成为一种用途十分广泛的生物材料^[4-7]。

已有研究表明细菌纤维素在植物纤维间可以起到空间搭桥作用, 并能很好地与植物纤维结合^[8]。本研究从木质文物损坏的主要原因——纤维素被破

坏出发, 利用微生物代谢产生的细菌纤维素, 修复已断裂的纤维素, 补充损失的纤维素, 能更有效地达到修复目的, 同时不会产生常规方法对文物的改变甚至损坏。真正实现“不改变文物原状”的原则, 保存文物的历史真实性。

1 材料与方法

1.1 试材

实验选用库存饱水木材 (出土木质文物) 作为试验材料。

1.2 细菌菌种和培养基

菌种: 醋杆菌 *Acetobacter sp.* PDA, 实验室自己分离。

培养基: 蔗糖 20.0g, 蛋白胨 10.0g, 酵母粉 5.0g, 柠檬酸 1.15g, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 5.0g, pH6.0, 121℃ 灭菌 20min。

1.3 实验方法

1.3.1 醋杆菌 *Acetobacter sp.* PDA 的静置培养生长 醋杆菌 *Acetobacter sp.* PDA 在 28℃ 振荡培养过夜, 然后以 2% 接种量接种到装有 100mL 培养基的 250mL 三角瓶中, 28℃ 静置培养, 每天取样, 在 600nm 处测量醋杆菌培养液的光吸收值。以取样时间为横坐标, 吸光度值为纵坐标画出醋杆菌静置培养的生长曲线。

1.3.2 细菌纤维素有效产量初步测定及对古代木

收稿日期: 2007-04-25; 修回日期: 2007-08-09

基金项目: 国家文物 2004 年重大专项 (20040304)

作者简介: 周松峦 (1971—), 男, 1991 年毕业于华中理工大学汉口分院化学工程系, E-mail: zhou789@tom.com

材的修复效果分析 取库存饱水木材,锯成 $4.0\text{cm} \times 2.0\text{cm} \times 1.0\text{cm}$ 试块,编号,取 9 块,饱水条件下称重,记录原始重量,并灭菌。取两只装有 100mL 培养基的 250mL 三角瓶,在接种醋杆菌的三角瓶中放入 1~7 号试块,另外一瓶不接种的三角瓶中放入 8 号和 9 号试块作为对照, 28°C 静置培养。培养第 4 天开始每天从接种醋杆菌的三角瓶中取出 1 个试块,对照试块在第 10 天取出。取出的试块先称量湿重,然后置于无菌密壁器中,室温缓和干燥,最后制成切片于扫描电镜下观察(1200 倍)。

2 试验结果及分析

2.1 静置培养时醋杆菌株的生长

醋杆菌 *Acetobacter sp.* PDA 在 28°C 静置培养时,随着培养天数的增加,三角瓶底出现了一层明显的乳白色沉积物,并且培养液一直也比较清透。如图 1 所示:在静置培养的条件下,醋杆菌株在开始培养 2 天前为对数生长期,第 2~4 天为稳定期,4 天后为迅速进入衰亡期,第 5 天开始到第 9 天一直维持较低的菌数。

2.2 试块在培养液中与醋杆菌株一起培养后湿重的变化及扫描电镜观察

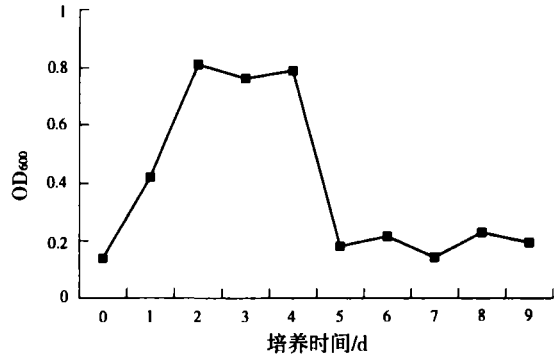


图 1 醋杆菌 *Acetobacter sp.* PDA 在 28°C 静置培养的生长曲线
Fig. 1 Growth curve of *Acetobacter sp.* PDA at 28°C in stationary culture

薄层层析法分析表明醋杆菌 *Acetobacter sp.* PDA 代谢产生细菌纤维素。现有的研究表明细菌纤维素的产生不仅受培养条件的影响,也受其它细菌的影响^[9,10],细菌纤维素是细菌的次生代谢产物,一般菌体在生长 2 天后才进入纤维素合成期,这个特点决定了细菌纤维素的产生高峰至少在细菌培养 3 天以后才能出现,一般要持续培养 5~7 天才可以获得较高的产量^[11]。因此本实验从第 4 天开始选取与醋杆菌共培养的试块,进行湿重变化分析和扫描电镜观察。结果分别见表 1 和图 2(见彩版第 4 页图 28)其中 8 号和 9 号试块为对照。

表 1 试块在培养液中共培养后湿重的变化

Table 1 The weight of wooden artifacts

试块编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
培养时间	4 天	5 天	6 天	7 天	8 天	9 天	10 天	10 天	10 天
培养前湿重/g	1.572	1.588	1.599	1.740	1.434	1.518	1.437	1.775	1.853
培养后湿重/g	1.566	1.597	1.584	1.674	1.427	1.529	1.446	1.764	1.875

表 1 显示 9 块试块无论是否与醋杆菌共培养,其湿重都没有明显的变化。然而从图 2 中可见,试块与醋杆菌株共培养后表面结构有较大变化。电镜照片显示对照试块表面十分干净清晰,且木质纤维排列较为疏松,之间存在明显的间隙。木块与醋杆菌株共培养后,第 4 天木块表面略有粉粒状物质覆盖,纤维排列仍较为疏松。之后随着时间的增加,表面覆盖量逐渐增大,纤维间隙变小。其中 5 号试块一半未覆盖,可能是由于共培养时,木块悬浮位置不适合细菌纤维素附着或者电镜观察时切片处理不当所致。

3 结论

1) 醋杆菌 *Acetobacter sp.* PDA 是典型的好氧菌,静置培养 2 天即到达稳定期, OD_{600} 值仅为 0.8 左

右,然后由于三角瓶内氧的耗竭,第 5 天迅速衰亡,进入了细菌的衰亡期。而在振荡培养时,虽然到达稳定期需要 60 小时左右,但是 OD_{600} 值可以达到 30 以上,即振荡培养的菌量远远大于静置培养的菌量。由于细菌纤维素是细菌的次生代谢产物,因此在以后的实验中可以先让细菌大量增殖,然后再放入饱水木构件,静置培养,利于细菌纤维素的大量产生并对木构件进行修复。

2) 表 1 中可见试块的湿重变化不大,可能是由于饱水木构件内部纤维受损,呈疏松状,因而浸泡在液体培养基中易掉木屑,另一原因可能是细菌纤维素代替了水分子填补木块纤维之间的空隙,由于细菌纤维素极细,表面积大,因此重量变化不大。扫描电镜观察显示对照试块结构疏松,间隙明显,经过与产细菌纤维素的醋杆菌共培养后,间隙明显变小。

总之,以上结果提示产生细菌纤维素的醋杆菌 *Acetobacter sp.* PDA 对饱水木构件有一定的修复作用。本研究将为木质文物的生物修复工作奠定良好的基础。

参考文献:

- [1] Cannon R E, Anderson S. Biogenesis of Bacterial Cellulose [J]. CRC Crit Rev Microbiol, 1991, 17:435-447.
- [2] 卞玉荣,余晓斌,全文海. 细菌纤维素的性质与结构研究[J]. 纤维素科学与技术, 2001,9(1):16-20.
BIAN Yu-rong, YU Xiao-bin, QUAN Wen-hai. Research of characters and structure of bacterial cellulose [J]. J Cellulose Sci Tech, 2001, 9(1): 16-20.
- [3] Geyer U, Heinze T, Stein A, et al. Formation, derivatization and applications of bacterial cellulose[J]. Int J Biol Macromol. 1994, 16(6): 343-347.
- [4] Yoshinaga F, Tonouchi N, Watanabe K. Research progress in production of bacterial cellulose by aeration and agitation culture and its application as a new industrial material[J]. Biosci Biotech Biochem, 1997, 61: 219-224.
- [5] Jonas R, Farah L F. Production and application of microbial cellulose[J]. Polym Degr Stab, 1998, 59: 101-106.
- [6] 贾士儒,欧宏宇,傅强. 新型生物材料——细菌纤维素[J]. 食品与发酵工业,2001,27(01):54-58.
JIA Shi-ru, OU Hong-yu, FU Qiang. A new material - bacterial cellulose[J]. Food Ferment Ind, 2001, 27(1): 54-58.
- [7] 修慧娟,王志杰,李金宝. 细菌纤维素纤维对纸张性能的影响[J]. 中国造纸,2005,24(3):14-17.
XIU Hui-juan WANG Zhi-jie LI Jin-bao Effect of bacterial cellulose on paper property [J]. China Pulp Paper, 2005, 24(3): 14-17.
- [8] Kojima Y, Tonouchi N, Tsuchida T, et al. The characterization of acetic acid bacterial efficiently producing bacterial cellulose from sucrose[J]. Biosci Biotech Biochem, 1998, 62: 185-187.
- [9] Kouda T, Naritomi T, Yano H, et al. Effects of oxygen and carbon dioxide pressures on bacterial cellulose production by *Acetobacter xylinum* in aerated and agitated culture [J]. J Ferment Bioeng, 1997, 84:124-127.
- [10] Seto A, Saito Y, Matsushige M, et al. Effective cellulose production by a coculture of *Gluconacetobacter xylinus* and *Lactobacillus maii*[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2006, 73(4): 915-921.
- [11] Krystynowicz A, Czaja W, Wiktorowska-Jeziarska A, et al. Factors affecting the yield and properties of bacterial cellulose [J]. J Ind Microbiol Biotechnol, 2002, 29(4): 189-195.

Preliminary research on the usage of bacterial cellulose for the repair of wooden artifacts

ZHOU Song-luan, WEI Yang-bo

(Hubei Museum, Wuhan 430077, China)

LI Yao-wei, HUANG Yu-ping, SHEN Ping

(Wuhan University, College of Life Sciences, Wuhan 430072, China)

Abstract: With the aim of using bacterial cellulose for the restoration of wooden artifacts, the growth of *Acetobacter sp.* PDA was first observed in stationary cultures, which provide bacterial cellulose. Then the *Acetobacter sp.* PDA was grown in stationary cultures containing small water soaked wood blocks. The weights of wood artifacts before and after incubation were recorded, and the wood blocks were examined by scanning electron microscopy. The results suggested that wooden artifacts could be repaired using bacterial cellulose.

Key words: Bacterial cellulose; Wooden artifacts; Reparation; *Acetobacter*

(责任编辑 谢燕)

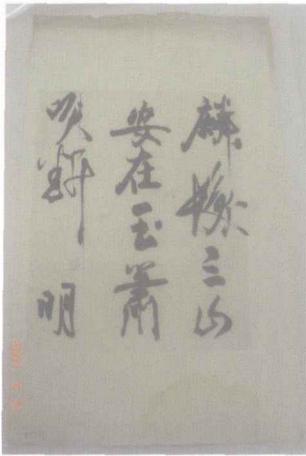


图 22 处理前作品
Fig.22 Arts before restoration

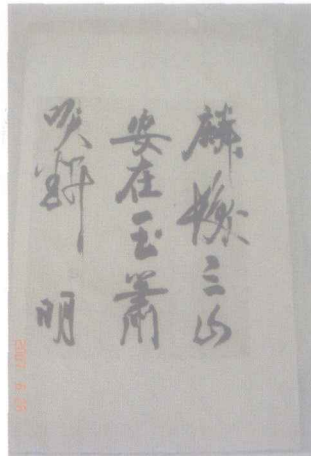


图 23 处理后作品
Fig.23 Arts after restoration

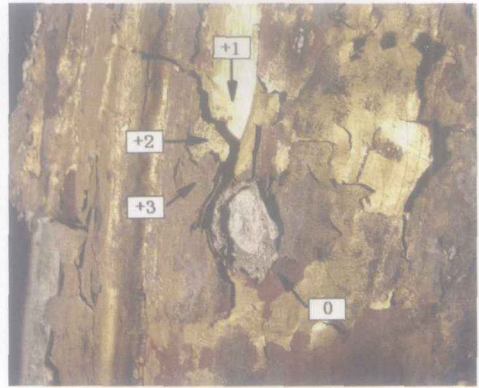


图 24 千手观音右侧贴金层取样点
Fig.24 The right side sampling point

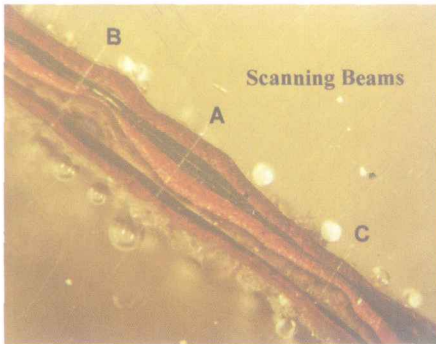


图 25 多层贴金断面显微照片
Fig.25 Micrograph of the section of gilding and adhesive layers

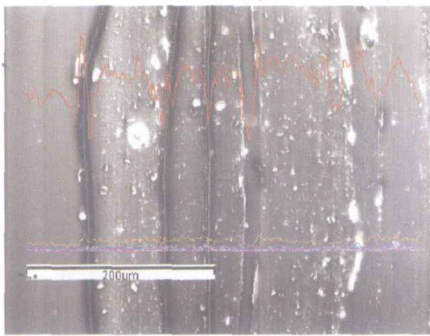


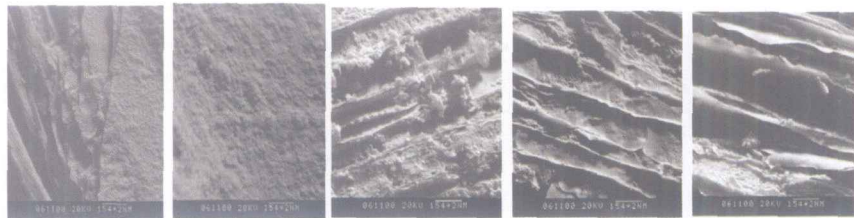
图 26 线扫描 A 处扫描电镜照片
Fig.26 The SEM image of scanning beam A



图 27 蓬莱古船 2005 年发掘现场
Fig.27 The site of Penglai tow ancient boat in 2005



试块 1 试块 2 试块 3 试块 4



试块 5 试块 6 试块 7 试块 8 试块 9

图 28 试块在培养液中共培养后的扫描电镜观察
Fig.28 The SEM picture of wooden artifacts