

論述

桂竹熱處理及應用

郭蘭生¹ 黃敏郎² 范振德³ 甘松山⁴ 李明益⁵

【摘要】 為發展抗水及抗黴菌之家庭用精緻桂竹器，對熱處理及抗黴菌化學處理過程必需有一定之認知。試驗結果顯示，桂竹茶杯及茶筒經 120 °C 高溫水蒸汽熱處理 30 分鐘後，再以 5 % KH-02 防黴劑煮 30 分鐘，可得具不錯防黴及抗水性之桂竹茶器。殘留在竹器內之防黴劑可經 30 分鐘熱水煮沸，輕易除去。此外，在竹茶筒外部繪製美麗國畫，並塗以耐候性佳之 polyurethane 漆，可提升桂竹之利用價值。

【關鍵字】 熱處理、桂竹、黴菌、抗水性

Review

Thermal Treatment of Makino Bamboo and its Utilization

Lan-sheng Kuo¹ Min-lang Hwang² Jann-der Fann³ Son-sun Kan⁴ Min-yi Lee⁵

【Abstract】 For the development of a water-resistant and anti-mold makino bamboo household utensils, the optimum thermal treatment and anti-mold chemical process must be known. Experimental results revealed that heating makino bamboo utensils (tea-cup and tea-container) at 120 °C steam for 3 hours and then dipping in boiling 5% KH-02 water solution for 30 minutes, molds are nearly avoidable and water-resistance can be attained. The residual mold-resistance chemicals in bamboo utensils can be removed effectively in boiling water for another 30 minutes. In addition, it becomes evident that coating polyurethane onto the surface of light brown carbonized bamboo tea-container with Chinese painting on we devised may enhance the utilization of makino bamboo to some extents.

【Key words】 thermal treatment, makino bamboo, mold, water resistance.

-
1. 國立中興大學森林系教授及通訊作者
Professor and Corresponding Author, Department of Forestry, NCHU.
 2. 國立中興大學森林系研究生
Master of Science, Department of Forestry, NCHU.
 3. 私立東方技術學院助理教授
Assistant Professor, Department of Tourism, Tung-Fan Institute of Technology, Hu-Nei.
 - 4,5 國立中興大學實驗林管處技正
Senior specialists, Experimental Forest of NCHU.

一、前言

本省高溫多濕的氣候正好提供竹子生長之良好環境，往昔竹材加工業曾為台灣帶來豐厚的收入，可惜因為：1. 工資高漲。2. 竹材加工技術停滯不前。3. 竹材加工品外銷受到中國大陸之蓄意競爭等不利因素，一落千丈。基於此，作者擬利用竹材熱處理技術 (bamboo thermal treatment)，改善竹材與生俱來的易吸水及不耐腐朽之缺點，以為製造精緻竹器 (fine bamboo utensils) 及增加竹農之收益。

何謂碳化處理 (carbonize)？韋氏大字典 (Webster's New World Dictionary, 1972) 中寫著 To change into carbon by partial burning of substances (部份燃燒物質所得之含碳物)。根據木材之熱分析結果，主要之起始放熱反應發生在 270~280 °C 間，直至 380 °C 時，大量餾出物 (主為甲醇及醋酸) 逸出，隨後為黑色油狀焦油 (tar) 及氣體，殘留之固體物為木 (或竹) 炭 (Dietrich Fengel & Gerd Wegener, 1984)。為了解高溫熱處理竹材效果，吾人刻意採在缺氧之砂浴中進行熱處理竹材試驗。

木材內之高分子量多醣類 (polysaccharides) 遇熱會發生變化，其臨界溫度為 120 °C (渡邊治人, 1987)。木材經長間蒸煮，在溫度低於 100 °C 時，木材重量即有明顯之損失，並隨溫度之上升而急劇地增加。蒸煮使木材之力學性質下降，且對碳水化合物含有率之降低影響更大，如此可使竹材中富含碳水化合物之含量大幅減少，可防黴菌為害。故本研究亦採較低溫 (120 °C) 之水蒸氣熱處理法進行桂竹器具之製造。

又熱處理對竹材之抗水性雖有一定程度之改善，但竹器做為茶杯用途時之遇水是否可常保不生黴？吾人了解不多，故找尋無害人體健康之可萃取熱處理竹材中殘留多醣類之抗黴劑 (mold resistant reagents) 亦為本試驗之目的。

二、材料與方法

(一) 材料：

桂竹 (學名 *Phyllostachys makinoi* Hayata,

英名 *Makino bamboo*)，取自竹山地區 3 年生以上，直徑 5 公分及竹肉厚 0.7 cm 以上之成熟竹材。

Polyurethane 透明塗料：市售高分子透明聚胺基甲酸乙酯清漆，為二異氰酯與酚、胺、羥基化合物反應所生成之樹脂，用做保護竹器表面之塗料。

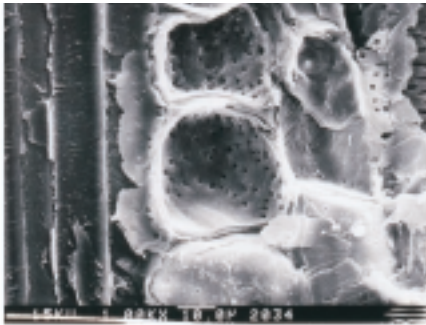
KH01, KH02 防黴劑：為可溶出竹材中碳水化合物之自製鹼性防黴劑 (對人體健康無礙)。

(二) 儀器：

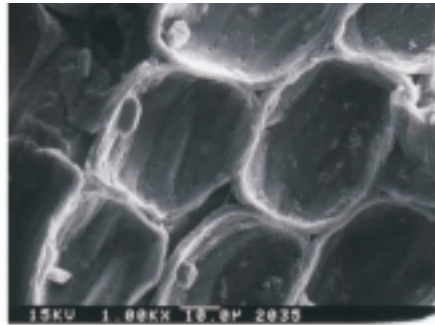
1. 高溫砂浴器：可加溫至 400 °C 之內含白砂砂溫器，可行竹材之熱處理。
2. 水蒸氣熱處理器 (incubator)：容積 30 升之可藉水蒸氣熱處理竹器之設備。
3. *Munsell book of color*：含各種色票之對色簿。各種竹材之色可按色相，明度 / 彩度示出，例如：10YR 5 / 4，為帶黃色味之明度為 5 及彩度為 4 之紅色。

(三) 方法：

1. 砂浴熱處理：將各種已加工成小茶杯及竹茶筒 (見圖 1) 之試材置於砂浴中按 220 °C、240 °C、260 °C、280 °C 及 300 °C 等五種溫度加溫 10、20 及 30 分鐘熱處理竹材，反應未了，小心取出，迅速置於 100 °C 箱中，再取出置於常溫室內一星期，俟其冷卻及乾燥應力充份釋放後再以孟塞爾色簿對色，寫出顏色值。
2. 水蒸氣熱處理：除各試材置於 120 °C 水蒸氣殺菌器中 3 小時，取出後置於常溫室內，靜置一星期，俟其冷卻及乾燥應力充份釋放後再以孟塞爾色簿對色，寫出顏色值。
3. 重量損失率：各種試材經處理後，測其乾重按下列公式，計算熱處理竹之重量損失率：
4. 吸水性之測定：將各種竹器浸漬於 500 cc 蒸餾水中 2 小時後，測其重量增加量視做吸水性。以式示之如下：
5. 熱處理竹材之抗菌試驗：將 50 cc 之蒸餾水倒入熱處理竹器中，並置於常溫室內，每日觀察液面菌類著生情形，按菌落佔液面



1A Control



1B Heated at 280 °C for 20 min.

圖 1. 熱處理桂竹掃描電子顯微圖

Fig. 1. Scanning electron microphotograph of thermal treated makino bamboo (longitudinal, 1000x)

積，分別以 5、10、15 %、20 % 表示之，並請中興大學植物病理系黃振文專家鑑定菌種。

6. 竹材之元素分析：利用西德製之元素分析儀（Heraeus CHIN-OS Rapid）分析熱處理桂竹中之碳、氫及氧元素之含量，以了解熱處理後竹材中之化學組成分之變化。

三、結果與討論

（一）高溫砂浴熱處理（hot sand thermal treatment）

在缺氧之狀態下，加熱竹材熱處理之目的為除去竹材中之氫及氧成份，留下化性不活潑之碳，如此可強化竹材加工品之耐久性（endurance）及抗濕性（moist resistance）。欲製造賣相（appearance）良好之熱處理竹材，儘量保持竹材之原有色澤係首要考量因素。表 1 所示桂竹未熱處理前之孟塞爾顏色（Munsell color）為 2.5Y8 / 4 係偏黃色，明度（lightness）甚高（8），彩度（chroma）中等（4）之受人們喜愛之暖色（朱介英，2001）。

綜觀熱處理溫度 220~300 °C 所製得之熱處理竹之顏色變化甚大，明度大幅下降（色趨暗）；若就明度損失及吸水性要小之條件

考量，表 1 所列之各種熱處理竹之性質中，以 240 °C，熱處理時間為 20 分鐘，吸水性為 31.4 % 之熱處理條件較適宜。話雖如此，鑑於熱處理桂竹之明度太低，只有 3，人眼視之有偏黑色之不愉快感；此外，經砂浴處理後之深色竹尚有質地較脆之缺點。因此吾人改採溫度較低及高濕環境之水蒸氣熱處理桂竹。試驗結果如次節所述。

（二）水蒸氣熱處理（steam thermal treatment）

竹材具縱向組織，缺乏橫向組織，因此在高溫低濕條件下進行乾燥時，易生劈裂及反撓之缺點。基於此，本試驗採 120 °C 水蒸氣熱處理桂竹，可收乾燥竹材及熱處理之雙重效果。表 2 所示為桂竹經 1、2 及 3 小時水蒸氣熱處理處理後之顏色為 10YR6~5 / 8 較表 1 所示經 240 °C 砂浴處理者之顏色 10YR3~2 / 4 的明度高了許多（6~5 > 3~2），彩度也高了許多（8 > 4），更有甚者後者之重量損失率亦較前者為低（0.4~1.4 < 9.9~17.1）。基於此因，吾人採水蒸氣處理竹材。

（三）熱處理竹材之電子顯微照片

由圖 1 可見，桂竹經高溫（260 °C）砂浴熱處理 20 分鐘後，因水分移除及氫、氧轉化為二氧化碳及水，故細胞壁有明顯之收縮。又由表 3 之熱處理竹材之含碳量提高

表 1. 沙浴熱處理桂竹試驗結果

Table 1. Thermal treatment of makino bamboo by hot sand method.

Thermal treatment		Weight loss,%	Munsell Color		Lightness loss,%	Water absorption,%
Temp, °C	Time, min		Before	After		
220	10	5.00	2.5Y 8/4	10YR 5/4	37.5	49.41
	20	5.38	2.5Y 8/4	10YR 3/4	62.5	46.89
	30	5.52	2.5Y 8/4	10YR 3/2	62.5	39.43
240	10	9.93	2.5Y 8/4	10YR 3/4	62.5	30.69
	20	10.67	2.5Y 8/4	10YR 3/4	62.5	34.43
	30	11.58	2.5Y 8/4	10YR 2/4	75	55.41
260	10	14.72	2.5Y 8/4	10YR 3/2	37.5	30.88
	20	17.14	2.5Y 8/4	10YR 2/2	75	41.54
	30	15.78	2.5Y 8/4	10YR 2/1	75	37.13
280	10	25.24	2.5Y 8/4	10YR 2/2	75	40.70
	20	25.05	2.5Y 8/4	10YR 2/1	75	60.91
	30	25.66	2.5Y 8/4	10YR 2/1	75	48.94
300	10	32.53	2.5Y 8/4	10YR 2/1	75	93.55
	20	41.23	2.5Y 8/4	10YR 2/1	75	101.44
	30	39.08	2.5Y 8/4	10YR 2/1	75	62.70

表 2. 水蒸氣熱處理竹材試驗結果

Table 2. Steam thermal treatment of makino bamboo.

Specimen	Steaming time, hr	Weight loss,%	Munsell Color		Lightness loss,%	Water absorption,%
			Before	After		
Makino	0	0	2.5Y 8/4	---	---	62.09
bamboo	1	0.4	2.5Y 8/4	10YR 6/8	25	55.90
	2	1.2	2.5Y 8/4	10YR 5/8	37.5	58.36
	3	1.4	2.5Y 8/4	10YR 5/8	37.5	61.15

(44.92 %→48.49 %) 及含氧量減少 (47.59 % → 44.30 %) 之事實, 可知熱處理可減少桂竹之親水性, 正好提供製做小竹杯之疏水性質所需。

(四) 熱處理竹材之抗黴處理 (mold-resistance of thermal treated bamboo)

由於竹材含多量澱粉, 故甚易遭黴菌及虫害。為保持竹材之強度, 竹材只能施以輕度熱處理。如此, 在高溫多濕之台灣, 給予細菌及蛀虫為害尚含一定量碳水化合物之熱處理竹材的機會。

基於此, 吾人特選二種可萃取熱處理竹

材中殘留之碳水化合物 (carbohydrates) 之對人體健康無礙之化學藥品 1 % KH-01 及 5 % KH-02 處理熱處理竹材，處理後並以煮沸之熱水煮竹杯 30 分鐘，然後再將蒸餾水溶液倒入竹杯中，靜觀竹材發黴情形。結果如表 3 所示，經 1 % KH-01 處理者，因藥效較強，熱處理竹材之顏色變得太深，故不適用；以 5 % KH-02 處理後之熱處理竹材不僅顏色接近原竹材色，且經 6 天後尚無發黴跡象（見圖 2），但未經防黴處理之熱處理桂竹材，第二天即可見液面著生褐色真菌（*Aspergillus* sp. 此種麴菌多繁殖於碳水化合物（食品），紙張及皮革之處（黃振文，2002，王三郎，2002）。由此可見，熱處理竹材應經防黴處理始可經久耐用。

(五) 熱處理桂竹之初步利用 (primary utilization of carbonized bamboo)

由於我國之竹材加工業者受到下列：工資高漲。中國大陸進口價廉物美之竹材加工品。竹材加工品缺乏創新。政府多輔導竹材加工業，而忽略生產原料之竹農等因素之影響，導致竹材加工業一落千丈。

作者有感而發，提出精緻之環保竹茶杯及彩繪國畫之熱處理竹茶筒等二種熱處理桂竹之初步利用構想，詳如下述：

1. 環保竹茶杯 (environment friendly bamboo tea-cup)

國人喜好邀三五友好共聚圍爐，以小茶杯暢飲熱茶，無論是喝洞頂烏龍茶、文山包種

表 3. 各種熱處理材之碳、氫、氧試驗

Table 3. Elemental analyses of various thermal treated makino bamboos.

Specimens	C	H	O
Untreated	44.92 %	5.34 %	47.59 %
Steam-treated	46.62 %	6.16 %	43.94 %
Hot-sand treated	48.49 %	6.08 %	44.30 %

Instrument: Elemental analyzer//Heraeus CHIN-OS Rapid, West Germany.

表 4. 各種熱處理竹材之抗黴菌試驗

Table 4. Mold resistance of various thermal treated makino bamboos.

Specimen	Day	Moldy area on liquid surface %			1%KH-01 treated	5% KH-02 treated
		Control	Water steam	Hot sand		
Makino bamboo	1					
	2	Discernible				
	3	20%*				
	4	80%	Discernible	Discernible		
	5	90%	30%	20%		
	6	100%	35%	25%	Discernible	Discernible
	7		45%	35%	10%	10%
	8		60%	55%	20%	20%

*Mold appearing upon 20 % of the distilled water surface area at room temperature.

茶，均有著話家常及凝聚感情之效。查諸國人慣用之飲熱茶茶具不外乎是陶瓷製品，鮮有採用竹木材者。究其因，與具多孔性及不耐水之竹木材本來特質有關。在市面上，雖偶見塗裝木杯，但均以不具實用性而未能廣泛採用。本省盛產生長快速之竹材，若能利用熱處理及防黴蟲技術強化竹材之不耐水及易遭黴蟲為害缺點，製造環保竹茶杯，當可拓寬竹材利用範圍。圖 1 所示為利用水蒸氣熱處理及經無礙健康之 5% KH-02 防黴劑處理後之桂竹小茶杯，除仿市售小茶杯之美觀外型外，並因竹材之多孔性，有著較陶瓷不易傳熱之優點（國人沖泡茶均以滾燙開水沖茶）。如此，利用可見天然竹材紋理竹材製做環保竹茶杯（竹杯可經腐朽回歸自然），當增竹材利用又一途。

2. 彩繪國畫之熱處理竹茶筒及茶杯 (carbonized bamboo tea-container tea-cup with Chinese paintings on)

為設計結合我國傳統之文化財—國畫與儲存茶葉之熱處理竹茶筒（如圖 2 所示），吾人特請名國畫家安惠麟先生揮毫將國畫之花卉逐一精繪於竹茶筒之外部後，再將耐候性佳之 polyurethane 塗裝於茶筒之外壁，以保護國畫。像這種具有儲藏國人喜好之茶葉及順便欣賞國畫雙種好處之高級熱處理竹茶筒，應算是提高竹農收益及推廣生長快速竹材之佳法吧。

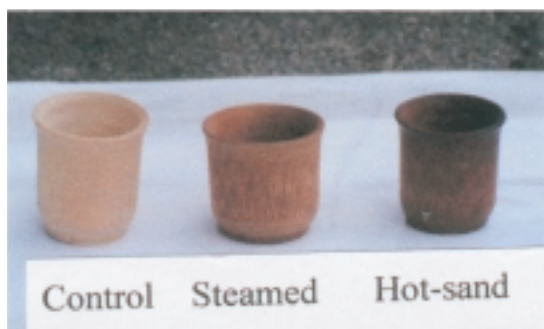


圖 2. 環保熱處理竹茶杯

Fig. 2. Thermal treated bamboo tea-cup.



圖 3. 彩繪國畫熱處理竹茶筒

Fig. 3. Thermal treated bamboo tea-container with Chinese painting on

(Dimension : diameter 7 cm, height 15 cm)

四、結論

桂竹茶杯及茶筒經 120°C 高溫水蒸汽熱處理 30 分鐘後，再以 5% KH-02 防黴劑煮 30 分鐘，可得具防黴及抗水性佳之小桂竹茶器。殘留在竹器內之防黴劑可經 30 分鐘水煮沸，輕易除去。此外，在竹茶筒外部繪製美麗國畫，並噴以耐候性佳之 polyurethane 漆，可製出受人歡迎之桂竹國畫茶器。

五、參考文獻

- 王三郎（2002）應用微生物學。高立書局。97頁。
- 朱介英（2001）色彩學。美工科技有限公司。80頁。
- 渡邊治人（1987）木材應用基礎。五洲出版社。265~267頁。
- 黃振文私下通訊。中興大學植物病理學系。
- Fengel, Dietrich & Gerd Wegener (1984) Wood chemistry, Ultrastructure, Reaction, Walter de Gruyter, New York, USA, pp.338-340.
- Webster's New World Dictionary (1972) p.213.