

研究報告

土窯製炭時竹醋液之收集與其基本性質

黃國雄¹⁾ 何振隆²⁾ 余欣怡¹⁾ 蘇裕昌^{3,4)}

摘要

本研究以孟宗竹與桂竹為材料，利用土窯燒製竹炭並於煙囪溫度150°C以下時，以不銹鋼製之裝置採用氣冷方式收集竹醋液，土窯之底部如扇子形狀，其寬度為2.8 m、深度為2.8 m，窯頂成拱形，其高度為1.4 m。燒製竹炭時在窯內中央與後方離地面高10與90 cm處，分別以熱電偶測定炭化溫度，於煙囪溫度150°C以下時收集竹醋液並以磅秤累計收集量。為了探討炭化溫度對竹醋液性質之影響，於不同煙囪溫度下收集竹醋液試樣，進行比重、焦油率、pH與酸度等測試。

由試驗結果得知竹醋液之收率為進窯時氣乾竹材重量之5.5~8.0%，其收集量與收集速度受煙囪溫度上升速度與收集時間之影響。兩種竹醋液之比重與焦油率於煙囪溫度80~120°C時，受煙囪溫度上升之影響較不明顯，而煙囪溫度150°C時則明顯增大。竹醋液之pH均隨煙囪溫度上升而增大，但酸度受煙囪溫度上升之影響不明顯。

關鍵詞：土窯、竹醋液、收率、酸度、焦油率。

黃國雄、何振隆、余欣怡、蘇裕昌。2006。土窯製炭時竹醋液之收集與其基本性質。台灣林業科學 21(4):547-57。

Research paper

Bamboo Vinegar Collected during Charcoal Making
with an Earthen Kiln and Its Basic PropertiesGwo-Shyong Hwang,¹⁾ Chen-Lung Ho,²⁾ Hsin-Yi Yu,¹⁾ Yu-Chang Su^{3,4)}

【 Summary 】

In this study, Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) and Makino bamboo (*Phyllostachys makino*) were used for charcoal making. Bamboo vinegars were collected by an air-cooled device made of stainless steel. The temperature of the chimney for collecting bamboo vinegar was below 150°C during charcoal making in an earthen kiln. The kiln, the same as a fan in the bottom, is 2.8

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所森林利用組，10066台北市南海路53號 Division of Forest Utilization, Taiwan Forestry Research Institute, 53 Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan.

²⁾ 行政院農業委員會林業試驗所木材纖維組，10066台北市南海路53號 Division of Wood Cellulose, Taiwan Forestry Research Institute, 53 Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan.

³⁾ 國立中興大學森林學系，40227台中市國光路250號 Department of Forestry, National Chung Hsing University, 250 Kuo-Kuang Rd., Taichung 40227, Taiwan.

⁴⁾ 通訊作者 Corresponding author, e-mail: ycsu@nchu.edu.tw

2006年7月送審 2006年9月通過 Received July 2006, Accepted September 2006.

m in width, 2.8 m in depth, and 1.4 m in height with an arched ceiling. The carbonization temperatures on lines of heights of 10 and 90 cm above the kiln floor in the central and rear parts, respectively, were measured by K-type thermocouples. The collected quantity of bamboo vinegar was measured by a weighing-scale. In order to investigate if the properties of the bamboo vinegar were affected by the carbonization temperature in the earthen kiln, the specific gravity, tar content, pH, and acidity were measured for samples collected at different chimney temperatures.

The yields of bamboo vinegar were 5.5~8.0% for the air-dried raw material placed into the earthen kiln. The collection quantity and speed of bamboo vinegar were affected by the rate of temperature rise of the chimney and the collecting time. The specific gravity and tar content of the bamboo vinegar collected at a chimney temperature of 150°C were larger than those collected below 150°C for both Moso bamboo and Makino bamboo. The pH of the bamboo vinegar increased with an increase in the chimney temperature, but the acidity of the bamboo vinegar was not obviously affected by the temperature of the chimney.

Key words: earthen kiln, bamboo vinegar, yield, acidity, tar content.

Hwang GS, Ho CL, Yu HY, Su YC. 2006. Bamboo vinegar collected during charcoal making with an earthen kiln and its basic properties. *Taiwan J For Sci* 21(4):547-57.

緒言

國內竹炭產業之發展係源自民國91年農業委員會依九二一重建會之指示所擬定之「竹產業轉型及振興計畫」，其目的為提高竹材之附加價值與竹產業之競爭力，其中以具有調濕、除臭、淨化、遠紅外線與遮蔽電磁波等多方面功能之竹炭最具發展潛力。林業試驗所配合該計畫於同年8月開始投入人力與購置儀器設備進行竹炭相關之研究，藉由日本竹炭專家鳥羽曙先生來台指導，在短期內充分掌握竹炭土窯建造與竹炭燒製之技術，並依農委會之規定進行產學合作計畫，目前已為民間業者建造竹炭窯共十餘座，並輔導該等合作單位燒製竹炭，窯內最高溫度可達750°C，生產出品質優良、硬度大、吸附力強與具導電性之竹炭，為國內竹產業開創新的紀元。

竹醋液為竹炭燒製過程之副產物，於竹材炭化初期熱分解所產生之煙霧與水氣，經收集與冷卻而得之橙色透明液體。近幾年來國外已有不少學者進行竹醋液有關之研究，在基礎研究方面包括竹醋液回收裝置之開發與其性質 (Park et al. 2002a)、竹醋液之精製與利用技術 (Park et al. 2002b)與高純度竹醋液生產與加工工藝之研究 (Zhang et al. 2002)，而在應用研

究方面包括竹炭與竹醋液對農作物生長之影響 (Hasegawa et al. 2000)，竹醋液醃分抑菌性能研究 (Zou et al. 2002)、竹醋液對食品污染菌抗菌作用的研究 (Chang et al. 2002)、飼料添加竹醋液對冷凍豬肉品質特性之變化 (Kook and Kim 2003)，竹醋液對抑制種子植物發芽與幼根生長之影響 (Mu et al. 2003)，飼料添加竹醋液對豬隻生長效果、血清蛋白質圖譜、屠體等級與肉質之影響 (Kook et al. 2005)，竹醋液對微生物生長之抑制 (Sulaiman et al. 2005)。然而由於國內竹炭產業之發展時日尚淺，同時各學術機構與研究單位對竹醋液之基礎研究與應用研究，仍屬不多，為發展國內竹炭產業與振興國內竹產業，竹醋液之基本性質與其應用，實為國內各領域值得研究之新課題。

本研究以氣乾之孟宗竹與桂竹為材料，利用自行建造之土窯在燒製竹炭之過程中以測溫棒檢測煙囪溫度與窯內溫度，於煙囪溫度150°C以下收集竹醋液，檢討竹醋液收集量與煙囪溫度上升等之關係，同時於不同煙囪溫度下收集竹醋液試樣，探討炭化溫度對其基本性質之影響。

材料與方法

一、材料之準備

本研究採用竹山地區之孟宗竹(*Phyllostachys pubescens*; Moso bamboo)與竹東地區之桂竹(*Phyllostachys makino*; Makino bamboo)為材料。將其裁鋸成長度1 m之竹筒後，利用剖竹機將孟宗竹剖成寬度5~6 cm之竹片，而桂竹則未進行剖片，分別以棉線捆綁成直徑約20 cm之束。將捆綁成束之竹材進行約一週之燻煙熱處理，使其含水率降低到30~60%後，再堆疊於通風之處約2個月進行天然乾燥，使其含水率降低至14~18%再進行燒製竹炭。進窯前由1 m長之竹材中央處與距端部10 cm處分別鋸取長度2 cm之試片進行含水率測定。

二、竹炭之燒製

竹炭之燒製係使用如Fig. 1所示之自行建造之土窯，其形狀與大小，如Fig. 2所示。進窯時

將竹材由窯後方向前緊密直立排列，竹材上方與窯頂之空間，將竹材橫置稱之「上木」，作為引火材，孟宗竹材之進窯量為1,560 kg，桂竹材之進窯量為1,280 kg。完成進窯作業後以耐火磚與灶門砌築燃燒室與窯門(包括燃料口、進氣口與出灰口)後，進行預熱作業，將煙囪密閉並於燃燒室投入薪材供給熱源，使窯體與竹材溫度上升而利於炭化之進行。竹材先經數天之預熱後，於燃燒室添加大量之薪材並將煙囪全開，將「上木」引燃使得窯內上層溫度明顯上升，當窯內上層溫度達250℃，足使窯內上層竹材產生熱分解，則不必再添加材火並封閉燃料口與出灰口而只留進氣口，同時將煙囪之排煙口適度縮小，使竹材在氧氣不足之狀態下產生自發炭化，於窯底溫度上升至350~400℃時，逐漸將煙囪與進氣口加大，使較大量之空氣進入窯內並使得窯內溫度迅速上升，至最高溫達700~800℃而呈現炙熱之紅光，則進行封窯作業。

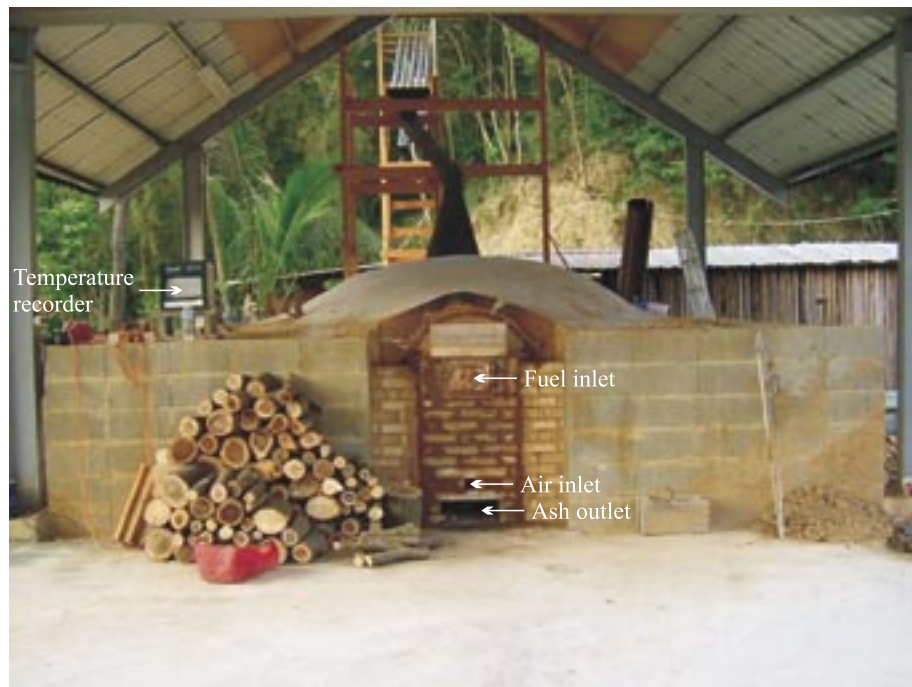


Fig. 1. Appearance of the earthen kiln for bamboo charcoal making.

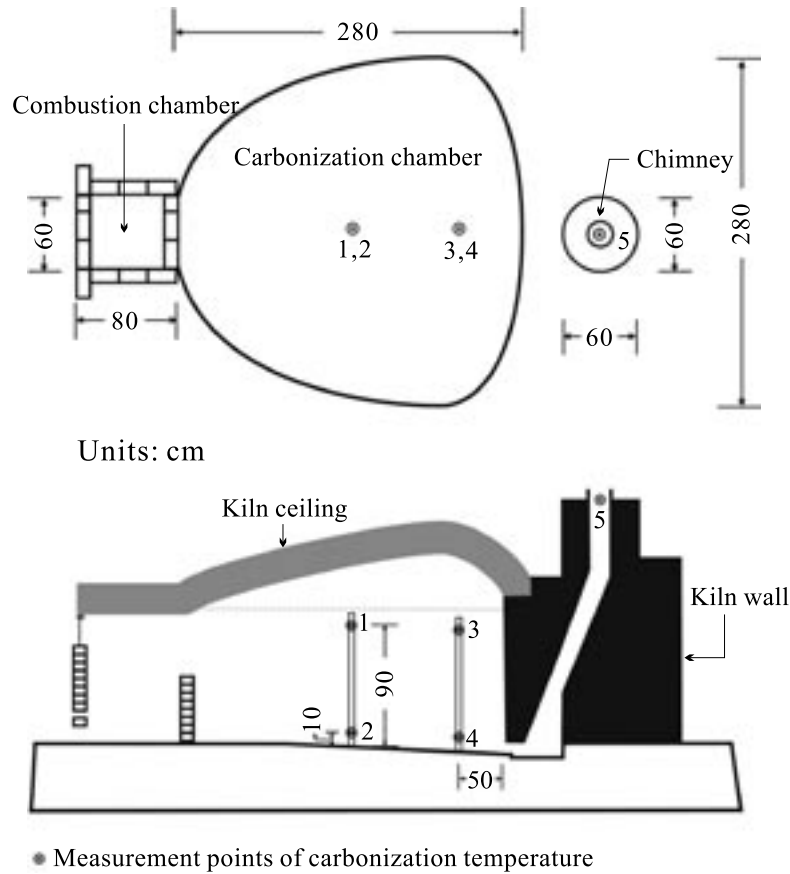


Fig. 2. Dimensions of the earthen kiln and measurement points (nos. 1~5) for temperature during bamboo charcoal making.

三、竹炭燒製時溫度之測定

竹炭燒製時採用k type直徑3.2 mm之測溫棒，測定窯內與煙囪溫度之變化，並定時記錄之。測定點如Fig. 2所示共計5處，分別於窯內中央位置與窯內後方距煙口50 cm，離地面10與90 cm處，而測定煙囪溫度時，為了減少受到煙囪外較冷空氣之影響，其測定點為煙囪口下方5 cm之中心處。

四、竹醋液之收集

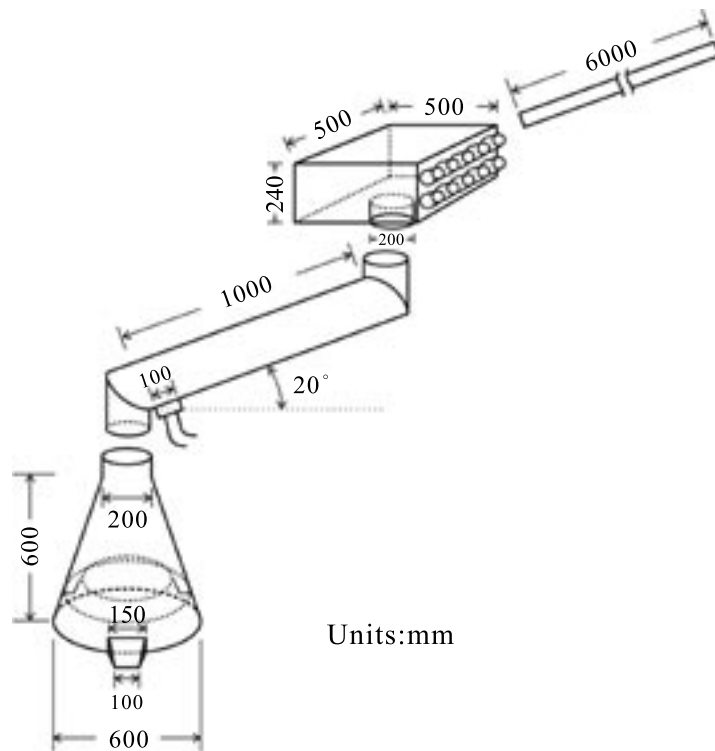
本研究之竹醋液係在土窯內之炭化過程中由竹材熱分解所產生之氣體與水蒸氣等煙霧，由煙囪排出後經不銹鋼製之集煙罩、集煙管、集煙箱與冷卻管，(如Fig. 3所示)等凝結成滴，

並沿管壁回流收集而得(如Fig. 4所示)。收集時為了不影響窯內竹材炭化之品質，集煙罩與煙囪口之距離保持約25 cm之距離，集煙管與冷卻管之斜度約為20度，又收集時以炭化初期煙囪溫度之回升點至150°C以下者為宜。竹醋液之收集量係秤取重量而加以累計，如Fig. 4所示，為了分析不同炭化溫度竹醋液之基本性質，於煙囪溫度80、90、100、120與150°C時分別收集竹醋液試樣共5組，每組試樣約為3 kg。

五、竹醋液基本性質之測試

測試項目與方法如下所述：

(一)比重：將竹醋液倒入200 ml之量筒內，以比重計測定之。



Units:mm

Fig. 3. Device made from stainless steel for bamboo vinegar collection.



Fig. 4. Bamboo vinegar collection apparatus when the temperature of the chimney was < 150°C.

劑，以0.1 N之NaOH溶液滴定，並進行空白試驗，依下式計算之。

$$\text{酸度} = ((A - B) \times N \times 6) / S (\%)$$

A：滴定竹醋液所用NaOH之ml數，

B：空白試驗滴定NaOH之ml數，

N：NaOH之當量濃度，

S：竹醋液之重量。

(四)焦油率：本項試驗係對溶解焦油加以測試，秤取1~2 g竹醋液置入坩堝，利用本生燈加熱之，至呈現乾固的黑色殘渣時，測其重量並依照下式計算之(Kishimoto 1999)。

$$\text{焦油率} = (\text{黑色殘渣重量} / \text{竹醋液重量}) \times 100 (\%)$$

結果與討論

一、竹材預熱過程與炭化過程之溫度變化

孟宗竹與桂竹在預熱過程與炭化過程中窯內溫度與煙囪口之溫度變化情形，如Figs. 5與6

(二)pH值：將竹醋液倒入100 ml之燒杯內，以pH meter測定之。

(三)酸度：秤取1~2 g竹醋液於250 ml三角燒瓶中，再以蒸餾水稀釋100倍，滴入數滴酚酞指示

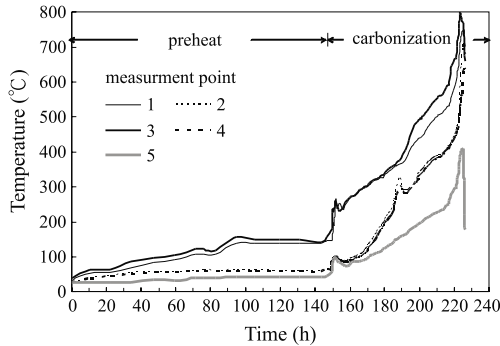


Fig. 5. Temperature curves of the preheating and carbonization process for Moso bamboo charcoal making (measurement points 1~5 are shown in Fig. 2).

所示，兩者之溫度變化曲線非常相似。一般而言，為了使炭化初期窯內溫度迅速上升而達到自發性炭化所須之溫度，並減少窯內竹材炭化速度之差異，提高產品之品質與產量，在竹材炭化之前須先進行預熱使窯體與竹材溫度上升而利於炭化之進行。本研究中預熱時間約6天，Figs. 5與6顯示經預熱後無論是在窯內中央或後方，離地90 cm之溫度(以下簡稱上層溫度)已達100°C以上，其中Fig. 5之孟宗竹者較Fig. 6之桂竹者高，而兩者離地10 cm之溫度(以下簡稱下

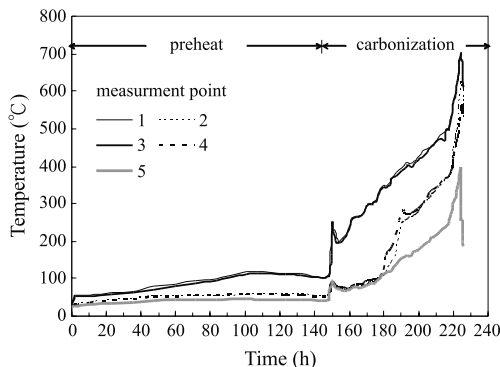


Fig. 6. Temperature curves of the preheating and carbonization processes for Makino bamboo charcoal making (measurement points 1~5 are shown in Fig. 2).

層溫度)差異不大，約為55~60°C，窯內上下層溫度差異之原因係由於來自前方燃燒室向上之熱空氣沿著窯頂下方進入窯內，並集中於窯內上方而造成。又因在預熱過程中煙囪口須加以封閉，使得窯內熱空氣無法順利到達煙囪口，故煙囪口之溫度較下層者略低。窯內竹材經預熱後，為使窯內上層達到炭化所須之溫度，於燃燒室添加多量薪材並將煙囪敞開，煙囪溫度與窯內溫度因而迅速上升，於煙囪溫度達85°C，上層溫度達250°C時，窯內之上層溫度足可使竹材產生自發性炭化而不須再添加薪材，又為了減少窯內竹材過度燃燒而降低收炭率與使窯內竹材炭化趨於安定狀態，而將煙囪口適度縮小，並將窯門之燃料口與出灰口封閉，僅留進氣口以調節進入窯內之空氣量。此時窯內因無法充分獲得之熱源與空氣，而使得窯內上層溫度下降至210~240°C，煙囪溫度下降至70~75°C，而Fig. 5之孟宗竹者較Fig. 6之桂竹者略高，此時無論是Fig. 5之孟宗竹或是Fig. 6之桂竹，其窯內下層溫度與煙囪溫度相近，約為窯內上層溫度之三分之一。各測溫點之溫度降至最低點後開始回升，在溫度回升之初期，上層溫度之回升速度較下層者明顯增快，顯示窯內竹材炭化之進行係由上而下，於下層溫度上升至400°C左右時，煙囪溫度約為240°C左右，可推知窯內竹材幾乎完成自發性炭化即一次炭化。一般而言，無論是竹炭或木炭之成分與性質依炭化溫度之高低而不同，為了降低竹炭之揮發成分，提高竹炭之含炭量與硬度，而須以較高之溫度進行二次炭化即所謂之「精煉」。本研究利用土窯進行竹炭之精煉作業，係於窯內竹材完成一次炭化，將煙囪敞開後隨其溫度上升而逐漸加大進氣口，窯內因較多量之空氣進入而使得溫度急速升高，其中Fig. 5孟宗竹者之上層溫度達795°C，Fig. 6之桂竹者705°C，而於精煉之後期，窯內下層溫度上升之速度雖較上層者快，但其溫度仍較上層者低，尤其是如Figs. 5與6所示，均以窯內後方下層之溫度為最低，其原因係與土窯之構造有關，於精煉過程所產生之二氧化碳在排出前經過窯內後方底部之煙口(如Fig. 2所示)時，對後方下層產生降溫

作用所致。窯內經過相當程度之精煉後即進行封窯作業，將進氣口與煙囪封閉後，窯內溫度則明顯下降，而煙囪因無熱氣通過，其溫度下降更為明顯，1小時內約下降200°C。

二、竹醋液之收集

本研究燒製竹炭係使用氣乾竹材，如Table 1所示，進窯時孟宗竹材之重量為1,560 kg，其含水率為14.82%，桂竹材之重量為1,280 kg，其含水率為16.89%，桂竹材進窯之重量較小，係如前所述未予切片而採用圓竹之故，於燒製竹炭時在煙囪溫度150°C以下所收集竹醋液之重量分別為89.8與101.3 kg，以進窯時之竹材重量為基準分別計算收率之結果，如Table 1所示，孟宗竹者為5.76%，桂竹者為7.91%。進窯時孟宗竹材之重量較大而其竹醋液之收率較少，可能受到進窯時孟宗竹材含水率較低所影響，同時亦有可能與窯內竹材炭化過程有關。由煙囪溫度與竹醋液收集量之經時變化(如Figs. 7與8所示)與不同階段煙囪溫度之竹醋液收集量與收集時間(如Table 2所示)得知，孟宗竹材在窯內炭化初期煙囪溫度回升點較高為76°C，而桂竹者較低為68°C，如前所述，可能係由於經6天之預熱過程後，Fig. 5之孟宗竹材之上層溫度較Fig. 6之桂竹者高所致，同時孟宗竹材炭化初期煙囪溫度回升點較高，至煙囪溫度80°C之收集時間較短，而使得炭化初期竹醋液之收集量明顯減少而影響收率。如Table 2所示，雖然炭化初期煙囪溫度80°C以下時，孟宗竹竹醋液之收集量較少，但其單位時間之收集速度較桂竹者大，同時Table 2顯示兩竹醋液分別於不同煙囪溫度階段之收集速度均各有不同，且兩竹醋液於不同煙囪溫度階段收集速度之趨勢未盡相似，然而以煙囪溫度回升點至150°C以下之總收集量而言，兩竹醋液之收集速度非常相近。如

Table 2所示，於煙囪溫度80~150°C各溫度階段之竹醋液收集量與收集時間，亦可推知煙囪溫

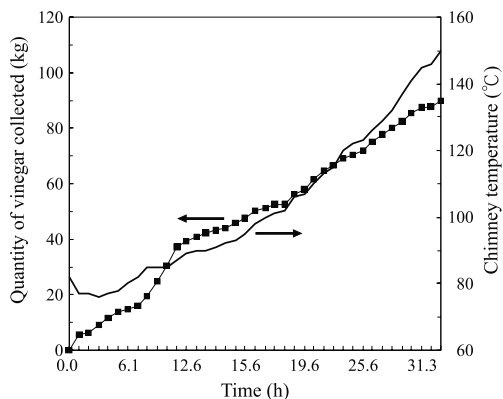


Fig. 7. Changes in the collection quantity and chimney temperature for Moso bamboo vinegar during the charcoal making process.

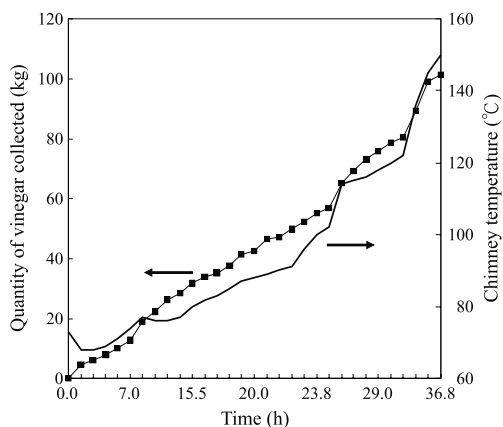


Fig. 8. Changes in the collection quantity and chimney temperature for Makino bamboo vinegar during the charcoal making process.

Table 1. Yields of bamboo vinegar collected from an earthen kiln during charcoal making

Species	Raw material weight (kg)	Moisture content (%)	Quantity of bamboo vinegar (kg)	Yield (%)
Moso bamboo	1560	14.82	89.8	5.76
Makino bamboo	1280	16.89	101.3	7.91

Table 2. Ratio and collection speed of bamboo vinegar collected from an earthen kiln at different temperature stages of the chimney

Species	Temperature stage (°C)	Quantity collected (kg)	Ratio of the total (%)	Collection time (h)	Collection speed (kg h ⁻¹)
Moso bamboo	< 80	14.7	16.37	6.08	2.80
	81~90	27.6	30.74	7.50	3.68
	91~100	8.9	9.91	3.42	2.60
	101~120	17.9	19.93	7.58	2.36
	121~150	20.7	23.05	7.68	2.70
	> 150	89.8	100.00	32.26	2.78
Makino bamboo	< 80	31.8	32.11	15.5	2.05
	81~90	15.2	14.7	5.78	2.63
	91~100	8.2	7.93	2.50	3.28
	101~120	23.6	22.82	6.22	3.79
	121~150	22.5	22.44	6.83	3.29
	> 150	101.3	100.00	36.83	2.71

度上升1°C之竹醋液平均收集量(以下簡稱竹醋液收集率)與每1小時煙囪溫度上升(以下簡稱煙囪溫度上升速度)之關係。Figs. 9與10所示分別為孟宗竹與桂竹於煙囪溫度80~150°C時之竹醋液收集率與煙囪溫度上升速度隨煙囪溫度變化之情形。由Fig. 9孟宗竹者之試驗結果得知於煙囪溫度82°C時煙囪溫度上升速度為4°C/h，而竹

醋液收集率為0.69 kg/°C，於煙囪溫度85°C時煙囪溫度上升速度降低為1°C/h，而竹醋液收集率則增加為4.84 kg/°C，至煙囪溫度89°C時煙囪溫度上升速度上升為2°C/h，而竹醋液收集率則又降低為1.04 kg/°C，於煙囪溫度90~100°C時竹醋液收集率隨煙囪溫度上升速度之增加而明顯降低，於煙囪溫度100°C以上時煙囪溫度上升速度隨煙囪溫度增加之變化較不明顯，為2.5°C/h以

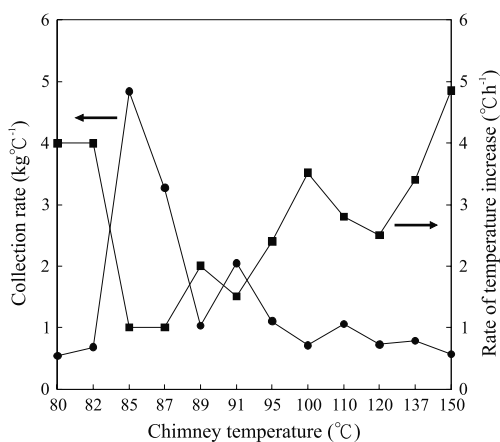


Fig. 9. Changes in the collection rate and chimney temperature increase at chimney temperatures of 80~150°C for collecting Moso bamboo vinegar.

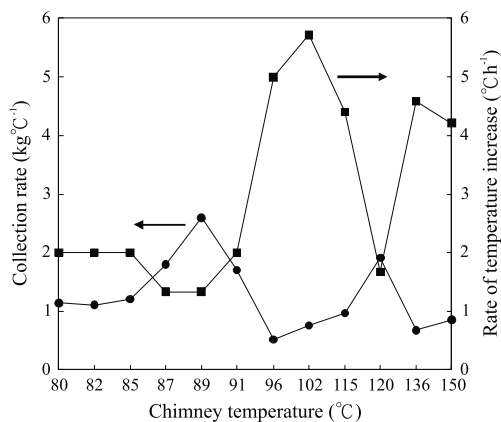


Fig. 10. Changes in the collection rate and chimney temperature increase at chimney temperatures of 80~150°C for collecting Makino bamboo vinegar.

上，其竹醋液收集率亦隨煙囪溫度增加之差異較小，為1.06 kg/°C以下。Fig. 10之桂竹竹醋液收集率與煙囪溫度上升速度隨煙囪溫度變化之趨勢，與Fig. 9之孟宗竹者不同，但兩者之共同之處為煙囪溫度上升速度快時，竹醋液收集率則降低，因此在竹材炭化過程中降低煙囪溫度之上升速度，即降低窯內炭化速度對竹醋液收集率之增加具有正面效果，同時如前所述本研究係採用氣冷方式收集竹醋液，若將收集裝置之集煙管與冷卻管增加長度或改採水冷方式，則竹醋液收集率與收集量之增加亦有正面之效果。

三、竹醋液之基本性質

由Table 3所示為煙囪溫度80~150°C收集竹醋液試樣時窯內4個測定點之溫度，得知於煙囪溫度80°C時窯內上層溫度約270°C，而下層溫度約為80~90°C，由Kuriyama於木材炭化過程之研究中所提木材之主要成分幾乎同時於200°C左右之開始產生熱分解，而在260°C以下時以半纖維素為主、260~310°C時以纖維素為主、310~450°C時以木質素為主之結果(Kuriyama 1979)，可推知窯內上層之竹材中之半纖維素幾乎已完成熱分解而木質素之大部分則尚未熱分解。至煙囪溫度150°C時窯內上層溫度約

360°C，而下層溫度約為240~280°C，亦可由Kuriyama之研究結果推知窯內上層之竹材中之纖維素與半纖維素幾乎均已完成熱分解而木質素則已有相當程度之熱分解，窯內下層之竹材中之半纖維素幾乎已完成熱分解而纖維素之大部分則開始產生熱分解。

於不同煙囪溫度收集孟宗竹與桂竹竹醋液基本性質測試之結果，如Table 4所示。由Table 4得知兩竹醋液之比重與焦油率於煙囪溫度80~120°C時，受煙囪溫度上升之影響較不明顯，而煙囪溫度150°C時兩竹醋液比重與焦油率則明顯增大，可推知竹醋液比重之增加可能與焦油率之增加有關，在任一煙囪溫度下孟宗竹竹醋液之比重均較桂竹者大，而於煙囪溫度120與150°C時，孟宗竹竹醋液之焦油率較桂竹者大，其他煙囪溫度下兩竹醋液焦油率之差異較不明顯。又由Table 4得知孟宗竹竹醋液之pH為2.49~3.49，桂竹竹醋液之pH為3.10~4.14，兩竹醋液之pH均隨煙囪溫度上升而增大，在任一煙囪溫度下孟宗竹竹醋液之pH均較桂竹者小。孟宗竹竹醋液之酸度為8.82~9.62%，桂竹竹醋液之酸度為4.39~5.91%，由此可推知孟宗竹材在熱分解時所產生之醋酸較桂竹者多，而兩竹醋液之酸度隨煙囪溫度上升而產生變化之趨勢不明顯。

Table 3. Temperature of the chimney and measurement points in the earthen kiln for collecting test samples of bamboo vinegar

Species	Chimney temperature (°C)	Temperature of measurement points ¹⁾ (°C)			
		1	2	3	4
Moso bamboo	80	269	93	271	88
	90	294	111	294	104
	100	131	137	305	124
	120	328	190	333	181
	150	360	277	368	263
Makino bamboo	80	272	79	271	86
	90	308	91	306	98
	100	337	96	330	102
	120	360	140	352	179
	150	396	245	388	283

¹⁾ Measurement points are shown in Fig. 2.

Table 4. Basic properties of bamboo vinegar collected at different chimney temperatures

Species	Chimney temperature (°C)	Specific gravity	pH	Acidity (%)	Tar content (%)
Moso bamboo	80	1.0105	2.49	9.08	0.1284
	90	1.0120	2.64	9.16	0.1285
	100	1.0120	2.81	9.62	0.1579
	120	1.0105	3.12	8.82	0.1626
	150	1.0145	3.49	9.46	0.3605
Makino bamboo	80	1.0055	3.10	4.39	0.1441
	90	1.0058	3.43	4.78	0.1674
	100	1.0080	3.65	5.64	0.1584
	120	1.0080	4.14	4.56	0.1132
	150	1.0110	4.09	5.91	0.2459

結論

一般而言，影響竹醋液收集量與基本性質之因素甚多，可大分為材料、窯型與炭化條件等主要因素，其中材料包括竹種、竹齡、產地、材質、比重與含水率等，窯型包括熱源種類、窯體類別、窯體材料、窯體形狀大小與竹醋液收集裝置等，炭化條件包括升溫速度、窯內炭化溫度煙囪溫度與竹醋液收集時間等。由本研究利用土窯以氣乾竹材為原料燒製竹炭時，採用氣冷方式收集竹醋液之試驗結果得知至煙囪溫度150°C之竹醋液收集速度約2.70 kg/h，其收率約5.5~8.0%，同時在炭化初期若能減緩窯內溫度上升速度，即延長竹醋液之收集時間對竹醋液收率之增加，亦有正面之效果。由竹醋液基本性質測試之結果得知，竹醋液之比重與焦油率於煙囪溫度80~120°C時，受煙囪溫度上升之影響較不明顯，而煙囪溫度150°C者則明顯增大。竹醋液之pH均隨煙囪溫度上升而增大，而酸度受煙囪溫度上升之影響不明顯。

謝誌

本研究承行政院農業委員會林業試驗所公務預算計畫94農科-11.2.2-森-G4(03)與95農科

-12.2.2-森-G4經費補助，得以順利完成，特此誌謝。

引用文獻

- Chang YN, Yu JY, Ni W, Wo NP. 2005.** Study on bacteriostasis of bamboo vinegar against food-polluting bacteria. *Chem Ind For Prod* 25(4):83-5. [in Chinese with English summary].
- Hasegawa A, Fukai S, Morokuma M. 2000.** Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar on growth of agricultural plants. *Tech Bull Faculty Agric Kagawa Univ* 52:85-90. [in Japanese with English summary].
- Kishimoto S. 1999.** Charcoal and wood vinegar. Tokyo: Soshinsya. p 250-3. [in Japanese].
- Kook K, Jeong JH, Kim KH. 2005.** The effects of supplemental levels of bamboo vinegar liquids on growth performance, serum profile, carcass grade, and meat quality characteristics in finishing pigs. *J Ani Sci Technol* 47(5):721-30. [in Korean with English summary].
- Kook K, Kim KH. 2003.** Changes in meat quality characteristics on refrigerated pork loin fed with supplemental bamboo vinegar. *J Ani*

Sci Technol 45(2):265-72. [in Korean with English summary].

Kuriyama A. 1979. A study on the carbonization process of wood. Bull For For Prod Res Inst 304:7-76. [in Japanese with English summary].

Mu J, Uehara T, Furuno T. 2003. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants. J Wood Sci 49(3):262-70.

Park SB, Kwon SD, Kim YK, Koo JO. 2002a. Development of new uses of bamboos (VI) – Development of recovery system of bamboo vinegar and its properties. KFRI J For Sci (Seoul) 65:87-96. [in Korean with English summary].

Park SB, Kwon SD, Kim YK, Koo JO.

2002b. Development of new uses of bamboos (VII) – Refining and utilizing techniques of bamboo vinegar. KFRI J For Sci (Seoul) 65:97-105. [in Korean with English summary].

Sulaiman O, Murphy RJ, Hashim R, Gritsch CS. 2005. The inhibition of microbial growth by bamboo vinegar. J Bam Rat 4(1):71-80.

Zhang WB, Hua Yk, Wang WL, Fu QH. 2003. Study on technology of high purity bamboo vinegar production. Chem Ind For Prod 23(1):46-50. [in Chinese with English summary].

Zou XM, Qiang JQ, Lu SY. 2005. Study on anti-microbial functions of bamboo-vinegar distillates. Chem Ind For Prod 125(3):33-7. [in Chinese with English summary].

