

國立中興大學園藝學系
Department of Horticulture
National Chung Hsing University

碩士學位論文
Master Thesis

竹筍苦味物質調查
Investigation of Bitter Component in Bamboo Shoot

指導教授：黃三光 博士 San-Gwang Hwang
謝慶昌 博士 Ching-Chang Shiesh

研究生：陳思吟 Zsu-Yi Chen

中華民國一〇四年七月

July, 2015

國立中興大學園藝學系
碩士學位論文

題目：竹筍苦味物質調查

姓名：陳思吟

學號：7099032017

經口試通過特此證明

論文指導教授：國立中興大學園藝學系助理教授
黃三光博士 黃三光

國立中興大學園藝學系副教授
謝慶昌博士 謝慶昌

論文考試委員：國立嘉義大學園藝系教授
蔡智賢博士 蔡智賢

國立中興大學園藝學系副教授
謝慶昌博士 謝慶昌

國立中興大學園藝學系助理教授
黃三光博士 黃三光

中華民國 104 年 7 月 31 日

致謝辭

本論文的完成，感恩黃三光老師、謝慶昌老師、林慧玲老師、蔡志賢老師的指導！感恩處理室的團隊！感恩每個人的溫暖與幫助！沒有大家的協助，是不可能完成這本論文的！從沒想過，碩士班竟念了四年之久。這段漫漫長路，曾經反反覆覆不知所為何來，也曾經放棄過，休學一年。細數過往，竟發現只剩下感恩，原來走過的一切不會白費。

感恩碩班前兩年，宋好老師的指導，還有那時，蔬菜研究室團隊的資源，以及農試所生技組的幫助。只是很懺悔，那時的思吟很不認真，沒有完成學業。再一次的，謝謝宋老師！

感恩黃三光老師，謝慶昌老師與林慧玲老師、處理室的團隊，以及農試所的夏錡鈺老師研究室！感恩老師的細心指導，給予機會，這一路以來真的麻煩老師們了，無法用言語說明，這份感激。感恩處理室的淑惠學姊，還有所有的學弟妹的幫助、提醒，這一年來，有許多不熟悉、不清楚的事情，都是因為有大家在，才得以完成。

感恩我的家人，這段時間以來的包容與支持。真的，好愛你們。

當真細數起來，驚覺要感恩的對象真的寫都寫不完。每個遇見的人、每件遇到的事，都想深深的擁抱、都想大聲的、用力的說聲：謝謝你！

最後，最重要的，感恩我的師父 妙禪師父。在每個徬徨無助的當下，開啟一扇扇生命的門，牽著思吟的手，一個又一個的堅定走過。在每個不安恐懼的當下，派來每個貴人，護持思吟：不要害怕，師父一直都在。在每個想要逃避的時候，教導思吟，坦然與面對。至今有擁有的提升、改變，沒有您，這一切不會成就。

妙禪師父給予的，不是人生的順遂，是生命的真實義，是真正的永世圓滿。

感恩 師父

讚歎 師父

感恩一切的際遇

思吟合十懺悔感恩

中文摘要

本試驗擬調查筍出青與否之苦味物質變化，與不具苦味之甜龍筍進行比較，以確定甜龍筍無論出青與否均不具苦味的原因。紫杉氰糖苷分解後產物為氰酸(HCN) 與對羥基苯乙醇腈 (p-Hydroxybenzaldehyde)，藉由測定氰酸含量，可得知紫杉氰糖苷的累積程度。竹筍氰酸濃度頂端最高，往下而遞減。出青綠竹筍氰酸濃度頂段 3.12 mg/g·F.W.、中段 2.87 mg/g·F.W.、底段 0.48 mg/g·F.W.；未出青綠竹筍氰酸濃度依序為 0.44、0.03、0.00 mg/g·F.W.。顯示綠竹筍出青與否對氰酸濃度有明顯之差異，而麻竹筍、烏殼綠竹筍、也有相同趨勢。然而甜龍筍無論出青與否，在各部位氰酸累積均極低，在官能品評上，亦沒有苦味之口感，顯示苦味產生與氰酸之累積具有相關性。此外，總酚類化合物、總游離胺基酸、及可溶性性蛋白質甜龍筍較綠竹筍低。

關鍵字：甜龍筍、麻竹筍、苦味、官能品評、氰酸



Summary

The objective of this study is to investigate the effect of bamboo shoot greening on the variation of its bitter compounds and to determine the reason why *Dendrocalamus hamiltonii* Nees et Arn. ex Munro has no bitter taste in young shoots whether they are green or etiolated. In bamboo shoots, taxiphyllin is generally thought to be responsible for their bitter tastes and taxiphyllin can be decomposed to form hydrogen cyanide and p-hydroxybenzaldehyde. Results from our study indicated that hydrogen cyanide concentrations are high in the top portion of bamboo shoots and gradually reduced towards the base. For example, the concentrations of hydrogen cyanide in green shoot of *Leleba oldhami* Nakai were 3.12, 2.87, and 0.48 mg/g·F.W in the top, middle, and base, respectively. In contrast, the values were 0.44, 0.03, and 0.00 mg/g·F.W in the top, middle, and base portion of etiolated *Leleba oldhami* Nakai shoot, respectively. Similar results were observed in other bamboo species such as *Dendrocalamus latifloxus* Munro and *Leleba edulis* Odashimo. On the other hand, the concentration of hydrogen cyanide was very low in *Dendrocalamus hamiltonii* Nees et Arn. ex Munro. Results from sensory evaluation suggested that the bitterness is positively related to accumulation of hydrogen cyanide. Furthermore, total phenolic compounds, free amino acids, and soluble proteins were lower in *Dendrocalamus hamiltonii* Nees et Arn. ex Munro shoots compared to those in *Leleba oldhami* Nakai shoots.

National Chung Hsing University

Key Words: *Dendrocalamus hamiltonii* Nees et Arn. ex Munro, *Dendrocalamus latifloxus* Munro, Bitterness, Sensory Evaluation, Hydrogen Cyanide

目錄

中文摘要.....	ii
Summary	iii
壹、前言	1
貳、前人研究	2
一、竹筍概述.....	2
二、食用竹筍苦味.....	3
三、竹筍營養價值.....	4
參、材料與方法	5
一、材料.....	5
(一) 第一次試驗.....	5
(二) 第二次試驗.....	5
二、竹筍外觀與色澤.....	5
三、出青與未出青竹筍之品質分析.....	6
(一) 多酚氧化酶活性、過氧化酶活性及氰酸.....	6
(二) 總酚類化合物、游離胺基酸、可溶性蛋白質及酪胺酸.....	6
(三) 總可溶性固形物.....	7
四、煮沸處理對竹筍品質之影響.....	8
(一) 官能品評.....	8
五、統計分析.....	8
肆、試驗結果	10
一、竹筍不同部位與出青與否氰酸含量差異.....	10
二、夏季常見食用筍出青與否之官能品評與品質調查.....	14
伍、討論	20
一、食用筍出青與否之官能品評與不同部位與出青與否氰酸含量差異.....	20
二、夏季常見食用筍品質調查.....	21

參考文獻.....	22
附錄.....	24



圖表目錄

圖 1. 各品種竹筍外觀.....	9
表 1. 甜龍筍與綠竹筍之氰酸比較.....	12
表 2. 甜龍筍與綠竹筍之總酚類化合物比較.....	12
表 3. 甜龍筍與綠竹筍之游離胺基酸比較.....	12
表 4. 甜龍筍與綠竹筍之可溶性蛋白比較.....	13
表 5. 甜龍筍與綠竹筍之過氧化酶活性比較.....	13
表 6. 甜龍筍與綠竹筍之多酚氧化酶活性比較.....	13
表 7. 竹筍品種間、出青與否及不同部位之可溶性固形物含量與筍籜色差.....	16
表 8. 竹筍品種間及出青與否之苦味官能品評指數.....	17
表 9. 竹筍品種間頂端之氰酸含量.....	17
表 10. 竹筍品種間頂端之總酚類化合物含量.....	18
表 11. 竹筍品種間頂端之可溶性蛋白質含量.....	18
表 12. 竹筍品種間頂端之游離胺基酸含量.....	19
表 13. 竹筍品種間頂端之酪胺酸含量.....	19

壹、前言

竹筍為竹之幼嫩生長組織，屬禾本科，竹亞科，多年生常綠單子葉植物。在臺灣，是夏季主要的蔬菜之一，可供鮮食或加工製成各種產品。常見食用竹筍的種類有：綠竹筍、麻竹筍，烏殼綠竹筍、孟宗竹筍、桂竹筍、箭竹筍等。依據 2013 年農業統計年報指出，目前竹筍全臺總栽培面積 25881 公頃，其中以嘉義縣栽培面積最廣，雲林縣、臺南市、新北市、南投市次之。產期從 3 月開始直到 10 月，橫跨春夏秋三季。夏季常見的竹筍以綠竹筍、麻竹筍、烏殼綠竹筍為主。

竹筍生長快速，從地下莖冒出土後，筍尖照光後會轉為綠色，是為出青。出青的竹筍，水煮後仍易帶有明顯的苦味。栽培上，農民為避免竹筍出青，常見在竹基部覆土或覆蓋黑色塑膠布，並於清晨採收，以減少出青對竹筍品質、口感上帶來的影響。

竹筍的苦味物質來源為紫杉氰糖苷 (taxiphyllin)，屬於酚類糖苷，水解後會釋放出具毒性的氰酸 (HCN)，對於植株本身而言，是一保護機制。由於紫杉氰糖苷對熱的不穩定性，遇熱極易分解，故很少有熟食竹筍中毒事件發生。

近來，少數農民開始試種一新興筍種，因照光後也沒有苦味，受到注意，是為甜龍筍。甜龍筍為禾本科，竹亞科，麻竹屬。主要分為三類，臺灣常見的甜龍筍品種為版納甜龍筍 (*Dendrocalamus hamiltonii* Nees et Arn. ex Munro)，原產於中國雲南、印度、緬甸等地，目前臺灣農民引用的種原多來自中國雲南。

本研究以甜龍筍與出青及未出青的綠竹筍，比較竹筍頂段、中段與底段紫杉氰糖苷之分解後氰酸的濃度差異。接續調查夏季常見市售食用筍：綠竹筍、烏殼綠竹筍、麻竹筍與甜龍筍在外觀性狀、品質、官能品評苦味差異，盼能對甜龍筍在臺灣之推廣有所助益。

貳、前人研究

一、竹筍概述

竹類為禾本科 (Gramineae) 竹亞科 (Bambusoideae) 常綠多年生植物，全世界約有 75 屬，1250 餘種 (Singhal *et al.*, 2013)，主要分布在熱帶地區，赤道兩旁之南、北回歸線範圍尤多。在臺灣，竹類約有 89 種，還有許多外來引種 (呂錦明，2010)。每年約三、四月起，氣溫回升，春雨降後，地下莖所生之嫩芽，抽出地面並漸長成竹，其短縮肥大的嫩芽稱為竹筍，可供食用 (顏和張，2005)。

為保護新生的嫩芽，竹筍外有包覆保護的葉片，是為筍箨 (sheath)，一般稱為竹殼、筍殼、筍皮等。每節一片，左右互生，隨著竹節的生長，最終脫落。筍箨上方附著之葉子狀的箨葉 (blade)，有些竹種之箨葉是早落性，亦有留存性。箨葉形狀、大小常依竹種、著生節位而異，亦是竹種分類依據之一 (呂，2010) (圖 1)。

竹筍是臺灣夏季主要的蔬菜之一，可供鮮食或加工製成各種產品。臺灣常見食用竹筍依生育型態及生長習性可分為，合軸叢生型：綠竹筍 (*Leleba oldhami* Nakai)、麻竹筍 (*Dendrocalamus latifloxus* Munro)、烏殼綠竹筍 (*Leleba edulis* Odashimo)、箭竹筍 (*Pseudosasa usawai* Makino et Nemoto)；單幹散生型：孟宗竹筍 (*Phyllostachys pubescens* Mazel ex Houz Lehaie)、桂竹筍 (*Phyllostachys makinoi* Hayata) 等 (張與孫，1990)。

臺灣竹筍栽培面積甚廣，依據 2013 年農業統計年報指出，目前竹筍全臺總栽培面積 25881 公頃，其中以嘉義縣栽培面積最廣，雲林縣、臺南市、新北市、南投市次之。其中，麻竹筍、綠竹筍、烏殼綠竹筍產量較大，產期從 3 月開始直到 10 月，橫跨春夏秋三季。孟宗竹筍發筍期在 12-5 月間，有冬筍有春筍之分。桂竹筍產其主要集中於 3-4 月，而箭竹筍則盛產於冬季。

臺灣夏季主要筍種包含麻竹筍、綠竹筍、烏殼綠竹筍，近來臺灣出現一新興筍種，與麻竹筍同屬，同屬於大型筍材兩用竹，下述說明之：

甜龍筍 (*Dendrocalamus hamiltonii* Nees et Arn. ex Munro)，為禾本科，竹亞科，麻竹屬。是中國大陸常見的筍材兩用竹。主要分為四類，是為勃式甜龍竹、版納甜龍竹、馬來甜龍竹、野龍竹，均為不帶苦味的品種。臺灣常見的甜龍筍品種以版納甜龍筍可能性最高，原產於中國雲南思茅、西雙版納、印度、緬甸、尼泊爾、錫金、不丹及寮國等地，目前中國各地多有引種栽培。目前臺灣農民引用的種原多來自中國雲南。版納甜龍竹俗稱甜竹、甜龍竹，為大型合軸叢生竹類。株高 1.2-1.8 m，徑粗 9-18 cm。原產雲南的西雙版納及思茅的熱帶地區。年平均溫 $\geq 18^{\circ}\text{C}$ ，最冷月均溫 $\geq 12^{\circ}\text{C}$ 。臺灣在栽培上，農民均比照麻竹及烏殼綠竹管理。由於甜龍竹植株高大，必須在竹稈長成後切斷頂梢，以防風害。甜龍筍沒有苦味，栽培不需特別加以覆蓋，筍箨成紅褐色 (杜，2003；顏，2015；譚與武，2006)

二、食用竹筍苦味

竹筍生長快速，從地下莖冒出土後，筍尖照光後會轉為綠色，是為出青（顏和張，2005；Choudhury *et al.*、2010）。出青的竹筍，水煮後仍易帶有明顯的苦味。栽培上，農民為避免竹筍出青，常見在竹基部覆土或覆蓋黑色塑膠布，並於清晨採收，以減少出青對竹筍品質、口感上帶來的影響。

味覺的產生是由於舌頭上的味蕾細胞將訊息傳遞大腦所產生的感覺。喜歡甜味和鹹味而討厭酸味和苦味是與生俱來的自然反應，多數味苦的食物，常具有毒性。具苦味的物質多為含氮的生物鹼（Alkaloid），具有配糖體（glycosides）（Wenner、2008）。自然界中，苦味物質常伴隨毒性，人體對於苦味的閾值（threshold）極低，低濃度的苦味物質即可產生刺激，如咖啡因（caffeine）苦味閾值 1.2 ± 0.12 mM、鹽酸奎寧（Quinine HCl）苦味閾值 0.0083 ± 0.001 mM（Keast and Roper、2007）。對苦味的敏感性於生物體而言是一保護機制。但苦味的感受強度亦受環境與基因影響，造成苦味感知非由單一受體傳導，且不同的苦味物質其傳導路徑不同。並非所有苦味物質對舌頭的刺激均隨著濃度增加而隨之增強。Keast and Roper（2007）報告中指出，咖啡因的苦味閾值與其閾值以上的苦味強度感受無相關性；另外，鹽酸奎寧的苦味閾值與其閾值以上的苦味強度感受呈現負相關。當受試者對於鹽酸奎寧的苦味閾值低時（即對此物質敏感），高濃度的鹽酸奎寧苦味感受低於苦味閾值高的受試者

竹筍的苦味物質來源，紫杉氰糖苷（Taxiphyllin）（圖 2），最早由 Conn（1969）在麻竹（*Dendrocalamus hamiltonii*）中確認，並後續在 *D. giganteus*、*D. hamiltonii*、*Bambusa vulagris*、與 *B. guadua* 等竹之品種檢測出相同物質（Schwarzmaier、1976；Vetter、2000），水解後會釋放出具毒性的氰酸（HCN）。

（一）氰糖苷與毒性

氰糖苷（cyanogenic glycoside）的毒性在於其經水解酶 β -glucosidase 以及 hydroxynitrile lyase 作用後，會釋放出具毒性的氰酸（HCN），即產氰現象（cyanogenesis）（圖 3）。當組織遭到破壞時， β -glucosidase 以及 hydroxynitrile lyase 便有機會與氰糖苷接觸，發生水解產生氰酸與醛（aldehyde）或酮類（ketone）（Choudhury *et al.*、2010；Satya *et al.*、2010；Singhal *et al.*、2013）。目前已知，至少有 2650 種植物會產生氰糖苷，當植株受掠食者破壞時，細胞破裂，緊接著釋放氰酸，對於植物本身，是一保護作用（Zagrobelny *et al.*、2004）。

氰離子（CN⁻、cyanide）的毒性在於，其可以 HCN 或 NaCN 的形式被消化道快速吸收，與細胞內的血紅蛋白（hemeoprotein）結合，抑制細胞色素氧化酶（cytochrome oxidase）活性，因而抑制細胞呼吸作用（cellular respiration）。死亡即導因於細胞呼吸作用受到抑制，造成的一般性缺氧症（anoxia）（Hunter and Yang、2002）。氰酸對於人體的致死劑量為每公斤體重 0.5-3.5 mg 的單一口服劑量（Conn、1969）。由於紫杉氰糖苷對熱的不穩定性，遇熱極易分解，故很少有熟食竹筍中毒事件發生。

(二) 紫杉氰糖苷 (Taxiphyllin) 化學特性

紫杉氰糖苷屬於酚類糖苷 (phenolic glycosides)，其配糖體為對羥基苯乙醇腈 (p-Hydroxybenzaldehyde)。紫杉氰糖苷遇熱極易降解，在開放式環境下，將紫杉氰糖苷標準品投入 100°C 沸水 5 分鐘後，經 HPLC 分析已無紫杉氰糖苷，只有對羥基苯乙醇腈，回收率 75%。將筍片投入 100°C 沸水 15 分鐘後，也得到相同結果，由此可知，水煮即可迅速有效的去除紫杉氰糖苷 (張與孫，1990)。

Schwarzmaier (1977) 的研究報告指出，利用 C¹⁴ 追蹤後，證實紫杉氰糖苷是快速生長的竹筍中，L-酪胺酸 (L-tyrosine) 合成 L-天冬醯胺 (L-asparagine) 的中間產物，由於單位時間內從 L-酪胺酸生合成紫杉氰糖苷的量，大於紫杉氰糖苷轉化為 L-天冬醯胺的量，因此造成紫杉氰糖苷的堆積(張與孫，1990)。

三、竹筍營養價值

竹筍由於低脂且富含碳水化合物、高鉀、膳食纖維、維生素 A、維生素 B6、維生素 E，以及抗氧化物：如酚、類黃酮等。Satya 等人 (2010) 指出，竹筍總脂肪含量為 0.5%、碳水化合物 5.7%、蛋白質 3.9%，礦物質 1.1%，含水量 88.8%。由於富含養分，被視為一潛力營養食物 (Nongdam and Tikendra, 2014)。

(一) 游離氨基酸

竹筍含有 17 氨基酸，其中 8 種為人體的必需氨基酸。Kozukuen 等人 (1983) 調查孟宗竹 (*Phyllostachys pubescens*) 之竹筍游離氨基酸 (free amino acid) 含量，以酪胺酸 (Tyrosine) 含量最高。但 Sharma 等人 (2004) 調查五種不同品種竹筍，指出竹筍不同品種間，游離氨基酸 (free amino acid) 的含量差異極大。

(二) 可溶性蛋白質

Ballhorn 等人於 2009 年文獻中指出，植株本身的營養狀態，如：糖、蛋白質等的累積，與產氰植物的氰酸累積的位置有正相關性。報告中調查一大型竹種 *Cathariostachys madagascariensis* 在不同生長時期竹筍與竹葉的氰酸與可溶性蛋白質含量的相關性。結果指出，氰酸在靠近竹尖生長點及新葉上，濃度最高；同時，可溶性蛋白質的含量分布也有相似的趨勢。

參、材料與方法

一、材料

(一) 第一次試驗

第一次試驗時間為 103 年 7 月 11 日至 104 年 4 月 24 日。取甜龍筍、未出青與出青綠竹筍為試驗材料。甜龍筍取自國立中興大學園藝試驗場；未出青綠竹筍取自臺中市太平區；出青綠竹筍取自國立中興大學園藝試驗場，取筍身已全綠且自基部往上第一節間已抽長五公分者作為樣本進行試驗。試驗材料早晨採取未經清洗便直接送往實驗室。

由於竹筍同品種筍間差異極大，又採收時割取標準不一。為求均一取樣，試驗材料洗淨後，挑選筍身及筍面無受傷之竹筍，筍基部第一節位置再次切除。每處理取大小均等三支竹筍為三重複，每重複一支竹筍。每支竹筍去除筍箨後，均分為三段，是為頂段 (top)、中段 (middle)、底段 (base)。每重複中，每段取三個樣本之平均值做為該段數值。

本次試驗分析甜龍筍、未出青與出青綠竹筍組織內總酚類化合物、游離胺基酸、可溶性蛋白質及氰酸濃度。

(二) 第二次試驗

第二次試驗時間為 104 年 5 月 22 日至 104 年 6 月 15 日。取甜龍筍、未出青與出青麻竹筍、未出青之綠竹筍與烏殼綠竹筍進行試驗。甜龍筍取自國立中興大學園藝試驗場；未出青與出青麻竹筍取自臺中市太平區林姓農民農場；綠竹筍、烏殼綠竹筍分別取自臺中市太平區、雲林縣古坑鄉。出青麻竹筍選取筍身已全綠且者作為樣本進行試驗。試驗材料早晨採取未經清洗便直接送往實驗室。

(圖 1)

試驗方法與一、(一) 試驗方法同。唯本次試驗，除外觀色澤調查、顏色、全可溶性固形物之分析外，其餘組織內總酚類化合物、游離胺基酸、可溶性蛋白質、氰酸及酪胺酸濃度僅取竹筍頂段進行分析。

二、竹筍外觀與色澤

筍箨色澤則以手持式色差儀 (MiniScan by hunter Lab) 測定。每支竹筍分為頂段、中段、底段三個區段，每區段測定三點。分別測定 L、a*、b* 值。L 值代表明度 (lightness)，色相中表示明暗程度的變化，白色明度 100，黑色明度為 0。a* 值數值為正值表示偏紅色，負質則偏綠色。b* 值數值為正值為偏黃色，負質則偏藍色。

三、出青與未出青竹筍之品質分析

(一)多酚氧化酶活性、過氧化酶活性及氰酸

秤取 2 g 新鮮樣本，置於冰浴中的研鉢，加入少許海砂與 5 mL 磷酸緩衝溶液 (0.1 M、pH 7.0、含 1% PVP 及 0.25% Triton) 研磨均勻後，倒入 12 mL 高速離心管中。在 4°C 以 20000 xg 高速離心 20 分鐘後，過濾取上清液於冰浴中備用。測定氰酸之樣本，萃取溶液換為 5 mL 磷酸 (phosphoric acid、0.1M)。另外，若僅單獨測定多酚氧化酶活性，磷酸緩衝溶液中，無須加入 1% PVP 及 0.25% Triton。

1.多酚氧化酶活性

依 Lee 和 Smith (1979) 所述方法，酶活性測定時，依序加入 1.9 mL 磷酸緩衝溶液 (0.1 M、pH 8.0)、0.2 mL 兒茶酚 (catechol、0.5 M) 與 0.1 mL 之樣本上清液。快速混合均勻後，以分光光度計 (Shimadzu UV-200S) 及紀錄器 (Recorder) 紀錄在波長 420 nm 下，反應初期 (0-60 秒) 吸光值的變化。單位以 $\Delta A_{420}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ 表示。

2.過氧化酶活性

依 Johnson 和 Cunningham (1972) 所述方法，酶活性測定時，依序加入 2 mL 含有 3.6 mM 愈創木酚 (guaiacol) 的磷酸緩衝溶液 (0.04 mL、guaiacol 加入 0.1 M、pH 6.0 磷酸緩衝溶液中定量到 100 ml)、0.2 mL 去離子水、0.1 mL 之 0.0135 M 的 H_2O_2 與 0.1 mL 之樣本上清液。快速混合均勻後，以分光光度計 (Shimadzu UV-200S) 及紀錄器 (Recorder) 紀錄在波長 470 nm 下，反應初期 (0-60 秒) 吸光值的變化。單位以 $\Delta A_{470}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ 表示。

3.氰酸

依 Bradbury 等人 (1994) 與 Haque 及 Bradbury (2002) 所述方法，取 0.5 mL 上清液加入 0.5 mL 硫酸 (H_2SO_4 、4M)，均勻混合並在試管口塞緊血清塞，沸水浴 50 分鐘。冰浴降溫後，加入 1.25 mL 的氫氧化鈉 (NaOH、3.6M)，靜待 5 分鐘，途中血清塞不可移除，並保持冰浴。接著樣本依適當倍數稀釋後，接續後續反應。取 1 mL 稀釋液，加入 7 mL 的醋酸緩衝溶液 (acetate buffer、0.2 M、pH 5.0)、0.4 mL 的 0.5% chloramine-T solution，混合均勻後冰浴 5 分鐘。接續加入 1.6 mL 的 isonicotic acid/barbituric acid solution (取 40 mL 蒸餾水，加入 0.85 g isonicotic acid、0.9 g barbituric acid，用 5 M 的 NaOH 定性至 pH 11.0，蒸餾水定量至 50 mL)，常溫下靜置 60 分鐘後，以分光光度計 (Spectrophotometer、Hitachi U-2000) 測定在波長 600 nm 下，樣品吸光值。標準曲線以 1 mM NaCN 配置。單位 $\text{mg}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ 。

(二)總酚類化合物、游離胺基酸、可溶性蛋白質及酪胺酸

秤取 1 g 新鮮樣本，置於冰浴中的研鉢，加入少許海砂與 5 mL 磷酸緩衝溶液 (0.1 M、pH 7.0) 研磨均勻後，倒入 12 mL 高速離心管中。在 4°C 以 20000 xg

高速離心 20 分鐘後，過濾取上清液於冰浴中備用。上清液依適當倍數稀釋後，接續後續反應。

1. 總酚類化合物

依 Keith 等人 (1958) 所述方法，樣本稀釋 2 倍後，取 1 mL 稀釋液，加入 0.1 mL 的 Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Merck)、0.2 mL 的 20% Na_2CO_3 與 8.9 mL 去離子水，混合均勻後，於沸水浴中加熱 3 分鐘。待冷卻後以分光光度計 (Spectrophotometer、Hitachi U-2000) 測定在波長 660 nm 下，樣品吸光值。標準曲線以 100 ppm 的咖啡酸 (caffeic acid) 配置。單位以 $\mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$ 表示。

2. 游離氨基酸

依 Rosen (1957) 所述方法，樣本稀釋 20 倍後，取 1 mL 稀釋液，加入 1 mL 的 ninhydrin reagent (1 升中含有 5 g ninhydrin、95 g KH_2PO_4 、43 g NaH_2PO_4 、及 3 g fructose。溶於蒸餾水定量後，需遮光 2°C 保存)，於沸水浴中加熱 10 分鐘。迅速冷卻後，再加入 5 mL color diluent (2 g KIO_3 溶解於 600 mL 蒸餾水，再以 95% 酒精稀釋至 1 升)，均勻混合後以分光光度計 (Spectrophotometer、Hitachi U-2000) 測定在波長 570 nm 下，樣品吸光值。標準曲線以 1 mM α -alanine 配置。單位以 $\mu\text{mol alanine/g}\cdot\text{F.W.}$ 表示。

3. 可溶性蛋白質

依 Lowry 等人 (1951) 所述方法，樣本稀釋 40 倍後，取 2 mL 稀釋液，加入 5 mL 的 reagent A 混合均勻靜置 10 分鐘後，加入 0.5 mL 的 reagent B，混合均勻靜置 30 分鐘後，以分光光度計 (Spectrophotometer、Hitachi U-2000) 測定在波長 660 nm 下，樣品吸光值。標準曲線以 0.25 mg/mL 牛血清白蛋白 (Bovine serum albumin、BSA) 配置。單位以 $\text{mg/g}\cdot\text{F.W.}$ 表示。reagent A: 1 mL $\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ (2% potassium tartarate)、1 mL CuSO_4 (1% $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$)、10 mL NaOH (1N)、90 mL H_2O 、2 g Na_2CO_3 。reagent B: Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Merck) 以蒸餾水稀釋 2 倍。

4. 酪氨酸

依 Nawaz 及 Khan (2000) 所述方法，樣本稀釋 5 倍後，取 1 mL 稀釋液，加入 5 mL 的 4% Na_2CO_3 、1 mL 的 20% Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Merck)，混合均勻後，於 37°C 水浴中加熱 20 分鐘。待冷卻後以分光光度計 (Spectrophotometer、Hitachi U-2000) 測定在波長 660 nm 下，樣品吸光值。標準曲線以 0.1 mg/mL 的酪氨酸 (L-tyrosine) 配置。單位以 $\text{mg/g}\cdot\text{F.W.}$ 表示。

(三) 總可溶性固形物

竹筍脫去筍籜後，均分為頂段、中段、底段各三段，各取碎末於研鉢中擠出汁液。利用電子式糖度計 PR-32 (ATAGO、Japan) 測定汁液全可溶性固形物 (total soluble solids、TSS)。單位以 $^\circ\text{Brix}$ 表示。

四、煮沸處理對竹筍品質之影響

(一)官能品評

苦味品評分為生食與熟食兩部分。去除筍箨後，均分為頂段、中段、底段，僅取頂段對切後，一半做為生食組，品嚐苦味有無。另分一半於沸水中煮一分鐘，做為熟食組，品嚐苦味有無。試驗樣本切片以供官能品評，大小約 2×1 cm、厚度約 0.1-0.15 cm。樣本以代號隨機編排，苦味分為 5 級：1 為不苦；2 為微苦；3 為苦；4 為非常苦；5 為極苦，依續遞增。本次試驗品評人數 15 人，品評數據計算方式如下：

$$\frac{(1 \times \text{人數}) + (2 \times \text{人數}) + (3 \times \text{人數}) + (4 \times \text{人數}) + (5 \times \text{人數})}{\text{總人數}}$$

五、統計分析

將試驗結果使用 Costat 軟體 (Cohort software、Minneapolis、Mn) 以 LSD Test 比較各處理間差異顯著性。



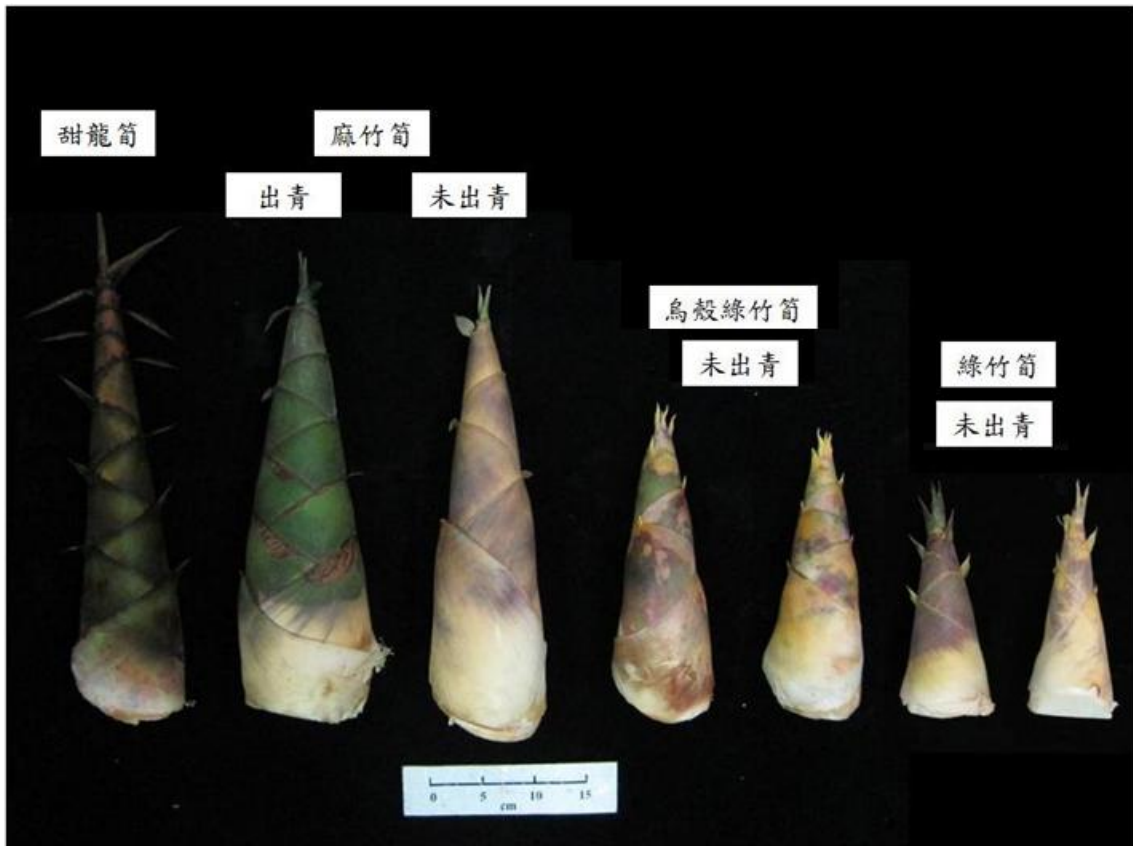


圖 1. 各品種竹筍外觀

Fig. 1 The appearance of different varieties of bamboo shoots.

National Chung Hsing University

肆、試驗結果

一、竹筍不同部位與出青與否氰酸含量差異

(一) 氰酸

甜龍筍未測出氰酸，任何部位皆低於 0.01 mg/g·F.W.。出青或未出青的綠竹筍，就部位而言，氰酸濃度皆為綠竹筍頂段最高，往下依次遞減。出青綠竹筍頂部氰酸濃度 3.12 mg/g·F.W.、中段 2.87 mg/g·F.W.、底段 0.48 mg/g·F.W.；未出青綠竹筍氰酸濃度依序為 0.44、0.03、0.00 mg/g·F.W.。出青的綠竹筍其氰酸濃度顯著高於未出青綠竹筍與甜龍筍。在綠竹筍中段，未出青綠竹筍測出含有濃度 0.03 mg/g·F.W. 的氰酸但在底段已完全測不出；出青綠竹筍氰酸濃度在底段大幅下降，相較筍中段與頂段的濃度，達顯著差異（表 1）。

(二) 總酚類化合物

總酚類化合物含量，無論竹筍頂段、中段、底段，從品種比較，均是未出青的綠竹筍其總酚類化合物含量，顯著高於出青的綠竹筍與甜龍筍。甜龍筍總酚類化合物含量，無論部位，數值在本次試驗中最低。從竹身頂段來看，未出青綠竹筍總酚類化合物含量為 $625.5 \pm 7.1 \mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$ ，出青綠竹筍與甜龍筍總酚類化合物含量依序為 450.9 ± 13.7 、 $346.1 \pm 8.5 \mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$ 。就竹身中段而言，未出青綠竹筍總酚類化合物含量為 $634.9 \pm 12.6 \mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$ ，而出青綠竹筍與甜龍筍之總酚類化合物含量依序為 436.7 ± 10.8 、 $325.0 \pm 11.8 \mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$ 。在筍身的底段，呈現相同，以未出青綠竹筍的總酚類化合物含量最高 $570.0 \pm 18.4 \mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$ ，其次為出青綠竹筍的 $341.3 \pm 58.0 \mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$ ，最末為甜龍筍，總酚類化合物含量為 $325.3 \pm 21.1 \mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$ 。甜龍筍總酚類化合物含量不因位置差異而有顯著差異。在綠竹筍部分，出青與未出青綠竹筍，其竹身底段與筍頂、中段酚類化合物含量達顯著差異（表 2）。

(三) 游離氨基酸

游離氨基酸含量，從品種間比較，未出青綠竹筍數值，無論部位均顯著高於出青綠竹筍與甜龍筍。出青綠竹筍頂段與中段之游離氨基酸含量，與同部位甜龍筍比較，無顯著差異。甜龍筍游離氨基酸含量，由竹筍頂部到底部顯著遞減，依序為 57 ± 2 、 28 ± 5 、 $17 \pm 2 \mu\text{mol alanine/g}\cdot\text{F.W.}$ 。出青綠竹筍部分，頂段游離氨基酸含量 $64 \pm 24 \mu\text{mol alanine/g}\cdot\text{F.W.}$ 與底段 $34 \pm 8 \mu\text{mol alanine/g}\cdot\text{F.W.}$ 有顯著差異。未出青綠竹筍筍身游離氨基酸的含量，由頂至底部，依序為 130 ± 6 、 102 ± 19 、及 $82 \pm 4 \mu\text{mol alanine/g}\cdot\text{F.W.}$ ，單就筍內含量比較，頂段對中、底段有顯著差異（表 3）。

(四) 可溶性蛋白質

在本次試驗中，從品種間比較，綠竹筍無論是否出青，筍身頂段與中段可溶性蛋白質含量皆顯著高於甜龍筍；在底段則無顯著差異。出青綠竹筍與未出青綠竹筍在可溶性蛋白質含量上，無顯著差異。甜龍筍筍身內可溶性蛋白質含量，從

頂部開始，依序為 14.4 ± 0.1 、 11.5 ± 0.2 、以及 9.4 ± 0.9 mg/g·F.W.，單就筍內含量比較，由頂段至底段逐漸遞減，具顯著差異。出青與未出青綠竹筍就筍內可溶性蛋白質含量上，數值變化類似甜龍筍，由頂段至底段逐漸遞減。出青綠竹筍由頂段開始，數值依序為 21.2 ± 1.0 、 17.9 ± 1.4 、 10.1 ± 0.2 mg/g·F.W.。未出青綠竹筍內可溶性蛋白質含量由頂段開始，依序為 20.2 ± 1.3 、 18.6 ± 1.1 與 10.7 ± 1.2 mg/g·F.W. (表 4)。

(五) 過氧化酶活性

就品種間比較，出青綠竹筍過氧化酶含量，無論筍身部位，皆顯著低於甜龍筍與未出青綠竹筍。甜龍筍過氧化酶活性不分部位，與綠竹筍相比，皆為最高，達顯著差異。另外，單就竹筍內部酶活性，部位與酶活性，除了出青綠竹筍由頂部開始，活性依序為 4.8 ± 0.1 、 3.4 ± 0.2 、以及 2.0 ± 0.1 $\Delta A_{470}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ 。達顯著差異外，甜龍筍與未出青綠竹筍其過氧化酶，無論在筍身哪個部位，均無顯著差異。甜龍筍過氧化酶活性由頂開始，依序為 17.5 ± 0.2 、 18.3 ± 0.4 ，以及 17.0 ± 0.6 $\Delta A_{470}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ ；未出青綠竹筍過氧化酶活性，頂開始，依序為 9.1 ± 1.1 、 8.5 ± 0.2 與 8.4 ± 1.8 $\Delta A_{470}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ (表 5)。

(六) 多酚氧化酶活性

多酚氧化酶在本次試驗中，以品種間比較，筍身底段具顯著差異，越往頂段差異越不顯著。甜龍筍底段多酚氧化酶活性 0.96 ± 0.03 $\Delta A_{420}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ ，顯著高於未出青綠竹筍 0.56 ± 0.02 $\Delta A_{420}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ 與出青綠竹筍 0.27 ± 0.03 $\Delta A_{420}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ 。在竹筍中段，甜龍筍多酚氧化酶活性較底部稍低 0.83 ± 0.11 $\Delta A_{420}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ ，仍顯著高於未出青綠竹筍 0.51 ± 0.03 $\Delta A_{420}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ 與出青綠竹筍 0.36 ± 0.03 $\Delta A_{420}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ 。竹筍頂段的部分，無論綠竹筍出青與否，與甜龍筍間差異不顯著。甜龍筍頂段多酚氧化酶活性較同品種底段與中段低，數值為 0.62 ± 0.02 $\Delta A_{420}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ 。綠竹筍方面，筍身頂段多酚氧化酶活性，出青綠竹筍 0.63 ± 0.02 $\Delta A_{420}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ ，未出青綠竹筍 0.48 ± 0.06 $\Delta A_{420}/\text{min}/\text{g}\cdot\text{F.W.}$ ，兩者數值經統計後無顯著差異 (表 6)。

表 1. 甜龍筍與綠竹筍之氰酸比較

Table. 1. Comparison of hydrogen cyanide between *D. hamiltonii* and *L. oldhami*.

Species	Hydrogen cyanide (mg/g·F.W.)					
	<i>D. hamiltonii</i>		<i>L. oldhami</i>			
	Greening shoots		Greening shoots	Etiolated shoots		
top	0.01 ± 0.00	aC ^x	3.12 ± 0.11	aA	0.44 ± 0.03	aB
middle	0.01 ± 0.00	aB	2.87 ± 0.07	aA	0.03 ± 0.01	bB
base	0.01 ± 0.00	aB	0.48 ± 0.06	bA	0.00 ± 0.00	bB

^x Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 2. 甜龍筍與綠竹筍之總酚類化合物比較

Table. 2. Comparison of total phenolic compound in between *D. hamiltonii* and *L. oldhami*.

Species	Total Phenolic Compound (µg/g·F.W.)					
	<i>D. hamiltonii</i>		<i>L. oldhami</i>			
	Greening shoots		Greening shoots	Etiolated shoots		
top ^x	346.1 ± 8.5	aC ^x	450.9 ± 13.7	aB	625.5 ± 7.1	aA
middle	325.0 ± 11.8	aC	436.7 ± 10.8	aB	634.9 ± 12.6	aA
base	325.3 ± 21.1	aB	341.3 ± 58.0	bB	570.0 ± 18.4	bA

^x Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 3. 甜龍筍與綠竹筍之游離胺基酸比較

Table. 3. Comparison of free amino acid between *D. hamiltonii* and *L. oldhami*.

Species	Free Amino Acid (µmol alanine/g·F.W.)					
	<i>D. hamiltonii</i>		<i>L. oldhami</i>			
	Greening shoots		Greening shoots	Etiolated shoots		
top ^x	57 ± 2	aB ^x	64 ± 24	aB	130 ± 6	aA
middle	28 ± 5	bB	40 ± 13	abB	102 ± 19	bA
base	17 ± 2	cC	34 ± 8	bB	82 ± 4	bA

^x Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 4. 甜龍筍與綠竹筍之可溶性蛋白比較

Table. 4. Comparison of soluble protein between *D. hamiltonii* and *L. oldhami*.

Species	Soluble Protein (mg/g·F.W.)					
	<i>D. hamiltonii</i>		<i>L. oldhami</i>			
	Greening shoots		Greening shoots	Etiolated shoots		
top ^x	14.4 ± 0.1	aB ^x	21.2 ± 1.0	aA	20.2 ± 1.3	aA
middle	11.5 ± 0.2	bB	17.9 ± 1.4	bA	18.6 ± 1.1	aA
base	9.4 ± 0.9	cA	10.1 ± 0.2	cA	10.7 ± 1.2	bA

^x Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 5. 甜龍筍與綠竹筍之過氧化酶活性比較

Table. 5. Comparison of peroxidase activity between *D. hamiltonii* and *L. oldhami*.

Species	Peroxidase activity ($\Delta A_{470}/\text{min/g}\cdot\text{F.W.}$)					
	<i>D. hamiltonii</i>	<i>L. oldhami</i>				
	Greening shoots	Greening shoots	Etiolated shoots			
top ^x	17.5 ± 0.2	abA ^x	4.8 ± 0.1	aC	9.1 ± 1.1	aB
middle	18.3 ± 0.4	aA	3.4 ± 0.2	bC	8.5 ± 0.2	aB
base	17.0 ± 0.6	abA	2.0 ± 0.1	cC	8.4 ± 1.8	aB

^x Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 6. 甜龍筍與綠竹筍之多酚氧化酶活性比較

Table. 6. Comparison of polyphenol oxidase activity between *D. hamiltonii* and *L. oldhami*.

Species	Polyphenol oxidase ($\Delta A_{420}/\text{min/g}\cdot\text{F.W.}$)					
	<i>D. hamiltonii</i>	<i>L. oldhami</i>				
	Greening shoots	Greening shoots	Etiolated shoots			
top ^x	0.62 ± 0.02	bA ^x	0.63 ± 0.04	aA	0.48 ± 0.06	aA
middle	0.83 ± 0.11	abA	0.36 ± 0.03	bB	0.51 ± 0.03	aB
base	0.96 ± 0.03	aA	0.27 ± 0.03	bC	0.56 ± 0.02	aB

^x Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

二、夏季常見食用筍出青與否之官能品評與品質調查

(一) 外觀性狀調查與筍箨顏色

甜龍筍與麻竹筍皆屬於大型筍，烏殼綠竹筍與綠竹筍則屬於體型較小的竹筍(圖 1)。本次試驗，甜龍筍箨全覆蓋絨毛，箨片色澤因全株覆蓋絨毛，L 值較低。

麻竹筍無論是否出青，麻竹筍箨片光滑，僅筍基部有些許絨毛。箨葉不像甜龍筍般硬而外刺。本次試驗取用的整個筍身已轉綠的出青麻竹筍，做為材料，故 a^* 值偏低。

綠竹筍在本次試驗中，筍身最小，箨片光滑無絨毛，箨葉短而平貼筍身。筍箨色澤上，由於箨片外表光滑，故 L 值偏高。

烏殼綠竹筍與本次試驗中，筍身較綠竹筍大，箨片上稀疏的絨毛覆蓋，且箨葉短而平貼筍身。(表 7)

(二) 全可溶性固形物

全可溶性固型物含量上，甜龍筍含量約在 5.9-6.6°Brix 間，顯著高於未出青的烏殼綠竹筍，其全可溶性固型物含量在 4.3-5.2°Brix 間；未出青的麻竹筍全可溶性固型物含量在 5.3-6.5°Brix 與甜龍筍差異不顯著；而未出青的綠竹筍全可溶性固型物含量在 6.7-7.5°Brix，除頂段外，差異不顯著(表 7)

(三) 苦味官能品評與氰酸

由分析綠竹筍全株氰酸含量可知，無論出青與否，氰酸在筍尖濃度顯著高於底部(表 1)。故此次官能品評材料與氰酸濃度分析，僅取竹筍頂段做測試。由官能品評結果可知，無論竹筍外觀是否出青，除甜龍筍外，生食皆具苦味，品評過程中，一入口即馬上嘗出苦味。出青的麻竹筍生食之苦味官能品評指數為 4.1；未出青的麻竹筍、綠竹筍、烏殼綠竹筍生食之指數依序為 4.2、3.8、3.6。筍片經沸水煮一分鐘後除甜龍筍，仍殘留苦味，但苦味降低。出青的麻竹筍熟食之苦味官能品評指數為 2.3；未出青的麻竹筍、綠竹筍、烏殼綠竹筍熟食之苦味指數依序為 2.3、2.4、2.7。甜龍筍生食之苦味官能品評指數為 1.3，熟食組指數為 1.0。竹筍品種間之苦味差異，在本次品評中，無顯著差異；出青與否於苦味品評，在熟食組可看出差異，未出青的組別，經沸水煮 1 分鐘後，綠竹筍與烏殼綠竹筍苦味指數低於出青組(表 8)。

竹筍頂部氰酸濃度分析結果，官能品評結果類似。甜龍筍氰酸含量極低，氰酸濃度 0.01 mg/g·F.W.。除甜龍筍外，出青組麻竹筍的氰酸濃度，顯著高於未出青麻竹筍。未出青的麻竹筍、綠竹筍、烏殼綠竹筍其氰酸濃度依序為 1.32 ± 0.23 、 1.41 ± 0.25 、 1.30 ± 0.18 mg/g·F.W.，出青的麻竹筍氰酸濃度依序為 2.54 ± 0.18 mg/g·F.W.。品種間差異，除甜龍筍，未出青組差異不顯著(表 9)。

(四) 總酚類化合物、可溶性蛋白質、游離氨基酸

由分析綠竹筍與甜龍筍全株總酚類化合物、可溶性蛋白質、游離氨基酸可知，部位間頂段差異顯著(表 2；表 3；表 4)，故本次僅取頂部做以下分析。在總酚類化合物與可溶性蛋白質含量在出青與未出青的對照間，無顯著差異。甜龍筍之

總酚類化合物含量 $323.0 \pm 4.8 \mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$ 顯著低於出青麻竹筍 $499.2 \pm 39.4 \mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$ 。綠竹筍可溶性蛋白質含量顯著高於甜龍筍、麻竹筍及烏殼綠竹筍 (表 10) (表 11)。

游離胺基酸含量和出青與否之關係，每個品種呈現不一。麻竹筍未出青者之游離胺基酸含量 $77.8 \pm 10.7 \mu\text{mol alanine/g}\cdot\text{F.W.}$ ，顯著大於已出青者 $56.2 \pm 8.5 \mu\text{mol alanine/g}\cdot\text{F.W.}$ (表 12)。

(五) 酪胺酸

為了解出青狀態與苦味物質紫杉甙之前驅物酪胺酸是否相關，本次試驗分析了竹筍頂部的酪胺酸。甜龍筍酪胺酸含量 $0.69 \pm 0.06 \mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$ 顯著低於麻竹筍、綠竹筍與烏殼綠竹筍。品種間綠竹筍之酪胺酸含量顯著最高。出青綠竹筍酪胺酸含量為 $1.35 \pm 0.06 \mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$ ，未出青綠竹筍之酪胺酸含量為 $1.29 \pm 0.14 \mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$ (表 13)。



表 7. 竹筍品種間、出青與否及不同部位之可溶性固形物含量與筍籜色差
 Table. 7. Total soluble solid, and seath color between greening and etiolated bamboo shoots.

Species	Part	Total soluble solids (°Brix)	Color			
			L*	a*	b*	
Greening shoots	<i>D. hamiltonii</i>	top	6.6 cd ^x	20.55	5.55	20.29
		middle	6.2 def	22.70	6.60	23.74
		base	5.9 fg	18.15	5.44	21.00
	<i>D. latifloxus</i>	top	5.1 ijk	34.55	0.80	16.29
		middle	4.6 klm	31.96	-1.19	16.42
		base	3.6 n	32.21	2.36	15.60
	<i>L. oldhami</i>	top	8.8 a	39.19	4.40	14.46
		middle	6.5 cde	55.16	5.18	21.41
		base	6.3 def	64.47	3.82	27.09
	<i>L. edulis</i>	top	5.5 ghi	42.46	6.89	18.19
		middle	6.0 efg	43.15	9.98	18.22
		base	4.5 lm	51.20	7.36	23.71
Etiolated shoots	<i>D. latifloxus</i>	top	6.5 cde	41.21	6.84	17.10
		middle	5.7 gh	55.70	7.83	23.82
		base	5.3 hij	55.95	5.44	25.70
	<i>L. oldhami</i>	top	7.5 b	57.51	6.77	29.63
		middle	6.8 c	64.32	5.29	29.06
		base	6.7 cd	66.32	4.13	27.31
	<i>L. edulis</i>	top	5.2 hij	48.11	6.94	24.33
		middle	4.3 m	58.49	6.90	27.52
		base	4.9 jkl	61.51	5.23	26.17

^x Means within a column (in small letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 8. 竹筍品種間及出青與否之苦味官能品評指數

Table. 8. Bitterness sensory evaluation of different varieties between greening and etiolated bamboo shoot top.

	Species	Fresh	Cooked
Greening shoots	<i>D. hamiltonii</i>	1.3 ^x bA ^y	1.0 cA
	<i>D. latifloxus</i>	4.1 aA	2.3 aB
Etiolated shoots	<i>D. latifloxus</i>	4.2 aA	2.3 abB
	<i>L. oldhami</i>	3.8 aA	1.7 abB
	<i>L. edulis</i>	3.6 aA	2.1 bcB

^x Scale: 1-5. Barely detectable = 1, weak = 2, moderate = 3, strong = 4, very strong = 5.

^y Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 9. 竹筍品種間頂端之氰酸含量

Table. 9. Hydrogen cyanide of different varieties between greening and etiolated bamboo shoot top.

Species	Hydrogen Cyanide (mg/g·F.W.)	
	Etiolated shoots	Greening shoots
<i>D. hamiltonii</i>	N/A ^x	0.01 ± 0.00 b
<i>D. latifloxus</i>	1.32 ± 0.23 aB ^y	2.54 ± 0.18 aA
<i>L. oldhami</i>	1.41 ± 0.25 a	N/A
<i>L. edulis</i>	1.30 ± 0.18 a	N/A

^x N/A: Not Applicable.

^y Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 10. 竹筍品種間頂端之總酚類化合物含量

Table. 10. Total Phenolic Compound of different varieties between greening and etiolated bamboo shoot top.

Species	Total Phenolic Compound ($\mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$)	
	Etiolated shoots	Greening shoots
<i>D. hamiltonii</i>	N/A ^x	323.0 \pm 4.8 b
<i>D. latifloxus</i>	500.4 \pm 5.0 bA ^y	499.2 \pm 39.1 aA
<i>L. oldhami</i>	545.5 \pm 17.3 a	N/A
<i>L. edulis</i>	439.5 \pm 10.7 c	N/A

^x N/A: Not Applicable.

^y Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 11. 竹筍品種間頂端之可溶性蛋白質含量

Table. 11. Soluble Protein of different varieties between greening and etiolated bamboo shoot top.

Species	Soluble Protein (mg/g·F.W.)	
	Etiolated shoots	Greening shoots
<i>D. hamiltonii</i>	N/A ^x	14.3 \pm 0.7 a
<i>D. latifloxus</i>	13.7 \pm 0.7 bA ^y	12.8 \pm 1.9 aA
<i>L. oldhami</i>	21.9 \pm 0.8 a	N/A
<i>L. edulis</i>	11.7 \pm 0.4 c	N/A

^x N/A: Not Applicable.

^y Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 12. 竹筍品種間頂端之游離胺基酸含量

Table.12. Free amino acid of different varieties between greening and etiolated bamboo shoot top.

Species	Free Amino Acid ($\mu\text{mol alanine/g}\cdot\text{F.W.}$)	
	Etiolated shoots	Greening shoots
<i>D. hamiltonii</i>	N/A ^x	69.3 \pm 5.0 a
<i>D. latifloxus</i>	77.8 \pm 10.7 aA ^y	56.2 \pm 8.5 bB
<i>L. oldhami</i>	63.6 \pm 11.4 b	N/A
<i>L. edulis</i>	60.8 \pm 5.6 b	N/A

^x N/A: Not Applicable.

^y Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 13. 竹筍品種間頂端之酪胺酸含量

Table. 13. Tyrosine of different varieties between greening and etiolated bamboo shoot top.

Species	Tyrosine ($\mu\text{g/g}\cdot\text{F.W.}$)	
	Etiolated shoots	Greening shoots
<i>D. hamiltonii</i>	N/A ^x	0.69 \pm 0.06 b
<i>D. latifloxus</i>	1.11 \pm 0.13 bA ^y	0.95 \pm 0.21 aA
<i>L. oldhami</i>	1.29 \pm 0.14 a	N/A
<i>L. edulis</i>	0.81 \pm 0.07 c	N/A

^x N/A: Not Applicable.

^y Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

伍、討論

一、食用筍出青與否之官能品評與不同部位與出青與否氰酸含量差異

本次試驗取甜龍筍與麻竹筍頂端分析氰酸濃度差異，出青麻竹筍氰酸濃度為 2.54 mg/g·FW，顯著高於出青甜龍筍 0.01 mg/g·FW。未出青的麻竹筍氰酸濃度 1.32 mg/g·FW 顯著低於出青的麻竹筍 (表 9)。竹筍氰酸濃度累積隨著部位的不同而有所差異，在竹筍頂端累積量最多，往下依序遞減，竹筍品種 *Melocanna bambusoides* 氰酸濃度由頂段至底段依序為 1.18、0.68、0.35 mg/g (Choudhury *et al.*, 2010)；Haque 與 Bradbury (2002) 提及，竹筍總氰酸濃度在筍尖達 0.16%，但至竹筍底部僅存 0.01%。

本次試驗藉由測定氰酸濃度，得知竹筍苦味物質紫杉氰糖苷的累積差異。依據張和孫 (1990) 的報告中，筍片經沸水加熱煮 15 分鐘後即可去除苦味。本次試驗設計僅加熱 1 分鐘，欲得知已出青與未出青竹筍短時間加熱後苦味的變化。官能品評結果可知 (表 8)，可知出青甜龍筍無論生食或煮沸處理後，苦味官能品評上不具顯著差異，生食出青甜龍筍片苦味指數為 1.3；煮沸處理後，苦味指數為 1.0 不苦。煮沸處理對於麻竹筍苦味降低具顯著差異，生食麻竹筍片苦味指數約為 4 非常苦，但經煮沸一分鐘後，苦味指數降低至 2.3 微苦。比較麻竹筍與甜龍筍頂端氰酸的濃度差異，苦味與氰酸具有相關性。

在自然界中，苦味物質常伴隨毒性，人體對於苦味的閾值 (threshold) 極低，低濃度的苦味物質即可產生刺激，如咖啡因 (caffeine) 苦味閾值 1.2 ± 0.12 mM、鹽酸奎寧 (Quinine HCl) 苦味閾值 0.0083 ± 0.001 mM (Keast and Roper, 2007)。對苦味的敏感性於生物體而言是一保護機制。但苦味的感受強度亦受環境與基因影響，造成苦味感知非由單一受體傳導，且不同的苦味物質其傳導路徑不同。並非所有苦味物質對舌頭的刺激均隨著濃度增加而隨之增強。Keast and Roper (2007) 報告中指出，咖啡因的苦味閾值與其閾值以上的苦味強度感受無相關性；另外，鹽酸奎寧的苦味閾值與其閾值以上的苦味強度感受呈現負相關。當受試者對於鹽酸奎寧的苦味閾值低時 (即對此物質敏感)，高濃度的鹽酸奎寧苦味感受低於苦味閾值高的受試者。麻竹筍出青與未出青之間，在苦味官能品評上，數值皆約為 4 非常苦，但兩者之間不具顯著差異；比對氰酸累積結果，出青麻竹筍顯著大於未出青麻竹筍。推測當竹筍苦味物質濃度累積到一定程度時，於口感上，分辨不出差異。

紫杉氰糖苷是酚類糖苷 酚類化合物在植物體中，不會單一以游離狀態存在，常與配糖體 (glycosides) 結合 (Hopkinson, 1969)。不會產生苦味物質紫杉氰糖苷的甜龍筍，在總酚類化合物含量上，顯著低於麻竹筍、綠竹筍與烏殼綠竹筍 (表 10)。紫杉氰糖苷前驅物酪胺酸在甜龍筍與其他會產生苦味的品種間也有差異，甜龍筍酪胺酸的含量顯著低於另外三個有苦味的品種 (表 13)。

Ballhorn 等人於 2009 年文獻中指出，不同生長時期竹筍與竹葉的氰酸與可溶性蛋白含量有高度的相關性；氰酸在靠近竹筍生長點及新葉上，濃度最高；同

時間，可溶性蛋白質的含量分布也有相似的趨勢。本次試驗中，比對甜龍筍與綠竹筍不同部位之氰酸與可溶性蛋白質含量，有類似的結果(表 1；表 4)。出青綠竹筍頂段與中段的氰酸含量皆較高，但底段氰酸含量非常低，對照可溶性蛋白質含量，出青綠竹筍在頂段與中段含量，顯著高於底段。而沒有氰酸產生的綠竹筍，可溶性蛋白質含量任何部位均顯著低於出青綠竹筍。

二、夏季常見食用筍品質調查

竹筍因低酯、富含碳水化合物、微生物、氨基酸、抗氧化物，如：酚類、膳食纖維等，越來越受到喜愛。

全可溶性固型物含量上，甜龍筍含量約在 5.9-6.6°Brix 間，顯著高於未出青的烏殼綠竹筍。未出青綠竹筍全可溶性固型物含量在 6.7-7.5°Brix 間，在本次試驗中，全可溶性固行物含量相對較高，麻竹筍次之。在所有樣品中，無論出青與否，均是竹筍頂段可溶性固形物含量最高，接續依部位遞減；而不論品種，已出青竹筍較未出青竹筍之可溶性固型物含量相對較高，推測筍尖生理反應旺盛，照光後大量進行光合作用累積糖類所致。(表 7)。

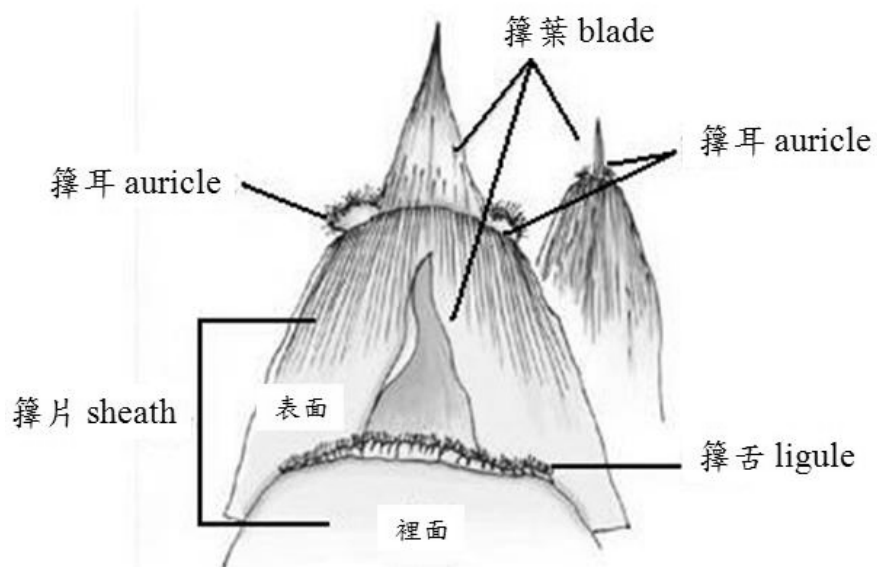
游離氨基酸含量，隨著竹筍部位由上而下遞減；品種差異間，以未出青的麻竹筍游離氨基酸含量最高，甜龍筍次之。但出青與否對於游離氨基酸含量差異，品種間呈現不一。Sharma 等人 (2004) 調查五種不同品種竹筍游離氨基酸含量差異，結果與本次試驗相同，不同品種間，游離氨基酸含量差異極大 (表 3；表 12)。可溶性蛋白質含量，以未出青綠竹筍最高，出青與否對於可溶性蛋白質含量並無顯著差異。(表 4；表 11)。

參考文獻

- 呂錦明. 2010. 竹類在植物分類學上的地位. p. 12-15. 刊於：臺灣竹圖鑑. 晨星出版社. 臺灣.
- 杜凡. 2003. 雲南重要經濟竹種特性及其生產中存在問題. 西南林學院學報 23:26-30.
- 張永鍾、孫璐西. 1990. 竹筍中紫杉氰醣苷之分析與其隨加工之變化. 食品科學 17:315-327.
- 顏勝雄. 2015. 只甜您口的竹筍新秀—甜龍筍. 桃園區農業專訊 92:11-12.
- 顏勝雄、張榮如. 2005. 竹筍. p. 265-270. 刊於：行政院農業委員會臺灣農家要覽增修訂第三版策劃委員會. 臺灣農家要覽(農作篇二). 財團法人豐年社. 臺北.
- 譚宏超、武國華. 2006. 甜龍竹的豐產栽培技術及效益分析. 林業調查規劃 31:69-171.
- Ballhorn、D. J.、S. Kautz、and F. P. Rakotoarivelo. 2009. Quantitative variability of cyanogenesis in *Cathariostachys madagascariensis*-the main food plant of bamboo lemurs in southeastern Madagascar. *Am. J. Primatol.* 71:305-315.
- Chongtham、M.、M. S. Bisht、and S. Haorongbam、2011. Nutritional properties of bamboo shoots: potential and prospects for utilization as health food. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 10:153-168.
- Choudhury、D.、J. K. Sahu、and G.D. Sharma. 2010. Biochemistry of bitterness in bamboo shoots. *Assam Univ. J. Sci. Technol.* 6:105-111.
- Conn、E. E. 1969. Cyanogenic glycosides. *J. Agric. Food Chem.* 17:519-526.
- Haque、M. R. and J. H. Bradbury. 2002. Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods. *Food chem.* 77:107-114.
- Hopkinson、S.M. 1969. The chemistry and biochemistry of phenolic glycosides. *Q. Rev. Chem. Soc.* 23:98-124.
- Hunter、I. and F. Yang. 2002. Cyanide in bamboo shoot. INBAR. working paper No. 39. pages 7.
- Johnson、L. B. and Cunningham、B.A. 1972. Peroxidase activity in healthy and leaf-rust-infected wheat leaves. *Phytochemistry* 11:547-551.
- Keast, R. S. J. and J. Roper. 2007. A complex relationship among chemical concentration, detection threshold, and suprathreshold intensity of bitter compounds. *Chem. Senses* 32:245-253.
- Keith、R. W.、D. L. Tourneau、and D. Mahlum. 1958. Quantitative paper-chromatographic determination of phenols. *J. Chromatography.* 1:534-536.
- Kozukuen、E.、N. Kozukue、and T. Kurosaki. 1983. Organic acid、sugar and amino acid

- composition of bamboo shoots. *J. Food Sci.* 48:935-938.
- Lee, C. Y., and N. L. Smith. 1979. Blanching effect on polyphenol oxidase activity in table beets. *J. Food Sci.* 44:82-86.
- Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A. L. Farr, and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193:265-275.
- Nawaz, S. A. and M. R. Khan. 2000. Immobilization of the Proteases of *Eurphorbia royleana*. *Pakistan J. Biol. Sci.* 39:2210-2212.
- Nongdam, P. and L. Tikendra. 2014. The nutritional facts of bamboo shoots and their usage as important traditional foods of Northeast India. *Int. Sch. Res. Not.* 2014:1-17.
- Rosen, H. 1957. A modified ninhydrin colorimetric analysis for amino acids. *Arch. Biochem. Biophys.* 67:10-15.
- Satya, S., L. M. Bal, P. Singhal, and S. N. Naik. 2010. Bamboo shoot processing: food quality and safety aspect. *Trends Food Sci. Technol.* 21:181-189.
- Schwarzmaier, U. 1977. Cyanogenesis of *Dendrocalamus*: Taxiphyllin. *Phytochemistry* 16:1599-1600.
- Sharma, M. L., C. Nirmala, and E. David. 2004. Variations in nutrient and nutritional components of juvenile bamboo shoots. *Panjab Univ. Res. J.* 54:101-104.
- Singhal, P., L. M. Bal, S. Satya, P. Sudhakar, and S. N. Naik. 2013. Bamboo shoots: a novel source of nutrition and medicine. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 53:517-534.
- Thayer, S. S. and E. E. Conn. 1981. Subcellular localization of dhurrin β -glucosidase and hydroxynitrilelyase in the mesophyll cells of *Sorghum* leaf blades. *Plant Physiol.* 64:617-622.
- Vetter, J. 2000. Plant cyanogenic glycosides. *Toxicon* 38:11-36.
- Wenner, M. 2008. Magnifying taste. *Sci. Am.* 299:96-99.
- Zagrobelyny, M., S. Bak, A. V. Rasmussen, B. Jørgensen, C. M. Naumann, and B. L. Møller. 2004. Cyanogenic glucosides and plant-insect interactions. *Phytochem.* 65:293-306.

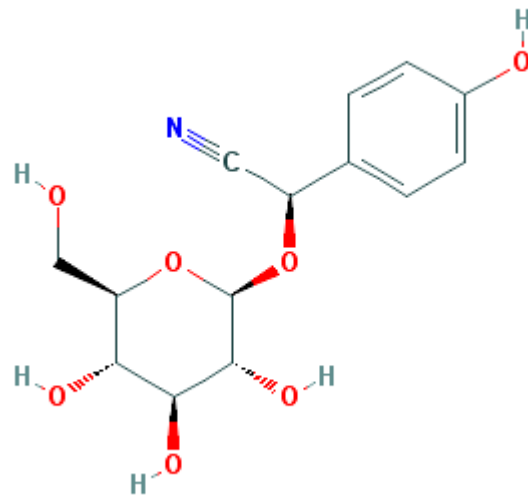
附錄



附圖 1. 筍籐構造

Fig.1. Structure of bamboo sheath.

(呂, 2010)



附圖 2. 紫杉氰糖苷結構

Fig.2. Structure of taxiphyllin.

(<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>)