



不同孔數包裝處理對香蕉果實轉色與品質之影響

梁佑慎⁽¹⁾ 林德勝^(1,2) 包智偉⁽¹⁾ 柯立祥^{(1)*}

摘要

本研究針對臺灣主要香蕉 (*Giant Cavendish*, AAA Group) 栽培品種‘北蕉’，以及具耐病特性的‘寶島蕉’和‘臺蕉 5 號’利用不同孔數包裝袋 (20 孔、50 孔和 100 孔) 包裝後，並模擬銷日貯運流程，調查包裝袋內乙烯含量、二氧化碳含量、溫度與濕度變化以及香蕉果實的轉色速率與食用品質。香蕉果實經不同孔數包裝處理後，均可順利催熟轉色，並具有商品價值。而果實於不同包裝處理時，經商業催熟模式處理後，20 孔 (總孔洞面積 8.2cm^2) 和 50 孔 (總孔洞面積 20.5cm^2) 之包裝箱內累積較高的二氧化碳與乙烯量，100 孔 (總孔洞面積 41cm^2) 包裝處理則累積較少。包裝袋內溫度之變化亦明顯受到不同孔數之影響，於 20 孔和 50 孔之包裝袋內溫度下降較 100 孔慢，而相對濕度則以低孔數較高。香蕉後熟之轉色速率方面，香蕉果實經乙烯催熟並貯藏 5 天後，其 20 孔之包裝處理較 100 孔包裝約慢 0.5~0.9 天；而食用品質方面，則不同孔數間沒有明顯差異。

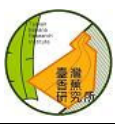
關鍵字：溫度、濕度、呼吸作用、乙烯、催熟、退綠

(1) 國立屏東科技大學農園生產系研究生、教授。

(2) 台灣香蕉研究所 助理研究員。

*通訊作者. E-mail: lske@mail.npust.edu.tw

(民國 100 年 7 月 18 日收件；民國 100 年 7 月 21 日修改；民國 100 年 7 月 21 日接受)

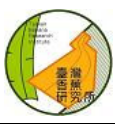


前言

香蕉屬芭蕉科 (Musaceae)、芭蕉屬 (*Musa*) 之多年生大型單子葉植物，原產於亞洲東南部，主要分布於南北緯 30 度之間的熱帶及亞熱帶地區，是世界第 4 大宗作物，水果類之最大宗 (邱等, 2007)。台灣香蕉栽培向以‘北蕉’為主，以日本為主要外銷市場，在日本市場曾有輝煌的佔有率 (85%)，栽培面積曾高達 5 萬餘公頃，為臺灣最大宗的出口水果之一。但近十餘年，因黃葉病猖獗，且生產成本偏高、供貨不穩，致中南美蕉及菲律賓香蕉大力搶佔日本市場後，外銷數量及栽培面積，大幅度萎縮。2008 年出口外銷數量為 9,154,971 公斤，金額為 485,912 千元。2009 年出口外銷數量為 8,885,048 公斤，金額為 421,278 千元。2010 年出口外銷量為 8,885,048 公斤，金額為 416,026 千元 (農業委員會農糧署, 2009; 國際貿易局, 2010)。

香蕉巴拿馬病或稱黃葉病是由 *Fusarium oxysporum* Schlecht. F. sp. Subense (E. F. Smith) Snyd. and Hansen 所引起。其第一生理小種在 1960 年代造成毀滅性的流行病害，造成 4 萬多公頃的蕉園歉收，而其第四生理小種則正危害亞熱帶地區的香蕉出口產業 (Sagi *et al.*, 1998)。台灣目前主要的栽培品種以‘北蕉’為最大宗，因其後熟時，果肉細緻，味道濃郁，品質極佳，但其容易感染香蕉黃葉病。鮮食用香蕉大多是三倍體品種，因減數分裂時染色體異常及不稔性因子，造成香蕉育種之困難 (鄧等, 1991)。臺灣香蕉研究所為了減緩香蕉黃葉病之蔓延及品種之改良，利用組織培養的方式繁殖體細胞變異株，並從苗圃中陸續篩選出耐病的‘寶島蕉’、‘臺蕉 1 號’、‘臺蕉 5 號’以及豐產的‘臺蕉 6 號’等不同品種香蕉 (鄧等, 2000; 台灣香蕉研究所, 2006)。然而，品種多樣化雖提供消費者增加選擇之機會，但因品種間後熟行為有差異，在外銷上造成催熟加工業者之困擾與抱怨。因此為解決此問題，必須對不同品種香蕉之後熟行為有所瞭解，才能解決此問題。

香蕉果實為典型的更年性果實 (climacteric fruit)，後熟過程會產生乙烯高峰並伴隨著呼吸高峰的產生，且果肉軟化、果皮退綠 (degreening) 並產生香氣 (sroma) (柯, 1987; Clendennen and May, 1997)。而香蕉果實後熟的特性受品種、採收成熟度、貯運溫度、藥劑處理等諸多內外因子之影響。香蕉一般以綠熟 (mature green) 採收貯運，至消費地再於催熟室經人工乙烯催熟轉色至果皮黃色多於綠色 (more yellow than green) 時，再移至市場銷售。齊一轉色是催熟加工業者之最主要的目的。據王 (2009) 研究指出，‘北蕉’及‘寶島蕉’之呼吸率及乙烯產生率略有差異，且此二品種之後熟轉色速率亦不一，在同樣條件下，‘寶島蕉’之轉色速率較‘北蕉’慢 0.5~1.0 天。因此，香蕉品種間因後熟過程生理生化反應的差異，造成轉色速率的不一致。蔬果包裝在塑膠袋內，可保護果實避免機械性與病蟲害的污染，降低果實失重、維持品質、改變袋內大氣成分並延緩果實老化的發生 (Hardenburg, 1971)。蔬果置於包裝



袋內，袋內的氣體成分會因包裝材料、形式、產品呼吸率、表面積及包裝材料的透氣性而有所不同 (Geeson, 1989)。採收後不同的包裝方式對蔬果的品質有不同的影響，例如枇杷利用聚乙烯袋 (polyethylene; PE) 密封包裝可減少失重率；蕃茄利用不透氣包裝袋則會造成後熟障礙，腐敗率增加 (Ding *et al.*, 2002 ; Geeson *et al.*, 1985)。根據本研究的預備試驗發現，利用不同孔數的包裝袋包裝，可影響香蕉果實的轉色速率。因此，本研究利用不同孔數之包裝袋分別以‘北蕉’、‘寶島蕉’和‘臺蕉 5 號’為材料，調查其包裝袋內氣體成分與溫度之變化，以及對果實轉色速率與品質之影響。

材料與方法

一、供試品種

‘北蕉’、‘寶島蕉’和‘臺蕉 5 號’等三品種為材料，於 2010 年 4 月 15 日採自臺灣香蕉研究所農場所生產之同一產期香蕉，香蕉果實成熟度為終花後 115~120 天之香蕉果串。

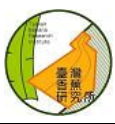
二、處理方法

利用外銷包裝箱用之包裝袋 (長 77.6 cm、寬 69.6 cm)，以直徑 7.2 mm 打孔樁 (孔洞面積為 0.41 cm^2) 於包裝袋之兩面均勻打上孔洞，包裝袋上分別打 20 孔 (總孔洞面積 8.2 cm^2)、50 孔 (總孔洞面積 20.5 cm^2) 和 100 孔 (總孔洞面積 41 cm^2)，進行包裝後，每個包裝箱內放置 $12 \pm 0.5 \text{ kg}$ 香蕉果實，並模擬銷日貯運作業模式 (14°C 、7 天→催熟處理、 20°C 、1 天→ 18°C 、1 天→ 16°C 、1 天→ 14°C)。催熟處理是於冷藏庫內利用乙烯產生器加入酒精後，使其釋放乙烯，使催熟庫內維持乙烯濃度約 800-1000ppm，處理 24 小時後，換氣 30 分鐘再降溫至 18°C 。每一包裝袋為 1 重複，每一處理重複 3 次。

三、測定項目

(一) 袋內二氧化碳及乙烯濃度之測定：香蕉果實採後，立即運送回實驗室。香蕉果指，分別選取大小、顏色一致，且無病蟲害及擦傷者，再以 40% 腐絕稀釋 1000 倍，浸泡 5 分鐘，再經風乾後，分別置入不同孔數之包裝帶內，並於帶內中央放置 PVP 軟管，蓋上紙箱蓋，每天定時由軟管內抽氣分析二氧化碳與乙烯濃度。

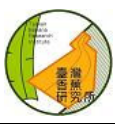
1. 乙烯濃度測定：每日由包裝箱之軟管，以 1 ml 塑膠針筒反覆抽取 10 次管內氣體排出後，再抽取 1 ml 氣體樣品，利用氣相層析儀 (Gas chromatograph; Shimadzu GC-8A) 之 FID (Flame ionization detector) 測定乙烯濃度，層析管



柱為 Porapak Q (80-100 mesh)。層析管柱溫度為 80℃，注射口溫度為 100℃，包裝袋內乙烯濃度以 ppm 表示。

2. 二氧化碳濃度測定：每日由包裝箱之軟管，以 1 ml 塑膠針筒反覆抽取 10 次管內氣體排出後，再抽取 1 ml 氣體樣品，利用氣相層析儀 (Hitach 263-30) 之 TCD (Thermal conductivity detector) 測定，層析管柱為填充矽膠 (Silica gel)，層析管柱溫度為 50℃，注射口溫度為 100℃，包裝袋內二氧化碳濃度以 % 表示。

- (二) 包裝袋內溫濕度調查：香蕉裝入不同孔數包裝袋後，分別放置溫濕度自動記錄器 (HOBO pro v2)，進行模擬外銷貯運過程，於香蕉果實轉色至第七級時，取出溫濕度記錄器，並於電腦分析不同孔數包裝袋內溫濕度之變化。
- (三) 香蕉轉色判定：香蕉轉色指數是依據 Anon (1964) 的研究施行，香蕉從全綠至黃化、生理斑點出現，共分 7 級顏色指數，1 級為全綠；2 級為綠色帶極微黃；3 級為綠色多於黃色；4 級為黃色多於綠色；5 級為兩端綠；6 級為全黃；7 級為生理斑點出現。
- (四) 品質測定：香蕉果實利用不同孔數之包裝袋包裝後，模擬外銷貯運模式，於果實轉色至第 6 級進行品質測定，每處理為 5 重複。果實品質測定包括質地、總可溶性固行物 (Total soluble solid; TSS)、可滴定酸 (Titratable acidity; TA) 和維生素 C (Vitamin C) 含量分析。質地測定以物性測定儀 (Shimadzu, EZ-test 500N) 利用直徑 0.5cm 之平頭探針測定香蕉可食用部分之質地，以 kg/cm^2 表示。總可溶性固行物含量之測定，利用紗布包覆香蕉果肉榨取果肉汁液，利用手持式折射糖度計 (Hand-refractometer; Atago) 測定果肉汁液之可溶性固行物含量，以 °Brix 表示之。可滴定酸含量之測定，取 10g 果肉加入 100ml 去離子水，利用均質機均質後，用濾紙進行過濾，取 5ml 果汁濾液，並用自動酸鹼滴定儀 (automatic potentiometric titrator; Mettler DL53) 測定，以 0.1N 之 NaOH 溶液滴定到 pH 8.1。維生素 C 之測定方法是根據 Kampfenkel 等 (1995)，取 2.0g 之果肉置入 10ml 之 6 % trichloroacetic acid 溶液內均質，再以 12,000g 離心 20 分鐘。取 0.2ml 澄清液再分別加入 0.2ml 10 mM dithiothreitol、0.4ml 0.2M phosphate buffer (pH 7.4)、0.2ml 0.5% N-ethylmaleimide、1ml 10% trichloroacetic acid、0.8ml 42 % H_3PO_4 、0.8ml 2,2'-bipyridyl、0.4ml 3 % FeCl_3 進行反應。此測定方法是利用酸性溶液內的維生素 C 將 Fe^{3+} 轉變成 Fe^{2+} 的原理， Fe^{2+} 會與 2,2'-bipyridyl 結合，形成粉紅色物質，並在波長 525nm 有最大的吸光值。利用維生素 C 溶液制訂標準曲線，計算樣品內之維生素 C 含量。



四、資料分析

香蕉果實品質之數據資料，利用 SAS (Statistic Analysis System) 套裝軟體進行變異數分析 (ANOVA)，並以鄧肯式多變域測定 (Duncan's Multiple Range test) 分析其在 5 % 的差異顯著性水準。

結果

香蕉外銷日本之貯運方式為香蕉果實裝箱裝櫃，並保持 14℃ 之低溫船運約 7 天 (含過海關)，之後於日本進口商之催熟庫利用 1000 ppm 之乙烯濃度於 20℃ 進行催熟，之後由 20℃ 每隔 1 天降溫 2℃ 的方式，降至 14℃ 後維持此溫度，促進香蕉果實轉色之均一性。不同品種之香蕉經外銷貯運模式處理後，均可順利後熟轉色。並於乙烯催熟處理後，明顯增加二氧化碳與乙烯濃度。不同孔數之包裝袋於模擬外銷貯運過程中，袋內的二氧化碳與乙烯濃度明顯受到包裝袋孔數的多寡而影響 (圖 1)。「北蕉」和「寶島蕉」果實經乙烯催熟後，不同孔數之袋內二氧化碳濃度沒有明顯的差異，「臺蕉 5 號」袋內之二氧化碳濃度則隨著包裝袋孔數越少二氧化碳濃度累積越高。「臺蕉 5 號」果實於 20 孔之包裝袋內之二氧化碳更年峰累積約 1.5 %，50 孔袋內次之，約 1.0 %，100 孔則約為 0.5~0.7 %。而袋內乙烯濃度方面，不論是「北蕉」、「寶島蕉」或「臺蕉 5 號」，低孔數之包裝袋 (20 孔和 50 孔) 都有較高的乙烯累積量。

根據溫濕度記錄器之記錄結果顯示，於 14℃ 船運過程中，包裝袋內的溫度隨著包裝袋孔數越多，袋內溫度下降越快 (圖 2)。100 孔之包裝袋於 14℃ 貯藏約 15 小時後，袋內溫度與貯藏溫度以達平衡穩定，而 20 孔之包裝袋約需 37 小時後，袋內溫度才與貯藏環境溫度達平衡。相對濕度方面，於 20 孔之包裝袋內維持接近 100 % 之相對濕度，包裝袋內視有凝結水之生成現象。100 孔之包裝袋有較低的相對濕度，平衡時約維持 85 % 的相對濕度。不同孔數之包裝袋內之溫度於催熟處理過程中，隨著催熟溫度的提高，袋內的溫度亦隨之增加，然而在逐漸降溫的過程中，不同孔數袋內溫度則出現些微差異，100 孔之包裝袋之溫度下降較其他孔數快，且袋內溫度亦較低 (圖 3)。催熟後之相對濕度方面，20 孔之處理相對濕度高於其他孔數之處理，隨著後熟程度之增加，相對濕度亦逐漸增加至近 100 %，而 100 孔之處理有最低的相對濕度 (約為 80 %)，並維持相對濕度在 85 % 左右。

不同包裝處理之香蕉轉色速率調查發現，「北蕉」和「臺蕉 5 號」於 20 孔包裝處理之轉色速率較 100 孔包裝處理之轉色速率為慢，約慢 0.5~1 天 (表 1 和圖 4)。但「寶島蕉」不同孔數包裝處理之轉色速率則差異較小，20 孔之包裝處理較 100 孔之包裝處理慢 0.3~0.4 天。而催熟後之食用品質方面，在相同品種之不同包裝孔數處理間沒有明顯差異 (表 2)。

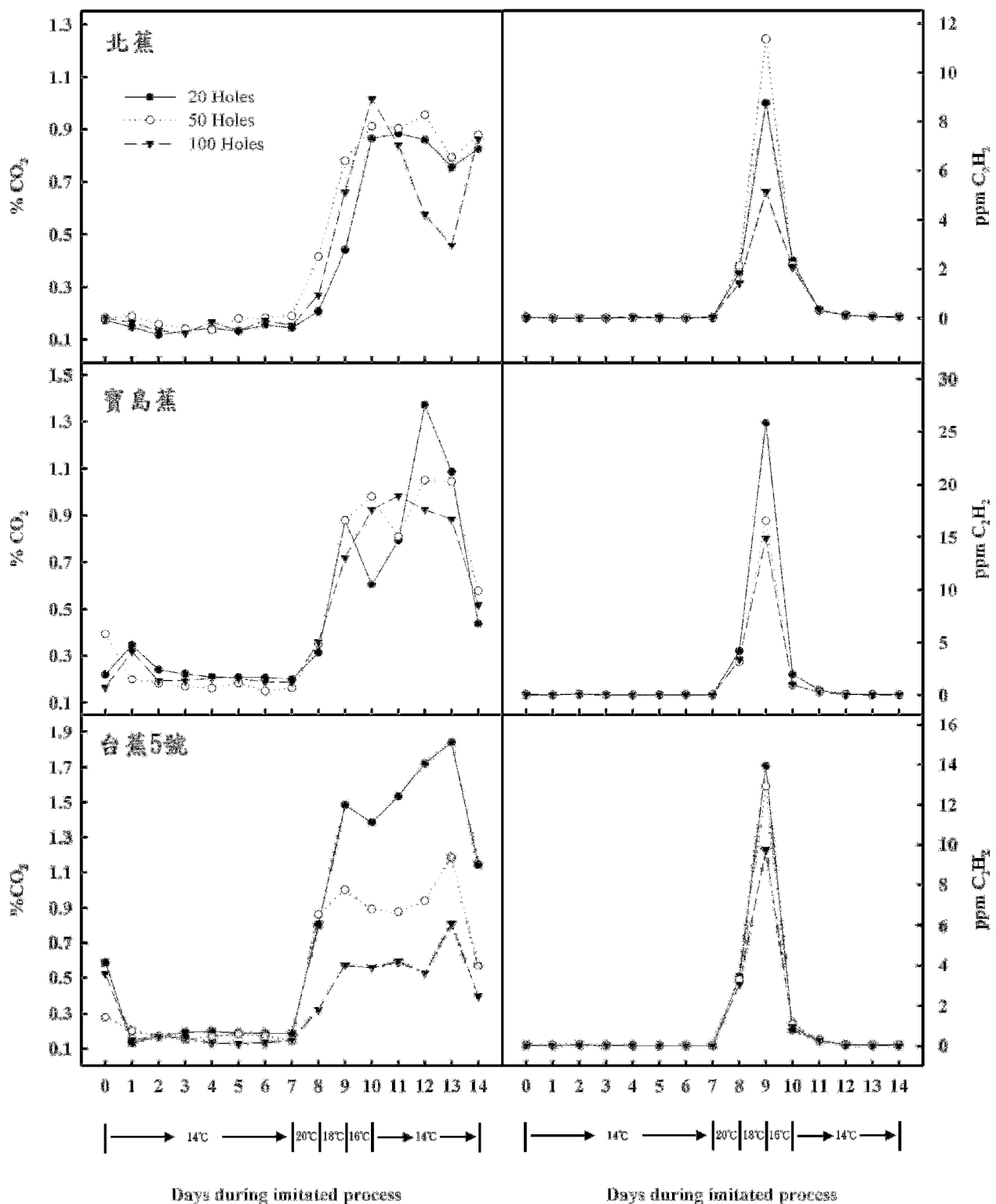
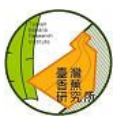


圖 1、模擬外銷貯運過程，不同孔數包裝袋內二氧化碳（左）與乙烯（右）含量變化。
Fig. 1 The concentration of carbon dioxide and ethylene in package with different holes during imitated commercial ripening process.

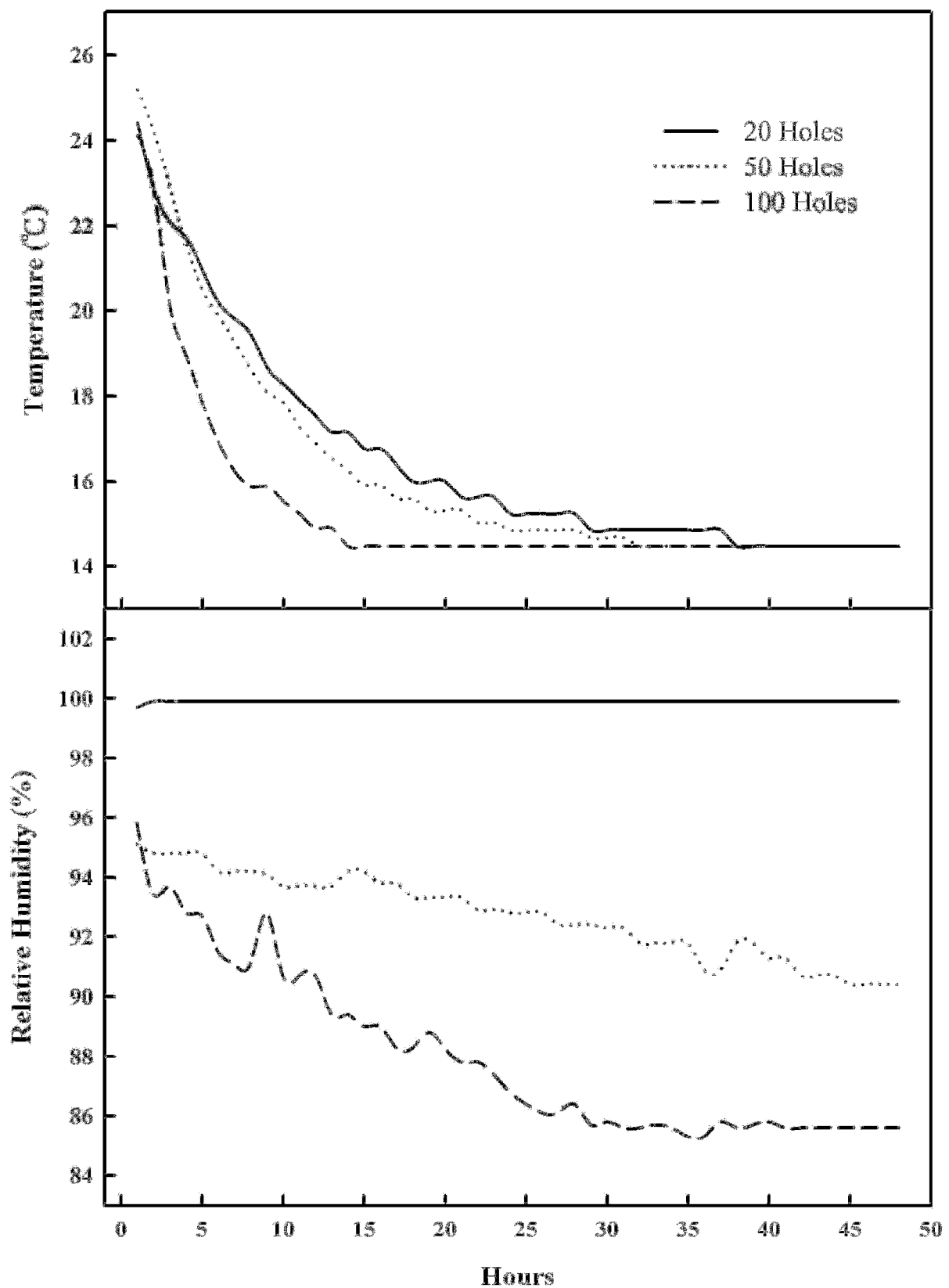
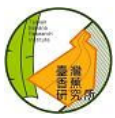


圖 2、北蕉以不同孔數包裝袋包裝，貯藏於 14°C 貯藏庫 48 小時，包裝袋內之溫度與濕度變化。

Fig. 2 The changes in temperature and relative humidity in package with different holes stored in 14°C for 48 hours. The 'Pei Chiao' fruits were packaged.

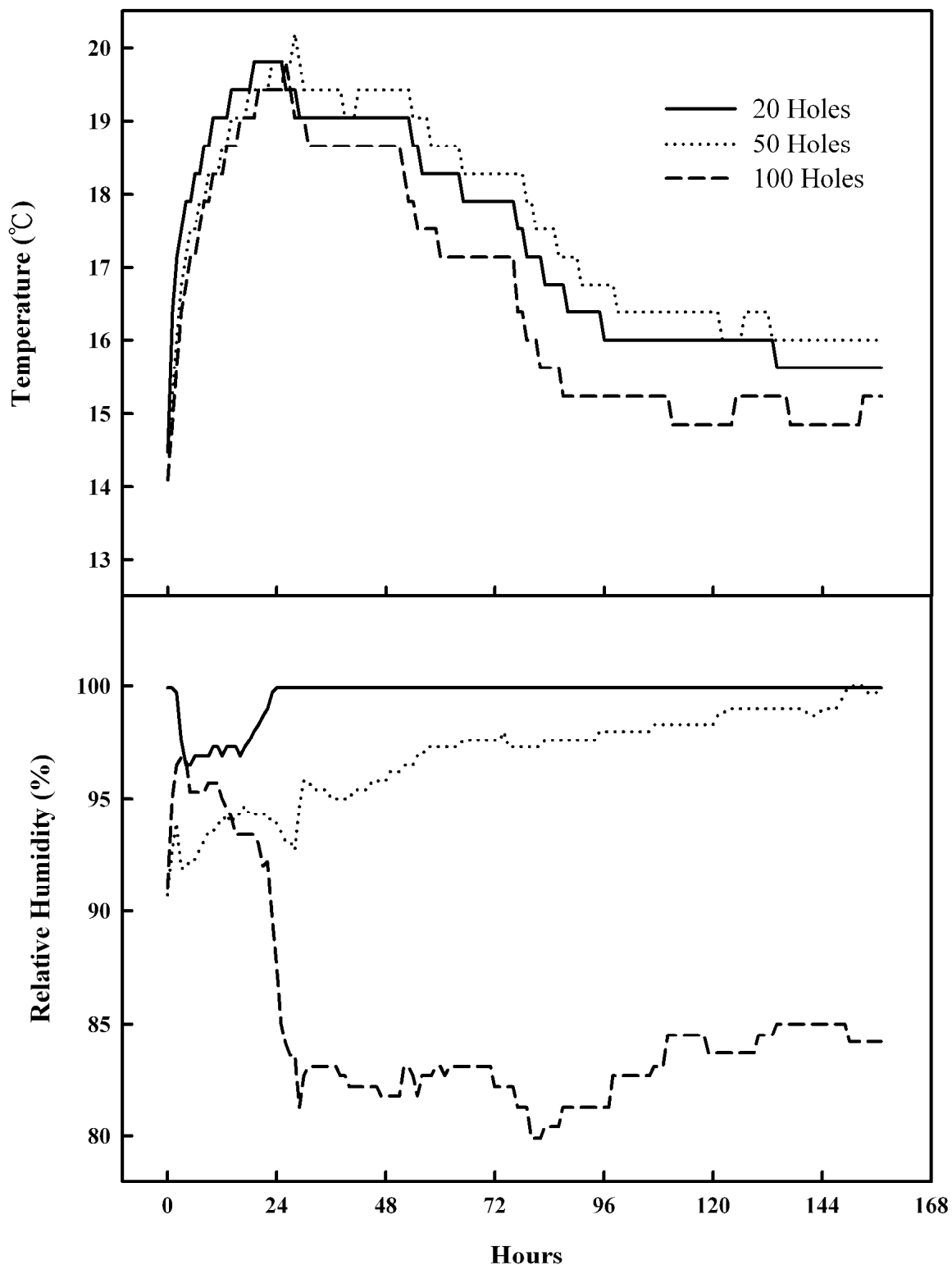


圖 3、北蕉以不同孔數包裝袋包裝，經商業催熟模式處理後，包裝袋內之溫度與濕度變化。

Fig. 3 The changes in temperature and relative humidity in package with different holes during imitated commercial ripening process. The 'Pei Chiao' fruits were packaged.

表 1、香蕉利用不同孔數包裝袋包裝後，經商業催熟後轉色之變化。

Table 1. The coloration index of three banana cultivars by package with different holes during imitated commercial ripening process.

Cultivar	Holes per bage	Coloration indexy						
		1 th day	2 th day	3 th day	4 th day	5 th day	6 th day	7 th day
Pei Chiao	20	1.0	1.9	2.8	3.8	4.5	5.3	5.5
	50	1.0	2.1	3.3	4.0	4.7	5.4	5.7
	100	1.0	2.1	3.4	4.3	5.4	5.8	5.9
Formosana	20	1.0	1.5	2.8	3.7	4.5	5.3	5.8
	50	1.1	1.4	2.7	3.8	4.5	5.6	6.0
	100	1.0	1.7	3.2	4.1	4.9	5.7	6.0
Taiwan banana No.5	20	1.2	1.5	2.6	3.5	4.2	5.0	5.7
	50	1.0	1.2	2.7	3.8	4.7	5.8	6.0
	100	1.0	1.5	2.9	3.8	4.8	5.9	6.1



圖 4.香蕉果實利用不同孔數包裝袋包裝後經商業催熟技術處理 5 天後，果實轉色之變化。

Fig. 4 The coloration of three banana cultivars by package with different holes after 5 day of imitated commercial ripening process.

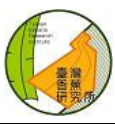


表 2、香蕉利用不同孔數包裝袋包裝，經催熟轉色後之品質調查。

Table 2. The qualities of three banana cultivars by package with different holes after imitated commercial ripening process

Cultivar ^x	Holes per bage	Firmness (kg/cm ²)	Total soluble solids (Brix)	Vitamin C (mg/100g FW)	Titrateable acidity (%)
Pei Chiao	20	0.24a ^y	23.3a	12.44a	0.49a
	50	0.23a	24.4a	9.33b	0.46a
	100	0.23a	23.5a	12.89a	0.41a
Formosana	20	0.27a	21.6a	15.11a	0.36a
	50	0.26a	22.4a	14.22a	0.27a
	100	0.26a	20.4a	13.78a	0.31a
Taiwan banana No.5	20	0.22a	21.4a	12.89a	0.36a
	50	0.23a	20.9a	14.22a	0.29a
	100	0.24a	22.5a	16.44a	0.31a

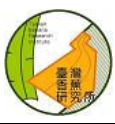
^y Means separation within same cultivar by Duncan's Multiple Range test at 5% level(n=5).

^x The fruit were tested for qualities while the coloration index had been six.

討論

由於臺灣地區的香蕉栽培屬小農制度，栽培面積小且農戶數多，香蕉栽培品種和採收的成熟度常因栽培地區或農戶栽培經驗等因素，造成出口商的收貨品質參差不齊，使外銷混裝貯運時，香蕉果實後熟過程產生轉色不一致現象，造成進口商出貨之困擾。

香蕉果實後熟過程中，果皮的轉色是影響香蕉果實外觀品質的重要因素 (Ahmad *et al.*, 2001)。近年來，香蕉品種推陳出新，不同品種間的後熟特性、對乙烯的敏感度或貯運能力往往具有差異。據台灣香蕉研究之研究 (2006) 和王 (2009) 的研究指出，‘北蕉’轉色速率較‘寶島蕉’快 0.5~1 天。而影響香蕉果實退綠的因素尚包括溫度、氣體成分和冷處理 (cold shock) 等。綠熟香蕉果實貯藏於 2.5 % O₂ 環境，可以降低呼吸作用、延緩果皮的退綠以及澱粉轉化糖類反應的進行 (Kanellis *et al.*, 1989)。香蕉果實催熟前，利用冰水進行冷處理亦可明顯延緩果皮退綠、果肉軟化反應、乙烯生成和呼吸作用 (Zhang *et al.*, 2010)。香蕉果實的催熟溫度超過 24℃ 時會造成果皮葉綠素無法降解，形成綠熟 (stay-green) 狀態之香蕉。雖然果實可以完全軟化，果肉品質也達商品價值，但果皮無法轉黃，嚴重影響消費者購買意願 (Li *et al.*, 2006)。香蕉 (*Musa AAA*) 果實在 30℃ 下催熟會產生綠熟果實，而芭蕉 (*Musa ABB*) 則在 30℃ 下催熟，果實亦可順利後熟轉黃。此種高溫後熟造成香蕉果實葉綠素無法順

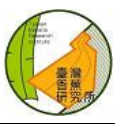


利降解之原因與高溫下果皮快速累積可溶性糖有關 (Yang *et al.*, 2009a; 2009b)。除了上述之影響因素外，香蕉果實成熟度也是造成轉色不一致的因素 (柯等, 1988)。

包裝袋內氣體成分的改變、水蒸氣的累積和內部濕度的增加會因產品的失重率、表面積、包裝材料的水氣穿透性及袋內外的濕度而有不同。除此之外，環境溫度的變化亦會影響產品的呼吸率和塑膠薄膜的透氣性。貯藏溫度的變化會導致水蒸氣的凝結，增加包裝袋內的相對濕度，使病原微生物蔓延擴散，促進蔬果產品的腐敗率 (Gorris and Peppelenbos, 1992)。紅熟的蕃茄果實利用適當的透氣薄膜包裝後，維持袋內 90 % 的相對濕度，可延緩蕃茄的後熟，並延長貯藏壽命與品質。而利用不透氣或透氣不良的塑膠包裝膜則可能使蕃茄後熟不良，並增加蕃茄腐敗率 (Geeson *et al.*, 1985)。枇杷果實利用 MA 包裝 (modified atmosphere storage) 貯藏於 5°C、60 天後，可降低果實失重，維持失重率 0.9~1.5 %；而利用打孔 PE 袋失重率則為 8.9 % (Ding *et al.*, 2002)。本研究利用不同孔數包裝袋包裝香蕉果實，並模擬外銷貯運模式發現，低孔數包裝袋內的溫度變化因其孔數較少，導致袋內溫度與貯藏庫溫度達平衡所需時間較長，如 20 孔之包裝處理於貯藏後 37 小時後，袋內溫度與貯藏庫溫度才達平衡，而 100 孔內溫度只需 15 小時就可達平衡。換言之，20 孔之包裝袋較 100 孔之包裝袋可維持較高溫度與較長時間。此外，於催熟過程中，100 孔之包裝處理的溫度下降亦較 20 孔包裝處理快，導致香蕉果實利用 20 孔之包裝袋包裝之果實轉色速率較 100 孔之包裝袋約慢 0.5~1 天，其推測可能因 20 孔數之包裝處理可維持包裝箱內較高溫度，使可溶性糖的累積較快或葉綠素降解相關酵素活性受阻，導致果皮轉色速率延緩。然而是否因低孔數包裝袋可維持較高的溫度與較長高溫時間，而導致葉綠素的降解速度緩慢，轉色速率也隨之減緩，此研究結果仍需要更多方面之研究佐證，方可更瞭解包裝孔數與轉色速率相關性之機制，因此仍須未來更進一步的研究與探討才可瞭解。

結論

綜觀研究之結果顯示，香蕉果實利用不同孔數之包裝袋包裝，其可改變貯運期間包裝袋內溫度、相對濕度和氣體成分的變化，進而影響果實的轉色速率。根據不同品種香蕉轉色之特性，轉色速率快的品種可使用低孔數的包裝袋進行包裝；轉色速率慢的品種，則用多孔數的包裝袋包裝，應可使不同品種在相同催熟條件下，達到齊一轉色的目的。



誌謝

本研究承農委會 99 農科-4.2.農-C4 (1) 計畫補助，謹此致謝。

參考文獻

- 王正隆。2009。‘北蕉’與‘寶島蕉’果實採收後生理及包裝對香蕉轉色及品質之影響。碩士論文。屏東:國立屏東科技大學農園生產系。
- 邱輝龍、黃勝忠、張淑芬、林俊義。2007。台灣野生種香蕉之遺傳資源。農業試驗所技術服務。70: 14-18。
- 柯立祥、柯定芳、蔡平里。1988。香蕉催熟之研究 (三) 臺蕉對外加乙烯之後熟反應與溫度及香蕉成熟度之關係。中國園藝 34: 177-187。
- 柯立祥。1987。台灣香蕉採收後生理之研究。博士論文。台北:國立台灣大學園藝研究所。
- 國際貿易局。2010。中華民國進出口貿易統計網路資料。
<<http://cus93.trade.gov.tw/fsci/>>
- 農業委員會農糧署。2009。臺灣地區主要農產品產銷及進出口量值。台北：行政院農業委員會農糧署 編印 p.173。
- 臺灣香蕉研究所。2006。九十五年年報。香蕉栽培管理與後熟生理。屏東：臺灣香蕉研究所 編印 pp.35-40。
- 鄧澄欣、黃新川、李倩雲。1991。香蕉品種改良的新途徑。中國園藝 37:129-140。
- 鄧澄欣、黃新川、劉程江。2000。香蕉突變育種研究的回顧與前瞻。中國園藝 46:251-258。
- Ahmad, S., A. K. Thompson, A. H. Ishfaq and A. A. Ali. 2001. Effect of temperature on the ripening behavior and quality of banana fruit. Int. J. Agri. Biol. 3: 224-227.
- Anon. 1964. Banana ripening manual. United Fruit Sales corp. Customer Serv. Dept. Boston.
- Clendennen, S. K. and G. D. May. 1997. Differential gene expression in ripening banana fruit. Plant physiol. 155: 463-469.
- Ding, C. K., K. Chachin, Y. Ueda, Y. Imahori, and C. Y. Wang. 2002. Modified atmosphere packaging maintains postharvest quality of loquat fruit. Postharvest Biol. Technol. 24: 341-348.



- Geeson, J. D. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Acta Hort.* 258: 143-150.
- Geeson, J. D., K. M. Browne, K. Maddison, J. Shepherd, and F. Guaraldi. 1985. Modified atmosphere packaging to extend the shelf life of tomatoes. *J. Food Technol.* 20: 339-349.
- Gorris, L. G. M. and H. W. Peppelenbos. 1992. Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. *HortTechnology.* 2: 303-309.
- Hardenburg, R. E. 1971. Effect of in-package environment on keeping quality of fruits and vegetables. *HortScience* 6: 198-201.
- Kampfenkel, K. M., M. Van, and D. Inzé. 1995. Extraction and determination of ascorbate and dehydroascorbate from plant tissue. *Anal. Biochem.* 225 :165–167.
- Kanellis, A. K., T. Solomos, A. Mattoo. 1989. Changes in sugar, enzymic activities and acid phosphatase isoenzyme profiles of banana ripened in air or stored in 2.5% O₂ with and without ethylene. *Plant Physiol.* 90: 251-528.
- Li, Y., C. M. Qian, W. J. Lu, Z. Q. Zhang and X. Q. Pang. 2006. Changes of peel colour of banana and plantain fruits during ripening at different temperature. *Acta Hortic. Sin.* 33: 617-620.
- Sagi, L., G. D. May, S. Remy, and R. Swennen. 1998. Recent developments in biotechnological research on bananas (*Musa* spp.) . *Biotechn. Genet. Eng. Rev.* 15: 313-327.
- Yang , X. T., Z. Q. Zhang, D. Joyce. X. M. Huang, L. Y. Xu and X. Q. Pang. 2009. Characterization of chlorophyll degradation in banana and plantain during ripening at high temperature. *Food Chem.* 114: 383-390.
- Yang, X. T., X. Q. Pang, L. Y. Xu, R. Q. Fang, X. M. Huang, P. J. Guan, W. J. Lu and Z. Q. Zhang. 2009. Accumulation of soluble sugars in peel at high temperature leads to stay-green ripe banana fruit. *J. Exp. Bot.* 14: 4051-4062.
- Zhang, H., S. Yang, D. C. Joyce, Y. Jiang, H. Qu, and X. Duan. 2010. Physiology and quality response of harvested banana fruit to cold shock. *Postharvest Biol. Technol.* 55: 154-159.



Effect of Package with Different Holes for Coloration and Qualities of Banana (*Giant Cavendish*, AAA Group) Fruits

Yu-Shen Liang⁽¹⁾ Te-Sheng Lin^(1,2) Jr-Wei Bau⁽¹⁾ Lih-Shang Ke^{(1)*}

Abstract

The subject of the study was to elucidate the coloration changes and quality of three banana (*Giant Cavendish*, AAA Group) cultivars (‘Pei Chiao’, ‘Formosana’ and ‘Taiwan banana No.5’) by the packages with vary holes (20, 50, and 100 holes) during ripening process. Temperature, relative humidity, ethylene and carbon dioxide content in package with different holes were surveyed during imitated commercial ripening process. The result indicated the banana fruit could successfully coloration in all packages treatment. It accumulated higher carbon dioxide and ethylene within the 20 holes (total area of holes was 8.2 cm²) and 50 holes (total area of holes was 20.5 cm²) treatment than other. At the same time, the temperature and relative humidity change within package was different in those package treatments. The decline rate of temperature of the 20 holes and 50 holes treatment was slower than the 100 holes (total area of holes was 41 cm²) treatments. However, the packages with 20 and 50holes were have higher relative humidity than 100 holes. The coloration rate of the package with 20 holes was slower about 0.5-1 day than the packages with 100 holes, but there was no different in the edible quality on those package treatments.

Keywords: temperature, humidity, respiration, ethylene, ripening, degreening

(1) Graduate Student and Professor, Department of Plant Industry, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan, R.O.C.

(2) Assistant Research, Taiwan Banana Research Institute, Pingtung, Taiwan, R.O.C.

*Corresponding author. E-mail: lske@mail.nput.edu.tw