

焦亞硫酸鈉處理對'北蕉'香蕉軸腐病之影響

詹 健 君¹⁾ 謝 慶 昌²⁾

關鍵字：香蕉、軸腐病、焦亞硫酸鈉

摘要：'北蕉'(Giant cavendish)香蕉為臺灣外銷的主要品種，但也是一種易腐的水果，採後果實品質惡化非常迅速，貯藏壽命短的主要問題與香蕉出口長距離的運輸有關，尤其是因複合病原菌所引起的採後病害軸腐病。本試驗目的在探討焦亞硫酸鈉處理對香蕉果實於15°C貯藏21天後和催熟後果軸腐爛及果實轉色之影響。10%及15%焦亞硫酸鈉塗抹可有效延緩果軸褐化及軸腐病的發生，但因濃度過高易對果實造成傷害。0.4及0.5%焦亞硫酸鈉浸泡，並以打孔聚乙烯(PE)塑膠袋包裝處理，可延緩果軸腐爛及降低失水徵狀，對香蕉果實貯藏及果皮轉色無不良影響。果軸切片處理1%焦亞硫酸鈉有效降低多酚氧化酶活性，3%可有效抑制多酚氧化酶活性。

前 言

香蕉為臺灣重要外銷水果之一，主要外銷市場以日本為主，臺灣香蕉最早栽培且為外銷之品種'北蕉'，屬華蕉系，為臺灣傳統優良栽培品種。對土壤、氣候條件之適應力較強，適合在中南部、東部地區種植，但對黃葉病不具抗病性，故不宜在黃葉病疫區種植(趙，2008)。臺灣香蕉外銷流程：於台灣港口裝箱後運至日本港口需七天，到港檢疫通關後直接進庫，兩周後才進行催熟販售，此目的為維持日本市場的供貨量。欲使外銷市場能穩定供給消費者，於海運與通關檢疫時間之外，須能維持一週以上的庫存量，因此，自採收後需能維持 21 天不轉色黃熟之貯藏壽命。

然而經主要出口國日本市場調查發現，臺灣香蕉品質落差大，運輸過程引起不良品較多，臺灣香蕉不良率達 10-20%，例如貯藏後自然轉色及腐爛等；菲律賓及厄瓜多爾約 1-2%(陳，2005)。

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

此外，為穩定市場供貨不穩之瓶頸，欲使生鮮市場能夠穩定供給消費者所需，故庫存須能維持一週的供應量，再加上海運與檢疫通關時間，香蕉自採收後需能維持 21 天貯藏壽命。貯藏 21 天後香蕉需維持青綠未轉成黃色，以確保催熟作業。另外，果軸褐化將造成市場接受度降低，加上貯藏過程中，易產生果軸發黴腐爛，此病為軸腐病，危害果軸及果實，腐爛由果軸開始，然後延伸至果指，果軸全黑，略動果指即會脫落，失去商品價值(趙，2008)。

材 料 與 方 法

一、試驗材料

(一)果實

以'北蕉'為試驗材料，材料取自台灣省青果運銷合作社台中分社之黃竹坑集貨場，於 2014 年 3 月~2014 年 7 月間採收，每箱 15 公斤裝；及台中市霧峰區國立中興大學園藝試驗場生產之'北蕉'為材料，於 2014 年 9 月初 2015 年 1 月底之間採收，挑選果指大小及顏色一致、外觀無病蟲害及外傷，果齡約 72 天(抽穗後日數)之果實，每個果手約有 14-16 指果指，為符合外銷之香蕉果實。直接運回實驗室，置於 15°C 冷藏室預冷備用。

(二)果軸切片

試驗材料取至台中市霧峰區國立中興大學園藝試驗場，以'北蕉'果軸為材料，於 9 月至 10 月間採收，由田間取得後運回實驗室備用。

二、試驗方法

(一)果實

將整把香蕉以香蕉刀由果軸剖分，每 3-4 果指為一小把，各處理 4 重複(不同果手)。處理項目如下：

1. 焦亞硫酸鈉塗膜處理

利用 5、10 及 15% 焦亞硫酸鈉溶液塗抹香蕉果軸後風乾，再置於內襯打孔 HDPE 袋(110×94 cm，厚度：0.075 mm，孔徑 1.1 cm、80 孔)的紙箱(56.5×33.5×25.5 cm，厚度 0.8 cm)中，貯藏於 15°C，21 天後取出進行催熟，並調查及紀錄果皮顏色變化及果軸褐化腐爛情況。

2. 焦亞硫酸鈉浸泡處理

利用 0.3、0.4、0.5 及 1.0% 焦亞硫酸鈉浸泡香蕉果手 5 分鐘，裝入打孔 PE 袋(42×27.5 cm，厚度：0.000 mm，孔徑 0.61 cm、32 孔)中，再置於內襯打孔 HDPE 袋的紙箱中，貯藏於 15°C，21 天後取出進行催熟，並調查及紀錄果皮顏色變化及果軸褐化腐爛情況。

3. 對照組浸泡純水 5 分鐘。

4. 催熟方式

將挑選後之香蕉果實放入 62 L 之透明壓克力呼吸缸中密封，置於 25°C 恆溫箱，以 1000 ppm 乙烯氣體進行催熟處理，密閉 24 小時；第 2 天溫度降為 20°C，並通入加濕空氣充分換氣；之後每天各降 2°C；第 3 天 18°C，第 4 天 16°C，第 5 天仍為 16°C，5 天後果實轉色至第 3-4 級後移置 25°C 恆溫箱。

(二)果軸切片

香蕉果軸以厚度 0.5 公分橫切成圓片狀，各處理三重複。分別以 1、3、5% 焦亞硫酸鈉及對照組(純水)，四種處理，浸泡 5 分鐘。處理後，將切片個別盛裝於塑膠培養皿中加蓋，置於 15°C 冷藏庫，每週取出進行分析。

三、調查項目及方法

果實：

(一)果皮顏色變化

以果色指數法對照果實外觀，分別以 1-8 級表示：1—綠色；2—黃綠色；3—綠色面積大於黃色；4—黃色面積大於綠色；5—頭尾兩端仍為綠色；6—全黃；7—褐色斑點出現；8—黃色帶有大面積褐化。

(二)果軸褐化腐及爛情況

紀錄香蕉果軸褐化腐爛情況，將軸腐病感染變化及程度分別以 1-6 級表示：1—未褐化(圖 1.1)；2—出現褐化(圖 1.2)；3—出現白色菌絲(圖 1.3)；4—果梗變黑 50% 以下(圖 1.4)；5—果梗變黑 50% 以上(圖 1.5)；6—果梗斷裂(圖 1.6)。

果軸切片：

多酚氧化酶(Polyphenol oxidase, PPO)活性測定

測定方法修改自 Lee 和 Smith(1979)之分析法，將果軸切片切丁並稱重至約 2 g，在冰浴下加入 5 mL 含 1% PVP 及 0.25% Triton X-100 之 0.1 M 磷酸緩衝溶液(pH 7.0)，以研鉢研磨均質後，20000 ×g 於 4°C 下離心 20 分鐘，過濾取上層澄清液備用。取 1.9 mL 之 0.1 M 磷酸緩衝液(pH 8.0)及 0.2 mL 之 0.5 M Catechol，最後加入 0.1 mL 之澄清萃取液，迅速混合後放入分光光度計(Shimadzu UV-200S)，以紀錄器(Recorder)紀錄在 420 nm 波長下反應初期吸收值之變化，單位以 $\Delta A_{420}/\text{min}/\text{g.FW}$ 。

四、統計分析

統計分析 將試驗結果以 SAS 軟體(Statistical Analysis System, Institute Inc.)計算平均值，並利用 ANOVA 進行變方分析(analysis of variance)及最小顯著差異檢定(least significant difference test, LSD)比較各處理間之差異顯著性。

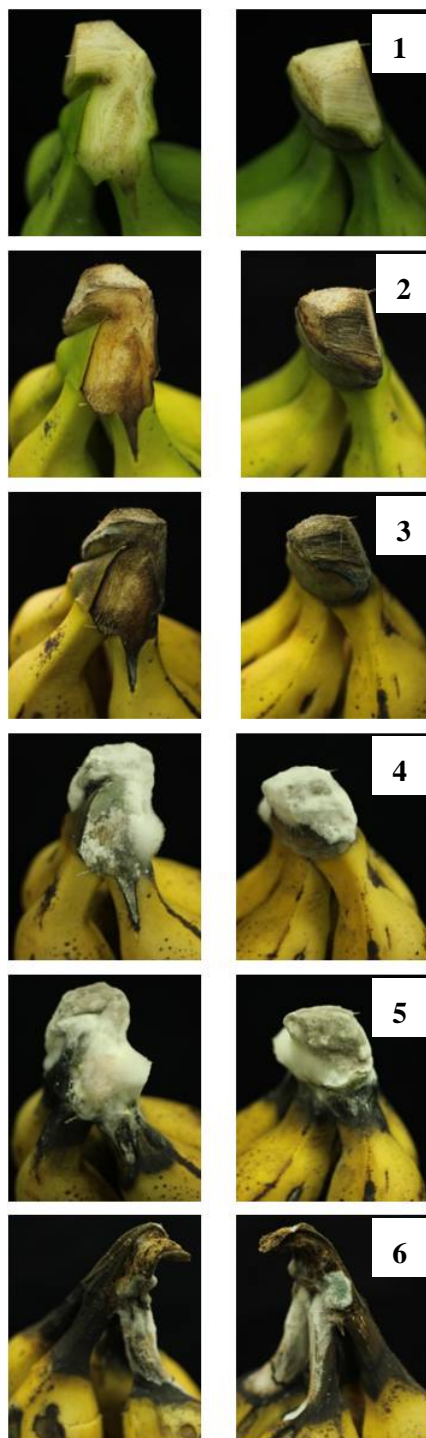


圖 1. 香蕉果軸褐化腐病腐爛指數 1-6 之情況。

Fig 1. Status of browning and decay index 1-6 of crown rot of banana.

結 果

一、果軸褐化腐爛之影響

(一)焦亞硫酸鈉塗抹

焦亞硫酸鈉 5%、10%及 15%塗抹處理對香蕉果實於 15°C 貯藏 21 天和催熟後果軸褐化腐爛之影響，由表 1 所示。於 15°C 貯藏 21 天後果軸腐爛指數最低為 10%及 15%焦亞硫酸鈉塗抹(1.0、1.0)，果軸呈現白色未褐化，直到催熟後才出現褐化及腐爛現象；而 5%焦亞硫酸鈉塗抹之結果與對照組相似(2.8、2.5)，在 15°C 貯藏後即出現菌絲，催熟後 0 天腐爛已蔓延至果梗(4.0)，10%及 15%焦亞硫酸鈉塗抹在催熟後 7 天腐爛才蔓延至果梗(圖 2)。雖然 10%及 15%焦亞硫酸鈉塗抹可有效延緩果軸腐爛，但與對照組相比隨著處理濃度增加，藥劑對果軸的漂白效果越明顯，但果軸皺縮失水及果梗變黑失水現象也隨之增加(圖 2)，因此在催熟後三天已不具商品價值

(二)焦亞硫酸鈉浸泡與小包裝

不同濃度焦亞硫酸鈉浸泡及小包裝處理對香蕉果實於 15°C 貯藏 21 天和催熟後果軸褐化腐爛之影響，由表 3 所示。於 15°C 貯藏 21 天後，各處理均已出現菌絲(圖 3)，0.5%及 1%焦亞硫酸鈉浸泡腐爛指數最低為 2.3，其它為 3.0。催熟後腐爛指數隨著時間成正比；催熟後 4 天，對照組果軸腐爛指數最高為 4.3，其餘腐爛指數為 3.7。由圖 3 發現僅在 15°C 貯藏 21 天後，果軸菌絲分佈量有些許不同外；在催熟後各處理間無顯著差異。由上述結果顯示焦亞硫酸鈉處理對延緩果軸腐爛的效果不顯著(圖 3)。

(三)果軸切片之多酚氧化酶活性

果軸切片處理後，於 15°C 貯藏，其多酚氧化酶變化，如表 5 所示。於 15°C 貯藏 7 天後，對照組多酚氧化酶含量為 $0.38 \Delta A_{OD420}/\text{min}/\text{g.FW}$ ，焦亞硫酸鈉各處理未測得多酚氧化酶存在。於 15°C 貯藏 14 天後，對照組多酚氧化酶含量為 $0.38 \Delta A_{OD420}/\text{min}/\text{g.FW}$ ，1%焦亞硫酸鈉處理多酚氧化酶含量為 $0.40 \Delta A_{OD420}/\text{min}/\text{g.FW}$ ，3%及 5%焦亞硫酸鈉未測得。於 15°C 貯藏 21 天後，對照組多酚氧化酶含量為 $0.47 \Delta A_{OD420}/\text{min}/\text{g.FW}$ ，1%焦亞硫酸鈉處理多酚氧化酶含量為 $0.42 \Delta A_{OD420}/\text{min}/\text{g.FW}$ ，3%及 5%焦亞硫酸鈉一樣未測得。根據上述結果顯示，1%焦亞硫酸鈉對果軸切片褐化腐爛抑制較果約 1 週左右，3%及 5%焦亞硫酸鈉對果軸切片褐化腐爛抑制效果至少 3 週。

二、果皮顏色之變化

經焦亞硫酸鈉塗抹(表 2)於 15°C 貯藏 21 天後，轉色指數為 2.0，對照組為 2.3；催熟後 0 天焦亞硫酸鈉處理之轉色指數為 3.0~4.3，對照組為 4.5；催熟後 3 天處理組之轉色指數為 6.5-7.3，對照組為 7.3；催熟後 7 天轉色指數皆為 8.0。

不同濃度焦亞硫酸鈉浸泡及小包裝處理對香蕉果實於 15°C 貯藏 21 天和催熟後皮顏色變化之影響，由表 3 及圖 3 所示。於 15°C 貯藏 21 天後，各處理轉色指數為 2 級。催熟後 0 天，各處理轉色級數為 4 級。催熟後 2 天，焦亞硫酸鈉浸泡各處理組轉色級數(7.0)

顯著高於對照組(6.0)。焦亞硫酸鈉浸泡之櫥架壽命約為 2 天。

由以上結果得知焦亞硫酸鈉(5%、10%及 15%)塗抹、焦亞硫酸鈉(0.3%、0.4%、0.5%及 1.0%)浸泡家小包裝對果皮轉色無明顯影響。

表 1. 焦亞硫酸鈉塗抹對香蕉果實於 15°C 貯藏 21 天和催熟後 0、3、7 天果軸腐爛之影響
Table 1. Effect of sodium metabisulfite coated on decay index of banana fruit after 15°C storage for 21 day and 0, 3, 7 days after ripening with ethylene.

Sodium metabisulfite (%)	Decay index			
	15°C for 21d	15°C for 21d+Ripening 5d+Shelf life		
		0 day	3 days	7 days
0	2.5 a ^z	4.0 a	4.5 a	5.5 a
5	2.8 a	4.0 a	4.5 a	5.0 ab
10	1.0 b	1.8 b	3.8 ab	4.5 b
15	1.0 b	1.5 b	3.3 b	4.8 ab

^zMeans separation within column by LSD test at 5% level.

表 2. 焦亞硫酸鈉塗抹對香蕉果實於 15°C 貯藏 21 天和催熟後 0、3、7 天果皮轉色指數之影響

Table 2. Effect of sodium metabisulfite coated on color index of banana fruit after 15°C storage for 21 day and 0, 3, 7 days after ripening with ethylene.

Sodium metabisulfite (%)	Color index of peel			
	15°C for 21d	15°C for 21d+Ripening 5d+Shelf life		
		0 day	3 days	7 days
0	2.3 a ^z	4.5 a	7.3 a	8.0 a
5	2.0 a	4.3 a	7.3 a	8.0 a
10	1.8 a	4.0 a	6.8 ab	8.0 a
15	2.0 a	3.0 a	6.5 b	8.0 a

^zMeans separation within column by LSD test at 5% level.

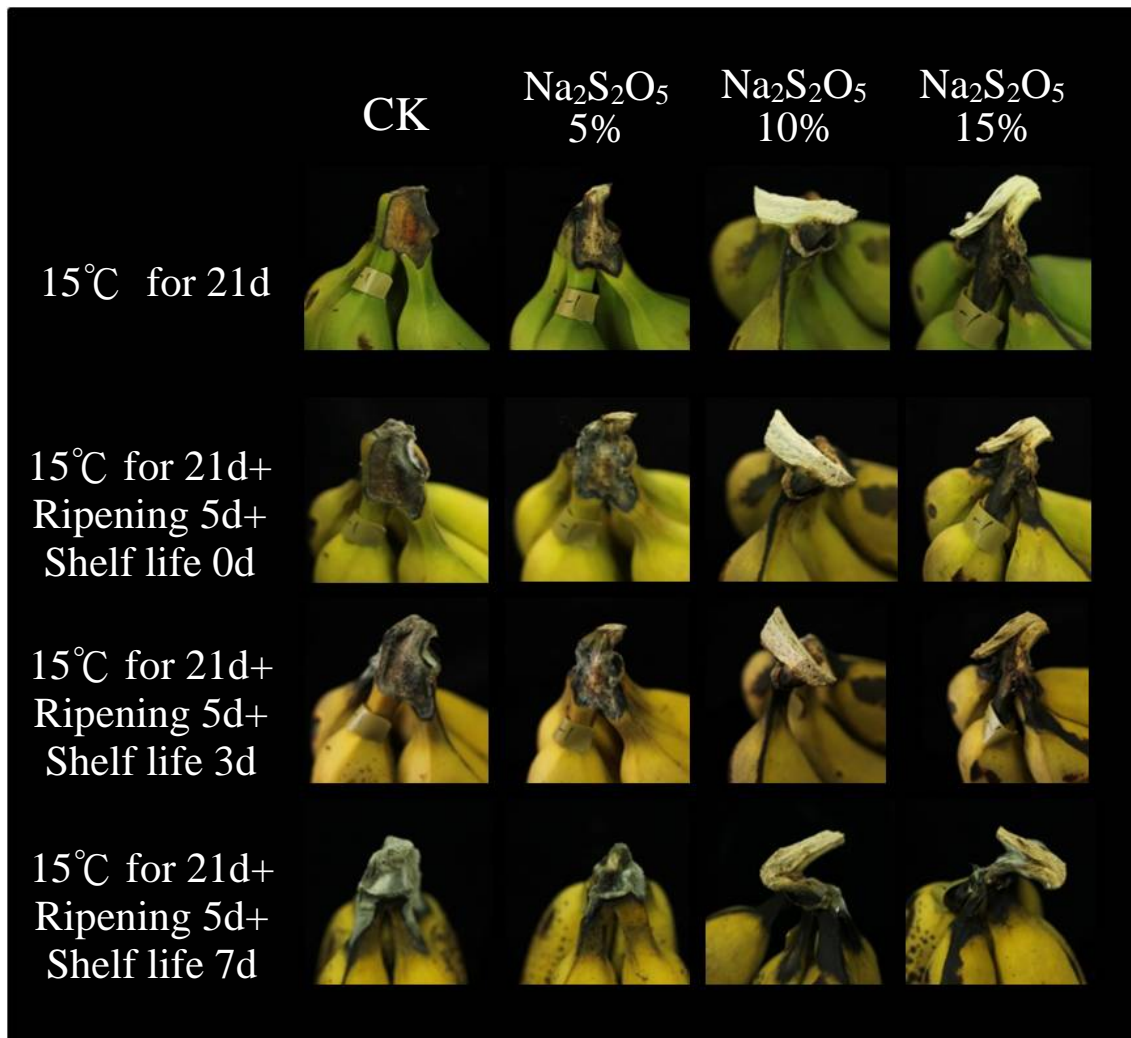


圖 2. 焦亞硫酸鈉塗抹之果實於 15°C 貯藏 21 天和催熟後 0、3、7 天果軸腐爛之情況。

Fig 2. Decaying status of banana fruits treated with sodium metabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) coated after 15°C storage for 21 days and 0, 3, 7 days after ripening with ethylene.

表 3. 焦亞硫酸鈉浸泡及小包裝對香蕉果實於 15°C 貯藏 21 天和催熟後 0、2、4 天果軸腐爛之影響

Table 3. Effect of sodium metabisulfite dipping and wispy package on decay index of banana fruit after 15°C storage for 21 day and 0, 2, 4 days after ripening with ethylene.

Sodium metabisulfite (%)	Decay index			
	15°C for 21d	15°C for 21d+Ripening 5d+Shelf life		
		0 day	2 days	4 days
0	3.0 a ^z	3.7 a	3.7 a	4.3 a
0.3	3.0 a	3.3 a	3.3 a	3.7 a
0.4	3.0 a	3.3 a	3.7 a	3.7 a
0.5	2.3 a	3.0 a	3.0 a	3.7 a
1.0	2.3 a	3.0 a	3.3 a	3.7 a

^z Means separation within column by LSD test at 5% level.

表 4. 焦亞硫酸鈉浸泡及小包裝對香蕉果實於 15°C 貯藏 21 天和催熟後 0、2、4 天果皮轉色指數之影響

Table 4. Effect of sodium metabisulfite dipping and wispy package on color index of banana fruit after 15°C storage for 21 day and 0, 2, 4 days after ripening with ethylene.

Sodium metabisulfite (%)	Color index of peel			
	15°C for 21d	15°C for 21d+Ripening 5d+Shelf life		
		0 day	2 days	4 days
0	2.0 a ^z	4.0 a	6.0 b	6.3 b
0.3	2.0 a	4.0 a	7.0 a	7.0 a
0.4	2.0 a	4.0 a	7.0 a	7.0 a
0.5	2.0 a	4.0 a	7.0 a	7.0 a
1.0	2.0 a	4.0 a	7.0 a	7.0 a

^z Means separation within column by LSD test at 5% level.

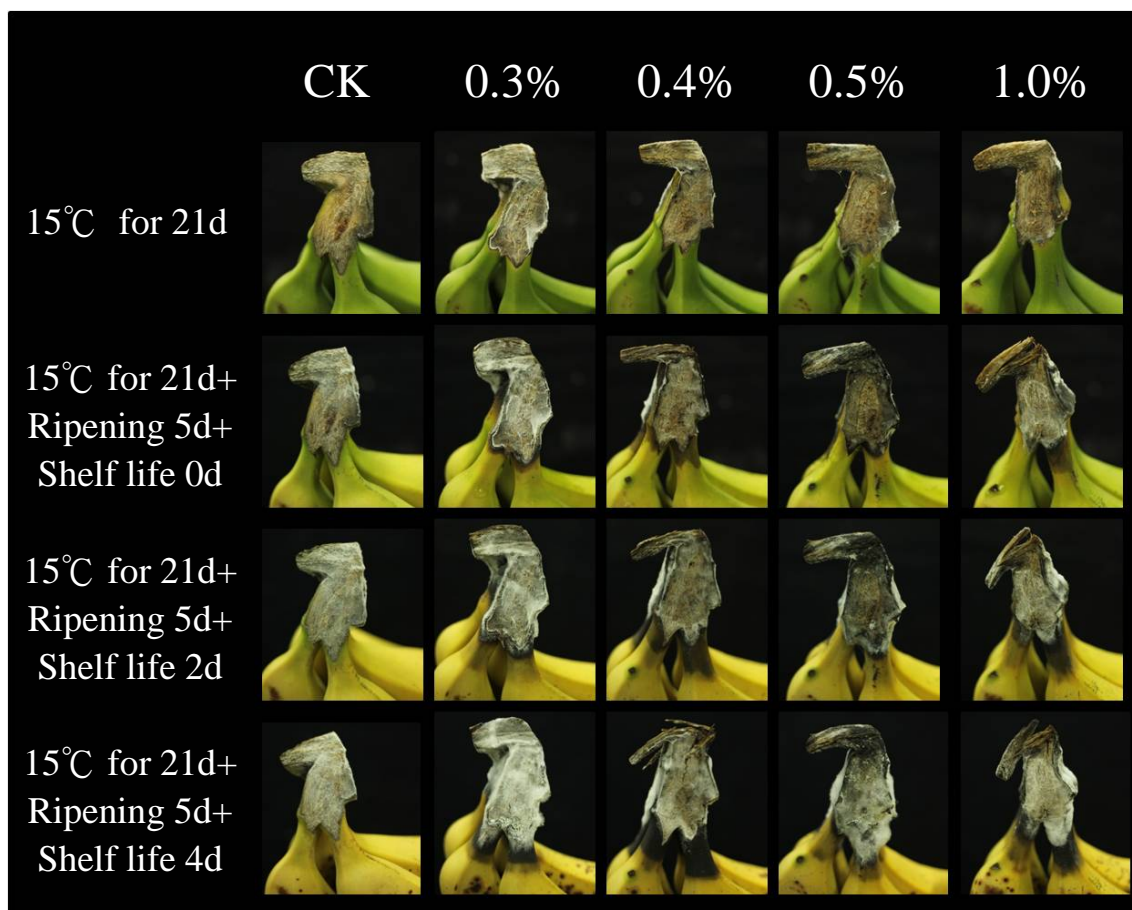


圖 3. 焦亞硫酸鈉浸泡及小包裝之果實於 15°C 貯藏 21 天和催熟後 0、2、4 天果軸腐爛之情況。

Fig 3. Status of decay of banana fruits treated with sodium metabisulfite dipping and wispy package after 15°C storage for 21 days and 0, 2, 4 days after ripening with ethylene.

表 5. 焦亞硫酸鈉濃度對香蕉果軸切片於 15°C 貯藏 0、7、14、21 天後，其多酚氧化酶活性之變化

Table 5. Change in the polyphenol oxidase activity of banana stem sections at 15°C storage for 0, 7, 14, 21 days after different sodium metabisulfite concentration treatment.

Sodium metabisulfite (%)	Polyphenol oxidase activity ($\Delta A_{OD420}/\text{min/g.FW}$)			
	0 day	7 days	14 days	21 days
0	0.20 a ^z	0.38 a	0.38 b	0.47 a
1	0.00 b	0.00 b	0.40 a	0.42 b
3	0.00 b	0.00 b	0.00 c	0.00 c
5	0.00 b	0.00 b	0.00 c	0.00 c

^z Means separation within column by LSD test at 5% level.

討 論

焦亞硫酸鈉化學式為 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ，與水結合後會釋出 SO_2 ，為一種強還原劑，經焦亞硫酸鈉處理之後的果軸會呈現漂白的現象。在本研究中，香蕉果實經焦亞硫酸鈉塗抹或浸泡處理後，在貯藏過程中，隨著處理濃度越高，相較於對照組，對果軸漂白的效果越明顯(圖 2)，與番茄乾(Latapi and Barrett, 2006)上之漂白有類似效果。而焦亞硫酸鈉之漂白效果可能是因其抑制褐化酵素多酚氧化酶反應有關(表 5)。對於病害也有明顯效果(圖 2 及圖 3)，與造成胡蘿蔔孔斑病(*Pythium Sulcatum*)及馬鈴薯乾腐病(*Fusarium sambuinum*) (Kolaei *et al.*, 2012)，'玉荷包'荔枝(Liang *et al.*, 2012)及鮮切桃(DiPersio *et al.*, 2004)之病原菌抑制也類似的效果。由圖 2 可發現，隨著處理濃度增加，於 15°C 貯藏過程中，對病害的抑制效果雖明顯，但也造成果軸出現失水皺縮，果梗變黑，果實出現要害灼傷等現象，推測應是高濃度的焦亞硫酸鈉對果軸組織造成傷害。；於 15 貯藏 21 天後雖抑制香蕉軸腐病發生，但在催熟後卻出現青黴菌感染之情況。而使用低濃度加小包裝(表 3 及圖 3)，雖抑制果軸腐爛之效果不明顯，但可降低果軸失水皺縮，果梗變黑及果實灼傷等情形。在果實轉色方面，與對照組相比無明顯影響(表 2、表 4)。

參 考 文 獻

- 陳嘉麟。2005。第二階段加強臺灣水果國際行銷方案芻議。台灣熱帶果樹產業發展研討會專刊。農業試驗所特刊 118: 21。
- 趙治平。2008。前言。植物保護圖鑑系列 18：香蕉保護。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。臺灣。p.75。
- DiPersio, P. A., P. A. Kendall, and J. N. Sofos. 2004. Inactivation of *Listeria monocytogenes* during drying and storage of peach slices treated with acidic or sodium metabisulfite solution. *Food microbiol.* 21: 641-648.
- Kolaei, E. A., R. J. Tweddell, and T. J. Avis. 2012. Antifungal activity of sulfur-containing salts against the development of carrot cavity spot and potato dry rot. *Postharvest Biol. Technol.* 63: 55-59.
- Latapi, G. and D. M. Barrett. 2006. Influence of Pre-drying treatments on quality and safety of sun-dried tomatoes. Part I use of steam blanching, boiling brine blanching, and dips in salt or sodium metabisulfite. *J. Food Sci.* 71: 24-31.
- Lee, C. Y. and N. L. Smith. 1979. Blanching effect on polyphenol oxidase activity in table beets. *J. Food Sci.* 44: 82-83.
- Liang, Y. S., N. L. Chen, and L. S. Ke. 2012. Influence of dipping in sodium metabisulfite on pericarp browning of litchi cv. Yu Her Pau (Feizixiao). *Postharvest Biol. Technol.* 68: 72-77.

Effect of Sodium Metabisulfite Treated on Banana Crown Rot of 'Pei-Chiao' Banana

Chien-Chun Chan ¹⁾ Ching-Chang Shiesh ²⁾

Key words: Banana, Crown rot, sodium Metabisulfite

Summery

'Pei-Chiao' ('Giant Cavendish') banana is major variety for export in Taiwan, but it is also a perishable fruit and fruit quality deteriorates very rapidly after harvest. The short storage life is the major problem associated with the export of banana over long distances. Especially postharvest diseases crown rot caused by complex pathogen. This research was to study the effect of sodium metabisulfite treated on decay index and color index of banana fruit after 15°C storage for 21 day and 0, 2, 4 days after ripening with ethylene. 10% and 15% sodium metabisulfite coated effectively delayed the crown browning and reduced decay, but high concentration easy on fruit injury and crown water loss. 0.4 and 0.5% sodium metabisulfite dipped, and packed with the perforated polyethylene (PE) plastic bages effectively delayed crown decay and reduce water loss. Had negative impact for storage and color index of banana fruit. The fruit stem sections were dipped with 1% sodium metabisulfite effectively reducing PPO activities, 3% sodium metabisulfite effectively inhibit PPO activities.

1) Student in MS. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University,
Corresponding author.