

‘春蜜’桃果實寒害導致果肉粉質劣變的控管¹

歐錫坤² 劉明穗² 王昭月³ 宋家瑋² 陸明德^{2,4}

摘 要

歐錫坤、劉明穗、王昭月、宋家瑋、陸明德。2009。‘春蜜’桃果實寒害導致果肉粉質劣變的控管。台灣農業研究 58:73-83。

為減緩平地水蜜桃 [*Prunus persica* (L.) Batsch] 在盛產期供過於求的壓力，如何應用冷藏技術延長採收後期的果實供應期限，以提升果實經濟效益，對桃農而言非常有需要。本試驗目的主要利用採收後處理技術包括冷藏、冷藏配合間歇增溫 (intermittent warming, IW)、1-MCP (1-methylcyclopropene; 乙烯作用的抑制劑)、外在乙烯的供應或以 ethephon 浸漬等處理，以期延長平地水蜜桃的貯藏壽命，並減低貯藏期間低溫所造成的果實生理異常。‘春蜜’桃果實在 0°C 下貯藏 4 星期尚可維持良好品質，冷藏後再經室溫櫥架 3 天粉質劣變指數 (woolly breakdown index, WBI) 為 8.4；但冷藏 3 星期配合間歇增溫處理 (置於 20°C 下維持 24 小時)，再冷藏 1 星期者可將 WBI 控制在 0.8，抑制粉質劣變效果最佳。0°C 冷藏處理或配合間歇增溫處理後，果實再櫥架於室溫下，調查寒害與乙烯生成，各處理間 2-3 天內產生乙烯生成高峰，並呈現乙烯生成高峰愈高者，粉質劣變指數也有愈高之現象存在。在冷藏期間不論是供給不同濃度的乙烯或 1-MCP，皆無理想的結果可供推薦應用，因為這些處理會加劇果實粉質劣變與果實變軟之傾向。

關鍵詞：貯藏壽命、寒害、粉質劣變、間歇增溫。

前 言

台灣平地低需冷性桃屬於易壞性的溫帶水果，如‘春蜜’與‘台農甜蜜’桃在 0-1°C 冷藏壽命約 10-25 天，果實採收後在室溫環境下它們會快速完熟與老化。在盛產期桃價格低，採收後期價格高，冷藏可調節果實供應量並延長供果時期，具有潛在的經濟效益。但貯藏壽命經常

受到寒害的限制，桃果實儲藏之寒害即通常所描述的果肉粉質酥鬆性 (mealiness)、綿毛狀 (woolliness) 或心腐病 (internal breakdown) (Lill 1985)。其主要徵狀包括果肉質地失水變乾、變酥鬆、變紅色或褐色、品質下降，失去後熟能力。

影響桃採後生理的因素非常多，栽培因素如植物營養、樹體管理、植物生長調節劑的應

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2352 號。接受日期：98 年 3 月 17 日。

2. 本所作物組研究員兼組長、計畫助理、助理研究員、助理研究員。

3. 本所生物技術組助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。

4. 通訊作者，電子郵件：mingtelu@tari.gov.tw；傳真機：(04)23399544。

用，以及品種間的差異等；採收成熟度與採後果實處理之因素如防腐、防蟲、採後之後熟與預冷等。果實貯藏情形：如溫度、氣調、間歇增溫 (intermittent warming, IW)、氣調聯合間歇增溫 (Girard *et al.* 2005)、穿孔膠膜 (perforated polypropylene, 厚 42.5 μm ，直徑 2 mm 的面積內穿 33 個孔洞) 配合間歇增溫 (Fernandez-Trujill & Artes 1998)、低壓貯藏、延緩貯藏的溼度、貯藏條件等；貯藏期間乙烯的效果與成熟果實的生理變化則有呼吸作用的活力，以及低溫對細胞膜的滲透性及果實的組成份等 (Lill *et al.* 1989)。

本研究目的在補強台灣平地水蜜桃從果園採收至市場間低溫貯藏生理異常的技術鏈缺口，針對平地水蜜桃生產主要栽培種‘春蜜’桃，在果實冷藏期間果肉失水酥鬆的徵狀深入調查，並應用間歇增溫與冷藏期間外加乙烯等實用對策進行探討，以減緩平地桃果實在冷藏期間發生粉質劣變的損失，並延長桃的冷藏壽命，確保果農收益與產業競爭力。

材料與方法

間歇增溫對果實粉質劣變的影響

於新社地區商業化果園在‘春蜜’桃成熟時期採收果實為供試材料。果實採收標準為底色綠黃色，硬度約 7–8 kg/cm^2 ，可溶性固形物約 10°Brix 上下。

處理方法：處理 A：為對照組，果實採收後即刻進行果品分析；處理 B：果實在 0°C 下冷藏 2 星期；處理 C：果實在 0°C 下冷藏 3 星期；處理 D：果實在 0°C 下冷藏 4 星期；處理 E：果實在 0°C 冷藏 2 星期後，置於 20°C 下 24 小時，再冷藏 1 星期；處理 F：果實在 0°C 冷藏 2 星期後，置於 20°C 下 24 小時，再冷藏 2 星期。每處理 4 重複，每重複 10 個果實。經冷藏處理的果實於取出後，於室溫 (25°C \pm 2°C) 下測定乙烯生成情形；出庫後於室溫下櫥架 3 天，調

查果實失重率與品質分析，並在第 3 天調查果實寒害情形，果實生理變化並進行生統分析。

寒害調查項目：配合前述 5 項處理進行寒害調查。每一處理 10 個果實，重複 4 次。果肉綿毛狀的分級與計算如下：粉質劣變指數 = (2LD + 3MD + 4SD)/10 (Ben-Arie *et al.* 1970)。分級方式為：LD = 輕度傷害的果實百分率，果實粉質劣變面積達 1–25%；MD = 中度傷害的果實百分率，果實粉質劣變面積達 26–50%；SD = 高度傷害的果實百分率，果實粉質劣變面積達 50% 以上。

測定果肉硬度、可溶性固形物、酸度、顏色與失水量：將前述 5 項處理於調查寒害分級前測量硬度，依果實實際硬度的高低，選取物性測定儀的鑽頭 (Rheometer, 日本 Fudoh 公司生產, NRM-2020J-CW 型)。每一個果實表面的赤道部分切除直徑 1–2 cm 的果皮，再以物性測定儀測定之，在果實測定點的正對面，選定第二點，再測讀數取其平均值為硬度。硬度測定完後，再進行寒害調查，並以數字型糖度計 (Atago Refractometer PR-101, 日本製) 測定可溶性固形物、以氫氧化鈉進行酸度滴定，換算成蘋果酸含量作為酸度，以目視評估判別果肉質地的軟硬及果肉顏色等。果實冷藏前後分別稱重，以計算失水量。

粉質劣變桃的果汁含量測定：將前述 5 項處理於調查寒害分級後，將供試材料進行酥鬆性果實的果汁含量測定。依 Lill & Mespel (1988) 所設定的測量方法為：果實去皮後，取 1.5 g 均質 (放入針筒內)，收集置入微量離心管稱重、離心 (12,000 rpm) 5 分鐘，上層澄清液的重量以佔樣品重量之百分比表示，此值稱做外觀上的果汁含量。配合各試驗處理，每處理重複測定 4 次。

乙烯生成之測定：將果實稱重後逐果放於 450 mL 密封罐內，在 25°C 下密封 2 小時後，取 1 mL 罐內氣體測定乙烯濃度，每隔 1

日測定一次。每處理重複測 5 個果實，取其平均值。乙烯濃度之測定，以氣相層析儀 (Shimadzu, Model GC 8AIF, 日本製) 分析，以 FID (flame ionization detector) 為檢測器，溫度為 150°C，管柱溫度為 80°C，管內填充物為 Porapak Q (80–100 mesh)，乙烯產生率以 $\mu\text{L/g}\cdot\text{h}$ 表示。

乙烯在完熟與冷藏期間的角色

處理方法：處理 G：採後立即 0°C 冷藏 (對照)；處理 H：於冷藏前在 25°C 條件下，以 0.5 ppm 1-MCP 放在培養箱燻蒸 12 小時；處理 I：在 25°C 室溫密閉系統中，注入 15 ppm 乙烯密封 24 小時；處理 J：在冷藏前以 ethephon 溶液 50 ppm 浸漬 1 分鐘，晾乾；處理 K：在冷藏前以 ethephon 溶液 100 ppm 浸漬 1 分鐘，晾乾。

所有處理果實在 0°C 的溫度下冷藏 30 天，然後再置於 25°C 的室溫下 3 天模仿櫥架狀態，以供調查果實變紅或粉質酥鬆果肉的發生率，然後再測定每一處理的果汁含量。每處理取樣

10 個果實，重複 4 次。在試驗期間偵測後熟果實乙烯生長量。每果一瓶，置 2 小時，每處理測 5 個果實。

結 果

冷藏、間歇增溫對果實硬度、失重率、果汁率與果實粉質劣變的影響

‘春蜜’桃果實經 0°C 冷藏 0、2、3 或 4 星期 (處理 A–D)，冷藏後果實硬度由 7.8 kg/cm^2 降至 5.4 kg/cm^2 (圖 1)，至於 0°C 冷藏 2 星期後間歇增溫至 20°C 維持 24 小時，再繼續冷藏 1、2 星期 (處理 E 及 F)，於冷藏後其果實硬度為 4.7 kg/cm^2 與 5.0 kg/cm^2 ，皆較未間歇增溫處理者為低。果實硬度在冷藏後櫥架於 25°C 3 天，硬度驟降至 0.4–0.9 kg/cm^2 ，以處理 F 為最低 (圖 1)。

果實失重率的變化，0°C 冷藏 2、3、4 星期後失重率僅 0.8–0.9 之間；貯後室溫下 3 天失重率達 5.6–6.0 之間，各處理間差異並不明顯。但間歇增溫的處理 E 與 F，冷藏 3、4 星期後失重

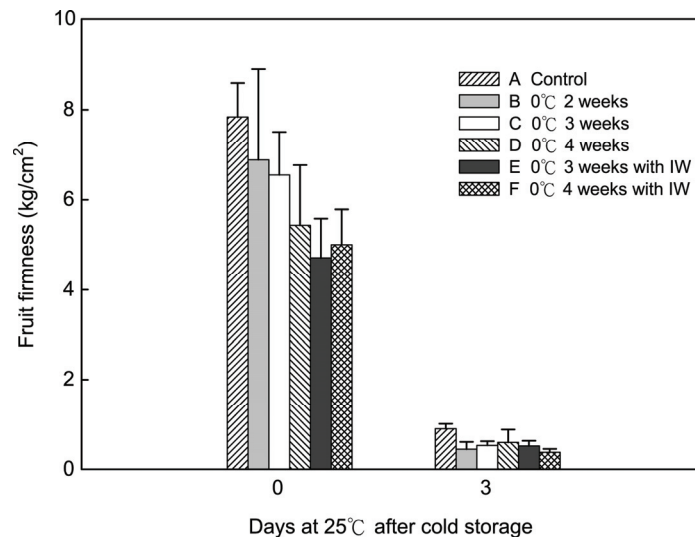


圖 1. 低溫貯藏時間、間歇增溫處理及貯後櫥架於室溫下 3 天對‘春蜜’桃硬度的影響。

Fig. 1. Changes in fruit firmness of ‘SpringHoney’ peaches in cold storage at 0°C with intermittent warming, then post-storage 3 days at 25°C \pm 2°C. IW: intermittent warming; error bar: standard deviation.

率高達 2.8 與 2.9，與對照組與處理 B、C、D 比較達差異顯著水準；貯後櫥架於室溫下 3 天，失重率達 6.4 與 5.0 (詳如表 1)。

各處理間冷藏後的可溶性固形物變化不明顯，約在 9.6–10.8°Brix 之間，對照組之含量與處理 B、C、E、F 比較達差異顯著水準。冷藏後 3 天糖度有略為增加的趨勢。酸度的變化冷藏後各處理間在 0.43–0.59% 之間，不易比較處理間的變化趨勢，但冷藏後 3 天酸度有略為減少的趨勢，對照組與處理 B、D、F 間比較達差異顯著水準。果汁率的變化在冷藏後各處理間並無規律性變化，冷藏後 3 天則有略為減少的趨勢 (詳如表 1)。

果實粉質劣變的發生調查，果實經 2、3、4 星期 0°C 冷藏後，再櫥架於室溫下 3 天 (處理 B, C, D)，其劣變指數由 2.4 至 8.4 (表 1)，冷藏 2 星期後 20°C 間歇增溫 1 天再冷藏 1 星期 (處

理 E)，其粉質劣變指數最低僅 0.8 為最低，至於冷藏 2 星期 20°C 間歇增溫 1 天再冷藏 2 星期 (處理 F)，其間歇增溫處理並沒有降低粉質劣變 (指數 9.6) 的效果 (表 1)。

乙烯吸收劑與乙烯在冷藏期間對果實硬度與粉質劣變所扮演的角色

‘春蜜’桃果實經 0.5 ppm 1-MCP 燻蒸 12 小時 (處理 H)，15 ppm 乙烯密閉系統中密封 24 小時 (處理 I)，50 ppm ethephon 浸漬 1 分鐘晾乾 (處理 J)，100 ppm ethephon 浸漬 1 分鐘晾乾 (處理 K) 等處理後再於 0°C 下冷藏 30 天，冷藏後果實硬度變化詳如圖 2-G、H、I、J、K 等，以對照 5.8 kg/cm² 為最高，ethephon 處理者居次 (4.2–4.7 kg/cm²)，其次是 1-MCP 處理的 1.2 kg/cm²，以乙烯處理者硬度最低為 0.6 kg/cm²。冷藏後置於室溫下 3 天，各處理果實硬度為 0.5 kg/cm² (圖 2)。

表 1. 低溫冷藏時間長短、間歇增溫處理及貯後 3 天對‘春蜜’桃果實粉質劣變的影響

Table 1. Changes in fruit woolly breakdown of ‘SpringHoney’ peach in cold storage at 0°C with intermittent warming, then 3 days post-storage at 25°C ± 2°C

Days at 25°C after Storage	Treatment ^z	Fruit weight (g)	Weight loss (%)	Soluble solid content (°Brix)	Titrateable acidity (%)	Juice content (%)	Woolly breakdown index (WBI) ^y
0	A	99.3 ± 1.8 ^x	0.0 ± 0.0 c	10.8 ± 0.2 a	0.54 ± 0.01 ab	62.3 ± 1.5 b	—
	B	94.6 ± 2.3	0.8 ± 0.0 b	9.9 ± 0.2 b	0.47 ± 0.02 cd	62.2 ± 1.9 b	—
	C	94.0 ± 1.3	0.9 ± 0.0 b	9.8 ± 0.2 b	0.51 ± 0.02 abc	68.1 ± 1.0 a	—
	D	89.2 ± 1.7	0.8 ± 0.1 b	10.3 ± 0.2 ab	0.50 ± 0.03 bc	66.0 ± 0.8 ab	—
	E	90.6 ± 1.8	2.8 ± 0.1 a	10.0 ± 0.2 b	0.59 ± 0.02 a	62.5 ± 2.6 d	—
	F	93.9 ± 2.2	2.9 ± 0.1 a	9.7 ± 0.2 b	0.43 ± 0.04 d	57.8 ± 1.2 c	—
3	A	89.3 ± 2.2	0.0 ± 0.0 d	10.7 ± 0.2 ab	0.51 ± 0.02 b	55.3 ± 1.7 bcd	—
	B	94.7 ± 2.1	6.0 ± 0.3 ab	10.1 ± 0.2 c	0.40 ± 0.01 c	63.4 ± 0.9 a	2.4
	C	89.2 ± 1.8	5.6 ± 0.2 b	10.9 ± 0.2 a	0.63 ± 0.02 a	58.7 ± 1.7 abc	4.4
	D	94.3 ± 2.1	6.0 ± 0.2 ab	9.6 ± 0.2 c	0.44 ± 0.02 c	49.8 ± 4.3 d	8.4
	E	94.0 ± 1.8	6.4 ± 0.2 a	10.3 ± 0.2 bc	0.56 ± 0.02 b	49.7 ± 0.9 ab	0.8
	F	90.1 ± 2.1	5.0 ± 0.2 c	9.9 ± 0.3 c	0.44 ± 0.02 c	53.2 ± 3.0 cd	9.6

^z Treatment: A: 0°C 0 week; B: 0°C 2 weeks; C: 0°C 3 weeks; D: 0°C 4 weeks; E: 0°C 2 weeks; 20°C IW 24 h, then 0°C 1 week; F: 0°C 2 weeks, 20°C IW 24 h, then 0°C 2 weeks.

^y Woolly Breakdown Index, WBI = (2LD + 3MD + 4SD)/10.

LD: percentage of fruits with woolly breakdown area ranged from 1 to 25.

MD: percentage of fruits with woolly breakdown area ranged from 26 to 50.

SD: percentage of fruits with woolly breakdown area > 50.

^x Data are mean ± SE. Means in the same column at same storage days followed by the same letter are not significantly different according to the least significant different test at $p > 0.05$.

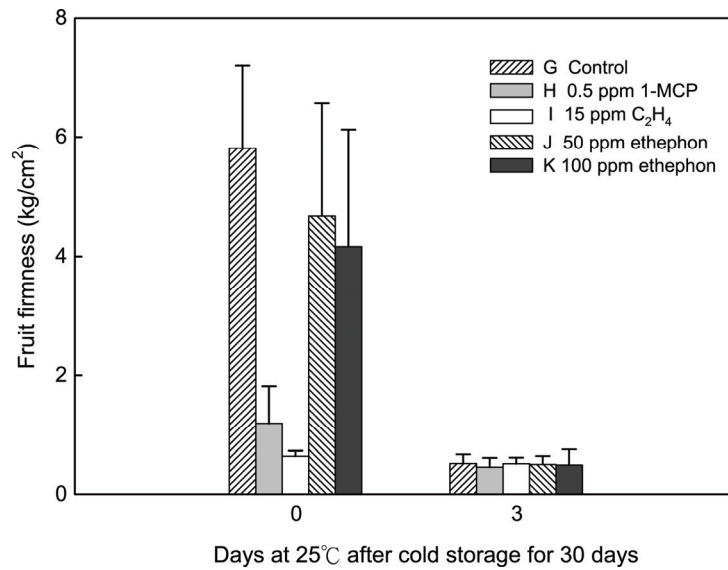


圖 2. '春蜜'桃於 0°C 冷藏 30 天前以 1-MCP 與乙烯處理對果實硬度的影響。

Fig. 2. Changes in fruit firmness of 'SpringHoney' peaches by treated with 1-MCP and ethylene before cold storage at 0°C, then post-storage 3 days at 25°C ± 2°C. Error bar: standard deviation.

果實失重率的變化在 0°C 冷藏 30 天後，以 0.5 ppm 1-MCP 燻蒸 12 小時為最多達 2.4%，以 100 ppm ethephon 處理者為最低 1.0%。各處理後糖度與酸度間的差異不明顯，但貯後室溫下 3 天可溶性固形物與酸度皆有略為增加之趨勢。各處理間冷藏後果汁率的含量皆較對照組為少，但冷藏後 3 天處理 H、I 則有略增現象，處理 J、K 則呈略減現象。至於果實粉質劣變指數各處理間皆較對照組的 17.6 為高。以處理 K (100 ppm ethephon 浸漬處理 1 分鐘) 的劣變指數為最高達 25.6 (詳見表 2)。

冷藏、間歇增溫、1-MCP 及乙烯等處理對乙烯生成速率之影響

'春蜜'桃經 0°C 低溫冷藏 14、21、28 天後置於 25°C ± 2°C 的室溫下，每天測其乙烯生成速率，經低溫冷藏處理後，果實於室溫下，第 2 天即發生乙烯生成高峰；而對照組乙烯生成高峰在第 4 天才出現，且乙烯生成量相對減少很多 (圖 3)。

'春蜜'桃經 0°C 低溫冷藏 4 星期配合間歇增溫 1 天處理者，其乙烯生成最高，其次為冷藏 4 星期者 (圖 4)。單獨冷藏 3 星期，取出後櫥架於室溫下，乙烯生成高峰也出現在第 2 天，生成量居第三位。冷藏 3 星期處理，其間冷藏 2 星期配合 20°C 間歇增溫 1 天，再冷藏 1 星期，其乙烯生成量最快也最高 (第 1 天)，於第 2 天出現高峰但生成量卻最低。

果實於冷藏前，以 1-MCP、乙烯、及益收等處理後，置於 0°C 貯藏 30 天，對照 (處理 G)、乙烯 (處理 I)、ethephon (處理 J、K) 等處理，乙烯生成高峰皆在第 2 天發生，以 1-MCP (處理 H) 處理者乙烯生成高峰在第 3 天出現，且生成量僅為對照組的 59% (圖 5)。

討 論

由圖 1 顯示'春蜜'桃果實冷藏 2、3、4 星期，隨著 0°C 冷藏時間的延長，果實硬度從 7.8 kg/cm² 逐漸下降至 5.4 kg/cm²。然後果實在

表 2. 低溫冷藏期間乙烯的效果對採收後‘春蜜’桃果實品質與粉質劣變的影響

Table 2. Effect of ethylene on postharvest quality and occurrence of woolly breakdown in ‘SpringHoney’ peach during cold storage

Days at 25°C after Storage	Treatment ^z	Fruit weight (g)	Weight loss (%)	Soluble			Woolly breakdown index (WBI) ^y
				solid content (°Brix)	Titrateable acidity (%)	Juice content (%)	
0	G	86.6 ± 1.5 ^x	1.7 ± 0.1 b	10.4 ± 0.2 a	0.36 ± 0.01 a	62.7 ± 1.2 a	—
	H	89.5 ± 1.7	2.4 ± 0.1 a	10.1 ± 0.2 a	0.36 ± 0.01 a	48.2 ± 2.2 d	—
	I	87.5 ± 1.9	1.8 ± 0.1 b	10.5 ± 0.3 a	0.30 ± 0.02 b	55.4 ± 1.4 c	—
	J	90.9 ± 1.9	1.2 ± 0.1 c	10.2 ± 0.3 a	0.36 ± 0.02 a	61.3 ± 2.8 ab	—
	K	91.9 ± 2.2	1.0 ± 0.1 c	10.9 ± 0.3 a	0.38 ± 0.01 a	56.5 ± 1.9 bc	—
3	G	88.4 ± 2.7	7.3 ± 0.2 b	10.5 ± 0.3 a	0.45 ± 0.02 a	53.9 ± 2.9 b	17.6
	H	92.6 ± 1.7	7.1 ± 0.4 b	10.7 ± 0.2 a	0.42 ± 0.05 a	58.1 ± 1.4 ab	20.0
	I	93.9 ± 1.5	6.6 ± 0.2 b	10.5 ± 0.3 a	0.40 ± 0.03 a	62.2 ± 1.1 a	23.2
	J	89.8 ± 1.2	9.6 ± 0.4 a	10.7 ± 0.3 a	0.50 ± 0.04 a	52.8 ± 2.3 b	22.4
	K	83.5 ± 1.6	8.9 ± 0.3 a	10.4 ± 0.2 a	0.37 ± 0.03 a	44.0 ± 3.8 c	25.6

^z Treatment: G: 0°C 30 d; H: 0.5 ppm 1-MCP (12 h), then 0°C 30 d; I: 15 ppm C₂H₄ (24 h), then 0°C 30 d; J: 50 ppm ethephon (1 min), then 0°C 30 d; K: 100 ppm ethephon (1 min), then 0°C 30 d.

^y Woolly Breakdown Index, WBI = (2LD + 3MD + 4SD)/10.

LD: percentage of fruits with woolly breakdown area ranged from 1 to 25.

MD: percentage of fruits with woolly breakdown area ranged from 26 to 50.

SD: percentage of fruits with woolly breakdown area > 50.

^x Data are mean ± SE. Means in the same column at same storage days followed by the same letter are not significantly different according to the least significant different test at $p > 0.05$.

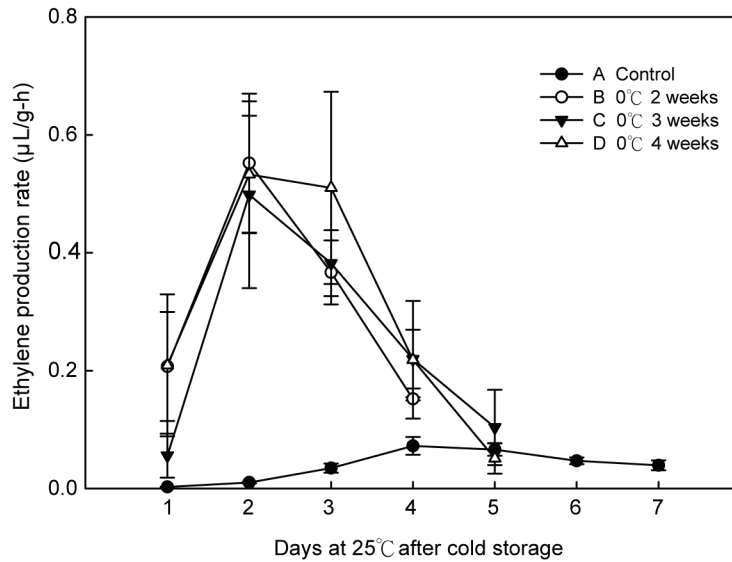


圖 3. ‘春蜜’桃經冷藏後，果實乙烯生成速率。

Fig. 3. Ethylene production of ‘SpringHoney’ peaches after 0°C cold storage. Error bar: standard deviation.

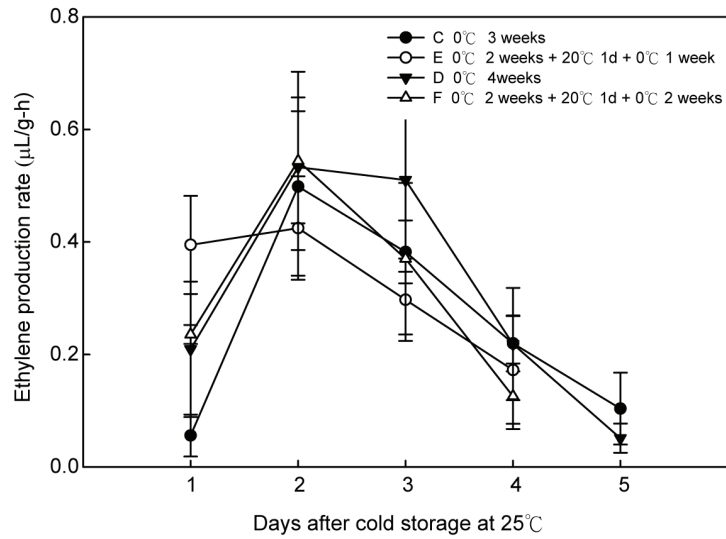


圖 4. 低溫冷藏與間歇增溫對‘春蜜’桃乙烯生成速率之影響。

Fig. 4. Ethylene production of ‘SpringHoney’ peaches in cold storage with intermittent warming, then post-storage at 25°C ± 2°C. Error bar: standard deviation.

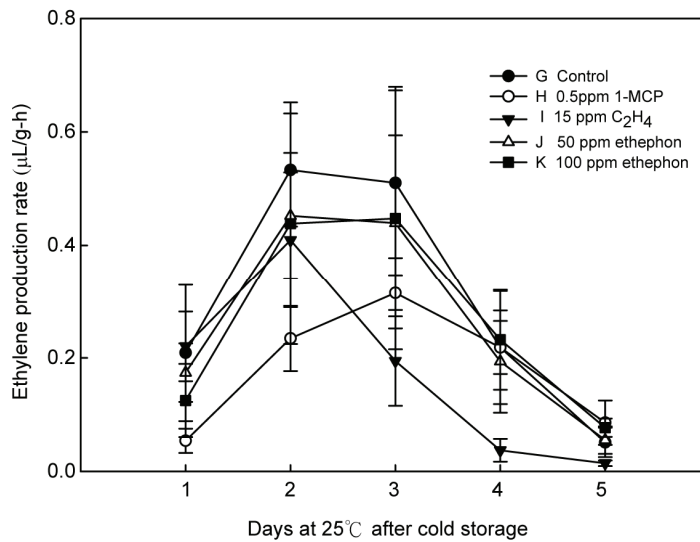


圖 5. 冷藏前以 1-MCP 及乙烯處理對‘春蜜’桃乙烯生成速率的影響。

Fig. 5. Ethylene production of ‘SpringHoney’ peaches by treated with 1-MCP and ethylene before cold storage for 30 days. Error bar: standard deviation.

室溫下 (25°C ± 2°C) 貯藏 3 天, 果實硬度驟然下降至 0.5 kg/cm² 左右, 此一現象早在 1970 年 Vakis

等研究報導在較高溫度下, 桃果實纖維酵素 (cellulase) 活性增加, 導致果實變軟之結果相符。

至於冷藏期間間歇增溫處理，反而使果實硬度下降 (處理 E、F) 之現象，與果實貯藏溫度有關，因為溫度升高果實容易變軟。再者若在完熟時採收，間歇增溫對延長貯藏壽命的效果變差。

杏和桃果實可滴定酸會隨著果實的發育，達到最高量，然後隨著後熟與冷藏而下降 (Wankier *et al.* 1970)。有關果實可溶性固形物、酸度在冷藏期間的消長，Aly *et al.* (1981) 發現可溶性固形物通常隨著冷藏的時間與溫度而增加。果實冷藏於較低溫度下會發展成較低的可溶性固形物，可滴定酸則隨著貯藏時期而增加。本試驗果實間歇增溫貯藏 (E) 較低溫持續貯藏 4 星期 (D)，產生較高的酸度，此一結論可能是造成處理 E 之 WBI 最低的原因之一。

早在 1954 年 Pentzer 與 Heinze 就已經提出寒害的假說：由於細胞內發生的有毒物質累積與分解的平衡反應方程式發生偏差，導致果實發生寒害。對不同栽培種而言，在臨界溫度時雙向反應速率相等，但低於臨界溫度時，有毒物質的累積速率較分解速率為快，因而引起組織受傷。間歇增溫可維持正常的代謝作用，同時將驅散 (dissipated) 冷藏所累積有毒物質。此假說由 Smith (1947, 1959) 的研究得到證明，他在低溫貯藏期間分別將蘋果和李由低溫移至室溫 5 天和 24 小時，結果可控制蘋果表面的瘡痂病和李的低溫傷害。

桃子直接冷藏於 0°C 的條件下發生綿毛狀 (woolliness) 的現象者，僅能在冷藏後兩星期發現有關化學物質的改變。對於控制此一生理劣變果實直接貯藏兩星期後，再間歇移至較高溫度，其貯藏效果比果實入庫前延後低溫貯藏更為有效 (Ben-Arie *et al.* 1970)。在本試驗中處理 E (0°C 冷藏 2 星期，20°C 24 小時，再冷藏 1 星期) 的 WBI 最低僅 0.8，較處理 C (0°C 冷藏 3 星期) 的 WBI 4.4 為低，對降低果實粉質劣變效果明確，但處理 F 則看不出間歇增溫的效果。

桃果實中隨著成熟的增加，伴隨著改變果膠物質有關的成熟酵素，有 pectin methylesterase (PME, 用來 de-esterify pectin), polygalacturonase (PG, 用來分解果膠鏈) 及纖維質酵素 (用來分解纖維質) 等 3 種。Girardi *et al.* (2005) 的研究認為桃粉質劣變的發生與 endopolygalacturonase (endo-PG)、exo-polygalacturonase (exo-PG) 和 pectin methylesterase (PME) 等三種酵素有關，試驗處理若能誘導 endo-PG 和 exo-PG 的活性產生，並 (或) 壓制 PME 的活性，便能減少粉質劣變的發生。茅林春與張上隆 (2001) 從事果膠酶和纖維素酶在桃果實成熟與劣變中的作用，認為 endo-PG 和纖維素酶 (Cellulase) 活性與果實劣變程度間呈顯著負相關。低溫貯藏引起桃果實寒害，基本上是細胞壁果膠質的分解過程受阻。間歇增溫減輕寒害的原因，在於避免低溫逆境對 endo-PG 和纖維素酶造成不可逆的傷害，從而確保果膠質分解過程的正常進行。

乙烯的施用，1-MCP 的處理和間歇增溫的處理，可以提高 endo-PG 和 exo-PG 的活性，但卻無法降低 PME 的活性，因而導致果肉失去硬度和腐敗。此一報導，可印證本試驗冷藏 4 星期 (處理 D) 的 WBI 8.4 與冷藏 4 星期配合增溫 (處理 F) 的 WBI 9.6 比較，差異不大的原因之一 (表 1)。同理亦可解釋，施用 1-MCP (處理 H)、乙烯 (處理 I) 與 ethephon (處理 J-K) 等之粉質劣變，傾向皆高於 0°C 冷藏 30 天的對照組 (表 2)。

Lurie *et al.* (2002) 報導桃果實採收後經 1-MCP 處理，其結果顯示 1-MCP 不會抑制乙烯的生合成，但會延緩果實的軟化過程。本試驗中‘春蜜’桃經 1-MCP 處理後對於果實硬度的影響，與對照組相較，並未有延遲軟化的效果產生 (圖 2)。1-MCP 處理對‘春蜜’桃果實粉質劣變的生理障礙亦沒有減緩的作用 (表 2)。

‘春蜜’桃冷藏處理後，果實櫥架於室溫下調查果實劣變與測定乙烯生成量，處理 B 至第

4 天，處理 C、D 至第 5 天後，由於果實過熟腐壞，已無果實可供乙烯測定，因而乙烯測定無法像對照組 (A) 持續測定至第 7 天。圖 4 的乙烯測定亦有相同現象發生。

在 0°C 冷藏 3 星期 (處理 C)、4 星期 (處理 D) 與相對的冷藏時間配合間歇增溫處理 E 與 F 之果實，於冷藏後再置於室溫下，乙烯生成量的比較分析，以處理 E 的生成高峰與生成量皆為最低 (第 1 天除外) (圖 4)。此一最少的乙烯生成量與最低 WBI 指數 0.8 (處理 E) (表 2) 有關，因為乙烯生成高峰 (第 2 日) 當天各處理間生成量的高低次序為 F > D > C > E (圖 4)，而表 2 WBI 的指數高低次序亦為 F > D > C > B > E 兩者之間，呈現乙烯生成高峰愈高者，粉質劣變指數也愈高的現象。

由圖 5 顯示 ethylene 及 ethephon 處理之乙烯生成量，皆較對照組少，在國外也有類似報導，如 Brecht 與 Kader (1982a) 以油桃為材料，在 0°C 下以 100 ppm 乙烯處理 1 星期，其乙烯生成量只有對照 (置於空氣中) 的 50%。Zeroni 等 (1976) 亦報導未成熟 (immature) 和無後熟 (non-ripening) 果實，利用外加的乙烯來抑制內生乙烯的產生，可能是在於阻擾乙烯自然產生的機制。冷藏 30 天後在室溫下 2 天的乙烯生成高峰中，乙烯處理 (I) 及 ethephon (J、K) 處理者，其乙烯生成量各為對照組的 77%、85% 及 84%。由此顯示，乙烯與 ethephon 處理確實可以阻擾桃果實乙烯生成量，但據試驗的結果顯示，阻擾乙烯生成量的多寡與果實成熟度間有密切的關係。

誌 謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會專題研究計畫 NSC 95-2313-B-055-003 經費補助，黃肇家博士惠借乙烯測定儀器與設備，李淑敏、林海生、劉慶良等多年的協助調查與果園栽培管理，特表謝忱。

引用文獻 (Literature cited)

- Aly, M. M., Z. A. El-Gamy, and R. H. Biggs. 1981. Ethylene production and firmness of peach and nectarine fruits as relates to storage. Proc. Fla. State Hort. Soc. 94:291-294.
- Ben-Arie, R., S. Leaves, and S. Guelfat-Reich. 1970. Control of woolly breakdown of Alberta peaches in cold storage by intermittent exposure to room temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95:801-803.
- Brecht, J. K. and A. A. Kader. 1982. Ripening and reduced ethylene production by nectarine fruits following exposure to ethylene. HortScience 17:224-225.
- Fernandez-Trujillo, J. P. and F. Artes. 1998. Intermittent warming during cold storage of peaches packed in perforated polypropylene. Lebensm.-Wiss. U.-Technol. 31:38-43.
- Girardi, C. L., A. R. Corrent, L. Lucchetta, M. R. Zanuzo, T. S. da Costa, A. Brackmann, R. M. Twyman, F. R. Nora, L. Nora, A. Silva, and C. V. Rombaldi. 2005. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripa) during cold storage. Postharvest Biol. Technol. 38:25-33.
- Lill, R. E. 1985. Alleviation of internal breakdown of nectarines during cold storage by intermittent warming. Scientia Hort. 25:241-246.
- Lill, R. E. and G. J. Van Der Mespel. 1988. A method for measuring the juice content of mealy nectarines. Scientia Hort. 36:267-271.
- Lill, R. E., E. M. O'Donoghue, and G. A. King. 1989. Postharvest physiology of peaches and nectarines. Hort. Rev. 11:413-452.
- Lurie, S., A. Lers, H. W. Zhou, and L. Dong. 2002. The role of ethylene in nectarine ripening following storage. Acta Hort. 592:607-613.
- Mao, L. C. and S. L. Zhang. 2001. Role of pectolytic enzymes and cellulase during ripening and woolly breakdown in peaches. Acta Hort. Sinica 28: 107-111.
- Ou, S. K., C. W. Song, C. C. Huang, and M. H. Liu. 2006. Change in flesh firmness and ethylene production of different peach types during fruit ripening. J. Taiwan Soc. Hort. Sci. 52:131-138. (in Chinese with English abstract)
- Pentzer, W. T. and P. H. Heinze. 1954. Postharvest physiology of fruits and vegetables. Ann. Rev.

- Plant Physiol. 5:205-244.
- Smith, W. H. 1947. Control of low temperature injury in the Victoria plum. *Nature* 159:541-542.
- Smith, W. H. 1959. Control of superficial scald in stored apples. *Nature* 183:760.
- Vakis, N., J. Soule, E. M. Ahmed, and W. Grierson. 1970. Respiration, ethylene evolution, and enzymatic changes of Florida peaches and nectarines as affected by storage temperature. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 83:285-290.
- Wankier, B. N., D. K. Salunkhe, and W. F. Campbell. 1970. Effect of controlled atmosphere storage on biochemical changes in apricot and peach fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95:604-609.
- Zeroni, M., J. Galil, and S. Ben-Yehoshua. 1976. Auto-inhibition of ethylene formation in non-ripening stages of the fruit of sycamore fig (*Ficus sycamorus* L.). *Plant Physiol.* 57:647-650.

Control of Mealy Breakdown Caused by Cold Injury in 'SpringHoney' Peach¹

Shyi-Kuan Ou², Ming-Hui Liu², Jau-Yeuh Wang³, Chia-Wei Song²,
and Ming-Te Lu^{2,4}

Abstract

Ou, S. K., M. H. Liu, J. Y. Wang, C. W. Song, and M. T. Lu. 2009. Control of mealy breakdown caused by cold injury in 'SpringHoney' peach. *J. Taiwan Agric. Res.* 58:73–83.

In order to alleviate the fruit supply during harvest season, and to extend market availability, techniques of cold storage becomes necessary for peach growers. Several postharvest treatments including cold storage alone or in combination with intermittent warming, 1-methylcyclopropene (1-MCP), ethylene inhibitor, ethylene, or ethephon dipping treatments were conducted to document their effects on controlling physiological disorders in low-chill 'SpringHoney' peaches. Four weeks under 0°C storage, followed by 3 days at room temperature (25°C ± 2°C) resulted in a value of woolly breakdown index (WBI) of 8.4. Three weeks at 0°C followed by intermittent warming then returned to 0°C for 1 week significantly reduced WBI to 0.8 and resulted in the best storage quality. Fruits subjected to cold storage alone or with the additional intermittent warming treatments, produced ethylene peak within 2 to 3 days at room temperature. Fruits treated with high rate of ethylene also scored high in WBI value. Neither the supply of ethylene, nor 1-MCP application is recommended because fruits subjected to these treatments were prone to woolly breakdown and caused fruits softening.

Key words: Storage life, Cold injury, Mealy breakdown, Intermittent warming.

-
1. Contribution No.2352 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: March 17, 2009.
 2. Respectively, Senior Horticulturist and Director, Project Assistant, Assistant Horticulturist, and Assistant Horticulturist, Crop Science Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Assistant Horticulturist, Biotechnology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 4. Corresponding author, E-mail: mingtelu@tari.gov.tw; Fax: (04)23399544.