

冷鏈斷鏈對'珍珠'番石榴果實長程貯運品質之影響

劉京育¹⁾ 林慧玲²⁾

關鍵字：番石榴、冷鏈斷鏈

摘要：園產品進入冷鏈後遭遇貯藏溫度失控便會發生冷鏈斷鏈，使園產品之品質下降且也容易造成腐爛。目前外銷美國之番石榴上經常出現冷鏈斷鏈之問題，因此常有果實品質不佳及發生寒害等問題，本試驗探討有無斷鏈對番石榴果實貯運品質及貯運後寒害症狀之影響，了解在經過冷鏈斷鏈 (20°C、48 小時)後對果實品質之影響。試驗結果顯示經過 0°C 22 天模擬輸美貯運後，斷鏈 48 小時之處理不論是否經過模擬櫥架販售，均使果實失重率顯著上升，但對果實硬度及可溶性固形物則無顯著差異。在寒害症狀及果實可售率上，斷鏈 48 小時之處理，在表皮褐化顯著較嚴重且造成果實腐爛，影響可售率。上述結果顯示，冷鏈斷鏈會降低番石榴在低溫貯運後的品質並影響可售率，若能改善斷鏈之問題，將有助於提升番石榴輸美到貨櫥架品質。

前 言

美國於 2019 年 10 月中開放台灣番石榴准入，在貯運溫度以及貯運時間均與加拿大不同，且外銷美國之番石榴常在到港後由於檢疫之關係，會使番石榴發生冷鏈斷鏈之問題，'斷鏈'為園產品採收後低溫貯藏至消費者購買的過程中發生回溫的情形，由於回溫會使果實呼吸率上升，回溫過程中產生的凝結水也可提供病原菌潮濕的環境以供繁殖，因此斷鏈往往會使果實品質及可售率大幅下降，本試驗探討了有無斷鏈對番石榴果實貯運品質及貯運後寒害症狀之表現，了解斷鏈對果實之影響。

1) 國立中興大學園藝學系碩士研究生。

2) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

材料與方法

一、試驗材料

試驗材料取自彰化縣溪州鄉下田路姚協助班長果園之'珍珠'番石榴果實，番石榴果實成熟度為外銷熟度（六分熟），果實成熟度由農民採收時判別。果實於2020年6月30日採收，採收後一小時內運回國立中興大學實驗室進行處理。

二、試驗方法

果實挑選完整且無遭受擦壓傷，分為有斷鏈之處理組及未斷鏈之對照組，待表面水珠稍乾，剪去過長之果梗後秤重並重新套上舒果網及PE袋(0.02mm)，放入番石榴外銷紙箱，模擬外銷美國之低溫檢疫貯運、超市冷藏及櫥架銷售之條件，貯藏條件為0°C 22天，斷鏈之處理組在低溫貯藏後會置於20°C恆溫箱48小時模擬斷鏈，未斷鏈之對照組在低溫貯藏後則繼續置於0°C恆溫箱2天，後模擬超市冷藏及櫥架條件5°C 1、3、5天後再置於20°C回溫1天模擬櫥架販售，貯藏前調查10顆果實做為當日果實品質，其餘每階段處理各取樣10顆果實(共90顆)，在第24、26、28及30天進行調查，調查果實失重率、果實品質、寒害症狀程度及可售率，每顆果實為一重複。

三、調查項目

(一) 果實失重率

將貯藏前之果實及貯藏後之果實以電子天平秤重並記錄，比較貯藏前及貯藏後重量之減少程度，失重率單位以%表示。

$$\text{計算公式} = (\text{貯藏前鮮重} - \text{貯藏後鮮重}) / \text{貯藏前鮮重} * 100\%$$

(二) 果肉硬度

以手持式硬度計(Penetrometer FT-327)測定果實單位面積內刺穿果肉所需之力量，每顆果實測量赤道面上對應兩點，並求其平均值，單位以牛頓(N/cm²)表示。

(三) 果實可溶性固形物

以電子式糖度計(ATAGO PR-32)測定果肉擠壓出汁液之可溶性固形物，每顆果實測量赤道面上對應兩點汁液混和之讀值，單位以°Brix表示。

(四) 果皮顏色

以攜帶式分光色差儀(MiniScan EZ D/8)測定果實赤道面上對應兩點之L*、a*、b*值，並換算出C*、h°值，每顆果實之數值以兩點平均值表示。

(五) 果實外觀及果肉之寒害症狀

以目測方式對果實貯藏後寒害症狀進行判別，將寒害症狀的指標分為四項，分別為果皮褐化(Peel browning)果心水浸狀(Core water-soaking)維管束褐化(Vascular Browning)及果實腐爛(Decay)。依照發生面積做為判斷，指數為0代表沒有出現寒害症狀；1為局部

或輕微症狀 1-20%；2 為寒害症狀擴大或寒害面積佔果實 21-40%，果實仍具商品價值；3 為寒害症狀佔果實面積 41-60%，嚴重影響果實外觀，使果實不具商品價值；4 為寒害症狀佔果實面積 61-80%；5 為寒害症狀佔果實面積 81-100%。以指數作為寒害症狀程度的表示方式，固無單位。

(六) 果實可售率果皮褐化指數''3''以上及有腐爛情形之果實視為不具商品價值。單位以%表示。計算公式： $[(\text{總果數}-\text{不具商品價值果數})/\text{總果數}]*100\%$ 。

四、統計分析

將試驗結果以 Costat 6.4 軟體 (Sun Microsystem Inc)計算平均，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, LSD)比較各處理之差異顯著性。

結 果

一、輸美低溫貯運到港斷鏈 (20°C、48 小時)對'珍珠'番石榴果實品質之影響

在失重率上，貯藏期間有斷鏈之處理，在貯藏後及模擬陸運 (5°C，1、3、5 天)與櫥架環境 (20°C1 天)後，失重率均顯著高於無斷鏈之處理，不論有無斷鏈之處理，在模擬陸運與櫥架環境時失重率均顯著高於貯藏後未模擬陸運與櫥架環境之果實，但模擬陸運及櫥架環境之時間並未顯著影響果實的失重率。在果實硬度上，不論有無斷鏈之處理，對果實硬度均無顯著的影響，與貯藏前相比，也並無顯著差異。在果實可溶性固形物含量上，僅在模擬斷鏈後之有斷鏈之果實 (8.57°Brix)顯著低於未斷鏈果實 (9.41°Brix)，但在之後模擬陸運及櫥架環境期間並沒有顯著差異。(表 1)

二、輸美低溫貯運到港斷鏈 (20°C、48 小時)對'珍珠'番石榴果實寒害情形及外觀之影響

在表皮褐化上，有斷鏈之組別在模擬斷鏈後就顯著高於未斷鏈之組別，在模擬陸運及櫥架環境後，表皮褐化進一步加劇，且都顯著高於未斷鏈之組別，在模擬陸運 5 天及櫥架環境 1 天後，有斷鏈之處理每顆果實表皮褐化均為 5 (褐化面積>80%)，未斷鏈之處理雖然褐化指數也高 (3.2)但仍顯著較低。在果心水浸狀上，有無斷鏈之處理間並無顯著差異，模擬陸運及櫥架環境後，果心水浸狀指數也並無提升。在維管束褐化上，僅在有斷鏈之處理組模擬陸運 3 天及櫥架環境 1 天後顯著較高。在腐爛率上，有斷鏈之處理也較高，在模擬陸運 1 天及櫥架環境 1 天開始出現腐爛症狀，之後持續上升，至模擬陸運 5 天及櫥架環境 1 天時，每顆果實均出現腐爛症狀，顯著較高，未斷鏈之組別則無腐爛的情形發生。在可售率上，由於斷鏈之處理表皮褐化及腐爛均較未處理之嚴重，因此可售率較低，在斷鏈

結束後便開始下降，模擬陸運 3 天及櫥架環境 1 天時，幾乎全部果實失去商品價值 (15%)，未斷鏈之處理則仍有 85% 可售率；模擬陸運 5 天及櫥架環境 1 天時，果實均失去商品價值 (0%)，未斷鏈之處理則仍有 60% 可售率。(表 2、表 3、圖 1)

在果實的顏色變化上，L* 隨貯藏時間增加呈現下降的趨勢，以有斷鏈之處理下降的較快，且不論是模擬斷鏈或模擬陸運及櫥架環境，有斷鏈均顯著低於未斷鏈之處理。a* 隨貯藏時間增加呈現上升的趨勢，以有斷鏈之處理上升的較快，且不論是模擬斷鏈或模擬陸運及櫥架環境，有斷鏈均顯著低於未斷鏈之處理。h_o* 隨貯藏時間增加呈現下降的趨勢，以有斷鏈之處理下降的較快，且不論是模擬斷鏈或模擬陸運及櫥架環境，有斷鏈均顯著低於未斷鏈之處理。(表 4、表 5、圖 1)

表 1. 輸美低溫貯運到港斷鏈(20°C、48 小時)對'珍珠'番石榴貯藏果實品質之影響

Table 1. The impact of a temperature break (20°C, 48 hours) on fruit quality of 'Jen Ju' guava after storage in U.S. export cold chain.

Storage temperature and duration	Weight loss (%)	Firmness (N/ cm ²)	TSS ^x (°Brix)	
0 day	-	119.5 a	8.99 ab	
0°C2D ^b	0.44 c ^a	105.0 a	9.41 a	
20°C2D	0.56 b	105.2 a	8.57 b	
0°C2D+ 5°C1D+20°C1D	0.54 b	103.8 a	9.16 ab	
0°C22D+	20°C2D+ 5°C1D+20°C1D	0.68 a	108.0 a	8.72 b
0°C2D+ 5°C3D+20°C1D	0.52 b	104.8 a	9.22 ab	
20°C2D+ 5°C3D+20°C1D	0.70 a	104.7 a	8.94 ab	
0°C2D+ 5°C5D+20°C1D	0.51 b	112.2 a	8.72 b	
20°C2D+ 5°C5D+20°C1D	0.72 a	97.8 a	8.55 b	

^aMeans within columns followed by the same small letter are not significantly different at $P < 0.05$ by LSD test.

D^b =day

表 2. 輸美低溫貯運到港斷鏈 (20°C、48 小時)對'珍珠'番石榴果實貯藏寒害 (表皮褐化、果心水浸狀、維管束褐化)之影響

Table 2. The impact of a temperature break (20°C, 48 hours) on chilling index (peel browning, core water soaking, vascular browning) of 'Jen Ju ' guava after storage in U.S. export cold chain.

Storage temperature and duration	Peel Browning ^x	Core Water Soaking ^w	Vascular Browning ^y	
0°C2 D ^b	1.4 e ^a	0.0 a	0.2 b	
20°C2D	4.5 a	0.1 a	0.6 b	
0°C2D+ 5°C1D+20°C1D	0.9 e	0.2 a	0.4 b	
0°C22D+	20°C2D+ 5°C1D+20°C1D	3.8 b	0.3 a	1.0 b
0°C2D+ 5°C3D+20°C1D	2.4 d	0.5 a	0.9 b	
20°C2D+ 5°C3D+20°C1D	4.6 a	0.3 a	1.8 a	
0°C2D+ 5°C5D+20°C1D	3.2 c	0.3 a	0.9 b	
20°C2D+ 5°C5D+20°C1D	5.0 a	0.3 a	0.7 b	

^xPeel Browning index: 0, no symptom; 1, 1-20%; 2, 21-40%; 3, 41-60%; 4, 61-80%; 5, >81%.

^wCore Water soaking index: 0, no symptom; 1, 1-20%; 2, 21-40%; 3, 41-60%; 4, 61-80%; 5, >81%.

^yVascular Browning index: 0, no symptom; 1, 1-20%; 2, 21-40%; 3, 41-60%; 4, 61-80%; 5, >81%.

^aMeans within columns followed by the same small letter are not significantly different at P<0.05 by LSD test.

D^b =day

表 3. 輸美低溫貯運到港斷鏈 (20°C、48 小時)對'珍珠'番石榴果實貯藏寒害 (腐爛指數) 及可售率之影響

Table 3. The impact of a temperature break (20°C, 48 hours) on chilling index (decay) and marketability of 'Jen Ju' guava after storage in U.S. export cold chain.

Storage temperature and duration	Decay ^z	Marketability (%)	
0°C2 D ^b	0.0 c ^a	100	
20°C2D	0.0 c	10	
0°C2D+ 5°C1D+20°C1D	0.0 c	100	
0°C22D+	20°C2D+ 5°C1D+20°C1D	0.1 c	40
0°C2D+ 5°C3D+20°C1D	0.0 c	85	
20°C2D+ 5°C3D+20°C1D	0.7 b	15	
0°C2D+ 5°C5D+20°C1D	0.0 c	60	
20°C2D+ 5°C5D+20°C1D	1.1 a	0	

^z Decay index: 0, no symptom; 1, 1-20%; 2, 21-40%; 3, 41-60%; 4, 61-80%; 5, >81%.

^aMeans within columns followed by the same small letter are not significantly different at P<0.05 by LSD test.

D^b =day

表 4. 輸美低溫貯運到港斷鏈 (20°C、48 小時)對'珍珠'番石榴果實貯藏顏色 (L*、a*、b*)之影響

Table 4. The impact of a temperature break (20°C, 48 hours) on skin color (L*, a*, b*) of 'Jen Ju' guava after storage in U.S. export cold chain.

Storage temperature and duration	L*	a*	b*	
0 day	61.59 cde ^a	-5.51 a	38.08 bc	
0°C2 D ^b	67.85 a	-7.55 e	41.12 a	
20°C2D	62.79 cd	-0.87 c	36.82 c	
0°C2D+ 5°C1D+20°C1D	68.21 a	-6.04 de	40.26 ab	
0°C22D+	20°C2D+ 5°C1D+20°C1D	62.72 cd	-0.87 c	38.20 bc
0°C2D+ 5°C3D+20°C1D	65.70 ab	-4.87 d	39.36 b	
20°C2D+ 5°C3D+20°C1D	60.57 de	1.19 b	38.96 b	
0°C2D+ 5°C5D+20°C1D	64.04 bc	-6.38 de	38.55 bc	
20°C2D+ 5°C5D+20°C1D	59.23 e	2.38 b	34.53 d	

^aMeans within columns followed by the same small letter are not significantly different at P<0.05 by LSD test.

D^b =day

表 5. 輸美低溫貯運到港斷鏈 (20°C、48 小時)對'珍珠'番石榴果實貯藏顏色 (C、h°)之影響

Table 5. The impact of a temperature break (20°C, 48 hours) on skin color (C, h°) of 'Jen Ju ' guava after storage in U.S. export cold chain.

Storage temperature and duration	C	h°	
0 day	38.68 bcd	82.21 e	
0°C2 D ^b	41.82 a	100.40 a	
20°C2D	36.89 d	91.31 c	
0°C2D+ 5°C1D+20°C1D	40.76 ab	98.54 ab	
0°C22D+	20°C2D+ 5°C1D+20°C1D	38.36 cd	91.05 c
0°C2D+ 5°C3D+20°C1D	39.71 bc	97.02 b	
20°C2D+ 5°C3D+20°C1D	39.17 bc	88.04 d	
0°C2D+ 5°C5D+20°C1D	39.10 bc	99.35 ab	
20°C2D+ 5°C5D+20°C1D	34.70 e	85.96 d	

^aMeans within columns followed by the same small letter are not significantly different at P<0.05 by LSD test.

D^b =day

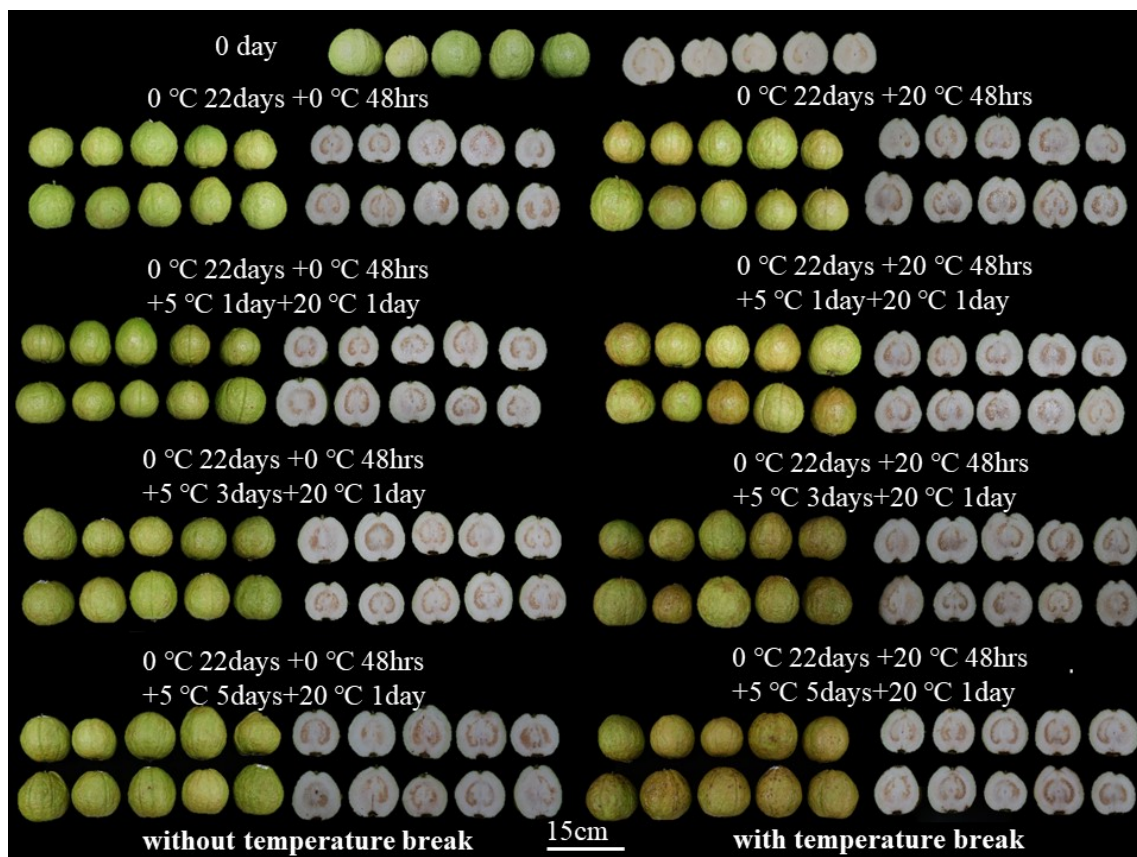


圖 1. 輸美低溫貯運到港斷鏈 (20°C、48 小時)對'珍珠'番石榴果實貯藏果實外觀及剖面之影響。

Fig 1. The impact of a temperature break (20°C, 48 hours) on fruit appearance of 'Jen Ju' guava after storage in U.S. export cold chain.

討 論

一、輸美低溫貯運到港斷鏈 (20°C)對'珍珠'番石榴果實貯藏後品質之影響

在貯藏後果實之品質，在低溫貯藏後經兩天 20°C 斷鏈不論是在第 24、26、28 或 30 天時進行調查，在失重率上均顯著低於未經斷鏈之組別，但在果實硬度及可溶性固形物上則無顯著差異 (表 1)，但在 Malgarim (2005)的實驗中，在 0°C 的貯藏期間，不管是在 7°C 斷鏈 5 天或者 10 天，在貯藏 30 天及模擬櫥架販售三天後，在果實失重上並無顯著差異，推測與本試驗結果不同之原因可能為果實貯藏特性不同，也有可能與前人研究中斷鏈溫度較低有關，而在果實的總可溶性固形物含量上，與本試驗結果相同，並無顯著差異。

二、輸美低溫貯運到港斷鏈 (20°C)對'珍珠'番石榴果實貯藏後寒害及外觀之影響

在貯藏後寒害上，在低溫貯藏後經兩天 20°C 斷鏈不論是在第 24、26、28 或 30 天時進行調查，表皮褐化均相當嚴重，在第 24 天調查時表皮褐化指數便以到 4.5 (最高為 5)，在第 30 天時表皮褐化面積全部果實均在 80% 以上，但在果心水浸狀及維管束褐化上則無顯著差異。在果實腐爛上，雖在第 24 天時有無斷鏈之處理均無腐爛的情形發生，但隨著貯藏時間的增加，有斷鏈之處理顯著的上升，在第 30 天時腐爛指數達到 1.1，使果實腐爛率如此高之原因推測為果實在斷鏈時由於氣溫回升，包裝果實之塑膠袋及果實表面產生凝結水，在高濕高溫的情形下，易使一些病菌大量繁殖而造持果實腐爛 (表 2、表 3、圖 1)，在 Cabrera (1990)之實驗中，隨著斷鏈 (20°C)時間增長，胡瓜果實表面之點時及腐爛程度也會顯著提升。在果實可售率上無斷鏈之處理可售率分別是 100、100、85、60%，有斷鏈之處理可售率分別是 10、40、15、0%，可明顯看出斷鏈之處理之可售率較未斷鏈之處理低 50% 以上。在果實顏色上可看出，斷鏈之處理在 L* 上顯著較低，a* 顯著較高，h° 顯著較低，在外觀上果實顏色較暗淡，果實顏色退綠至幾乎無綠色，果實轉呈黃色 (表 2、表 3、圖 1)。

總結以上，可看出經過兩天斷鏈 (20°C)會使貯藏後果實失重率提高，果實嚴重退綠且黃化、表皮褐化嚴重，且會提升果實腐爛造成可售率降低，因此在貯運的冷鏈過程中應盡量避免斷鏈的情形發生。

參 考 文 獻

- Cabrera, R. M. and M. E. Saltveit. 1990. Physiological response to chilling temperatures of intermittently warmed cucumber fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(2): 256-261.
- East, A. R., D. J. Tanner, J. J. Jobling, K. M. Maguire, and A. J. Mawson. 2008. The influence of breaks in storage temperature on 'Cripps Pink' (Pink Lady™) apple physiology and quality. *HortScience*, 43(3): 818-824.
- Malgarim, M. B., F. R. F. Cantillano, R. D. O. Treptow, E. L. D. Souza, and E. F. Coutinho. 2005. Stage of maturation and temperature variation during the storage on postharvest quality of plums cv. amarelinha. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 27(1): 29-35.

Cold Chain Breaks on Fruit Quality of 'Jen-Ju ' Guava (*Psidium guajava* L.) after Long-term Transportation

Ching-Yu Liu¹⁾ Huey-Ling Lin²⁾

Key word: Guava, Cold chain breaks

Summary

After the horticultural products enter the cold chain, there will be temperature breaks if the storage temperature is abnormal. It will decrease the quality of horticultural products and cause decay. The temperature breaks often occurs in export cold chain of guava exported to the United States. Therefore, this study aimed to explore the effect of temperature breaks (20°C, 48 hours) on the fruit quality and chilling injury after storage in guava, to understand the effect of temperature breaks on the fruit. Our results showed that 48 hours of temperature break during 22 days of storage and transportation at 0°C causes higher weight loss, regardless of whether the shelf life been simulated or not. There is no significant difference on fruit firmness and total soluble solid (TSS). Compare to control, there is severe peel-browning, decay and decrease the percentage of *marketable* fruits in guava. Above all, temperature breaks will decrease the quality and affect the percentage of *marketable* fruits *in guava*. If the problem of temperature breaks can be improved, it will help improve the quality of guava exported to the United States.

1). Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

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

