

不同儲藏條件對愛玉子瘦果品質之影響

林孟均、盧美君*

行政院農業委員會苗栗區農業改良場

摘要

愛玉子(*Ficus awkeotsang* Makino)為臺灣原生的桑科常綠蔓性藤本植物，生長於中低海拔800~1,800公尺山區，成熟的愛玉子果實削皮烘乾後，以瘦果形式販售，卻常因儲存環境不佳而影響愛玉子的凝膠能力及品質，爰此，本研究擬探討愛玉子烘乾後瘦果最佳儲存條件供產業應用。以愛玉子「苗栗1號」、「苗栗2號」及野生種MLJFA-01為材料，調查儲藏形式、儲藏時間及儲藏環境等對凝膠酵素及愛玉凍品質之影響，結果顯示愛玉子瘦果帶殼保存，較刮下種子保存，其果膠甲酯酶(pectin methylesterase, PME)的活性可提高3.6%；果膠甲酯酶抑制酶(pectin methylesterase inhibitor, PMEI)活性可顯著提高36.2%。參試品種(系)瘦果的果膠含量、果膠甲酯酶及其抑制酶活性均會隨著儲藏時間下降，其中果膠甲酯酶儲藏3年後降幅達39.4~65.2%，儲藏至第3年即無法正常凝膠。而儲藏2年的「苗栗2號」較「苗栗1號」及MLJFA-01，有較穩定的果膠酯酶活性，為適合長期保存的品種選擇。此外，相較於室溫儲藏，儲藏環境在4°C及相對濕度75%的環境下，可顯著維持果膠含量、果膠甲酯酶及其抑制酶活性。綜合上述，烘乾後的愛玉子以帶殼瘦果之形式，儲藏於4°C能維持較佳的凝膠品質，儲藏時間建議以2年為限，以維持較其商品價值。

關鍵詞: 果膠、果膠甲酯酶、果膠甲酯酶抑制酶

前言

愛玉子(*Ficus awkeotsang* Makino)又稱玉枳或草枳仔，為桑科(Moraceae)榕屬(*Ficus*)的常綠蔓性藤本植物，為臺灣特有變種，原生於中央山脈中低海拔800~1,800公尺山區。根據2018年農業年報指出，全臺的愛玉子收穫面積約為

552公頃，年產量為704公噸，其中人工栽培的主要產區集中在嘉義、高雄、南投及臺東地區。愛玉子主要的食用方式為取其瘦果種子加水搓洗，釋放果膠凝固形成愛玉凍，直接食用或製成飲品。愛玉子花屬於隱頭花序(syconium)，隱頭花序壁(syconium wall)俗稱瘦果殼或

*論文聯繫人

e-mail: lumj@mdais.gov.tw

愛玉殼，為隱頭花梗連結果實的部位，農民將愛玉子採收處理後，以烘乾的瘦果(achenes)包含瘦果殼的形式儲藏或出售，但也有許多農民，為了縮減儲運空間，會刮除瘦果殼，僅保留瘦果單獨儲藏或包裝。

有關愛玉子凝膠的機制研究指出，愛玉子種子內的果膠多以高甲氧基性果膠(high methoxyl pectin, HMP)的型態存在，遇水釋放後HMP會與果膠甲酯酶(pectin methylesterase, PME)作用轉化為低甲氧基果膠(low methoxyl pectin, LMP)，LMP會再與水中陽離子鍵結(cross-linking)形成蛋盒結構(egg-box)的低甲氧基果膠鈣鹽，就是我們平常所吃到的愛玉凍，此外，愛玉子中同時存在著果膠甲酯酶抑制酶會與果膠甲酯酶結合，影響其與果膠的作用效率 (Huang & Chen, 1979, Huang *et al.*, 1980, Jiang *et al.*, 2001, Suzuno *et al.*, 2014)。此外，前人研究指出，愛玉子的凝膠能力會受到品種(系) (Liu *et al.*, 1994, Lin *et al.*, 2017)、果實採收成熟度(Liu *et al.*, 1990)、採後處理及搓洗水質(Wu *et al.*, 2007)等因素影響。但探討瘦果的保存形式及條件，對愛玉子的凝膠能力的影響之研究付之闕如。爰此，本研究擬評估不同的瘦果儲藏形式、環境及長時間保存對愛玉子瘦果外觀、果膠含量及酵素活性等的影響，以供農民及消費者儲藏及運用愛玉子之參考。

材料與方法

參試品種(系)為愛玉子「苗栗1號」、「苗栗2號」品種及農民常見種植之野生種MLJFA-01品系，參試果實係採集自本場7年生愛玉子圃，將成熟之愛玉子果實沖洗後，以自動削皮機削除外果皮，以45°C烘乾24小時，翻轉隱頭花序壁層將瘦果朝外後，再以45°C烘乾48小時後，進行以下試驗。

一、瘦果儲藏條件對愛玉子品質之影響

- (一) 不同儲藏形式對愛玉子品質之影響：將愛玉子以純瘦果及瘦果含隱頭花序壁(以下簡稱帶殼瘦果)的形式(如圖一)，放置在平均溫度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ；濕度 $20 \pm 2\% \text{RH}$ 環境下儲藏1年後，進行果膠、果膠酯酶、果膠酯酶抑制酶等活性檢測。
- (二) 不同儲藏時間對愛玉子品質之影響：愛玉子以帶殼瘦果的形式，放置在平均溫度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ；濕度 $20 \pm 2\% \text{RH}$ 環境下儲藏1、2、3年後，分別進行果膠、果膠甲酯酶、果膠甲酯酶抑制酶等活性檢測。
- (三) 不同儲藏條件對愛玉子品質之影響：愛玉子以瘦果含隱頭花序壁的形式，放置在處理A：室溫環境(平均溫度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ；濕度 $75 \pm 5\% \text{RH}$)下；處理B低濕度環

境平均溫度 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ；濕度 $20 \pm 2\% \text{RH}$ ；處理C：低溫環境，平均溫度 $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ；濕度 $75 \pm 5\% \text{RH}$

，儲藏2年後，分別進行果膠、果膠甲酯酶、果膠甲酯酶抑制酶等活性檢測。



圖一、兩種愛玉子瘦果儲藏形式 左：瘦果含隱頭花序壁；右：純瘦果形式。

Fig. 1. Two types of storage form of jelly fig. left: achenes with syconium wall; right: achenes alone.

二、瘦果品質調查項目

(一) 愛玉子瘦果外觀及愛玉凍凝膠調查：愛玉子瘦果外觀，經刮除隱頭花序後以解剖顯微鏡(NIKON, Japan)觀察。秤取50 g愛玉子瘦果，加入1,000 ml ddH₂O靜置10分鐘後，使用電磁攪拌器(Thermo Fisher, U.S.A.)以300 rpm

轉速攪拌30分鐘後，經定性濾紙(Whatman, Germany)過濾後，靜置愛玉子萃取液1小時，確認凝膠情況。

(二) 果膠含量：修改自Blumenkrantz和Asboe-Hansen (1973)之方法，將瘦果於 45°C 經48小時乾燥後，秤取1.0 g愛玉子瘦果，加入

200 ml ddH₂O。於室溫攪拌2小時，靜置24小時，再將果膠液以定性濾紙過濾後，稀釋200倍取1.0 ml，加入6.0 ml 0.125 M 四硼酸鈉(Sodium tetraborate) (Shimada, Japan)濃硫酸溶液(Ferak, Germany)，於沸水浴中加熱5分鐘後，以冰浴冷卻，冷卻後放入室溫回溫，加入0.1 ml 0.5% 3-苯基苯酚(3-phenylphenol)氫氧化鈉(Sodium hydroxide)溶液(Sigma-Alorich, U.S.A.)，混合後靜置5分鐘，以分光光度計(GBC Scientific Equipment Ltd. Cintra 404 UV Visible Spectrometer, Australia)測量OD520nm吸光值，並依照半乳糖醛酸(Galacturonic acid) (Sigma-Alorich, U.S.A.)標準曲線推算出果膠含量。

- (三) 果膠酯酶活性測定方法：修改自Lee 和 MacMillan(1968)的酸鹼滴定法。秤取3 g愛玉子瘦果，加入45 mL 4%氯化鈉溶液(Sigma-Alorich, USA)，於室溫下攪拌2小時，置於4°C進行果膠酯酶萃取22小時以上。將果膠酯酶粗酵素液以定性濾紙過濾，取1 ml粗酵素液加入15 ml 0.5%柑橘果膠液(Sigma-Alorich, U.S.A.)調整反應液pH值至6.5後開始試驗，反應液因酵素作用

pH值會逐漸下降，再以自動滴定儀(Metrohm, Switzerland)設定以0.01 N 氫氧化鈉(Riedel-de-Haën, Guarantee analysis Factor = 1.000 ± 0.001, Germany)自動滴定回pH 6.5，統計反應時間60分鐘內之0.01 N 氫氧化鈉滴定消耗量，另取1 ml粗酵素液加入15 mL ddH₂O，作為對照組。果膠酯酶單位時間活性計算方式為(A-A') × 0.01 × F × 1,000 ÷ (T × W)。A為試驗組滴定量(ml)；A' 為對照組滴定量(ml)；0.01為氫氧化鈉當量；F為力價(NaOH = 1)；1,000為μmole係數；T為總反應時間(分鐘)；W為反應中愛玉液重量 = (加入愛玉子實際乾重g) / 45 ml × 加入酵素反應液量(ml)。

- (四) 果膠酯酶抑制酶活性測定方法：修改自Jiang 等(2002)之方法(Jiang *et al.*, 2002a, Jiang *et al.*, 2002b)，取50 g豌豆莢加入200 ml H₂O (4°C)加入150 ml 1M NaCl 4°C溶液攪拌均勻，以勻質儀(Cycle blender, Japan)勻質2分鐘，冰上靜置10分鐘後以定性濾紙(Whatman Grade No.1, Germany)過濾，上清液即為豌豆莢PME粗萃取液。取200 g愛玉子瘦果以勻質儀破碎後，以50°C乾燥72小時，取1.5 g乾燥

後的樣品，加入30 ml 4% NaCl (w/w)溶液，混合30分鐘，置於100°C ddH₂O中加熱20分鐘。在4°C下以10,000 xg離心20分鐘，取上清液完成PMEI萃取。將PMEI粗萃取液與豌豆莢PME粗萃取液以體積比2:1混合均勻，空白組以4% NaCl溶液取代PMEI粗萃取液，於室溫下靜置30分鐘。加入15 ml 0.5%柑橘果膠液，利用酸鹼自動滴定儀測量PME的活性。總反應時間1小時，以0.01 N NaOH滴定至pH6.5所需滴定量。PMEI活性計算公式PME inhibition (%) = [(空白組中豌豆莢PME活性-樣品組中豌豆莢PME活性) / 空白組中豌豆莢PME活性] × 100%。

三、資料分析

試驗數據以SAS (Strategic Applications System)統計分析軟體進行變方分析(Analysis of variance, ANOVA)，以學生氏t檢定(Student's *t* test)及費雪氏最小顯著差異性測驗(Fisher's protected least significant difference test, LSD test, at $p < 0.05$)進行差異性比較。

結 果

一、不同儲藏形式對瘦果品質之影響

本研究以愛玉子「苗栗1號」、「苗栗2號」及「MLJFA-01」等三個品種(系)為材料，比較帶殼瘦果及純瘦果形式，於低濕環境下(溫度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ；相對濕度 $20 \pm 2\%$)儲藏1年後之品質差異(表一)，結果顯示在三個品種(系)之果膠含量介於12.27~17.15%，不同處理間比較顯示，帶殼瘦果儲藏其果膠含量與純瘦果儲藏，未達顯著性差異。比較果膠甲酯酶活性顯示，「苗栗1號」品種帶殼瘦果果膠甲酯酶活性為 $18.52 \mu\text{eqCOOH min}^{-1}\text{g}^{-1}$ ，顯著高於純瘦果 $14.89 \mu\text{eqCOOH min}^{-1}\text{g}^{-1}$ 之處理，此外「苗栗2號」及MLJFA-01品種(系)帶殼瘦果形式之果膠甲酯酶活性介於 $14.63\sim 13.19 \mu\text{eqCOOH min}^{-1}\text{g}^{-1}$ ，略高於純瘦果形式 $11.57\sim 10.69 \mu\text{eqCOOH min}^{-1}\text{g}^{-1}$ ，但未具有統計上的差異。在果膠甲酯酶抑制酶的活性分析上，結果顯示「苗栗1號」品種的果膠甲酯酶抑制酶活性極高，經儲藏1年後，兩處理間的抑制酶活性均維持在100%；「苗栗2號」品系瘦果若以帶殼瘦果形式儲藏1年，抑制酶活性為75.07%，純瘦果則抑制酶活性會顯著下降至38.86%，此外，MLJFA-01品種(系)兩處理間的抑制酶活性則介於83.73~96.90%，未達顯著性差異。

表一、愛玉子「苗栗1號」、「苗栗2號」及MLJFA_01品種（系）以純瘦果及帶殼瘦果形式下於25°C及相對濕度20%下儲藏1年對果膠含量、果膠甲酯酶活性及果膠甲酯酶抑制率之影響

Table 1. Effect of storage form (achene or achene with syconium) on pectin content, pectin methylesterase (PME) and pectin methylesterase inhibitor (PMEI) activities of “Miaoli No. 1”, “Miaoli No. 2”, and MLJFA-01 after 1 year storage under 25°C and 20%RH

Clonal lines	Pectin (%)		
	Miaoli No. 1	Miaoli No. 2	MLJFA-01
Achene	12.27 ± 3.23 ^z	12.83 ± 3.68	14.90 ± 0.07
Achene with syconium wall	17.15 ± 0.63	15.24 ± 0.74	15.04 ± 0.45
Clonal lines	PME (µeqCOOH min ⁻¹ g ⁻¹)		
	Miaoli No. 1	Miaoli No. 2	MLJFA-01
Achene	14.89 ± 0.80	10.69 ± 0.04	11.57 ± 2.11
Achene with syconium wall	18.52 ± 0.11*	13.19 ± 0.93	14.63 ± 0.67
Clonal lines	PMEI (%)		
	Miaoli No. 1	Miaoli No. 2	MLJFA-01
Achene	100.00 ± 0.00	38.86 ± 5.19	83.43 ± 8.38
Achene with syconium wall	100.00 ± 0.00	75.07 ± 1.81*	96.90 ± 3.10

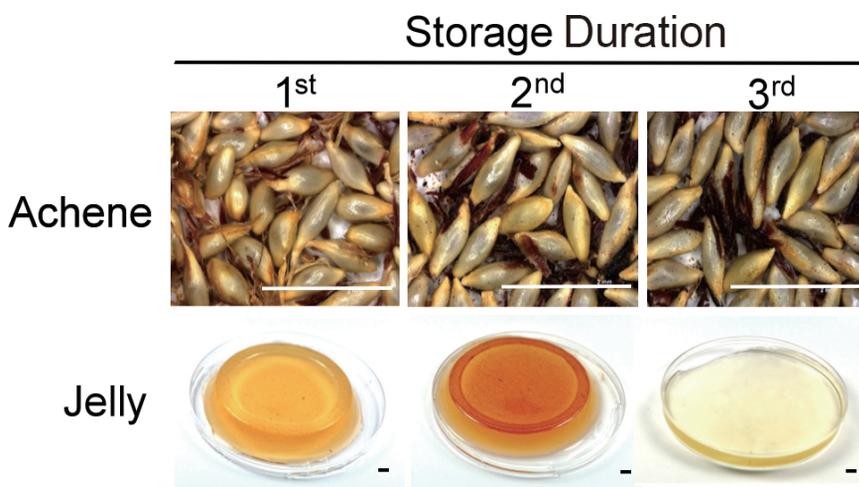
^z Mean and standard error (n = 3) within each column followed by the different marker is significantly different at * $p < 0.05$ by Student's *t* test.

二、儲藏時間對愛玉子品質之影響

本研究調查愛玉子儲藏1~3年後對瘦果品質的影響，以了解愛玉子的儲藏年限，作為農民販售乾燥愛玉子之儲放年限參考。根據愛玉子瘦果外觀及凝膠試驗顯示，儲藏1年後愛玉凍仍可正常凝固，凍體呈金黃色；儲藏2年後，瘦果種子及乾燥花托出現褐化的現象，其愛玉凍顏色轉為紅褐色，儲藏3年後，

瘦果種子及乾燥花托呈現褐化皺縮，無法正常凝膠（圖二）。

比較「苗栗1號」、「苗栗2號」及MLJFA-01等三個品種（系）採收後(0 year)及在低濕度環境下儲藏1~3年對愛玉子果膠含量及酵素品質之影響。結果顯示果膠含量、果膠甲酯酶及其抑制酶活性均會隨著儲藏時間而逐漸下降，其中在果膠含量部分「苗栗1號」及

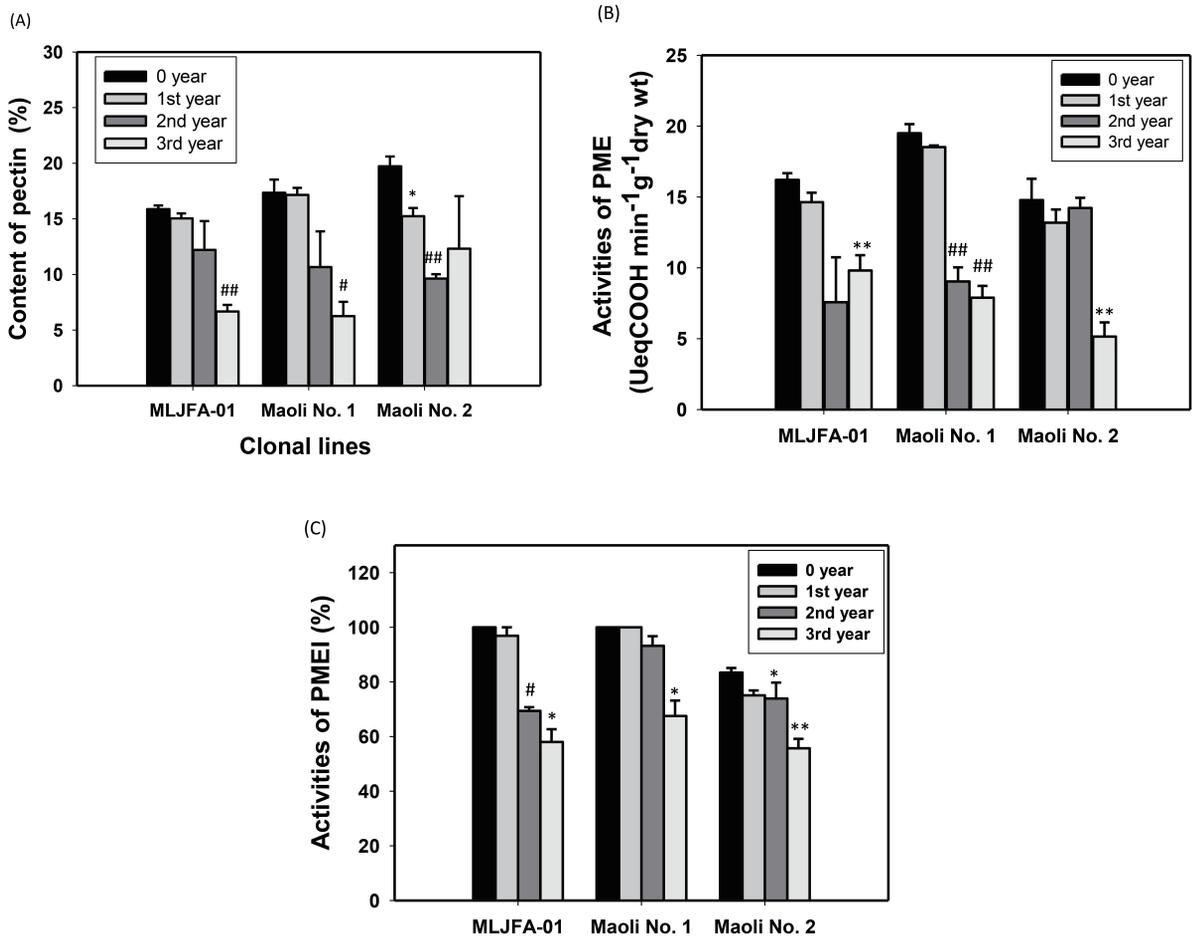


圖二、不同儲藏時間對「苗栗1號」愛玉子瘦果外觀及凝膠情況之影響。

Fig. 2. Effect of storage duration on achene and jelly formation of jelly-fig “Miaoli No. 1”. (Scale = 5mm)

MLJFA-01品種(系)均會在儲藏3年後，自15.9%及17.4%分別顯著下降至6.7%及6.3%；「苗栗2號」品種則會在儲藏2年後，自19.7%下降至9.6% (圖三A)。在果膠甲酯酶活性方面，「苗栗2號」及MLJFA-01品種(系)均在儲藏3年後，果膠甲酯酶活性分別自14.8及16.2 $\mu\text{eqCOOH min}^{-1}\text{g}^{-1}$ 下降至5.2及9.8 $\mu\text{eqCOOH min}^{-1}\text{g}^{-1}$ ，降幅分別為64.9及39.5%，達極顯著差異，「苗栗1號」品種則在儲藏第2年後相較於剛採收的愛玉子瘦果，果膠甲酯酶活性自19.5 $\mu\text{eqCOOH min}^{-1}\text{g}^{-1}$ 下降至9.0 $\mu\text{eqCOOH min}^{-1}\text{g}^{-1}$ 降幅為53.9%；第3年後更下降至7.9 $\mu\text{eqCOOH min}^{-1}\text{g}^{-1}$ ，降

幅比率59.5%，均達極顯著差異 (圖三B)。此外，調查果膠甲酯酶抑制酶顯示，相較於採收當年之愛玉子瘦果，「苗栗1號」品種在儲藏3年後，果膠甲酯酶抑制酶的抑制率自100.0%顯著降低至67.5%；「苗栗2號」及MLJFA-01品種(系)則在儲藏2年後果膠甲酯酶抑制酶的抑制率自83.4%及100%顯著降低至73.9%及69.4%；並在儲藏3年後抑制率降低至55.7%及58.0% (圖三C)。



圖三、比較愛玉子品種（系）「苗栗1號」、「苗栗2號」及MLJFA_01在低濕度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ； $20 \pm 2\%$ RH環境下，果實採後處理當年(0 year)及儲藏1至3年對愛玉子果膠含量 (A)、果膠甲酯酶活性 (B) 及果膠甲酯酶抑制率 (C) 之影響。

Fig. 3. Effect of storage duration on pectin content (A), pectin methylesterase (PME) (B), and pectin methylesterase inhibitor (PMEI) (C) activities of jelly-fig “Miaoli No. 1”, “Miaoli No. 2”, and MLJFA-01 at 25°C and 20% RH. Significant differences between jelly fig after postharvest treatment (0 year) and storage 1st to 3rd year were determined by Student’s *t* test. * $p < 0.05$, and ** $p < 0.01$, # $p < 0.005$, and ## $p < 0.001$; $n = 3$; \pm SEM.

三、儲藏環境對愛玉子品質之影響

本研究調查常溫儲藏（溫度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ；相對濕度 $20 \pm 2\%$ ）、低濕度儲藏（溫度 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ；相對濕度 $20 \pm 2\%$ ）及低溫儲藏（ $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ；相對濕度 $75 \pm 5\%$ ）等3種農民常使用的儲藏環境，比較不同環境對愛玉子品質之影響。調查結果如表二，「苗栗1號」儲藏在低溫環境下可維持較高的果膠含量。相較於

常溫及低濕度環境儲藏，低溫均可維持三個品種（系）愛玉子的果膠甲酯酶活性達 $14.59\sim 16.61 \mu\text{eqCOOH min}^{-1}\text{g}^{-1}$ 。調查果膠甲酯酶抑制酶活性顯示，相較於常溫儲藏，低溫可維持「苗栗1號」之抑制酶活性，儲藏2年後活性仍維持100%；「苗栗2號」果膠甲酯酶的抑制率則僅剩81.2%，達顯著性差異。

表二、愛玉子「苗栗1號」、「苗栗2號」及MLJFA-01品種（系）在不同儲藏環境下儲藏2年對愛玉子果膠含量、果膠甲酯酶活性及果膠甲酯酶抑制酶抑制活性之影響

Table 2. Effect of storage environment on pectin content, pectin methylesterase (PME) and pectin methylesterase inhibitor (PMEI) activities of “Miaoli No. 1”, “Miaoli No. 2”, and MLJFA-01 after 2 year of storage.

Clonal lines	Pectin (%)		
	Miaoli No. 1	Miaoli No. 2	MLJFA-01
RT, 75%RH	13.70 ± 4.66 a ^y	4.78 ± 0.89 b	9.78 ± 4.75 a
25°C, 20%RH	10.66 ± 3.22 a	9.64 ± 0.39 b	12.20 ± 2.59 a
4°C, 75%RH	8.91 ± 2.30 a	11.19 ± 1.43 a	9.28 ± 3.40 a
Clonal lines	PME ($\mu\text{eqCOOH min}^{-1}\text{g}^{-1}$)		
	Miaoli No. 1	Miaoli No. 2	MLJFA-01
RT, 75%RH	11.57 ± 0.29 b	8.95 ± 0.52 b	8.79 ± 0.67 ab
25°C, 20%RH	9.04 ± 0.99 c	14.22 ± 0.72 a	7.57 ± 3.17 b
4°C, 75%RH	16.61 ± 0.69 a	15.26 ± 0.58 a	14.59 ± 0.38 a
Clonal lines	PMEI (%)		
	Miaoli No. 1	Miaoli No. 2	MLJFA-01
RT, 75%RH	83.57 ± 4.05 b	61.83 ± 1.81 b	52.96 ± 2.48 a
25°C, 20%RH	93.22 ± 3.54 ab	73.93 ± 5.81 ab	69.39 ± 1.38 a
4°C, 75%RH	100.00 ± 0.00 a	81.23 ± 5.95 a	73.03 ± 14.52 a

^z RT, 75%RH (control): storage at room temperature (75-85% RH); 25°C, 20%RH : storage at room temperature in auto dry box at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ($20 \pm 2\%$ RH); 4°C, 75%RH: storage at $4 \pm 1^\circ\text{C}$ (75-85% RH).

^y Mean and standard error within each bar followed by the different letter different are significantly different at $P < 0.05$ by Fisher's protected LSD test.

討 論

種子為植物重要的繁殖及傳播器官，也是人類農作收穫的主要植物組織，種子中的營養成分不僅可提供人類膳食攝取，更能提供植物發芽及營養生長所需的養份(Shewry *et al.*, 1995)。愛玉子瘦果種子除了可供有性繁殖愛玉子幼苗外，由於其瘦果中富含LMP果膠等膳食纖維，加上獨有的特殊風味，能製成臺灣極受歡迎的本土飲品(Ding *et al.*, 2000, Jiang *et al.*, 2001)。研究指出，愛玉子中的果膠量及果膠甲酯酶活性，是影響凝膠品質的關鍵，果膠是愛玉子瘦果外果皮的產物，其中高甲氧基果膠受到果膠甲酯酶之作用，轉化為凝結成愛玉凍的低甲氧基果膠，果膠量越多或果膠甲酯酶活性越高，則可產生之低甲氧基果膠越多，亦即製凍量越多，經濟價值也隨之更高(Liu *et al.*, 1990, Wu *et al.*, 2007)。過去曾有學者提出如何延長愛玉凍食品保存進行探討的相關研究(Lu *et al.*, 2012, Suzuno *et al.*, 2014)，但對於愛玉子種子的長期保存等技術，所知甚少。因此，為了解長期儲藏條件對愛玉子商品價值的影響，本文首次調查不同儲藏形式、條件及時間對愛玉子果膠及酵素消長的研究，供作農民應用參考。

常見的愛玉子採後處理形式，是將瘦果包含隱頭花序壁（又稱帶殼瘦果）保存，但有些農民會為了降低儲藏體積，或方便消費者使用，將瘦果刮下直接販售。本研究顯示在儲藏1年後，帶殼

瘦果儲藏形式可維持較高的果膠甲酯酶及其抑制酶的活性，過去研究中指出，榕屬無花果(*Ficus carica* L.)果實後熟的研究中，無花果果實及種子的成熟度在採收後，仍會受到隱花果花序層上產生的乙烯(ethylene)等植物賀爾蒙的影響，而出現後熟(ripening)的現象(Rosianski *et al.*, 2016)。此外，部分學者亦提出愛玉子種子中約有98%的果膠甲酯酶存在於種子果皮，需透過採後的後熟作用，誘導果膠甲酯酶含量上升(Liu *et al.*, 1990, Li *et al.*, 2005, Lin *et al.*, 1989)。因此推測帶殼瘦果具有較高的果膠甲酯酶及抑制酶酵素含量，可能與隱頭花序層持續進行後熟作用，誘導凝膠相關酵素合成有關。另一方面，因無花果等榕屬植物會在受傷及其他賀爾蒙等因子影響下，誘導乙烯生合成，造成果實及種子加速老化(Owino *et al.*, 2006)，因此推測將瘦果刮下的過程中，可能造成種子受傷，促進大量乙烯生合成，進而造成成份及酵素崩解等種子劣變現象，影響儲架壽命。

農民在愛玉子採後處理後，多以常溫儲藏瘦果，並短時間內出售，惟囿於季節、產量及價格波動因素，有時會進行較長時間的儲藏。在本研究中我們選擇了3種農民易操作的瘦果儲藏環境，了解儲藏條件對於愛玉子品質的影響。結果顯示以低溫 $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 及高相對濕度75~85%的環境儲藏2年，相較於常溫儲藏及低相對濕度儲藏可提高果膠甲酯酶

活性，亦可提高果膠甲酯酶抑制酶活性。在儲藏時間的研究，本研究將愛玉子放置在低相對濕度環境 ($25 \pm 1^\circ\text{C}$ ； $20 \pm 2\%$ RH) 下，調查儲藏1~3年對於愛玉子瘦果品質的影響，顯示愛玉子瘦果的果膠甲酯酶抑制酶會在儲藏第2年起，就開始顯著地下降；愛玉子瘦果外觀、果膠含量、果膠甲酯酶活性、則會在儲藏第3年急速降低，愛玉子的凝膠能力也會在第3年完全喪失，不再具有商品價值。此外，比較三品種（系）儲藏期間果膠含量及酵素活性變化，顯示採收當年以「苗栗2號」品種果膠含量最高；果膠酯酶含量則以「苗栗1號」最高，但隨著儲藏時間的增加，相較於野生種MLJFA-01及「苗栗1號」，「苗栗2號」可維持較穩定的果膠酯酶活性，由於果膠含量的測定廣泛地包括原果膠、果膠及果膠酸等物質的總含量，而果膠甲酯酶為愛玉子轉化生成低甲氧基果膠的關鍵酵素，因此根據上述，推測以果膠甲酯酶穩定性較高的「苗栗2號」應為較適合長期保存的品種。

種子儲藏條件的研究指出，多數種子失去活性主要導因於機械性傷害、新陳代謝功能減退及大分子變性等三大因素，並指出將種子保存在最低適性溫度 (lowest suitable temperature) 可減少水分喪失造成的損傷及代謝異常等 (Umarani *et al.*, 2015)。此外，亦有研究證實多數種子若進行2~10年的中期保存 (medium-term storage) 較適合溫度應介於

$0\sim 10^\circ\text{C}$ (Hong *et al.*, 1996)。有趣的是，過去研究指出愛玉子的採後處理，多建議以 50°C 的高溫，以降低瘦果水份含量，並符合快速乾燥的經濟效益 (Wu *et al.*, 2007)，然而根據上述可知，提高愛玉子乾燥程度或維持在低相對濕度環境下保存，可能因為種子水份的減少，降低瘦果的活性，不利於長期保存，在愛玉子採後處理過程中，如何在乾燥種子避免回潮發霉及維持水份，提高種子活性兩者間取得平衡，仍需進一步研究探討。在儲藏時間的研究上，我們以低相對濕度的儲藏環境，評估出愛玉子可保存的最低儲藏年限，惟在低溫環境下保存瘦果，雖可延長愛玉子的櫥架壽命，但囿於品種、儲藏環境及消費者的使用習慣差異，仍建議農民需在儲藏2年內售出或進行鮮食運用。

愛玉子的果膠甲酯酶抑制酶會與果膠甲酯酶作用位置結合，進而影響愛玉子低甲氧基果膠轉化能力，但由於愛玉子瘦果中果膠甲酯酶抑制酶的釋出時間較晚，且需約10分鐘以上的作用時間才會發揮抑制效果 (Jolie *et al.*, 2010, Jiang *et al.*, 2002b)，因此對於愛玉子成凍的影響相對較小，惟在食品加工上，果膠甲酯酶抑制酶被視為良好的天然穩定劑，可穩定果汁混濁度並維持賣相 (Jiang *et al.*, 2001, Wolf *et al.*, 2003)，因此本研究一併探討了果膠甲酯酶抑制酶的活性，並了解良好的儲藏條件可有助於維持愛玉子果膠甲酯酶抑制酶的活性，作為未

來愛玉子高附加價值運用開發的參考。

綜合上述，由於採後處理過的愛玉子，隱頭花序壁可能會持續影響種子的後熟作用，提升果膠甲酯酶活性及含量，同時刮下瘦果所造成的受傷，亦可能加速種子老化，造成酵素分解，影響後續愛玉子瘦果搓洗時高甲氧基果膠轉化為形成愛玉凍的低甲氧基果膠的能力，因此，保留隱頭花序壁應為較佳的儲藏形式。在儲藏條件方面，建議以低溫4°C及相對濕度75~85%的環境，較能維持愛玉子的品質，而儲藏的時間，則建議至多儲藏2年，以維持愛玉子凝膠物質及相關酵素的活性及品質。

致 謝

試驗期間承蒙本場林岱璇小姐協助調查，劉茂榮先生及陳慶旺先生協助採收及處理愛玉子，蔡新墩先生、陳榮宗先生及黃玉員小姐協助愛玉子圍維護，謹此一併誌謝。

引用文獻

- N, Blumenkrantz and Asboe-Hansen G.** 1973. New method for quantitative determination of uronic acids. *Analytical Biochemistry* 54: 484-9.
- Council of Agriculture EY.** 2018. Yearly report of Taiwan's agriculture.
- Ding, J. L., T. T. Lee, M. M. Wang, S. S.**

Tai, and J. T. Jzen. 2000. Cloning and expression of an acidic pectin methylesterase from Jelly Fig (*Ficus awkeotsang*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 3052-7.

Hong, T. D., S. Linington, and R. H. Ellis. 1996. Seed storage behavior: a compendium. International plant genetic resources institute, Rome.

Huang, Y. C. and W. P. Chen. 1979. On the material plant of awkeo-jelly: *Ficus awkeotsang* Makino its historical review and future prospects. *Journal of the Chinese Society for Horticultural Science* 25: 103-11.

Huang, Y. C., W. P. Chen, and Y. P. Shao. 1980. A study on the mechanism of gelatinization of awkeo-jelly. *Journal of the Chinese Society for Horticultural Science* 26: 117-26.

Jiang, C. M., C. P. Li, J. C. Chang, and H. M. Chang. 2002a. Characterization of pectinesterase inhibitor in jelly fig (*Ficus awkeotsang* Makino) achenes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 4890-4.

Jiang, C. M., Y. J. Lai, B. H. Lee, W. H. Chang, and H. M. Chang. 2001. De-esterification and transacylation reactions of pectinesterase from jelly fig (*Ficus awkeotsang* Makino)

achenes. *Food Chemistry and Toxicology* 66: 810-5.

Jiang, C. M., C. P. Li, and H. M. Chang. 2002b. Influence of pectinesterase Inhibitor from jelly fig (*Ficus awkeotsang* Makino) achenes on pectinesterases and cloud loss of fruit juices. *Food Engineering and Physical Properties* 67: 3063-8.

Lee, M., and J. D. Macmillan. 1968. Mode of action of pectic enzymes. purification and certain properties of tomato pectinesterase. *Biochemistry* 7: 4005-10.

Li, Y. C., Y. C. Yang, J. S. Hsu, D. J. Wu, H. H. Wu, and J. T. Tzen. 2005. Cloning and immunolocalization of an antifungal chitinase in jelly fig (*Ficus awkeotsang*) achenes. *Phytochemistry* 66: 879-86.

Lin, M. J., D. J. Wu, H. H. Wu, S. C. Peng, and M. C. Lu. 2017. Breeding of new jelly fig (*Ficus pumila* L. var. *awkeotsang* (Makino) Corner) cultivars Miaoli No. 1 and Miaoli No. 2. *Journal of the Taiwan Society for Horticultural Science* 63: 83-97.

Lin, T. P., C. C. Liu, S. W. Chen, and W. Y. Wang. 1989. Purification and characterization of pectinmethylesterase from *Ficus awkeotsang* Makino achenes. *Plant Physiol.* 91: 1445-53.

Liu, C. C., T. P. Lin, R. S. Huang, and M. S. Lee. 1990. Developmental biology of female syconium of *Ficus awkeotsang* Makino-changes in the quantities of pectinmethylesterase, pectin, methoxyl group and achene. *Bulletin of Taiwan Forestry Research Institute* 5: 209-16.

Liu, C. C., T. P. Lin, and C. B. H. Wu. 1994. Growth performance of *Ficus awkeotsang* clones-a report of 5-year result in TAI-HO test plantation. *Bulletin of Taiwan Forestry Research Institute* 9: 29-38.

Lu, H. C., J. H. Lin, A. C. Chua, T. Y. Chung, I. C. Tsai, J. T. Tzen, and W. M. Cho. 2012. Cloning and expression of pathogenesis-related protein 4 from jelly fig (*Ficus awkeotsang* Makino) achenes associated with ribonuclease, chitinase and anti-fungal activities. *Plant Physiol Biochem* 56: 1-13.

Rosianski, Y., A. Doron-Faigenboim, and Z. E. Freiman, K. Lama, S. Milochavi, Y. D. ahaw, E. kerem, and M. A. Flaishman. 2016. Tissue-specific transcriptome and hormonal regulation of pollinated and parthenocarpic fig (*Ficus carica* L.) fruit suggest that fruit ripening is coordinated by the reproductive

part of the syconium. *Front Plant Sci* 7: 1696.

Shewry, P. R., J. A. Napier, and A. S. Tatham. 1995. Seed storage proteins: structures and biosynthesis. *The Plant Cell* 7: 945-56.

Suzuno, H., S. Kinugasa, H. Nakahara, and A. Kawabata. 2014. Molecular characteristics of water-soluble polysaccharide extracted from jelly fig (*Ficus awkeotsang* Makino) Seeds. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 61: 1491-4.

Umarani, R., E. K. Aadhavan, and M. M. Faisal. 2015. Understanding poor storage potential of recalcitrant seeds. *CURRENT SCIENCE* 108: 2023-34.

Wu, H. H., D. J. Wu, and J. Y. Chiu. 2007. Studies on the factors influencing the quality and gelation of jelly fig (*Ficus awkeotsang* Makino). *Bulletin of Miaoli District Agricultural Reserach and Extension Station* 1: 59-67.

Effect of storage condition on achene quality of jelly fig (*Ficus awkeotsang* Makino)

Lin, Meng-Jin and Mei-Chun Lu*

Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Miaoli, Taiwan, R. O. C.

ABSTRACT

Jelly fig (*Ficus awkeotsang* Makino), belonging to Moraceae family, is an indigenous vine plant which grows in the mountainous area with an elevation of 800 to 1,800 meters above sea level in Taiwan. The mature fruits were peeled and dried after harvest, and the dried achenes were merchandized in the market. However, the achene quality and jelly formation were frequently influenced by the storage conditions. In this study, the optimal storage type, years, and environment of dry achenes and its impact on the enzymes related to jelly formation were investigated in “Miaoli No. 1”, “Miaoli No. 2”, and MLJFA-01. Our results indicated that the pectin methylesterase (PME) and pectin methylesterase inhibitor (PMEI) activity in dried seeds with syconium wall were 3.6% and 19.6% higher than naked dried seeds during storage, respectively. Among 3 clonal lines, the pectin content, PME and PMEI activities were all declined upon storage. The PME was dramatically decreased by 39.4-65.2%, and the seeds couldn't form jelly after 3 years of storage. Comparing with MLJFA-01 and “Miaoli No. 1”, “Miaoli No. 2” showed a higher stability of PME during 2 year storage and it may be the suitable variety for long-term storage. In addition, the pectin content, PME and PMEI activity in dried seeds stored under 4°C and 75% relative humidity (RH) condition were higher than those seeds stored at room temperature. Taken together, the dried seeds with syconium wall stored under 4°C, 75% RH may maintain better jelly-forming ability. The storage life of dried achenes was suggested to be less than 2 years.

Key words: pectin, pectin methylesterase, pectin methylesterase inhibitor

* Corresponding author, e-mail: lumj@mdais.gov.tw