建構農產品外銷運輸儲運環境記錄與模擬系統

楊智凱[*]、徐敏記[**]、王怡玎[**]

[*]行政院農業委員會農業試驗所農業工程組 副研究員

[**]行政院農業委員會農業試驗所作物組 助理研究員

摘要

生鮮農產品之運銷價值鏈涵蓋集運、分級、包裝、儲運、販售等階段，期間皆會因為物理、化學或時間因素使農產品的品質發生劣變，影響最終儲架壽命與售價。依據國外文獻的數據，農產品於儲運(運輸)過程中的品質衰敗與損耗平均可達10%，有些水果甚至高達25%以上。為探討運輸品質對外銷農產品的影響，本研究目的為建構外銷運輸儲運環境記錄與模擬系統，以鳳梨外銷中國為例，先將儲運環境紀錄系統置入商品包裝箱，隨冷藏貨櫃全程記錄小三通陸運與海運運輸過程之溫度、濕度、加速度，至貿易商配貨點後回收紀錄儀器送回實驗室，將記錄數據下載與分析，轉換為電磁式振動模擬平台之隨機振動曲線，並搭配環境試驗機，以動態方式完整模擬價值鏈的運輸階段。經過鳳梨與蓮霧等農產品的模擬測試驗證，本系統可針對過去靜態式儲運試驗欠缺運輸過程的外力因素加以補強，進而探討運輸品質影因素，以及作為保鮮技術研發或包裝材料改良之快速測試標準平台。

關鍵詞：運輸、儲運環境、振動、模擬。

1. 緒論

生鮮農產品自產地收穫後到達消費者手中的過程，統稱為價值鏈(value chain)，價值鏈涵蓋集運、分級、包裝、儲運、販售等階段，各階段皆會因為物理、化學或時間因素使農產品的品質發生劣變，影響最終儲架壽命與售價。依據國外文獻的數據，農產品於儲運(運輸)過程中的品質衰敗與損耗平均可達 10%，有些水果甚至高達25%以上。過去，針對農產品包裝或保鮮技術的研發試驗，大多以靜態式控溫控濕的儲運環境來模擬長程海運的過程，經由比較試驗來驗證效果。本研究針對靜態式儲運試驗欠缺運輸過程的外力因素加以補強，將車輛運輸或貨輪海運所產生的振動(加速度)也列入儲運試驗的條件，以動態方式完整模擬價值鏈的運輸階段，來真實重現儲運過程實況。

2. 實驗設備與方法

2.1 離線式溫濕度量測記錄器

運輸過程冷藏櫃內的溫濕度變化情形，可利用 EC-750 (Fourtec 公司)離線式溫濕度量測記錄器，溫度-30℃~50℃，濕度 10%~90%RH，最多記錄 52000 筆資料，透過專用軟體可設定參數、啟動模式、記錄時距與下載數據，亦可外接其他型式感測器以彈性運用。本研究應用其輕巧與離線紀錄之特性，作為監測記錄冷藏櫃內部空間的溫溼度變化情形。

2.2 振動資料蒐集儀

運輸過程冷藏櫃內的溫濕度變化，同時以

振動資料蒐集儀器(DA-20，RION 公司)搭配三軸式加速規記錄運送產品過程的加速度數據。DA-20 寬 17.5 cm，高 14 cm，厚 4.5 cm，重 480 公克，內含 2G 記憶卡，以 4CH 與 100Hz 取樣頻率設定，可紀錄長達 266 小時，適用於外銷長程海運紀錄。其外觀尺寸如圖 1。

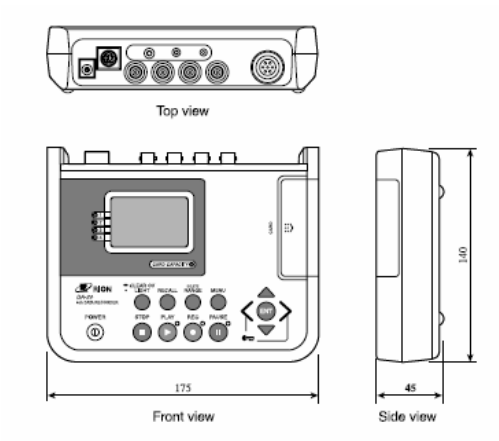

圖 1 離線式儲運振動記錄器外觀尺寸

2.3 電磁式振動試驗平台

本研究所使用之振動平台設備係金頓公司製造之電磁式振動試驗平台，型號為 KD-9363-EM-600F2K- 40N120，出廠前皆經國家實驗室(CNLA)認可之檢測機構檢測認證，且需每年定期校正檢測。本系統由控制器、功率放大器、電磁式振動機、冷卻系統與氣壓承載系統所組成。其控制器(COMET， Dectron公司)具正弦，隨機及衝擊等振動試驗類別，控制頻率範圍為 0.4～2400 Hz，解析度為450 lines，其控制曲線轉折點數不設限。該控制器透過介面卡與個人電腦連接，具測試參數儲存功能以及視窗型人機介面操作環境。

功率放大器裝置於主控機架內，其輸出頻寬為DC~5000 Hz，功率達12.7 kW，最大輸出電壓150 V (Vp-p)，最大電流120 A。電磁式振動機之頻率範圍為2~2000 Hz；正弦波最大推力達600 kg (peak)、隨機波最大推力達600 kg (rms)；最大位移50mm；最大速度220 cm/sec；最大加速度50 g；最大靜荷重120 kg。振動機測試物承載平台尺寸為600× 600× 135 mm，材質為鋁鎂合金，其共振頻率落於350 Hz 以上。機台底座加裝四個氣囊(空氣彈簧) 以避免於試驗時與地板發生共振。

複合式可程式控制環境試驗機係罩設於振動平台上方，內部可用空間容量約長 60cm、寬 60 cm、高 50 cm，其溫度範圍涵蓋-40℃至 90℃，濕度 20% 至 98% RH，控制器採觸控式面板操作，可以定值運行、程式運行、訊控運行與循環運行，在可執行範圍內進行溫度與濕度獨立的程控設定。設備全貌如圖 2。

圖 2 農產品儲運動態模擬試驗設備全貌

2.4 模擬運輸過程試驗流程

利用離線式溫濕度量測記錄運輸過程冷藏櫃內的溫濕度變化，同時以振動資料蒐集儀器(DA-20，RION公司)搭配三軸式加速規記錄運送產品過程的加速度數據，結束後將其頻譜特性經過統計、分析與歸納後，以數值方法求取隨機特性曲線，作為電磁式模擬振動平台控制用，藉以將道路實際試驗量測所得之隨機振動，於實驗室內模擬重現。其試驗作業架構如圖3。

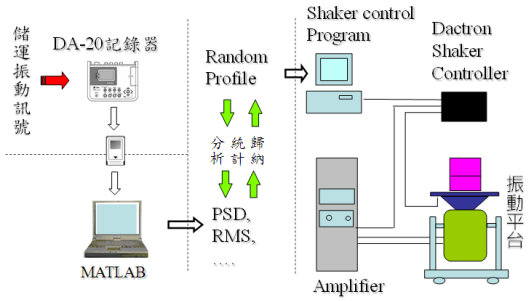

圖 3 農產品模擬運輸過程振動之試驗流程

3. 結果與討論

運用9個EC-750離線式溫濕度量測記錄器裝入鳳梨箱中，並分別隨整批水果製放於冷藏貨櫃中心軸線的前中後及上中下各個位置，記錄儲運空間各部的溫濕度。為供應儲運振動記錄器用電，本試驗採鋰電池供電，隨同儲運振動記錄器裝置於鳳梨水果箱內(圖4)，將其啟動後封箱，置放於冷藏貨櫃地板中央處，用以紀錄運輸振動之加速度。

圖 4 DA-20 紀錄器與鋰電池安裝在鳳梨包裝箱之情形

本綠地生產合作社鳳梨外銷路線係循小三通模式海運至廈門，通關後換當地冷藏車經陸運至上海，拆箱時請貿易商(元祖公司)將儀器攜回台灣，記錄資料隨後下載分析，結果紀錄如圖5，發現由廈門經陸運至上海這段過程，溫度變異幅度相當大，溫差可達2度以上，且每4~5小時循環變動，是否因為該冷藏或車的冷凍機特性，或是其他外部或人為因素有待查證。另外一個現象則是在冷藏貨櫃入關後換裝當地冷藏車的等待時間，溫度急速向外部溫度逼近，其溫差的影響，對於水果品質與未來儲架壽命應該也有關鍵性的影響。(圖5)

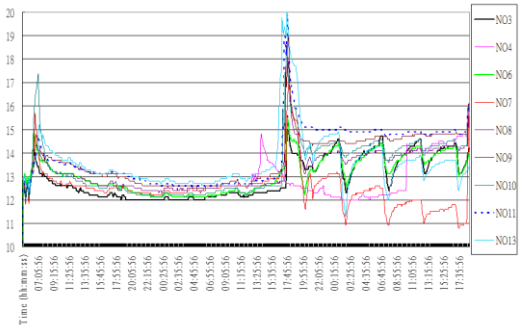

圖 5 鳳梨外銷中國(小三通)冷藏貨櫃不同位置包裝箱溫度變化情形

由離線式儲運環境參數記錄器下載的數據資料原始資料顯示如圖6，可判定垂直方向(Z)相較其他兩軸方向為大，台灣的陸運運輸品質較中國廈門到上海為佳；而海運運輸又明顯較陸運振動程度小。

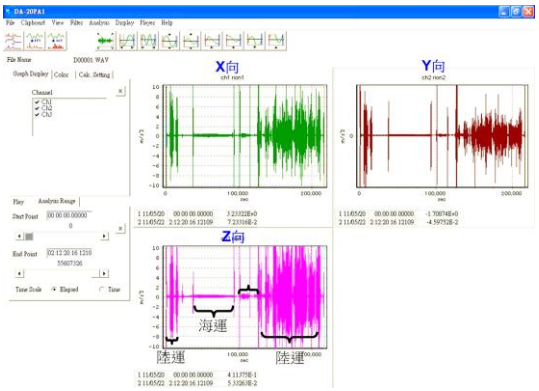

圖 6 小三通運輸過程加速度變化情形

將上述取得之加速度數據經分析與運算，求取到模擬振動平台控制所需的隨機振動控制曲線(Random Profile)，作為農產品外銷中國(小三通) 模擬運輸試驗所需。以枇杷為例，模擬振動試驗情形如圖7，初步試驗結果顯示在相同條件下大包裝較小包裝模式損傷

較嚴重，堆棧模式則以上層較易受損。

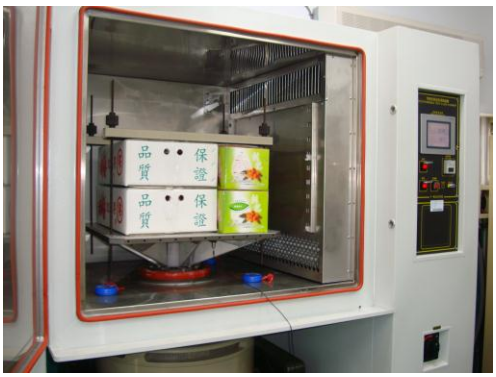

圖 7 枇杷模擬運輸振動試驗情形

裝箱鳳梨經過運輸過程模擬振動後，在13℃貯藏11日出庫並以20℃模擬櫥架1日之後，觀測到為果梗切口部位的品質略有差異，振動處理組的色澤比較暗褐，切口組織外觀亦較為皺縮不平整，可能導致切口組織惡化，甚至影響到剖面與食用品質。

4. 結論

經過系統建構、流程確立與多次應用於楊桃、枇杷、鳳梨、印度棗等農產品測試，已驗證本農產品外銷運輸儲運環境記錄與模擬系統設備已功能性可達到預期目標，且可針對過去靜態式儲運試驗欠缺運輸過程的外力因素加以補強。未來擬加強蒐集紀錄其他外銷路線(例如新加坡與美國加拿大)的儲運環境參數資料，用以擴充模擬試驗的運輸路線模式，同時建立儲運模擬試驗標準化程序，藉由動態模擬試驗模式，搭配品質檢測技術進行測試，以研究評估現行儲運環境調控策略。除此之外，亦可配合新開發之保鮮技術與包裝改良，重複進行快速檢測驗證流程，藉以有效改善外銷農產品儲運環境參數之調控策略與包裝新材質之選用，將研發成果導入相關儲運實務，提供農產品(水果)外銷產業技術諮詢與建議參考。

誌謝

本研究承蒙行政院農業委員會99~101年「熱帶果樹研究團隊-鳳梨與蓮霧外銷運輸儲運環境對品質影響之研究」科技計畫經費補助，綠地生產合作社與元祖公司協助試驗，謹致謝忱。

參考文獻

1. 黃奕捷。2008。鳳梨釋迦運銷狀況及品質之監測與分析。碩士論文。宜蘭：國立宜蘭大學生物機電工程學研究所。
2. 楊智凱。2005。水果運輸過程中振動與損傷之研究。博士論文。台北：國立台灣大學生物產業機電工程學研究所。
3. 楊智凱、葉仲基、黃肇家。2005。楊桃模擬運輸振動與損傷之研究。2005年農機與生機論文發表會。 p113-114。 台北：中華農業機械學會。
4. 楊智凱、葉仲基。 2006。機率密度函數統計特性應用於搬運車振動分析之研究。2006 年生物機電工程研討會論文集。p457~464。 台北：台灣生物機電學會。
5. 鄭可均、林瑞松、黃裕益、鄭經偉。2000。模擬運輸振動對香石竹切花影響之研究。農業機械學刊 9(1): 1-18。
6. Barchi, G. L., A. Berardinelli, A. Guarnieri, L. Ragni and C. T. Fila. 2002. Damage to loquats by vibration-simulating intra-state transport. Biosystem Engineering 82(3): 305-312.
7. Baren, J. V. and B. MacMillan. 2004. Vibration test replication of operating environments. Sound and Vibration 2004(August): 10-12.
8. Berardinelli, A., V. Donati, A. Giunchi, A.

Guarnieri and L. Ragni. 2005. Damage to pears caused by simulated transport. Journal of Food Engineering 66(2): 219-226.

9. Ceponis, M. J. and R. A. Cappllini. 1985. Wholesale, retail, and consumer level losses of nectarine in metropolitan New York. HortScience 20(1):90-91.
10. Chesson, J. H. and M. O'Brien. 1971. Analysis of mechanical vibration of fruit during transportation. Trans. of ASAE 14(2):222-224.
11. Fisher, D., W. L. Craig and A. E. Watada. 1992. Simulated in-transit vibration damage to packaged fresh market grapes and strawberries. Appl-Eng-Agric. 8:363-366.
12. Hinsch, R. T., D. C. Slaughter and W. L. Craig. 1993. Vibration of fresh fruits and vegetables during refrigerated truck transport. Trans. of ASAE 36(4): 1039-1042.
13. Mclaughlin, N. B. and R. E. Pitt. 1984. Failure characteristics of apple tissue under cyclic loading. Trans. of ASAE 27(3):311-320.
14. Peleg, K. and S. Hinga. 1986. Simulation of vibration damage in produce transportation. Trans. of ASAE 29(2):633-641.
15. Singh, S. P. 1991. Vibration levels in commercial truck shipments. ASAE paper No. 91-6016. St. Joseph, MI: ASAE.
16. Turczyn, M. T., S. W. Grant, B. H. Ashby and F. W. Wheaton. 1986. Potato shatter bruising during laboratory handling and transport simulation. Trans. of ASAE 29(4):1171-1175.