

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

應用核磁共振影像探討蔬果內部之物化性質〔2/3〕

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2313-B-002-321-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學生物產業機電工程學系暨研究所

計畫主持人：林達德

計畫參與人員：余仁方，鄭宇哲，李杰浩

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 5 月 29 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

※※

※

※

※ 應用核磁共振影像探討蔬果內部之物化性質(2/3)

※

※

※

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

※※

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 91-2313-B-002-321-

執行期間： 91年 08月 01日至 92年 07月 31日

計畫主持人： 林達德

博士後研究：余仁方

研究助理：鄭宇哲

研究生：李杰浩

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立台灣大學生物產業機電工程學系

中華民國 92 年 05 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

應用核磁共振影像探討蔬果內部之物化性質(2/3)

Assessment of Internal Physicochemical Properties of Selected Vegetables and Fruits Using Magnetic Resonance Imaging (II)

計畫編號：NSC 91-2313-B-002-272-

執行期限：91年8月1日至92年7月31日

主持人：林達德 國立臺灣大學生物產業機電工程學系

一、中文摘要

本三年計劃的第二年度成果報告如下所述：(1)以核磁共振成像技術獲得水果內部損傷的核磁共振影像。(2)利用影像處理中之二元化方法，可有效地分離水果核磁共振影像中的損傷區域。(3)運用三維影像重建方法所發展之影像量測法可精確地計算水果內部之損傷體積，並將水果的三維模型重建。在本研究中係採用Auto-threshold法、Kapur's法、Moment preserving threshold等二元化方法，分離出損傷區域之影像。進而以自動二元化及區域限制發展出損傷影像分離技術，並獲得最佳之水果內部損傷的核磁共振影像。帶有不同損傷類型的水果如蘋果、加州李等已由此影像量測法精確地計算其之內部損傷體積。

關鍵字：核磁共振影像、損傷、自動二元化、三維影像重建

Abstract

The achievements in the second year of this 3-year-project were: (1) The establishment of an imaging procedure to acquire the magnetic resonance images (MRI) to detect internal bruise of selected fruits. (2) An automatic threshold method to segment bruise area in the MR images were developed. (3) An image-based bruise volume measurement was developed using 3D image reconstruction method. The internal bruise volume of selected fruits can be estimated from the reconstructed 3D model with sufficient accuracy. In this study, three threshold methods including Auto-threshold method, Kapur's method, moment preserving method were used to segment the bruise region in the MR image clearly. Therefore, the optimal image of

internal bruise was obtained by the image segmentation technique based on the developed methods. The image-based measurement method was utilized to compute the internal bruise volume of selected fruits such as apple and plum.

Keywords: Magnetic resonance image, Bruise, Automatic threshold, 3D image reconstruction,

二、緣由與目的

蔬果在生長或製造過程之性質與結構變化、在收穫或加工過程之特性，以及運輸和貯藏條件對其內部性質變化之影響，均為影響蔬果品質之重要因素。產品品質以及品質評量對於蔬果之生產與銷售相當重要[8]；常用的品質偵測與分級方法一般仍採外部檢視的方式。然而，這種外部的檢視方式仍難以完全瞭解蔬果農產品內部真正的物化特性。傳統上，要得到蔬果內部物化性質之資訊，仍要依靠破壞性之抽樣分析(如：切割、萃取、撞擊等)，對於內部物化性質的連續變化則不易掌握。因此，採用非破壞性之方式來檢驗蔬果之內部品質已為一趨勢 [1]。

MRI 之成像技術自 1980 年來最初應用於醫學研究領域，並持續發展多年，近來已應用到蔬果生理生長或貯藏損傷過程之結構變化研究[2-6]，核磁共振成像 (Magnetic Resonance Imaging, MRI) 技術可以有效地應用於蔬果農產品內部物化性質之非破壞性檢驗與研究。

本年度研究內容以應用 MRI 成像技術量測水果內部損傷體積為主，而其研究目的有以下三項：(1) 首先，對國產水果(蘋果、加州李等)的核磁共振影像中之損傷區域以影像處理中的二元化方法進行初步探討並分析所選定方法之適用性。(2) 其次，應用核磁共振影像所發展之影像量測法計算內部損傷體積。(3) 最後，分析水果內部損傷與撞擊能量的關係，並以核磁共振影像重建三維模型展現於個人電腦上。

三、研究設備與方法

本研究係利用置於台大電機系之 Bruker S300 核磁共振影像儀器進行成像水果內部之損傷結構與體積計算之探討，其研究方法詳述如下：

一般來說，MRI 儀器主要都是以樣本的大小而決定其外加主磁場的線圈大小，是因為當接收線圈越接近待測物，待測物的核磁共振影像就越清晰，所以我們在決定接收線圈時也必須注意到此點。由於本實驗所選之水果為蘋果與加州李。因此選擇了 mini 射頻線圈和 mini 梯度線圈，其中 mini 射頻線圈的內直徑為 7 公分大小，即最大可置入的樣本為 7 公分大小。

在所得到的核磁共振影像中可以看到，大部份水果在損傷部份的影像強度較果肉部份為強，就此原理，我們採用了二元化方法來分離出損傷部份的區域，並

比較三種方法的適用性：基本的 Auto-threshold 法、Kapur's 法[9]和 Moment preserving threshold 法[10]。其中，Auto-threshold 法為最簡單的自動二元化方法。Kapur's 法是利用前景和背景的機率分佈做為找閾值之標準。Moment preserving threshold 法則以灰階分佈圖之矩的疊代運算為求取最佳閾值的依據。

運用所發展之影像分割法將影像中損傷區域分離而獲得單一切面之每一個 pixel，並乘上切面厚度，便可求出每個 voxel 之體積，進而計算每個切面中損傷部份之體積，最後所有切面中損傷部份之體積總和即為整顆水果之損傷體積。

四、結果與討論

為瞭解 Auto-threshold 法、Kapur's 法和 Moment preserving 法等三種二元化處理方法對水果損傷部份的影像分離之影響，圖 1 為一個加州李之切面磁共振影像，其係為經過(c)至(h)等 6 種自動二元化處理後之新影像。由圖 1 中可以看到，當我們使用整張影像來作二元化處理時，Auto-threshold 會將水果的果肉部份分離出來；Kapur's 法可較清楚地將損傷部份分離；Moment preserving threshold 法效果比基本的 Auto-threshold 好，然而其在水果的果肉和損傷部份卻未能夠完全地分離。當以區域影像做二元化處理時，可以發現以三種不同的二元化方法所得之影像的差異不大。若以二元化閾值分析，以 Auto-threshold、Kapur's 法、Moment preserving threshold 法處理後之閾值分別為 185、186、184，所以此三者間並未有明顯之差別。以加州李的所有切面磁共振影像加以進行二元化處理，在閾值分佈方面，Auto-threshold 的閾值大約分佈在 181.4 ± 8.17 ；Kapur's 法的閾值大約分佈在 182.8 ± 4.73 ；Moment preserving 法的閾值大約分佈在 179.4 ± 7.11 。因此比較三種方法之後可知，Kapur's 法是以較高的閾值分割影像，且其閾值的變動較小，而 Auto-threshold 的閾值變動最大。以上三種不同的二元化方法，每種方法皆有其特性，故該三種二元化方法只要搭配適當的選擇區域後，便可分離損傷區域。

另外，在本研究中，係採用 School 和 Holt[11]的方法計算損傷能量，該方法係以自由落體方式，並計算水果的質量、落下高度和最高反彈高度以求得在撞擊地面的期間所吸收之能量。而在傳統損傷體積估計法[12]中，採用全深法(Full Depth)和橢圓法(Ellipsoid)兩種估計方法來做為利用磁共振影像所求得損傷體積的比較。圖 2 與圖 3 為蘋果以全深法和橢圓法所估算出之損傷體積和損傷能量關係圖，由兩圖中可知，蘋果的損傷體積會隨著損傷能量的增加而增加。圖 4 為蘋果以影像量測法計算損傷體積後與損傷能量之關係圖，和傳統損傷體積估算法一樣，其損傷體積有隨著損傷能量之增加而漸增，然而，其 R^2 值為 0.73 卻分別高於全深法的 $R^2=0.53$ 及橢圓法的 $R^2=0.57$ ，顯示影像量測法可較精確計算蘋果之內部損傷體積。圖 5 為加州李以影像量測法測得之損傷體積對損傷能量關係圖，其 R^2 值為 0.72。另外，蘋果和加州李的三維重建影像及其內部損傷如圖 6 所示。

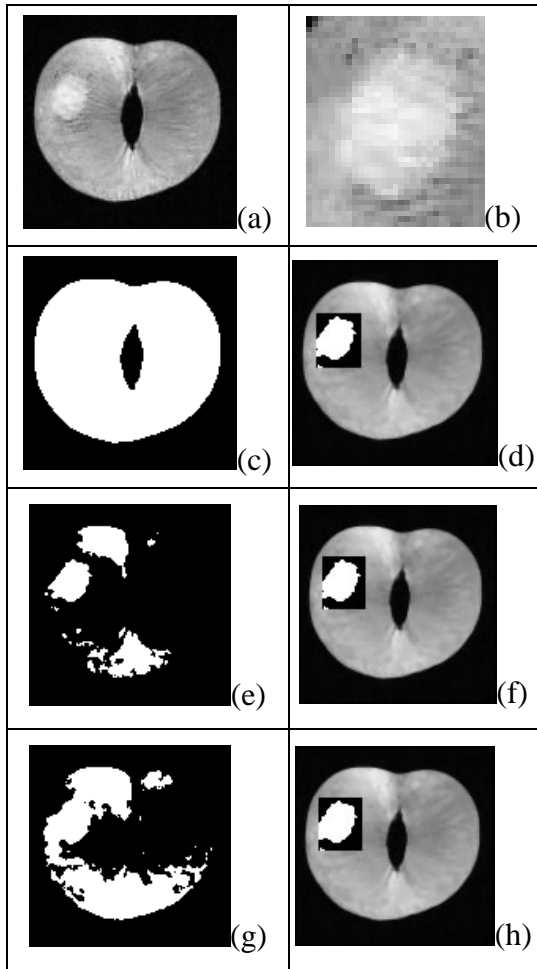


圖 1 二元化影像處理之比較：(a)原始影像，(b)損傷影像放大，(c)Auto-threshold 法，(d)Auto-threshold 法加上區域限制，(e)Kapur's 法，(f)Kapur's 法加上區域限制，(g)Moment preserving 法，(h)Moment Preserving 法加上區域限制

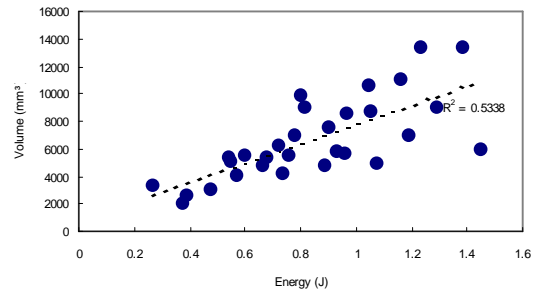


圖 2 蘋果以全深法測得之損傷體積對損傷能量關係圖

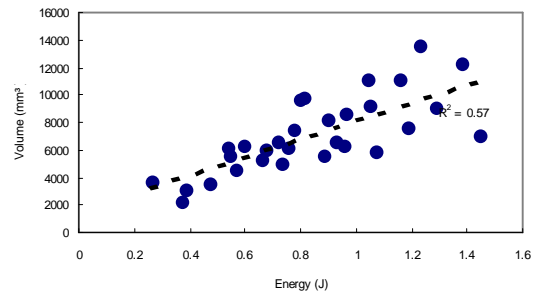


圖 3 蘋果以橢圓法測得之損傷體積對損傷能量關係圖

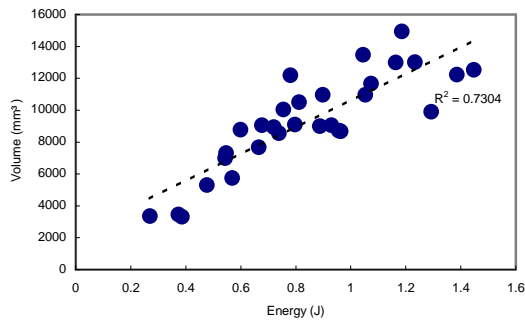


圖 4 蘋果以影像量測法測得之損傷體積對損傷能量關係圖

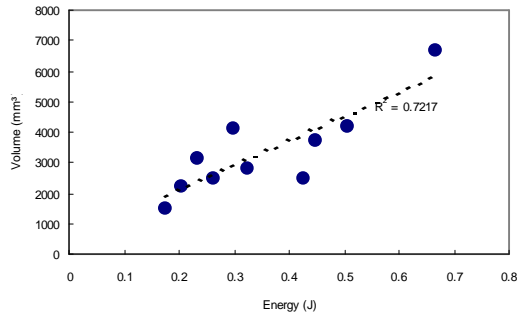


圖 5 加州李以影像量測法測得之損傷體積對損傷能量關係圖

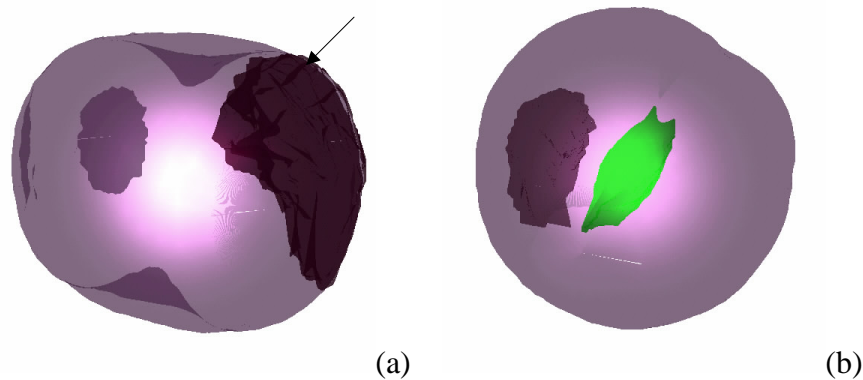


圖 6 蘋果(a)和加州李(b)的三維重建影像及其內部損傷(如箭頭所指)

五、計畫成果自評

本研究依預定目標成功地建立以核磁共振影像計算水果內部損傷體積之方法。研究過程中主要得到的結論有如下幾項：

1. 已建立以二元化方法處理水果內部損傷之核磁共振影像的影像分割技術。
2. 對二元化方法處理水果內部損傷磁共振影像分析其適用性，實驗結果顯示 Auto-threshold 法、Kapur's 法和 Moment preserving 等三種方法只要搭配適當的選擇區域後，便可有效地分離損傷區域。
3. 適用於精確計算水果內部損傷體積之影像量測法已發展完成，並可於個人電腦上運用磁共振影像重建水果內部損傷之 3D 模型，此方法亦可以應用於其他類型的磁共振影像之體積估算。

六、參考文獻

- [1] Rollwitz, W. L. 1985. Using radiofrequency spectroscopy in agricultural applications. *Agricultural Engineering*, 66(5):12-14.
- [2] Wang, C. Y. and P. C. Wang. 1989. Nondestructive detection of core breakdown in 'Bartlett' pears with nuclear magnetic resonance imaging. *Hort. Science* 24:

106-109.

- [3] Wang, S. Y., P. C. Wang and M. Faust. 1988. Non-destructive detection of watercore in apple with nuclear magnetic resonance imaging. *Scientia Horticulturae* 35: 227-234.
- [4] Barreiro, P., J. Ruiz-Cabello, M. E. Fernández-Valle, C. Ortiz and M. Ruiz-Altisent. 1999. Mealiness assessment in apples using MRI techniques. *Magnetic Resonance Imaging* Vol.17(2):275-281.
- [5] Gonzalez, J. J., K. L. McCarthy and M. J. McCarthy. 1998. MRI method to evaluate internal structural changes of tomato during compression. *Journal of Texture Studies*. Vol.29(5):537-551.
- [6] Chudek, J. A. and G. Hunter. 1997. Magnetic resonance imaging of plants. *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*. Vol.31 (Part 1):43-62.
- [7] Brown, M. A. and R. C. Semelka. 1995. *MRI Basic Principles and Applications*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [8] Chen, P., M. J. McCarthy and R. Kauten. 1989. NMR for internal quality evaluation of fruits and vegetables. *Trans. of the ASAE*. 32(5):1747-1753.
- [9] Kapur, J. N., Sahoo, P. K. and Wong, A. K. C. 1985. A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram. *Computer Vision, Graphics and Image Processing* 29: 273-285.
- [10] Tasi, W. H. 1985. Moment-preserving thresholding: a new approach. *Computer Vision Graphics, and Image Processing* 29: 377-393.
- [11] Schoorl, D. and J. E. Holt. 1980. Bruise resistance measurements in apples. *J. Texture Studies* 11: 389-394.
- [12] Bollen A. F., H. X. Nguyen and B. T. D. Rue. 1999. Comparison of methods for estimating the bruise volume of apples. *J. Agric. Engng Res.* 74: 325-330.