



## TỔNG HỢP CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ THỰC NGHIỆM PHÂN TÍCH KHÔNG PHÁ HỦY TRÁI XOÀI BẰNG PHƯƠNG PHÁP VA ĐẬP NHẸ

Võ Minh Trí<sup>1</sup> và Võ Tấn Thành<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup> Khoa Nông nghiệp & Sinh học Ứng dụng, Trường Đại học Cần Thơ

### Thông tin chung:

Ngày nhận: 25/12/2013

Ngày chấp nhận: 28/08/2014

### Title:

Reviewing theoretical and experimental foundations of the non-destructive analysis of mangoes using slight impact method

### Từ khóa:

Phân tích không phá hủy, phương pháp va đập nhẹ

### Keywords:

non-destructive analysis, slight impact method

### ABSTRACT

Recently, the non-destructive measurement methods for analyzing and evaluating fruits such as using sound, slight impact method, image analysis have gained much interest from the scientific community. Among them, non-destructive fruit analysis using slight impact method showed feasibility and strong progression. This study aims at reviewing, analyzing and evaluating experiments in which slight impact method has been used in order to make a clear and sufficient basis for analyzing the physical properties of mangoes using this method. Experimental results show that the mango firmness could be measured using slight impact method. This sets a pathway for building an automatic mango sorting system to provide information for storage, transportation, and consumption of mangoes.

### TÓM TẮT

Các phương pháp đo lường không phá hủy dùng để phân tích đánh giá trái cây như âm thanh, va đập nhẹ, phân tích hình ảnh được cộng đồng khoa học quan tâm và nghiên cứu trong thời gian gần đây. Trong số đó, phân tích không phá hủy trái cây theo phương pháp va đập nhẹ có tính khả thi và kế thừa cao. Nghiên cứu này nhằm tổng hợp, phân tích, đánh giá các thí nghiệm đã ứng dụng phương pháp va đập nhẹ, từ đó đưa ra cơ sở rõ ràng đầy đủ để phân tích cơ tính xoài bằng phương pháp này. Kết quả thực nghiệm cho thấy phương pháp va đập nhẹ hoàn toàn có thể dùng để đo độ cứng của trái xoài. Đây là cơ sở cho việc xây dựng một hệ thống phân loại tự động phục vụ cho việc cung cấp thông tin cho vấn đề tồn trữ, vận chuyển hay tiêu thụ loại trái cây này.

## 1 GIỚI THIỆU

Chất lượng của các loại trái cây và rau quả thường được đánh giá dựa trên các thành phần hóa học hoặc các đặc tính vật lý hay một sự kết hợp của cả hai yếu tố. Tuy nhiên, thuộc tính được quan tâm bởi người tiêu dùng là mẫu mã và chất lượng của sản phẩm. Vì vậy, đánh giá chất lượng nông sản luôn được quan tâm và đầu tư nghiên cứu để đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng đồng thời tăng hiệu quả kinh tế cho nhà sản xuất. Các nghiên cứu

đánh giá chất lượng của trái cây dựa trên hai phương pháp phân tích chính là phân tích phá hủy và phân tích không phá hủy. Phương pháp phân tích không phá hủy phổ biến theo hai hướng: va đập và âm thanh. Trong đó, phương pháp va đập sử dụng một số kỹ thuật khác nhau như thả rơi trái và đập lên cảm biến lực, va đập trái với khối lượng thấp hay va đập theo mô hình con lắc đơn.

Trong những năm gần đây, nhờ sự phát triển trong kỹ thuật cảm biến - đo lường nên các nghiên cứu

cứ đánh giá chất lượng đạt nhiều thành tựu lớn, thậm chí đã phát triển thiết bị phân loại trong thương mại. Tuy nhiên, các công trình nghiên cứu này chủ yếu ở các nước phát triển và các hệ thống phân loại như thế chưa xuất hiện ở Việt Nam do chi phí đầu tư lớn.

Dựa trên những thành công của các công trình nghiên cứu trước đó và gần đây nhất là nghiên cứu khá thành công của của Lien và *ctv.* (2009, 2013) trong nghiên cứu độ sần chắc của cà chua và ôi với hiệu quả phân loại cao (84.21%), đề tài cũng sẽ bước đầu áp dụng phương pháp thả rơi để đánh giá độ chín trên đối tượng xoài cát để phục vụ cho nghiên cứu về đánh giá chất lượng và bảo quản sau thu hoạch cho xoài nói riêng và đưa ra các nguyên lý về phân loại chất lượng của các loại trái cây nói chung.

**2 NỘI DUNG NGHIÊN CỨU**

**2.1 Hệ thống các phương pháp va đập**

*2.1.1 Phương pháp thả rơi và đập lên cảm biến lực*

Mô hình gồm một cơ cấu giữ quả bằng khí nén, một loadcell, máy phát, dao động nghiệm và máy tính (Hình 1). Trái được giữ nhờ lực hút từ cơ cấu hút chân không và được thả ra để rơi tự do xuống loadcell từ một độ cao rất nhỏ (vài mm) được định sẵn. Loadcell sẽ tạo ra tín hiệu tương tự, tín hiệu này được khuếch đại và số hoá bởi máy phát trước khi được truyền về máy tính và xem trên dao động nghiệm. Dữ liệu sau đó sẽ được phân tích và xử lý

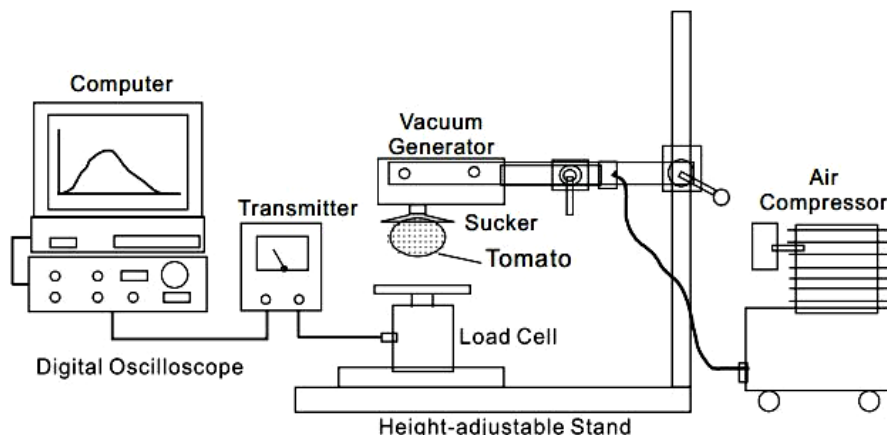
tính toán trên máy tính.

Phương pháp xác định chỉ số sần chắc của trái qua tỷ số  $F/t^2$  được Delwiche (1987) đưa ra (trong đó  $F$  là biên độ đỉnh của lực va đập tối đa,  $t$  là thời gian để đạt được lực va đập tối đa đó) và áp dụng phương pháp này vào phân loại đào (Delwiche và *ctv.*, 1987). Chen cho rằng lực va đập là một hàm phụ thuộc vào khối lượng và bán kính cong của trái, vì vậy dao động các thông số này ảnh hưởng rất nhiều đến kết quả đo, ngoài ra độ trưởng thành của trái cũng phụ thuộc vào khối lượng (De Ketelaere và *ctv.*, 2006), vì vậy trong thí nghiệm này Lien và *ctv.* (2009) đã phát triển phương pháp này bằng thí nghiệm đo độ sần chắc của trái cà chua (Hình 1). Trong thí nghiệm này, Lien và *ctv.* chỉ ra rằng đối với điều kiện phân loại trực tiếp thì chỉ cần sử dụng ba thông số  $C_5, C_6, t_c^{-1}$  (Hình 2) để khảo sát khả năng phân loại trái, kết quả phân loại đạt 79,2 %. Năm 2010, Rangi và *ctv.* phát triển hệ thống băng tải phân loại trái Kiwi dựa trên thí nghiệm của Lien và *ctv.* (2009) với độ chính xác đạt 82,3 %. Năm 2013, Lien và *ctv.* tiếp tục thực hiện thí nghiệm theo mô hình thí nghiệm năm 2009 trên trái ôi và thông số được dùng để đánh giá là

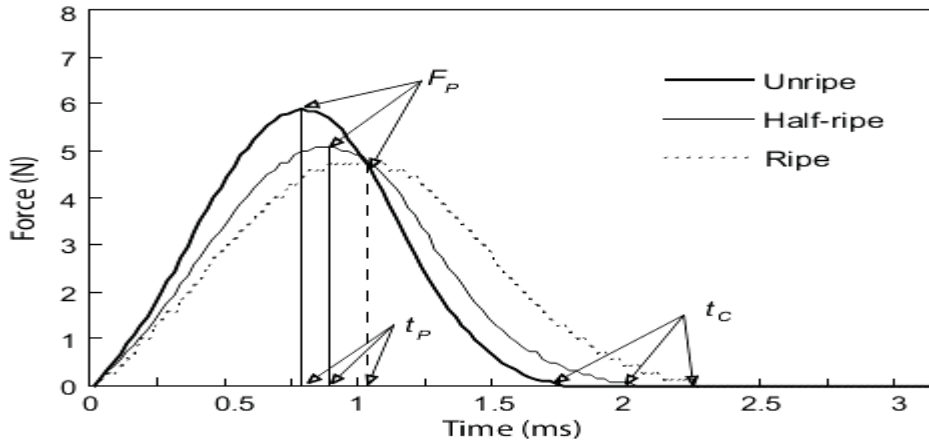
$$C_{p1,2} = (F_{p1}-F_{p2})/(t_{p1,2})^1, C_{c1,2} = (F_{p1}-F_{p2})/\Delta t^2, C_{pw1,2} = C^{p1,2}/w, C^{cw1,2} = C_{c1,2}/w^3$$

(Hình 3), kết quả phân loại đạt 84,21%.

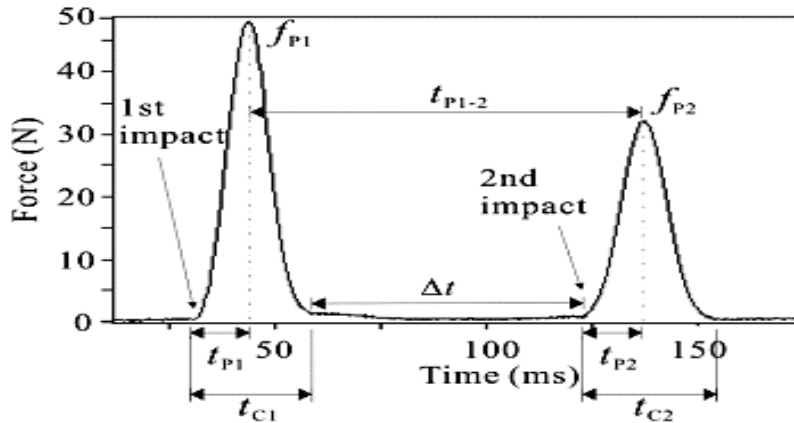
Ngoài ra, thí nghiệm này cũng được nhiều nhà nghiên cứu thực hiện trên nhiều loại trái cây khác nhau: đo độ sần chắc của trái như xoài (Hahn, 2004).



**Hình 1: Trái được giữ bằng thiết bị hút chân không, sau đó được thả rơi tự do xuống loadcell từ độ cao được xác định (Lien và *ctv.*, 2009)**



Hình 2: Biểu đồ thể hiện đáp ứng lực và đập theo thời gian (Lien và ctv., 2009)



Hình 3: Biểu đồ thể hiện đáp ứng lực và đập theo thời gian (Lien và ctv., 2013)

2.1.2 Phương pháp va đập với khối lượng thấp

Phương pháp va đập với khối lượng thấp được mô hình hoá bởi một hệ gồm một quả cầu cứng va đập lên một quả cầu cao su. Trong một quá trình va đập như vậy, đáp ứng động của vật va đập là một

hàm theo mô-đun đàn hồi, hệ số Poisson của quả cầu đàn hồi, khối lượng, bán kính cong, vận tốc của hai vật. Dựa trên lý thuyết nghiên cứu về mô hình đàn hồi của hai quả cầu cao su Timosenko và Goodier (1951), lực va đập được mô tả như sau:

$$F = \left( \frac{5}{4} v_0^2 \right)^{3/5} \left( \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \right)^{3/5} \left( \frac{\frac{4}{3} E_1 E_2}{E_2 (1 - \mu_1^2) + E_1 (1 - \mu_2^2)} \right)^{2/5} \left( \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right)^{1/5} \quad (1)$$

Với F: là lực va đập lên mỗi vật,  $v_0$ : vận tốc của hai vật,  $m_1$ : khối lượng của quả cầu,  $m_2$ : khối lượng,  $\mu_1$ : Hệ số Poisson của quả cầu va đập,  $\mu_2$ : Hệ số Poisson của trái,  $E_1$ : Module đàn hồi của quả cầu va đập,  $E_2$ : Mô-đun đàn hồi của trái,  $R_1$ : bán kính đường cong tại điểm tiếp xúc của quả cầu,  $R_2$ : bán kính cong tại điểm tiếp xúc của trái,  $v_0 = v_1$ , tại va đập tĩnh ( $v_2 = 0$ ).

Công thức cuối cùng để đo giá trị sản phẩm của trái Chen và ctv. (1996):

$$A / t = 0.68 . F . v_0 / D . m_1 \quad (2)$$

Trong đó A, t lần lượt là gia tốc và thời gian va đập.

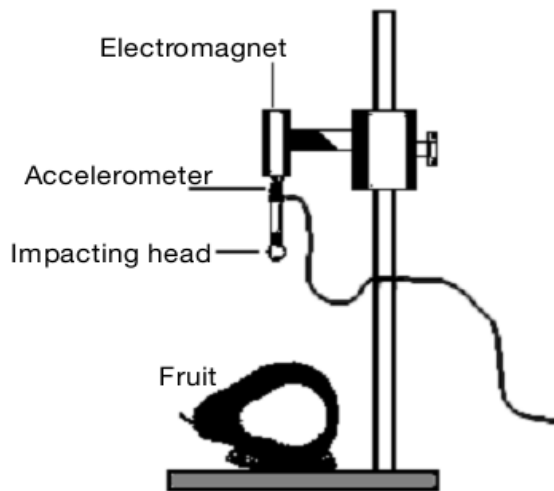
Hoặc

$$A/t = \left( \frac{5}{4} \frac{2}{v_0} \right)^{3/5} \left( \frac{1}{m_1} \right) \left( \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \right)^{3/5} \left( \frac{\frac{4}{3} \frac{-E2}{(1-\mu_2^2)}}{\left( \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right)^{1/5}} \right)^{2/5} \quad (3)$$

Công thức tính module đàn hồi E (chỉ số sẵn chắc):

$$E = \frac{3}{4} \frac{F(1-\mu^2)}{D^{1.5}} \left( \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \right)^{0.5} \quad (\text{MPa}) \quad (4)$$

Để kiểm chứng sự tương quan giữa E (chỉ số sẵn chắc) và gia tốc. Chen và *ctv* (1996) đưa ra mô hình thí nghiệm đo sẵn chắc của trái (Hình 4).



**Hình 4: Mô hình thí nghiệm và đập khối lượng thấp (Chen và *ctv.*, 1996)**

Qua thí nghiệm này của Chen kết luận rằng độ sẵn chắc E có mối quan hệ lớn đến chỉ số gia tốc A.

Qua thí nghiệm cách tính chỉ số sẵn chắc, thay vì phải áp dụng công thức (4) để tính độ sẵn chắc, ta có thể dùng công thức (3) để xác định độ sẵn chắc của trái thông qua gia tốc. Việc đo đạc giá trị sẵn chắc của trái sẽ đơn giản hơn khi ta chỉ cần dùng cảm biến gia tốc để thực hiện công việc này. Việc chọn khối lượng và đập càng nhỏ sẽ giúp cho việc đo đạc hiệu quả hơn và ít làm hư hại đến trái (Chen và *ctv.*, 1996).

Dựa trên cơ sở lý thuyết trên, Chen và *ctv* (2000) phát triển thành một thiết bị cầm tay để đánh giá độ sẵn chắc của trái khi ngay trái còn trên cây. Sau đó, Garcia Ramos và *ctv.* (2003) đã phát triển hệ thống va đập cạnh bên dựa trên thiết bị của

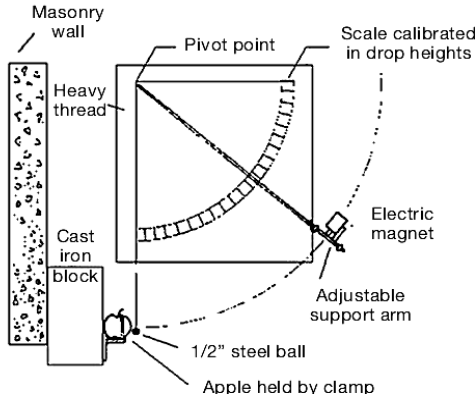
Chen và *ctv.* (2000) thành một hệ thống phân loại trái đạt 88% và được dùng để thương mại. Ngoài ra, phương pháp này còn được sử dụng phân loại táo (Salvadores và *ctv.*, 2000), Chen và Ruiz-Altisent (1996) đã phát triển mới “lateral impact sensor”.

### 2.1.3 Phương pháp va đập theo mô hình con lắc đơn

Phương pháp va đập theo mô hình con lắc đơn được đưa ra đầu tiên bởi Mohsenin (1970) (Hình 5). Theo Mohsenin, độ sẵn chắc của trái tương quan đến hệ số phản hồi được tính theo công thức:

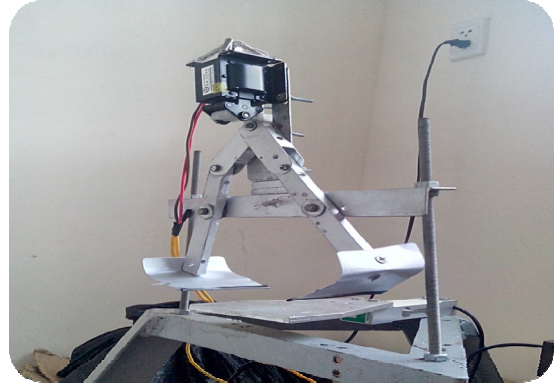
$$e = \frac{\sin(\alpha / 2)}{\sin(\beta / 2)} \quad (5)$$

Trong đó,  $\alpha$  là góc sau khi va đập,  $\beta$  là góc trước khi va đập.



**Hình 5 : Mô hình và đập con lắc đơn của Mohsenin**

được khuếch đại và số hoá bởi card thu thập dữ liệu NI DAQ 6024E trước khi được truyền về máy tính. Chỉ số độ cứng của trái được tính toán dựa trên công thức:  $C_{pw1,2} = (F_{p1} - F_{p2}) / (t_{p1} - t_{p2})$  (Hình 3).



**Hình 6: Mô hình thực nghiệm**

**2.2 Bước đầu thử nghiệm phương pháp thả rơi và đập lên cảm biến lực**

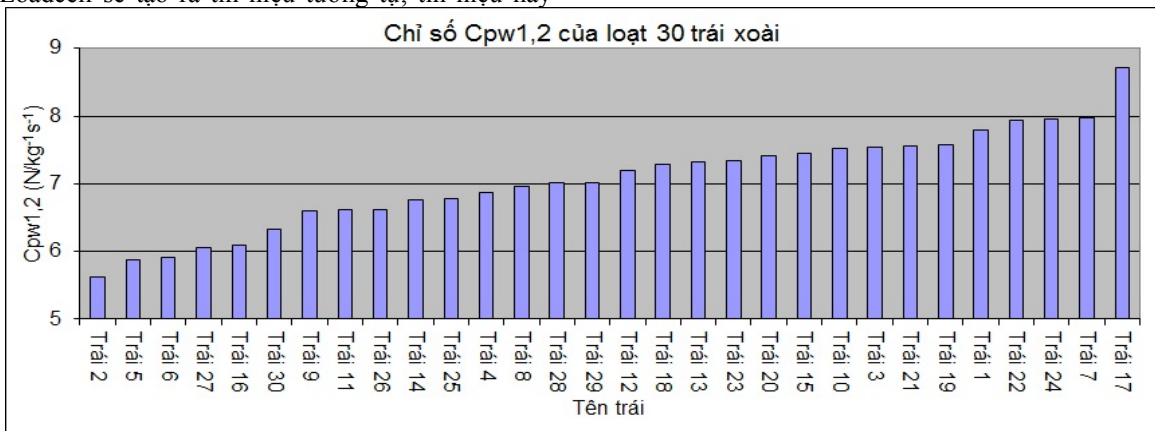
**2.2.1 Xây dựng mô hình thực nghiệm và mô tả thí nghiệm**

Thí nghiệm được xây dựng dựa trên thí nghiệm của Lien và ctv năm 2013 trên trái ổi, kết quả phân loại đạt 84,21 %. Phương pháp thả rơi và đập lên cảm biến lực: Mô hình (Hình 6) gồm một cơ cấu cơ khí giữ quả được điều khiển thông qua máy tính, một loadcell, một card thu thập NI DAQ 6024E và một máy tính. Trái được giữ nhờ cơ cấu cơ khí và được thả ra để rơi tự do xuống loadcell từ một độ cao rất nhỏ (vài mm) được định sẵn. Loadcell sẽ tạo ra tín hiệu tương tự, tín hiệu này

**2.2.2 Bố trí thí nghiệm**

**Tiến hành thí nghiệm:**

Xoài được mua tại chợ, được đánh số từ 1 đến 30, phân làm hai mặt. Mặt xoài dùng để làm thí nghiệm và đập được đánh dấu chữ A. Mặt còn lại dùng để thí nghiệm nén phá hủy. Loạt 30 trái xoài được thực hiện 3 lần thí nghiệm và đập đối với mỗi trái. Ngày thứ nhất thực hiện lấy kết quả cả 30 trái xoài chia 5 nhóm (Hình 7) dựa trên thông số  $C_{pw1,2}$ .



**Hình 7: Biểu đồ sắp xếp 30 trái theo thứ tự tăng dần của thông số Cpw1,2**

Sau đó, từ 5 nhóm đã chia chọn ra 3 nhóm có giá trị cách nhau nhiều nhất để tiếp tục làm thí nghiệm cho các ngày tiếp theo (việc lấy ra 3 nhóm đầu, giữa, và cuối hoàn toàn bằng chủ quan nhằm

tạo sự khác biệt rõ nét mà không ảnh hưởng gì đến quá trình nghiên cứu). Ngày thứ hai, tiếp tục lấy kết quả với 3 nhóm đã lọc ra để xem ứng với mỗi nhóm có mẫu trái nào thay đổi nhiều thì loại bỏ, số mẫu được chọn trong 3 nhóm đó phải có ít nhất hai

mẫu. Ngày thứ ba, sử dụng một mẫu đem thí nghiệm và đập mẫu còn lại của nhóm đem kiểm tra bằng phương pháp phá hủy, để kiểm tra khả năng phân loại của phương pháp và đập. Thực hiện tương tự với hai nhóm còn lại.

### 3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Ngày thứ nhất thực hiện lấy kết quả cả 30 trái xoài thu được 5 nhóm dựa trên thông số  $C_{pw1,2}$  Bảng 1. Từ 5 nhóm đã chia, chọn 3 nhóm có giá trị cách nhau nhiều nhất nhóm 1 gồm các mẫu 5, 6, 16, 27 có giá trị từ 5,9 đến 6,2, nhóm 2 gồm các mẫu 8, 28, 9, 4 có giá trị từ 6,6 đến 7,01, nhóm 3 gồm các mẫu 10, 3, 21, 19 có giá trị từ 7,53 trở lên.

Ngày thứ hai, tiếp tục lấy kết quả với 3 nhóm trên để xem ứng với mỗi nhóm có mẫu trái nào thay đổi nhiều thì loại bỏ. Kết quả nhận được như sau: nhóm 1 gồm mẫu 5 và mẫu 6, nhóm 2 gồm mẫu 8 và mẫu 28, nhóm 3 gồm mẫu 10 và mẫu 21 Bảng 2.

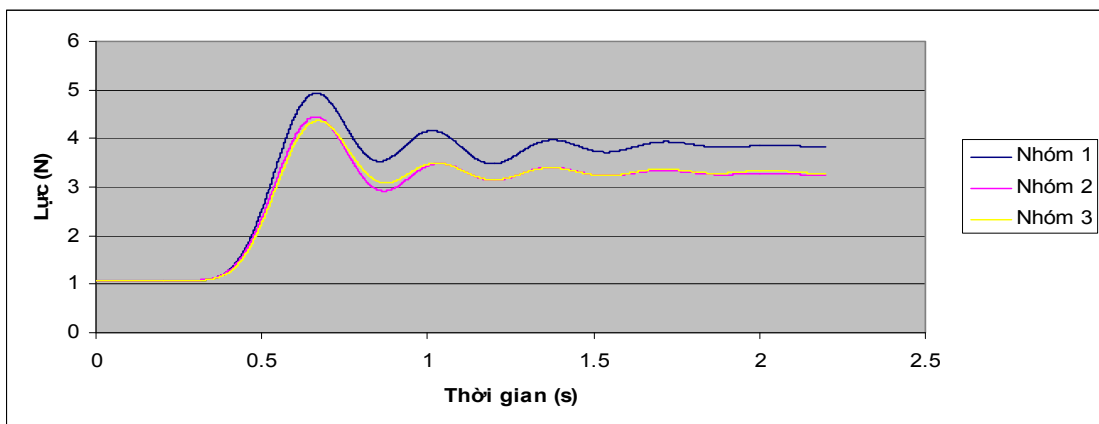
**Bảng 1: Chia 5 nhóm theo thông số  $C_{pw1,2}$**

Nhóm	Số lượng	Thông số $C_{pw1,2}$
1	2	5,63 – 5,91
2	4	6,06 – 6,34
3	8	6,6 – 7,01
4	7	7,2 – 7,45
5	9	7,53 – 8,7

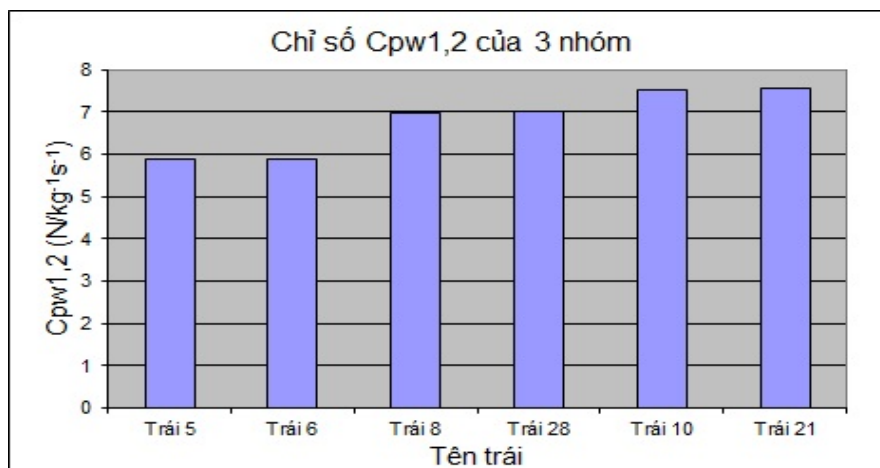
**Bảng 2: Kết quả phân loại ra 3 nhóm để thí nghiệm nén phá hủy**

Nhóm	Mẫu	Thông số $C_{pw1,2}$
1	5, 6	5,9 – 6,23
2	8, 28	6,96 – 7,01
3	10, 21	7,53 – 7,56

Sau 2 ngày tiến hành trên 30 trái xoài, ta thu được 3 nhóm như Bảng 2. Qua đánh giá cảm quan nhận thấy rằng nhóm 1 là nhóm xoài sống, nhóm 2, 3 là nhóm xoài chín. Đáp ứng lực của ba nhóm trên được mô tả ở Hình 8.



**Hình 8: Biểu đồ đáp ứng lực của ba nhóm xoài đã phân loại**



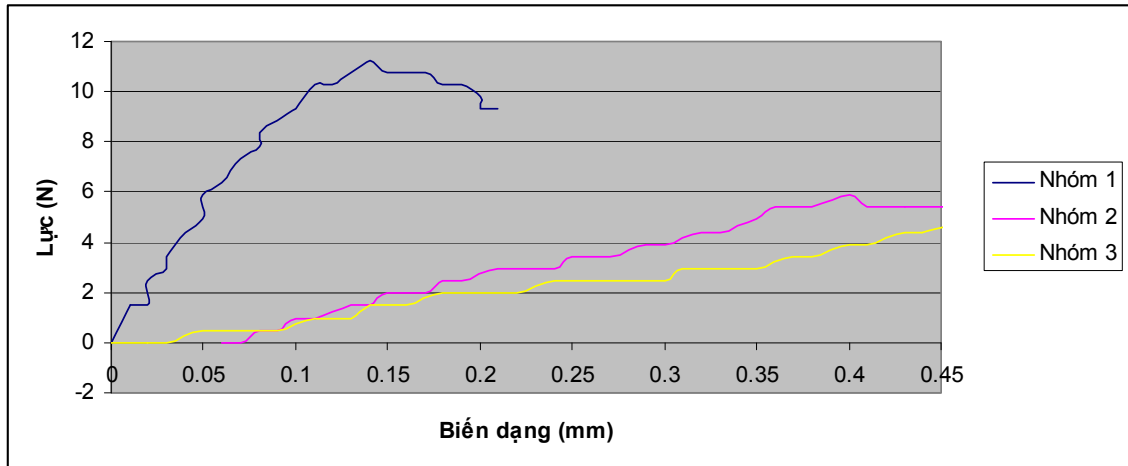
**Hình 9: Biểu đồ so sánh thông số độ chín của ba nhóm**



Ba nhóm trên được chọn ra để kiểm tra bằng phương pháp nén phá hủy để kiểm chứng khả năng phân loại của phương pháp va đập. Nén phá hủy bằng máy nén đơn trục, tốc độ nén là 6 mm/phút. Dụng cụ để lấy mẫu xoài là một thanh inox hình trụ rỗng có đường kính là 1,4 cm, độ cao của mẫu được chọn là 1 cm. Độ chín của trái được xác định

qua chỉ số săn chắc E được tính bằng công thức sau:

$$E = \frac{3}{4} \frac{F(1-\mu^2)}{D^{1.5}} \left( \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \right)^{0.5} \quad (6)$$



Hình 10: Biểu đồ thể hiện độ săn chắc của trái bằng nén phá hủy

#### 4 KẾT LUẬN

Sau khi phân loại bằng phương pháp thí nghiệm va đập và kiểm chứng bằng phương pháp nén phá hủy, nhóm 1 là nhóm xoài sống nhóm 2, 3 là nhóm xoài chín. Qua đó kết luận rằng kết quả từ thông số  $C_{pw12}$  cho thấy khả năng phân loại của phương pháp thả rơi và đập với mô hình thí nghiệm Hình 6, có thể phân loại xoài thành hai nhóm là nhóm xoài sống và nhóm xoài chín, thông số  $C_{pw12}$  của nhóm xoài sống từ 5,9 đến 6,23, nhóm xoài chín từ 6,96 đến 7,56.

Phương pháp va đập nhẹ chỉ ra được sự khác biệt giữa xoài sống và chín. Để phân loại nhiều mức độ hơn còn phải nghiên cứu nhiều thông số khác như độ cao thả rơi và đập, vị trí va đập của trái lên bề mặt cảm biến, phương thức giữ trái và thả rơi. Những việc này sẽ được thực hiện tiếp theo các nghiên cứu tiếp theo của nhóm.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Delwiche, M.J., McDonald, T., Bowers, S.V., 1987. Determination of peach firmness by analysis of impact forces. *Transaction of the ASAE* 30, 249–254.
2. Lien, C.-C.; Ay, C. & Ting, C.-H. Non-destructive impact test for assessment of

tomato maturity *Journal of Food Engineering*, Elsevier, 2009, 91, 402-407.

3. Ragni L, Berardinelli A, Guarnieri A (2010) Impact device for measuring the flesh firmness of kiwifruits. *J Food Eng* 96:591–597.
4. Lien, C.-C. & Ting, C.-H. Slight free falling impact test for assessing guava maturity 2013.
5. Chen, P., and M. Ruiz-Altisent. 1996. A low-mass impact sensor for high-speed firmness sensing of fruits. *International Conference on Agricultural Engineering*. Paper N° 96F-003, AgEng 96. Madrid, Spain. *European Society of Agricultural Engineering*, Silsoe, Bedford, UK.
6. De Ketelaere, B., Howarth, M.S., Crezee, L., Lammertyn, J., Viaene, K., Bulens, I., De Baerdemaeker, J., 2006. Postharvest firmness changes as measured by acoustic and low-mass impact devices: a comparison of techniques. *Postharvest Biology and Technology* 41, 275–284.
7. Hahn, F., 2004. Mango firmness sorter. *Biosystems Engineering* 89, 309–319. Jarén, C., Garczía-Pardo, E., 2002. Using non-destructive impact testing for sorting fruits. *Journal of Food Engineering* 53, 89–95.

8. Timoshenko, S.P., and J. Goodier. 1951. Theory of elasticity. 2nd ed. McGraw-Hill, New York, USA.
9. Chen, P., Y. Sarig, and J.F. Thompson. 2000. A hand-held impact sensor for firmness sensing of fruits. Proceeding Postharvest Congress, Jerusalem, Israel. 26-31 March.
10. García-Ramos, F.J., J. Ortiz-Cañavate, M. Ruiz-Altisent, J. Diez., L. Flores, I.Homer, and J.M. Chávez. 2003. Development and implementation of an on-line impact sensor for firmness sensing of fruit. *J. Food Eng.* 58:53-57.
11. Garcia-Ramos, F. J.; Valero, C.; Homer, I.; Ortiz-Cañavate, J. & RuizAltisent, M. Non-destructive fruit firmness sensors: a review *Spanish journal of agricultural research*, 2005, 3, 61-73.
12. Mohsenin N. 1970. Physical properties of plant and animal materials. Boca Raton, FL: Gordon and Breach Sciences Publishers.