

## ĐỘNG HỌC SỰ THAY ĐỔI CẤU TRÚC CỦA KHÓM Ở CÁC ĐIỀU KIỆN TIỀN XỬ LÝ KHÁC NHAU

Trần Thanh Trúc<sup>1</sup>, Dương Thị Thúy Oanh<sup>2</sup>,  
Lý Nguyễn Bình<sup>1</sup> và Nguyễn Văn Mười<sup>1</sup>

### ABSTRACT

*The influence of pre-treatment on thermal texture degradation kinetics of pineapple was studied in order to limit texture loss during subsequent thermal processes. This research were performed based on investigation at 9 different preheating conditions (10, 20 and 30 minutes- preheating at 50, 55 and 60°C), combined with a calcium dip in a 0,5 % CaCl<sub>2</sub> solution. The results showed that all pre-treatments cause positive effect on increase of the hardness of thermally processed pineapple pieces. When pre-treatment combinations (pre-heating at 55°C for 10 minutes before or after soaking in CaCl<sub>2</sub> solution) were applied, a significant increase of hardness value was obtained. In case of pineapples, the fractional conversion model was used to described thermal texture degradation.*

**Keywords:** texture, hardness, pre-treatment, Calcium choride, thermal treatment

**Title:** Kinetics of the change of pineapple texture in different pre-treatment conditions

### TÓM TẮT

*Nghiên cứu ảnh hưởng của các quá trình tiền xử lý đến sự cải thiện cấu trúc của khóm đã được tiến hành để quả không bị mềm hoặc dai khi chế biến. Động học thay đổi cấu trúc của khóm được khảo sát khi xử lý khóm theo 3 mức nhiệt độ (50, 55 và 60°C) ứng với 3 mức thời gian (10, 20 và 30 phút), kết hợp ngâm khóm trong dung dịch 0,5% CaCl<sub>2</sub>. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mức độ cải thiện cấu trúc của khóm tùy thuộc vào việc áp dụng các chế độ tiền xử lý nhiệt khác nhau, trong đó giá trị độ cứng của sản phẩm là cao nhất khi xử lý nhiệt ở 55° C trong 10 phút. Sự cải thiện cấu trúc khóm tốt nhất khi kết hợp chế độ tiền xử lý nhiệt với ngâm trong dung dịch CaCl<sub>2</sub> và ngược lại. Động học sự thay đổi cấu trúc của khóm ở các quá trình tiền xử lý khác nhau tuân theo phương trình chuyển đổi một phần (fractional conversion model).*

**Từ khóa:** cấu trúc, độ cứng, tiền xử lý, Calcium choride, xử lý nhiệt

### 1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Khóm (*Ananas comosus* L. Mer) là một trong những loại trái cây nhiệt đới có giá trị kinh tế, được trồng và sử dụng phổ biến ở Việt nam. Khóm được sử dụng chủ yếu để ăn tươi hay ở dạng chế biến thành phẩm và bán thành phẩm. Các sản phẩm chế biến từ khóm cũng rất đa dạng, nhiều chủng loại; có thể kể đến như khóm đóng hộp, khóm đông lạnh (dạng bán thành phẩm), đồ hộp khóm nước đường, các sản phẩm nước trái cây, jam hay jelly làm từ khóm... (Phan Gia Tân, 2001). Trong đó, khóm đóng hộp là sản phẩm được sản xuất và tiêu thụ nhiều do đặc tính tiện dụng và có thể bảo quản ở điều kiện bình thường. Tuy nhiên, việc xử lý nhiệt nhằm tiêu diệt vi sinh vật, kéo dài thời gian bảo quản trong chế biến các sản phẩm trái cây đóng hộp là nguyên nhân chính làm thay đổi giá trị dinh dưỡng và cảm

<sup>1</sup> Bộ môn Công nghệ thực phẩm – Khoa Nông nghiệp và sinh học ứng dụng

<sup>2</sup> Sinh viên lớp Công nghệ thực phẩm K27 – Khoa Nông nghiệp và sinh học ứng dụng

quan của sản phẩm cuối, đặc biệt là sự biến đổi cấu trúc. Điều này làm cho các sản phẩm chế biến sẵn từ khóm ít được tiêu thụ ở Việt Nam. Chính vì thế, việc nghiên cứu tìm ra biện pháp xử lý thích hợp nhằm cải thiện cấu trúc khóm được sử dụng trong chế biến sản phẩm đóng hộp cần được quan tâm.

Vai trò tích cực của dung dịch  $\text{CaCl}_2$  trong cải thiện cấu trúc đã được ứng dụng đối với nhiều loại rau quả. Các nghiên cứu của Abbot *et al.* (1989) hay Lurie và Klein (1992) đã cho thấy, độ giòn của táo được duy trì và cải thiện nhờ việc ngâm táo sau thu hoạch trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$  1%. Đặc biệt, nghiên cứu của Luna-Guzmán *et al.* (1999) cũng cho thấy độ giòn của dưa (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) gia tăng 300% so với điều kiện bình thường khi được ngâm trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$  2,5% với thời gian 1 phút. Độ cứng của carrot cũng được cải thiện khi ngâm nguyên liệu 1 giờ trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$  0,5% (Sila *et al.*, 2003; Vu *et al.*, 2004). Sự cải thiện cấu trúc (độ cứng, độ giòn của rau quả) do tác động của việc ngâm nguyên liệu trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$  chủ yếu nhờ vào vai trò của ion  $\text{Ca}^{2+}$  trong việc tạo sự ổn định hệ thống màng tế bào và hình thành Calcium pectate, làm phiên giữa và vách tế bào trở nên rắn chắc hơn (Lee *et al.*, 1979; Jackman and Stanley, 1995). Mặt khác muối Calcium có thể tác động lên mô tế bào góp phần làm tăng tính nguyên vẹn của tế bào và kết quả là giữ vững hay tăng độ cứng của tế bào (Luna-Guzmán *et al.*, 2000). Tuy nhiên, việc sử dụng  $\text{CaCl}_2$  thừa là nguyên nhân làm cho sản phẩm có vị đắng hay có mùi vị không tốt (Luna-Guzmán *et al.*, 2000) do lượng dư của  $\text{CaCl}_2$  không thấm vào tế bào sẽ bám bên ngoài sản phẩm. Chính vì vậy, đối với mỗi loại nguyên liệu khác nhau cần phải được khảo sát nhằm xác định nồng độ dung dịch  $\text{Ca}^{2+}$  thích hợp.

Đồng thời với tác động của  $\text{Ca}^{2+}$  đến pectin trong việc cải thiện cấu trúc, việc tiền xử lý nhiệt rau quả ở chế độ nhiệt độ trung bình, từ  $50 \div 70^\circ\text{C}$  (Basah and Ramaswamy, 1998) cũng đã được ứng dụng trong việc cải thiện chất lượng, đặc biệt trong ổn định cấu trúc đối với một số loại nguyên liệu như táo (Klein và Lurie, 1992), khoai tây (Aguilar *et al.*, 1997). Hoff và Bartolome (1972) đã xác nhận ảnh hưởng tích cực của việc tiền xử lý nhiệt đến việc cải thiện cấu trúc rau quả nhờ vào sự hoạt động của enzyme PME (pectin methyl esterase) ở nhiệt độ khoảng  $50 - 70^\circ\text{C}$ . Khả năng hoạt động của PME là xúc tác sự thủy phân của các nhóm methyl ester. PME thường tấn công vào các nhóm ester methyl của đơn vị galacturonate nằm kề đơn vị không bị ester hoá, phân cắt các nhóm methoxy ( $\text{COOCH}_3$ ) đứng cạnh các nhóm  $-\text{COOH}$  tự do, tạo thành acid pectinic hoặc acid pectic và methanol (Basah and Ramaswamy, 1998).

Thêm vào đó, việc áp dụng các chế độ tiền xử lý kết hợp (nhiệt và ngâm trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$ ) đã góp phần cải thiện đáng kể độ cứng của khoai tây (Hoff và Bartolome, 1972), ớt (Mohammed *et al.*, 1991) hay carrot (Fuchigami *et al.*, 1995; Sila *et al.*, 2003; Vu *et al.*, 2004).

Mục tiêu chủ yếu của nghiên cứu là xác định ảnh hưởng của các điều kiện tiền xử lý khác nhau (nhiệt độ,  $\text{CaCl}_2$ ) đến sự thay đổi cấu trúc của khóm sau quá trình xử lý nhiệt. Đồng thời, tìm ra quy luật động học của sự biến đổi này.

## 2 PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

### 2.1 Chuẩn bị mẫu

Thí nghiệm được tiến hành tại Bộ môn Công nghệ thực phẩm, Khoa Nông nghiệp và sinh học ứng dụng, Trường Đại học Cần Thơ.

Khóm loại Queen (trái hình chóp) thu mua tại ruộng khóm ở Vị Thanh (Hậu Giang) với độ chín kỹ thuật 2 (chín từ 2-3 hàng mắt) và kích cỡ đồng nhất. Tại phòng thí nghiệm, khóm được chặt bỏ hai hàng mắt đầu và cuối, sử dụng dao cắt hình trụ có đường kính 20 mm, tiến hành cắt khóm thành những miếng hình trụ có kích thước 20 mm x 15 mm (chú ý không lấy phần lõi khóm).

### 2.2 Phương pháp đo đạc và xử lý số liệu

#### 2.2.1 Phương pháp đo đạc

Tiến hành đo cấu trúc (g lực) của các mẫu khóm tươi và khóm sau xử lý bằng thiết bị đo cấu trúc (Texture Analyser TA-TX2i) với các thông số:

- Lực nén: 25 kg
- Tốc độ nén: 1 mm/s
- Đầu đo (probe): ống hình trụ có đường kính 25 mm
- Khoảng cách phá vỡ: 30%

Kết quả phân tích là trung bình cộng của mười lần đo đạc. Số liệu sau khi thu thập được phân tích, tiến hành xử lý thống kê bằng phần mềm Statgraphic 3.1 và phân tích biến đổi động học bằng chương trình SAS 9.1

#### 2.2.2 Phân tích động học

Các nghiên cứu về động học sự thay đổi cấu trúc của các loại rau quả cho thấy, các biến đổi này thường tuân theo phương trình bậc một chuyển đổi một phần (fractional conversion model). Khi đó, độ cứng của nguyên liệu không đổi và được biểu diễn là  $H_{\infty}$ :

$$H = H_{\infty} + (H_0 - H_{\infty})e^{-kt}$$

Trong đó: H cấu trúc thay đổi theo thời gian t

$H_0$  cấu trúc ban đầu

$H_{\infty}$  cấu trúc còn lại sau quá trình xử lý nhiệt kéo dài

t: thời gian xử lý nhiệt (phút)

k: hằng số tốc độ bậc một (phút<sup>-1</sup>)

### 2.3 Phương pháp bố trí thí nghiệm

#### 2.3.1 Khảo sát sự thay đổi cấu trúc của khóm khi ngâm trong dung dịch $CaCl_2$ ở các nồng độ khác nhau

Các mẫu khóm đã chuẩn bị với kích thước như nhau (20 mm x 15 mm) được đem ngâm trong dung dịch muối  $CaCl_2$  ở 4 mức nồng độ 0,25; 0,5; 0,75 và 1% trong thời gian cố định 30 phút. Sau khi ngâm, vớt ráo mẫu khóm và cho vào ống chứa mẫu bằng thép không rỉ (10 mẫu/ống) đem xử lý nhiệt ở 90°C trong 20 phút. Làm nguội và tiến hành đo độ cứng của các mẫu khóm bằng thiết bị đo cấu trúc (Texture Analyser TA-XT2i). Kết quả được so sánh với mẫu đối chứng, khóm

không được ngâm trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$  trước khi xử lý nhiệt chính ở  $90^\circ\text{C}$  trong 20 phút. Chọn chế độ ngâm thích hợp dựa vào kết quả phân tích thống kê theo chương trình Statgraphic 3.1.

### 2.3.2 *Khảo sát sự thay đổi cấu trúc của khóm theo các quá trình tiền xử lý nhiệt khác nhau*

Nguyên liệu khóm cũng được xử lý tương tự thí nghiệm 1. Khóm sau khi xử lý cơ học (cắt thành mẫu hình trụ với kích thước 20 mm x 15 mm) được đem tiền xử lý nhiệt nhằm kích hoạt PME ở 3 mức nhiệt độ 50, 55,  $60^\circ\text{C}$  ứng với 3 mức thời gian 10 phút, 20 phút, và 30 phút. Sau quá trình tiền xử lý, mẫu được ngâm trong dung dịch muối  $\text{CaCl}_2$  với nồng độ ngâm tối ưu được chọn ở thí nghiệm 1. Các mẫu khóm sau khi ngâm trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$  sẽ được cho vào các ống hình trụ làm bằng thép không rỉ và đem xử lý nhiệt ở  $90^\circ\text{C}$  (sử dụng bộ điều nhiệt). Tiến hành đo đặc sự thay đổi độ cứng khóm sau mỗi khoảng thời gian 5, 10, 20...120 phút.

Từ kết quả đã thu thập được, tiến hành phân tích quy luật động học sự thay đổi cấu trúc của khóm sau quá trình xử lý ở các chế độ khác nhau thông qua hằng số tốc độ k và xác định chế độ tiền xử lý nhiệt phù hợp nhằm cải thiện độ cứng của khóm.

### 2.3.3 *Khảo sát sự thay đổi cấu trúc của khóm theo các chế độ tiền xử lý kết hợp*

Khóm sau khi xử lý cơ học (cắt thành mẫu hình trụ với kích thước 20 mm x 15 mm) được đem tiền xử lý ở 5 điều kiện khác nhau: khóm không qua quá trình tiền xử lý (đối chứng), khóm chỉ được ngâm trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$  có nồng độ tối ưu từ thí nghiệm 1, khóm chỉ được tiền xử lý nhiệt riêng lẻ ở chế độ nhiệt độ - thời gian thích hợp được lựa chọn từ thí nghiệm 2 và cuối cùng mẫu khóm được tiến hành tiền xử lý kết hợp nhiệt độ trước và sau khi ngâm trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$ . Các mẫu khóm sau quá trình tiền xử lý sẽ được cho vào các ống hình trụ làm bằng thép không rỉ và đem xử lý nhiệt ở  $90^\circ\text{C}$  (sử dụng bộ điều nhiệt). Tiến hành đo đặc sự thay đổi cấu trúc khóm sau mỗi khoảng thời gian 5, 10, 20...120 phút.

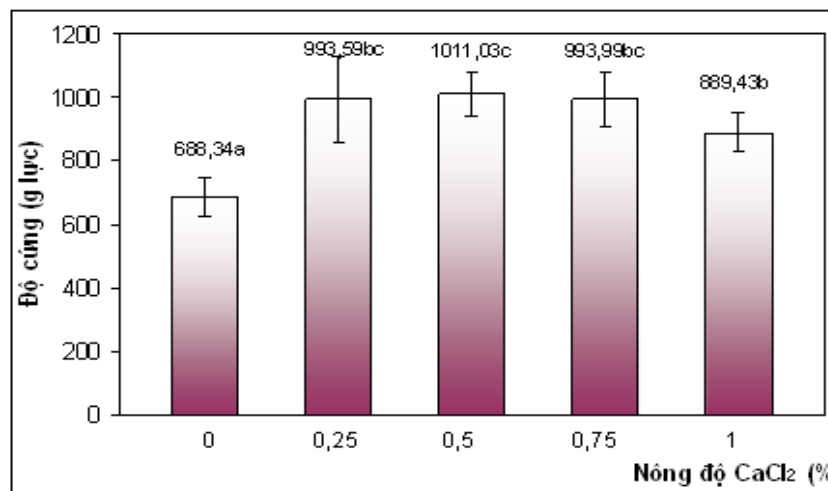
Chế độ xử lý thích hợp dựa trên kết quả phân tích động học được xác định.

## 3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1 Ảnh hưởng của nồng độ muối ngâm $\text{CaCl}_2$ đến độ cứng của khóm

Độ cứng (g lực) là thông số ban đầu và quan trọng nhất để đánh giá cấu trúc của rau quả (Van Buren, 1979). Tiến hành đánh giá độ cứng của khóm đã qua xử lý nhiệt ở  $90^\circ\text{C}$  trong thời gian 20 phút sau khi các mẫu khóm này được ngâm trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$  với các nồng độ ngâm khác nhau. Kết quả nghiên cứu ở hình 1 cho thấy, đặc tính cấu trúc của khóm được cải thiện khi khóm được ngâm trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$  ở các nồng độ khác nhau. Ở nồng độ  $\text{CaCl}_2$  trong dịch ngâm là 0,5%, độ cứng của khóm cao và có sự khác biệt đáng kể khi so sánh với khóm không được tiền xử lý hóa chất hay khóm được ngâm trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$  1%. Điều này có thể giải thích dựa trên khả năng gắn kết của ion  $\text{Ca}^{2+}$  và mạch pectin có độ methoxyl thấp hiện diện sẵn trong khóm (Backer and Wicker, 1996). Đồng thời dưới sự hiện diện của ion  $\text{Ca}^{2+}$  cũng làm bất hoạt enzyme PG (enzyme phá vỡ cấu trúc) khi đó nguyên liệu khóm tránh được sự tác động của enzyme này và hạn chế sự giảm cấu trúc. Tuy nhiên ở nồng độ  $\text{CaCl}_2$  quá cao thì lượng  $\text{Ca}^{2+}$  dư không

những làm bất hoạt enzyme PME (Sam *et al.*, 1993), giảm độ cứng của khóm mà lượng thừa này còn có tác động không mong muốn đến tính chất cảm quan sản phẩm, tạo vị đắng, chát và mặn... (Luna-Guzmán *et al.*, 2000). Từ các kết quả đã thu thập được, nồng độ  $\text{CaCl}_2$  0,5% trong dịch ngâm được lựa chọn làm thông số tối ưu cho các thí nghiệm tiếp theo.



Hình 1: Đồ thị biểu diễn sự thay đổi độ cứng của khóm theo nồng độ  $\text{CaCl}_2$

### 3.2 Động học sự thay đổi cấu trúc của khóm theo nhiệt độ và thời gian ở các quá trình xử lý nhiệt khác nhau

Việc kích hoạt enzyme PME có sẵn trong nguyên liệu sẽ góp phần làm cải thiện độ cứng của sản phẩm nhờ vào sự hình thành thêm các pectin có độ methoxyl thấp, tăng khả năng gắn kết của  $\text{Ca}^{2+}$  và tạo mạch Calcium pectate trong tế bào. Tùy thuộc vào từng loại rau quả mà khả năng hoạt động enzyme PME sẽ thay đổi trong phạm vi nhiệt độ khác nhau, dao động trong khoảng từ  $50 \div 70^\circ\text{C}$  (Basah and Ramaswamy, 1998). Kết quả các thí nghiệm thăm dò cho thấy, khi khóm được tiền xử lý nhiệt ở khoảng nhiệt độ từ  $65 \div 70^\circ\text{C}$  có giá trị độ cứng thấp, không có sự cải thiện khi so sánh với mẫu đối chứng (không qua giai đoạn tiền xử lý). Điều này cho phép dự đoán khả năng hoạt động của enzyme PME trong khóm dao động trong khoảng nhiệt độ từ  $50 \div 60^\circ\text{C}$ . Chính vì thế, nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ tiền xử lý nhiệt đến sự thay đổi cấu trúc của khóm được thực hiện ở 3 mức nhiệt độ 50, 55 và  $60^\circ\text{C}$  ứng với 3 mức thời gian 10, 20 và 30 phút.

Nghiên cứu biến đổi động học của cấu trúc được khảo sát với khoảng thời gian kéo dài và số nghiệm thức lớn, chính vì thế nguyên liệu khóm tươi chỉ được đảm bảo thu tại cùng một ruộng khóm và cùng một vụ thu hoạch nhưng ở các thời điểm khác nhau. Do đó, độ cứng tương đối (tỷ lệ của độ cứng của các mẫu khóm đã qua chế độ tiền xử lý so với độ cứng của nguyên liệu khóm ban đầu) được sử dụng thay thế giá trị độ cứng. Kết quả sau khi đo đạc được thu thập và xử lý được tổng hợp ở Bảng 1 và Bảng 2.

Kết quả thí nghiệm cho thấy dưới tác động của nhiệt độ, cấu trúc khóm có sự thay đổi rất lớn, diễn hình giá trị độ cứng còn lại ( $H_\infty$ ) vẫn còn tương đối cao so với mẫu khóm ban đầu. Đồng thời, tỷ lệ độ cứng còn lại ở các chế độ tiền xử lý nhiệt cũng khác nhau. Như vậy, động học sự thay đổi cấu trúc theo nhiệt độ và thời gian

ở các quá trình tiền xử lý khác nhau có thể được mô tả theo phương trình chuyển đổi một phần. Giá trị R<sup>2</sup> lớn nên kết quả thu được có độ tin cậy cao.

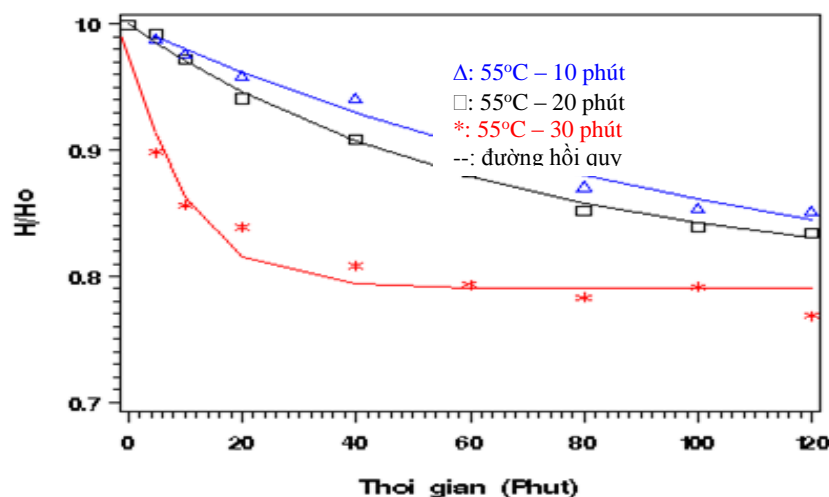
**Bảng 1: Thông số động học được tính toán dựa vào phương trình chuyển đổi một phần của sự thay đổi cấu trúc khóm (độ cứng tương đối) ở các chế độ tiền xử lý nhiệt**

Chế độ tiền xử lý	H <sub>∞</sub>	k (1/phút)	R <sup>2</sup>	SD	
50° C	10 phút	0,3718 ± 0,0777	0,00841 ± 0,00360	1	0,0174
	20 phút	0,4049 ± 0,0266	0,00754 ± 0,00139	1	0,0052
	30 phút	0,4866 ± 0,0446	0,00780 ± 0,00225	1	0,0081
55° C	10 phút	0,6197 ± 0,00831	0,0155 ± 0,00164	1	0,0047
	20 phút	0,5586 ± 0,00521	0,10690 ± 0,0173	1	0,0163
	30 phút	0,4824 ± 0,0309	0,00859 ± 0,00259	1	0,0075
60° C	10 phút	0,4941 ± 0,00879	0,0309 ± 0,0112	1	0,0124
	20 phút	0,3861 ± 0,0304	0,0161 ± 0,00606	0,999	0,0257
	30 phút	0,3696 ± 0,0342	0,0121 ± 0,00445	1	0,0184

**Bảng 2: Phương trình động học sự thay đổi cấu trúc khóm (độ cứng tương đối) theo nhiệt độ và thời gian ở các quá trình tiền xử lý khác nhau**

Chế độ tiền xử lý	H <sub>0</sub>	H <sub>∞</sub>	k (1/phút)	Phương trình	
50° C	10 phút	0,6360	0,3718	0,00841	H/H <sub>0</sub> = 0,5846 + 0,4154exp(-0,00841,t)
	20 phút	0,6123	0,4049	0,00754	H/H <sub>0</sub> = 0,6613 + 0,3387exp(-0,00754,t)
	30 phút	0,7104	0,4866	0,00780	H/H <sub>0</sub> = 0,6849 + 0,3150exp(-0,0078,t)
55° C	10 phút	0,7753	0,6197	0,01550	H/H <sub>0</sub> = 0,7993 + 0,2006exp(-0,0155,t)
	20 phút	0,7065	0,5586	0,10690	H/H <sub>0</sub> = 0,7907 + 0,2093exp(-0,1069,t)
	30 phút	0,6358	0,4824	0,00859	H/H <sub>0</sub> = 0,7587 + 0,2413exp(-0,00859,t)
60° C	10 phút	0,5530	0,4941	0,03090	H/H <sub>0</sub> = 0,8935 + 0,1065exp(-0,0309,t)
	20 phút	0,5500	0,3861	0,01610	H/H <sub>0</sub> = 0,702 + 0,298exp(-0,0161,t)
	30 phút	0,5318	0,3696	0,01210	H/H <sub>0</sub> = 0,695 + 0,305exp(-0,0121,t)

Khi tiến hành tiền xử lý khóm ở nhiệt độ 50° C và ứng với 3 mức độ thời gian 10 phút, 20 phút và 30 phút, kết quả thu được (bảng 1, bảng 3) cho thấy tốc độ thay đổi cấu trúc giảm đi theo thời gian tiền xử lý và tỷ lệ độ cứng còn lại cũng tăng theo thời gian. Điều này cho phép khẳng định có sự cải thiện độ cứng của khóm (do sự hình thành cầu nối Calcium pectate) ở chế độ tiền xử lý nhiệt 50°C kết hợp với việc ngâm khóm trong dung dịch CaCl<sub>2</sub> 0,5 %, 30 phút và sự thay đổi này phụ thuộc vào hoạt động của enzyme PME trong nguyên liệu khóm. Kết quả tương tự cũng xảy ra đối với trường hợp tiền xử lý nhiệt ở 2 mức nhiệt độ 55 và 60°C. Tỷ lệ độ cứng còn lại giảm theo nhiệt độ tiền xử lý từ 55 đến 60°C và tỷ lệ độ cứng còn lại cao nhất ở chế độ tiền xử lý nhiệt 55°C-10 phút kết hợp với ngâm CaCl<sub>2</sub> 0,5 % trong 30 phút (bảng 2, hình 2). Kết quả này cho thấy khả năng hoạt động của enzyme PME ổn định nhất là ở 55° C và sự hoạt động này bị yếu dần theo nhiệt độ và thời gian tiền xử lý, do đó sự cải thiện cấu trúc từ đó cũng giảm dần. Kết quả thu được phù hợp với nghiên cứu về nhiệt độ thích hợp cho hoạt động của enzyme PME trong hầu hết các loại rau quả của Tijssens and Rodis *et al.*(1997,1998, 1999).



Hình 2: Động học sự thay đổi độ cứng của khóm ở chế độ tiền xử lý 55°C

Dựa trên các kết quả đã thu thập được, chế độ tiền xử lý nhiệt ở 55°C trong 10 phút được lựa chọn là thông số tiền xử lý tối ưu trong cải thiện cấu trúc của nguyên liệu khóm Queen (nguồn được trồng ở Vị Thanh).

### 3.3 Động học sự thay đổi cấu trúc của khóm ở các chế độ tiền xử lý kết hợp

Sự cải thiện độ cứng của khóm nhờ vào việc kích hoạt enzyme PME trong sự hiện diện của ion  $Ca^{2+}$  được khảo sát nhằm tìm ra quy luật sự thay đổi độ cứng của khóm sau các quá trình tiền xử lý kết hợp. Sự thay đổi độ cứng của khóm theo các chế độ tiền xử lý kết hợp, dựa trên các thông số đơn lẻ về nhiệt độ, thời gian tiền xử lý cũng như nồng độ và thời gian ngâm trong dung dịch  $CaCl_2$  được xác định nhằm tìm ra tương tác phù hợp, có khả năng cải thiện cấu trúc khóm tốt nhất. Các kết quả sau đo đạc được tính toán, xử lý và tổng hợp ở bảng 3 và bảng 4. Đồ thị biểu diễn phương trình động học sự thay đổi cấu trúc của khóm ở các chế độ tiền xử lý kết hợp được thể hiện ở Hình 3.

Thông số và phương trình động học thu được ở Bảng 4 và Hình 3 cho thấy động học sự thay đổi cấu trúc của khóm ở các quá trình tiền xử lý khác nhau cũng tuân theo phương trình chuyển đổi một phần, vẫn có sự tồn tại một phần dạng cấu trúc bền nhiệt và dạng cấu trúc không bền nhiệt trong vách tế bào của khóm.

Khi áp dụng các chế độ tiền xử lý khác nhau thì độ cứng của khóm cũng thay đổi khác nhau. Độ cứng tương đối còn lại ( $H_{\infty}$ ) của khóm khi áp dụng các chế độ tiền xử lý nhiệt độ và hóa chất riêng lẻ hay kết hợp cả hai chế độ tiền xử lý nhiệt và ngâm trong dung dịch  $CaCl_2$  đều cho kết quả khóm có độ cứng cao hơn so với mẫu đối chứng ban đầu không tiền xử lý. Tuy nhiên, khả năng cải thiện độ cứng khóm khi chỉ tiền xử lý nhiệt tỏ ra kém hiệu quả hơn khi so sánh với các chế độ tiền xử lý khác. Kết quả này có thể do tỷ lệ của pectin có độ methoxyl hóa thấp (pectin dễ kết hợp với Calcium) sẵn có trong khóm không nhiều, do đó sự hình thành Calcium pectate ít. Khả năng cải thiện cấu trúc của khóm khi áp dụng chế độ tiền xử lý nhiệt trước khi ngâm trong dung dịch  $CaCl_2$  tỏ ra hiệu quả hơn trường hợp ngược lại. Kết quả thu được là phù hợp với lý thuyết về phản ứng kết hợp của pectin do tác động của enzyme PME: Khi kích hoạt enzyme PME ở tốc độ hoạt động mạnh nhất thì khả năng enzyme này phân cắt nhóm methoxyl ( $-CH_3$ ) đứng cạnh nhóm -

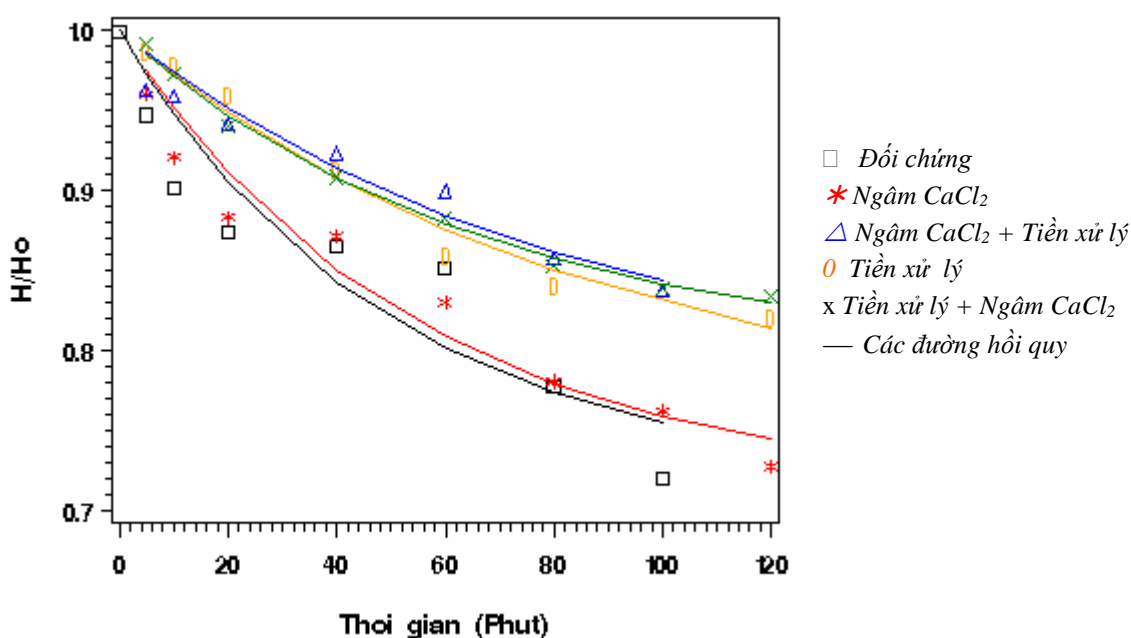
COOH tự do của pectin nhiều nhất đồng nghĩa với việc ion  $Ca^{2+}$  sẽ gắn vào  $COO^-$  tự do để tạo Calcium pectate góp phần cải thiện cấu trúc tốt nhất (Backer and Wicker,1996). Như vậy, chế độ tiền xử lý nhiệt ở 55°C trong thời gian 10 phút trước khi được ngâm 30 phút trong dung dịch  $CaCl_2$  0,5% là chế độ tối ưu được đề nghị nhằm cải thiện cấu trúc (thể hiện qua thông số độ cứng) của nguyên liệu khóm Queen.

**Bảng 3: Thông số động học được tính toán dựa vào phương trình chuyển đổi một phần của sự thay đổi độ cứng khóm theo chế độ tiền xử lý khác nhau**

Chế độ tiền xử lý	$H_\infty$	k (1/phút)	$R^2$	SD
Không tiền xử lý	0,4002 ± 0,0419	0,0203 ± 0,0112	0,998	0,0366
Chỉ tiền xử lý nhiệt	0,4338 ± 0,0252	0,0116 ± 0,00336	1	0,011
Chỉ ngâm $CaCl_2$	0,4134 ± 0,0230	0,0184 ± 0,00556	0,999	0,0231
Ngâm $CaCl_2$ + tiền xử lý nhiệt	0,5152 ± 0,0477	0,0128 ± 0,00704	1	0,0159
Tiền xử lý nhiệt + ngâm $CaCl_2$	0,6197 ± 0,0083	0,0155 ± 0,00164	1	0,0047

**Bảng 4: Phương trình động học sự thay đổi độ cứng khóm theo nhiệt độ và thời gian ở các quá trình tiền xử lý khác nhau**

Chế độ tiền xử lý	$H_0$	$H_\infty$	k (1/phút)	Phương trình
Không tiền xử lý	0,5578	0,4002	0,0203	$H/H_0 = 0,7175 + 0,2825\exp(-0,0203t)$
Chỉ tiền xử lý nhiệt	0,5769	0,4338	0,0116	$H/H_0 = 0,75195 + \exp(-0,0116t)$
Chỉ ngâm $CaCl_2$	0,5799	0,4134	0,0184	$H/H_0 = 0,71288 + 0,2871\exp(0,0184t)$
Ngâm $CaCl_2$ + tiền xử lý nhiệt	0,6571	0,5152	0,0128	$H/H_0 = 0,7841 + 0,2159\exp(-0,0128t)$
Tiền xử lý nhiệt + ngâm $CaCl_2$	0,7753	0,6197	0,0155	$H/H_0 = 0,7993 + 0,2007\exp(-0,0155t)$





**Hình 3: Động học sự thay đổi độ cứng khóm ở các chế độ tiền xử lý kết hợp**

**4 KẾT LUẬN**

Những kết quả nghiên cứu cho phép kết luận, việc áp dụng các chế độ tiền xử lý ở mức nhiệt độ trung bình và kết hợp ngâm khóm trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$  có khả năng cải thiện đáng kể độ cứng của khóm. Sự giảm độ cứng ở chế độ tiền xử lý nhiệt  $55^\circ\text{C}$  là thấp nhất và tốc độ hoạt động của enzyme PME cao nhất khi xử lý nhiệt ở  $55^\circ\text{C}$  trong thời gian khoảng 10 phút. Độ cứng của khóm được giữ ở giá trị cao khi áp dụng chế độ tiền xử lý nhiệt 10 phút ở  $55^\circ\text{C}$  trước khi ngâm khóm trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$  0,5% trong thời gian 10 phút. Động học sự thay đổi cấu trúc của khóm ở các quá trình tiền xử lý khác nhau tuân theo phương trình chuyển đổi một phần (fractional conversion model). Điều này có nghĩa là trong nguyên liệu khóm không những có một phần dạng cấu trúc không bền nhiệt mà còn tồn tại một dạng cấu trúc khác (cấu trúc bền với nhiệt).

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- Phan Gia Tân (2001), Cây Khóm và Kỹ Thuật Trồng Khóm ở Miền Nam, NXB thành phố Hồ Chí Minh.
- Abbott J.A., W.S. Conway , C.E. Sam (1989). Postharvest calcium chloride infiltration affects textural attributes of apples, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 114, pp. 935-936.
- Angular C.N, A. Anzaldúa-Morales, R. Talamás, G. Gastelúm (1997). Low-temperature blanch improves textural quality of french-fries. *Journal of Food Science* 62, pp. 568-571.
- Baker R A and L. Wicker(1996), Current and potencial applications of enzyme infussion in the food industry, *Trends in Food Science and Technology* 7(9), pp 279-84.
- Basah, S. and H.S. Ramaswamy (1998). Effect of high pressure processing on the texture of selected fruits and vegetables. *Journal of Textural Studies* 29, pp 587- 601.
- Fuchigami M., K. Miyazaki, and N. Hyakumoto (1995). Frozen carrots and pectic components as affected by low temperature blanching and quick freezing, *Journal of Food Science* 60, pp 132-136.
- Hoff J.E. and R.W. Bartolome (1972), Firming of potatoes: biochemical effect of preheating, *Journal of Agric. Food Chemistry* 20, 266-270.
- Jackman R.L., Stanley D.W. (1995). Perspectives in the textural evaluation of plant foods. *Trends Food Science Technology* 6, pp 187 – 194.
- Klein J.D. and S. Lurier (1992), Prestorage heating of apple fruit for enhanced postharvest quality: interaction of time and temperature, *HortScience* 27, pp 326-328.
- Lee C.Y., M.C. Bourne, J.P. Van Buren (1979). Effect of blanching treatment on the firmness of carrots, *Journal of Food Science* 44, pp 615-616.
- Luna-Guzmán I., M. Cantwell, Barrett D.M. (1999), Fresh-cut cantaloupe: effects of  $\text{CaCl}_2$  dips amd heat treatments on firmness and metabolic activity, *Postharvest Biology and Technology* 17, pp 201-213.
- Luna-Guzmán, I., Barrett, D.M. (2000). Comparision of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology* 19, pp 61-72.
- Lurier S., J.D and J.D. Klein (1992). Calcium and heat treatments to improve storability of “Anna” apples. *HortScience* 27, pp. 36-39.

- Mohammed M., L.A. Wilson, P.I. Gomes (1991). Effects of postharvest dips on the storage quality of fruit from two hot pepper (*Capsicum frutescens*) cultivar, Tropical Agric. (Trinidad) 68, pp 81-87.
- Sams C.E, W.S. Conway, J.A. Abbott, R.J. Lewis and N. Ben-Shalom (1993), Firmness and decay of apples following postharvest pressure infiltration of calcium and heat treatment, J Amer Soc Hortic Science 118(5), pp 623-627.
- Sila, D., C. Smout, T.S. Vu, and M. Hendrickx (2003), Effects of high pressure pretreatment and calcium soaking on the texture degradation kinetics of carrots. Poster presentation at '9<sup>th</sup> PhD Symposium on Applied Biological Sciences', October 16, 2003, Leuven, Belgium, pp. 263-266.
- Tijsskens L.M.M, P.S. Rodis, M.L. Hertog, T.M. Proxenia and C.Van Dijk (1998), Kinetics of polygalacturonase activity and firmness of peaches during storage, J Food Eng 35, pp 111-126.
- Tijsskens L.M.M, P.S. Rodis, M.L. Hertog, T.M. Proxenia and C.Van Dijk, (1999), Activity of pectin methyl esterase during blanching of peaches, J Food Eng 39, pp 167-177.
- Tijsskens L.M.M. and P.S. Rodis (1997). Kinetics of enzyme activity in peaches during storage and processing, Food Technology & Biotechnology 35, pp 45-50.
- Van Buren J.P. (1979), The chemistry of texture in fruits and vegetable, Journal of Texture Studies 10, pp 1-23.
- Vu T.S., C. Scout, D.N. Sila, B. Ly Nguyen, A.Van Loey, and M. Hendrick (2004). Effect of pre-heating on thermal degradation kinetics of carrots texture. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 5(1), pp 31-34.