

ĐỘNG HỌC SỰ THAY ĐỔI ĐẶC TÍNH CẤU TRÚC CỦA KHÓM (TRỒNG Ở HUYỆN TÂN PHƯỚC, TỈNH TIỀN GIANG) THEO MỨC ĐỘ CHÍN & ĐIỀU KIỆN TIỀN XỬ LÝ TRONG CHẾ BIẾN NHIỆT

Nguyễn Văn Mười¹, Trần Thanh Trúc¹, Phan Tuấn Anh² và Đàm Thị Kim Yến³

ABSTRACT

This research was performed to determine texture changes of pineapple at different maturities by different thermal treatments in both cases with and without pre-treatment (blanching with solution of 0.15% CaCl₂ in 55 °C, 10 minutes). The experiment results showed that, texture degradation of pineapples is proportional to the level of maturity and an increase in temperature. At a temperature of 80 °C, the residual hardness (H_{∞}) of pineapple obtained the highest value. The lowest value of H_{∞} occurred in case of thermal treatment of pineapple at 90 °C. The kinetic of thermal texture degradation according to fractional conversion model. CaCl₂ salt has a positive role in improving the texture of pineapple due to minimum value of texture degradation rate constant (k) and maximum value of residual hardness (H_{∞}) after heat treatment.

Keywords: texture, hardness, pre-treatment, Calcium choride, heat treatment

Title: Texture degradation kinetics of pineapples (growing in Tan Phuoc district, Tien Giang province) in different maturity levels and pre-treatment conditions during thermal processing

TÓM TẮT

Nghiên cứu được tiến hành trên cơ sở khảo sát sự thay đổi cấu trúc của khóm ở các mức độ chín do ảnh hưởng của quá trình xử lý nhiệt khác nhau ở cả hai trường hợp có và không có tác động của tiền xử lý (chần trong dung dịch với CaCl₂ 0,15%, 55 °C trong 10 phút). Kết quả nghiên cứu cho thấy, sự phá hủy cấu trúc của khóm tỉ lệ thuận với mức độ chín và sự gia tăng nhiệt độ. Giá trị độ cứng tương đối còn lại (H_{∞}) của khóm ở nhiệt độ 80°C là cao nhất và ở nhiệt độ 90°C là thấp nhất. Động học sự thay đổi cấu trúc của khóm tuân theo phương trình chuyển đổi 1 phần. Muối CaCl₂ có vai trò tích cực trong việc cải thiện cấu trúc khóm trong quá trình xử lý nhiệt, điều này thể hiện ở hằng số tốc độ k nhỏ và tỉ lệ độ cứng tương đối còn lại cao sau khi xử lý nhiệt.

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

1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Nguồn trái cây xuất khẩu của nước ta là rất lớn và đem lại một lượng ngoại tệ đáng kể. Trong đó, khóm là loại quả xuất khẩu chủ lực cùng với cam và chuối. Đồng thời, khóm còn được mệnh danh là vị “cứu tinh” của các loại quả bởi vì nó có giá trị dinh dưỡng cao, hương thơm, vị ngọt, màu sắc đẹp và đặc biệt trong khóm còn có sự hiện diện của bromelin giúp tiêu hóa tốt protein (Bartholomew, 2003).

¹ Khoa Nông nghiệp và sinh học ứng dụng, Trường Đại học Cần Thơ

² Sinh viên lớp Công nghệ thực phẩm K33, Trường Đại học Cần Thơ

³ Học viên Cao học Công nghệ sau thu hoạch K16, Trường Đại học Cần Thơ

Trong quá trình chế biến, yếu tố chất lượng luôn là mục tiêu hàng đầu của các nhà sản xuất. Sự biến đổi của khóm cũng như nhiều loại quả khác sau thu hoạch phụ thuộc rất lớn vào điều kiện nhiệt độ và độ ẩm môi trường bảo quản, các biến đổi hóa lý sau thu hoạch và các xử lý hóa học nhằm cải thiện chất lượng sản phẩm (Van Buren, 1979). Nếu các quá trình không liên quan đến nhiệt thường ít hoặc không ảnh hưởng đến giá trị dinh dưỡng của thực phẩm, thì chế biến nhiệt lại không những làm biến đổi thành phần dinh dưỡng, giá trị cảm quan mà còn tác động rất lớn đến sự giảm cấu trúc của rau quả nói chung và khóm nói riêng. Cấu trúc có thể nói là một thuộc tính chất lượng quan trọng đối với các sản phẩm của khóm. Việc gia nhiệt trong thời gian khá dài để thanh trùng đồ hộp khóm nước đường sẽ làm mềm sản phẩm, mất đi cấu trúc đặc trưng của khóm. Do đó, sự thay đổi cấu trúc khóm qua quá trình chế biến là vấn đề được đặt ra cho các nhà khoa học thực phẩm cũng như các nhà sản xuất.

Mặt khác trong vách tế bào của rau quả tồn tại một cách tự nhiên enzyme pectin methylesterase (PME) có khả năng xúc tác phản ứng giải phóng nhóm methylester của pectin. Do đó, nó tạo điều kiện cho pectin kết hợp với những cation hóa trị 2 trong môi trường nước hình thành một hệ gel. Hệ gel này giúp tăng cường sự kết dính tế bào, giữ cấu trúc cứng chắc. Vì vậy, PME được thừa nhận có tác dụng tăng độ cứng của rau quả chế biến nhiệt (Van Buren, 1979). Các nghiên cứu cải thiện cấu trúc rau quả đã được tiến hành nhiều năm ở khắp các nước trên thế giới theo hai hướng chính là kích hoạt enzyme PME nội bào hoặc bổ sung một loại PME khác trong quá trình chế biến.

Thêm vào đó, mức độ chín là nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi tính chất hóa lý của rau quả. Lựa chọn mức độ chín thích hợp cho quả là một trong những chìa khóa mấu chốt đối với việc điều khiển chất lượng sản phẩm trong chế biến nhiệt. Chính vì vậy, nghiên cứu động học sự thay đổi đặc tính cấu trúc của khóm theo mức độ chín trong chế biến nhiệt được tiến hành nhằm làm rõ một số vấn đề ảnh hưởng đến chất lượng trái cây nhằm góp phần duy trì chất lượng sản phẩm sau chế biến nhiệt.

2 PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

Thí nghiệm được tiến hành tại phòng thí nghiệm phân tích, Bộ môn Công nghệ Thực phẩm, Khoa Nông nghiệp và Sinh học Ứng dụng, Trường Đại học Cần Thơ.

2.1 Chuẩn bị mẫu

Khóm được thu mua tại ruộng khóm ở huyện Tân Phước (Tiền Giang) với độ chín kỹ thuật (vỏ màu xanh bóng một hàng mắt mờ). Khóm được để chín ở điều kiện bình thường tại phòng thí nghiệm trước khi chế biến và được chia làm 5 độ chín khác nhau: độ chín 1 (trái xanh bóng, 1 hàng mắt mờ), độ chín 2 (25% vỏ trái chuyển màu vàng, 2 hàng mắt mờ), độ chín 3 (25 – 75% vỏ trái màu vàng tươi, 3 hàng mắt mờ), độ chín 4 (75 – 100% vỏ trái màu vàng tươi, 4 hàng mắt mờ), độ chín 5 (100% vỏ trái màu vàng sẫm, trên 5 hàng mắt mờ) (SARH, 1994). Sau đó, khóm được chặt bỏ hai hàng mắt ở hai đầu, tiếp đó dùng ống thép không rỉ cắt khóm thành những miếng hình trụ có kích thước 20 mm x 20 mm (chú ý không lấy phần lõi khóm). Phương pháp chuẩn bị mẫu được thể hiện ở hình 1.



Hình 1: Chuẩn bị mẫu khóm

2.2 Phương pháp bố trí thí nghiệm

2.2.1 Khảo sát sự thay đổi đặc tính cấu trúc của khóm theo mức độ chín trong quá trình xử lý nhiệt khác nhau

Khóm được phân loại thành 5 mức độ chín khác nhau theo đúng yêu cầu như mục 2.1 ở trên. Khóm sau khi xử lý cơ học (cắt thành mẫu hình trụ với kích thước 20 mm x 20 mm) và cho vào các ống hình trụ làm bằng thép không gỉ. Mẫu được tiến hành xử lý nhiệt ở các nhiệt độ 80°C, 85°C và 90°C bằng việc sử dụng bộ điều nhiệt. Làm nguội và tiến hành đo cấu trúc của khóm sau mỗi khoảng thời gian xử lý 0, 5, 10, ...180 phút ứng với từng mức nhiệt độ. Phân tích kết quả và tìm ra quy luật sự thay đổi đặc tính cấu trúc của khóm theo các mức độ chín sau quá trình xử lý nhiệt khác nhau thông qua hằng số k.

2.2.2 Khảo sát động học biến đổi đặc tính cấu trúc của khóm theo mức độ chín có sự tác động của quá trình tiền xử lý nhiệt

Khảo sát được tiến hành tương tự như ở thí nghiệm 1. Tuy nhiên, trước khi xử lý nhiệt, mẫu khóm được ngâm trong dung dịch muối CaCl_2 nồng độ 0,15% ở 55°C trong thời gian 10 phút (Trần Thanh Trúc *et al.*, 2006). Làm nguội và tiến hành đo cấu trúc của khóm sau mỗi khoảng thời gian 0, 5, 10, ..., 180 phút. Từ kết quả đã thu thập được, tiến hành phân tích quy luật động học sự thay đổi đặc tính cấu trúc của khóm theo các mức độ chín sau quá trình xử lý nhiệt khác nhau thông qua hằng số k.

2.3 Phương pháp đo đạc và xử lý số liệu

2.3.1 Phương pháp đo đạc

Tiến hành đo cấu trúc (g lực) của các mẫu khóm bằng thiết bị đo cấu trúc (Texture Analyser TA_XT2i) với các thông số:

- Lực nén: 25 kg
- Tốc độ nén: 2 mm/s
- Đầu đo (probe): dao cắt HDP/BSK Blade set with knife
- Khoảng cách phá vỡ: 50%

Kết quả thu được là trung bình cộng của mười lần đo đạc.

2.3.2 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. Đối với một số loại rau củ

n như carrot, khóm, biến đổi này thường tuân theo phương trình bậc một chuyển đổi một phần (fractional conversion model) (Vu *et al.*, 2004; Trần Thanh Trúc *et al.*, 2006). Khi đó, độ cứng của nguyên liệu không đổi và được biểu diễn là H_∞ :

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

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

H_0 - cấu trúc ban đầu

H_∞ - 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⁻¹)

Giá trị độ lệch chuẩn SD và độ tin cậy R^2 của phương trình động học biểu diễn sự thay đổi cấu trúc theo thời gian xử lý nhiệt được tính toán theo các công thức sau (SAS, 1990):

$$R^2 = 1 - (m-1) \frac{SSQ_{regression}}{SSQ_{total} - (m-j)}$$

$$SD = \sqrt{\frac{SSQ_{residual}}{(m-j)}}$$

Trong đó

m : số điểm khảo sát (observations)

j : số tham số khảo sát (parameters)

SSQ: các tổng bình phương (sum of squares)

SD : độ lệch chuẩn (standard deviation)

2.3.3 Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu sau khi thu thập được xử lý, phân tích biến đổi động học bằng chương trình SAS 9.1.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Khảo sát sự thay đổi độ cứng của khóm theo mức độ chín trong quá trình xử lý nhiệt khác nhau

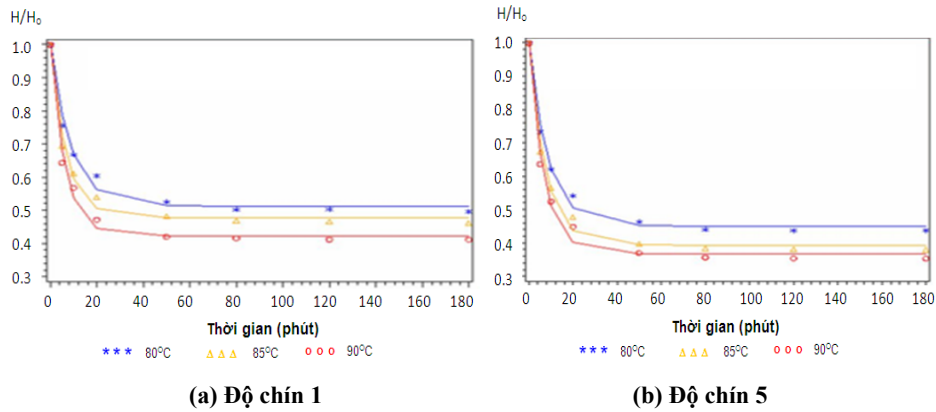
Quá trình gia nhiệt có ảnh hưởng rất lớn đến cấu trúc của tế bào rau quả nói chung và khóm nói riêng, pectin bị phá vỡ và những đặc tính vật lý của tế bào cũng thay đổi theo. Khả năng cải thiện cấu trúc khóm không chỉ được đánh giá bằng sự thay đổi độ cứng sau quá trình tiền xử lý có hoặc không có enzyme mà còn phải đánh giá dựa vào khả năng duy trì độ cứng sau quá trình gia nhiệt ở nhiệt độ cao nhất định trong thời gian dài. Do đó, phương pháp nghiên cứu động học, tức là sự thay đổi cấu trúc do nhiệt theo thời gian được sử dụng. Phương pháp này dựa vào giá trị độ cứng của quả ở từng khoảng thời gian gia nhiệt để tìm ra quy luật biến đổi cấu trúc. Độ cứng của khóm được thể hiện qua giá trị lực cắt tác động lên mẫu khóm kích thước 20 x 20 mm bởi dao cắt của thiết bị đo cấu trúc với các thông số cho trước. Độ cứng tương đối là tỉ số giữa độ cứng của các mẫu khóm được đo so với độ cứng của khóm tươi. Kết quả sau khi đo đạc được thu thập và xử lý bằng chương trình SAS 9.1. Các thông số động học thu được thông qua tính toán được thể hiện ở bảng 1, phương trình động học sự thay đổi cấu trúc khóm theo các chế độ xử lý nhiệt được tổng kết ở bảng 2.

Bảng 1: Thông số động học được tính toán dựa vào phương trình chuyển đổi một phần của sự thay đổi cấu trúc khóm ở các mức độ chín theo các chế độ xử lý nhiệt khác nhau

Mức độ chín	Nhiệt độ	SD	K (1/phút)	R ²	H _∞ (g lực)
Độ chín 1	80°C	0,0117	0,1394 ± 0,0079	0,99	1406,7 ± 14,3910
	85°C	0,0242	0,1471 ± 0,0161	0,99	1304,4 ± 29,6305
	90°C	0,0172	0,1558 ± 0,0110	0,99	1156,6 ± 20,9266
Độ chín 2	80°C	0,0237	0,1145 ± 0,0118	0,99	1261,2 ± 28,5967
	85°C	0,0224	0,1495 ± 0,0144	0,99	1174,7 ± 26,2298
	90°C	0,0232	0,1615 ± 0,0148	0,99	1039,2 ± 26,8401
Độ chín 3	80°C	0,0138	0,1068 ± 0,0062	0,99	1157,6 ± 15,8434
	85°C	0,0231	0,1234 ± 0,0109	0,99	1010,5 ± 26,0364
	90°C	0,0239	0,1509 ± 0,0133	0,99	914,00 ± 26,2744
Độ chín 4	80°C	0,0277	0,1136 ± 0,0123	0,99	1040,2 ± 30,9958
	85°C	0,0357	0,1260 ± 0,0165	0,99	940,60 ± 39,4270
	90°C	0,0308	0,1433 ± 0,0153	0,99	822,80 ± 33,4913
Độ chín 5	80°C	0,0207	0,1154 ± 0,0092	0,99	964,90 ± 21,8231
	85°C	0,0232	0,1315 ± 0,0110	0,99	842,90 ± 24,0784
	90°C	0,0261	0,1479 ± 0,0137	0,99	789,60 ± 26,7056

Bảng 2: Phương trình động học sự thay đổi cấu trúc khóm theo các mức độ chín ở các chế độ xử lý nhiệt khác nhau

Mức độ chín	Nhiệt độ	H ₀ (g lực)	Phương trình động học
Độ chín 1	80°C	2574,881	H/H ₀ = 0,5463 + 0,4536exp(-0,1394t)
	85°C	2574,881	H/H ₀ = 0,5065 + 0,4934exp(-0,1471t)
	90°C	2574,881	H/H ₀ = 0,4491 + 0,5508exp(-0,1558t)
Độ chín 2	80°C	2458,897	H/H ₀ = 0,5129 + 0,4870exp(-0,1145t)
	85°C	2458,897	H/H ₀ = 0,4777 + 0,5222exp(-0,1495t)
	90°C	2458,897	H/H ₀ = 0,4226 + 0,5773exp(-0,1615t)
Độ chín 3	80°C	2318,847	H/H ₀ = 0,4992 + 0,5007exp(-0,1068t)
	85°C	2318,847	H/H ₀ = 0,4357 + 0,5642exp(-0,1234t)
	90°C	2318,847	H/H ₀ = 0,3941 + 0,6058exp(-0,1509t)
Độ chín 4	80°C	2276,542	H/H ₀ = 0,4569 + 0,5430exp(-0,1136t)
	85°C	2276,542	H/H ₀ = 0,4131 + 0,5868exp(-0,1260t)
	90°C	2276,542	H/H ₀ = 0,3614 + 0,6385exp(-0,1433t)
Độ chín 5	80°C	2145,652	H/H ₀ = 0,4497 + 0,5503exp(-0,1154t)
	85°C	2145,652	H/H ₀ = 0,3928 + 0,6071exp(-0,1315t)
	90°C	2145,652	H/H ₀ = 0,3680 + 0,6320exp(-0,1479t)



Hình 2: Đồ thị biểu diễn động học sự thay đổi cấu trúc khóm ở các chế độ xử lý nhiệt khác nhau ở hai mức độ chín điển hình 1 và 5

Theo kết quả bảng 1, giá trị R^2 gần như bằng 1 và độ lệch chuẩn SD thấp nên phương trình động học đưa ra có độ tin cậy cao. Như vậy, sự biến đổi cấu trúc khóm ở các chế độ xử lý nhiệt khác nhau tuân theo mô hình phản ứng chuyển đổi một phần (Bảng 2).

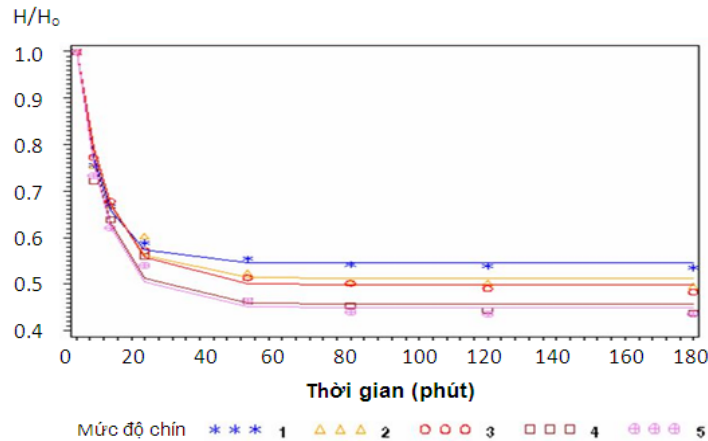
Giá trị độ cứng còn lại giảm theo nhiệt độ xử lý từ 80°C đến 90°C khi hằng số tốc độ k (1/phút) tăng dần và tỷ lệ H/H_0 (tỷ lệ giá trị độ cứng sau khi xử lý nhiệt so với giá trị độ cứng của mẫu khóm ban đầu) giảm dần theo thời gian xử lý nhiệt từ 5 đến 180 phút. Điều này chứng tỏ tốc độ giảm cấu trúc tăng dần theo thời gian và theo chế độ xử lý nhiệt. Nhiệt độ càng cao thì giá trị độ cứng tương đối còn lại càng giảm. Trên cùng một mức độ chín thì giá trị độ cứng còn lại (g lực) cao nhất ở 80°C (độ chín 1 là 1406,7; độ chín 2: 1261,2; độ chín 3: 1157,6; độ chín 4: 1040,2; độ chín 5: 964,9) và thấp nhất ở 90°C (độ chín 1:1156,6; độ chín 2: 1039,2; độ chín 3: 914; độ chín 4: 882,8; độ chín 5: 789,6).

Khi khóm được gia nhiệt trong thời gian dài, độ cứng của khóm giảm nhanh trong thời gian đầu và sau đó giảm chậm dần nhưng không tiến về giá trị 0 (Hình 2). Điều này phù hợp với giả thuyết, nghĩa là chỉ một phần cấu trúc khóm bị phá hủy bởi nhiệt độ cao. Kết quả thu được có thể giải thích dựa vào đặc điểm cấu tạo mô tế bào của khóm có chứa nhiều cellulose và hemicellulose. Do đó, nếu thời gian gia nhiệt hợp lý sẽ giúp cải thiện độ cứng, nếu kéo dài quá thì cấu trúc khóm sẽ bị dai.

Dưới tác động của nhiệt độ, độ cứng của khóm có sự thay đổi rất lớn so với mẫu khóm tươi ban đầu, thời gian gia nhiệt càng dài thì độ cứng của khóm càng giảm. Tuy nhiên, tỉ lệ H_∞/H_0 (tỉ lệ giá trị độ cứng còn lại so với giá trị độ cứng của mẫu khóm ban đầu) tương đối lớn. Đồng thời, tỷ lệ H_∞/H_0 ở các chế độ xử lý nhiệt cũng khác nhau.

Độ chín của khóm cũng là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến cấu trúc. Điều này thể hiện rõ thông qua đồ thị hình 3. Trong cùng chế độ xử lý nhiệt có thể nhận thấy, giá trị độ cứng còn lại giảm dần theo mức độ chín của khóm từ mức chín 1 đến mức chín 5. Ở chế độ xử lý nhiệt 80°C, giá trị độ cứng còn lại cao nhất ở mức

chín 1 ($H_{\infty} = 1406,7$), giá trị độ cứng còn lại thấp nhất ở mức chín 5 ($H_{\infty} = 964,9$). Để hạn chế sự thay đổi cấu trúc của khóm sau khi gia nhiệt tốt nhất nên chọn nhiệt độ xử lý là 80°C vì ở nhiệt độ này độ cứng được duy trì tốt nhất.



Hình 3: Đồ thị biểu diễn động học sự thay đổi cấu trúc khóm ở 5 mức độ chín trong cùng chế độ xử lý nhiệt 80°C

3.2 Động học sự thay đổi cấu trúc của khóm có tiền xử lý (chần trong CaCl_2 0,15% ở 55°C , 10 phút) theo các chế độ xử lý nhiệt khác nhau

Muối calcium thường sử dụng trong công nghiệp như một tác nhân tạo sự rắn chắc cho rau quả; đặc biệt là các sản phẩm rau quả phải trải qua quá trình xử lý nhiệt. Cấu trúc của nhiều loại rau quả sẽ được cải thiện khi ngâm muối calcium (Luna-Guzmán *et al.*, 1999 & 2000; Alonso *et al.*, 1997; Suutarinen *et al.*, 2000). Các loại muối calcium thường được sử dụng phổ biến là calcium chloride và calcium lactate (Baker, 1993; Sato *et al.*, 2006; Greve *et al.*, 1994).

Trong môi trường nước, CaCl_2 hòa tan thành ion Ca^{2+} và ion Cl^- . Khi ngâm nguyên liệu vào trong dung dịch thì ion Ca^{2+} sẽ khuếch tán vào trong nguyên liệu làm cho nguyên liệu có cấu trúc cứng hơn. 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 lực cứng của tế bào (Luna-Guzmán *et al.*, 2000). Tác động này chỉ có hiệu quả cao nhất khi pectin hiện diện ở dạng pectin có độ methoxyl thấp (acid pectinic). Khi đó Ca^{2+} sẽ dễ dàng gắn vào mạch, tạo pectate – calcium. Trong trường hợp không có tác động của Ca^{2+} , quả sẽ mềm hơn do tác động của enzyme polygalacturonase phân giải pectin thành pectin có khối lượng phân tử thấp hơn hay đơn phân galacturonic acid. Muối calcium cũng được sử dụng để làm giảm ảnh hưởng bất lợi của nhiệt độ đến cấu trúc của các sản phẩm xử lý nhiệt (trích dẫn bởi Alonso, 1997, Suutarinen, 2000). Đã có nhiều nghiên cứu cải thiện độ cứng của rau quả trong quá trình xử lý nhiệt bằng cách sử dụng muối calcium. Các kết quả đo đạc trong quá trình nghiên cứu được tính toán, xử lý và trình bày ở bảng 3 và bảng 4.

Bảng 3: Giá trị k và H_∞ của sự thay đổi cấu trúc khóm đã được tiền xử lý (chần trong CaCl₂ 0,15% ở 55°C, 10 phút) ở các mức độ chín khác nhau theo các chế độ xử lý nhiệt khác nhau

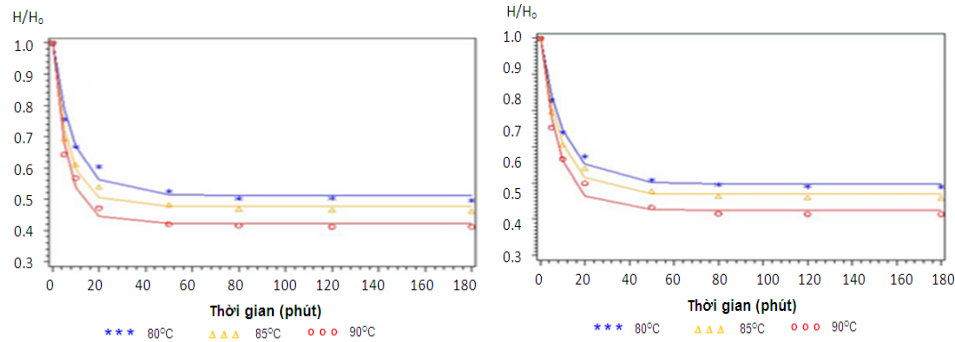
Mức độ chín	Nhiệt độ	SD	K (1/phút)	R ²	H _∞
Độ chín 1	80°C	0,0118	0,0999 ± 0,0061	0,99	1539,6 ± 15,173
	85°C	0,0148	0,1126 ± 0,0082	0,99	1465,2 ± 18,816
	90°C	0,0198	0,1244 ± 0,0112	0,99	1351,3 ± 24,7808
Độ chín 2	80°C	0,0101	0,1017 ± 0,0053	0,99	1469,6 ± 12,5664
	85°C	0,0147	0,1128 ± 0,0077	0,99	1357,3 ± 17,9950
	90°C	0,0188	0,1461 ± 0,0115	0,99	1168,9 ± 22,2634
Độ chín 3	80°C	0,0125	0,1056 ± 0,0065	0,99	1369,1 ± 14,8432
	85°C	0,0140	0,1188 ± 0,0075	0,99	1255,4 ± 16,3295
	90°C	0,0205	0,1282 ± 0,0011	0,99	1168,0 ± 23,7273
Độ chín 4	80°C	0,0121	0,1069 ± 0,0061	0,99	1263,8 ± 13,5759
	85°C	0,0171	0,1189 ± 0,0088	0,99	1157,3 ± 18,9874
	90°C	0,0191	0,1368 ± 0,0107	0,99	1053,4 ± 20,9380
Độ chín 5	80°C	0,0207	0,0828 ± 0,0073	0,99	1099,2 ± 22,6100
	85°C	0,0245	0,0989 ± 0,0095	0,99	993,00 ± 26,0626
	90°C	0,0304	0,1480 ± 0,0125	0,99	860,80 ± 31,6413

Bảng 4: Phương trình động học sự thay đổi cấu trúc khóm theo các mức độ chín đã được tiền xử lý (chần trong CaCl₂ 0,15% ở 55°C, 10 phút) khi xử lý nhiệt ở các chế độ khác nhau

Mức độ chín	Nhiệt độ	H ₀	Phương trình động học
Độ chín 1	80°C	9,897	H/H ₀ = 0,2096 + 0,7904exp(-0,0573.t)
	85°C	9,785	H/H ₀ = 0,1623 + 0,8377exp(-0,0655.t)
	90°C	9,911	H/H ₀ = 0,1455 + 0,8544exp(-0,0894.t)
Độ chín 2	80°C	8,776	H/H ₀ = 0,2030 + 0,7970exp(-0,0562.t)
	85°C	8,695	H/H ₀ = 0,1550 + 0,8450exp(-0,0633.t)
	90°C	8,792	H/H ₀ = 0,1295 + 0,8705exp(-0,0736.t)
Độ chín 3	80°C	7,976	H/H ₀ = 0,1820 + 0,8180exp(-0,0643.t)
	85°C	7,894	H/H ₀ = 0,1636 + 0,8364exp(-0,0722.t)
	90°C	7,988	H/H ₀ = 0,1374 + 0,8626exp(-0,0795.t)
Độ chín 4	80°C	6,812	H/H ₀ = 0,1668 + 0,8332exp(-0,0659.t)
	85°C	6,798	H/H ₀ = 0,1622 + 0,8378exp(-0,0828.t)
	90°C	6,845	H/H ₀ = 0,1316 + 0,8684exp(-0,0907.t)
Độ chín 5	80°C	5,512	H/H ₀ = 0,1863 + 0,8137exp(-0,0680.t)
	85°C	5,493	H/H ₀ = 0,1714 + 0,8285exp(-0,0875.t)
	90°C	5,552	H/H ₀ = 0,1261 + 0,8739exp(-0,1082.t)

Từ kết quả thí nghiệm ở bảng 3 và bảng 4 cho thấy, động học sự thay đổi cấu trúc của khóm đã qua tiền xử lý cũng mô tả theo phương trình chuyển đổi một phần

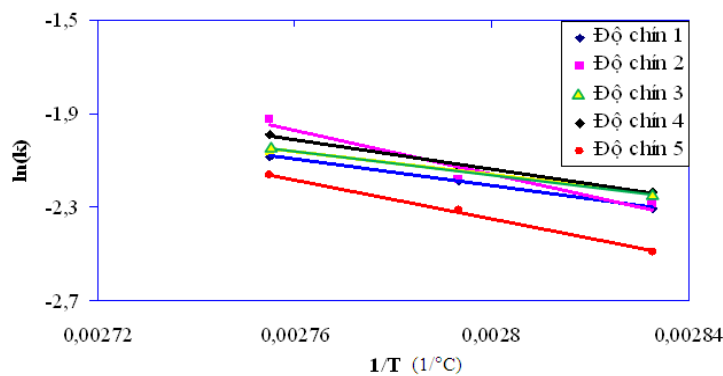
(giá trị R^2 gần bằng 1, giá trị SD nhỏ nên có ý nghĩa cao) nghĩa là trong tế bào thực vật có sự tồn tại của cấu trúc không bền nhiệt và cấu trúc bền nhiệt. Khi xử lý nhiệt khóm đã qua tiền xử lý (chần trong dung dịch $CaCl_2$ 0,15%) thì khả năng cải thiện cấu trúc của khóm sau quá trình xử lý nhiệt tăng, hằng số tốc độ k (1/phút) ở trường hợp có bổ sung $CaCl_2$ nhỏ hơn so với hằng số tốc độ phá hủy cấu trúc khóm khi không có sự hiện diện của $CaCl_2$. Hình 4 cho thấy, ở cùng độ chín, mức độ giảm cấu trúc của khóm được chần ở $55^\circ C$ trong dung dịch $CaCl_2$ ít hơn (giá trị H/H_0 cao hơn và đường biểu diễn tốc độ giảm cấu trúc nằm cao hơn) khi so sánh với mẫu khóm không qua tiền xử lý trước khi gia nhiệt. Kết quả thu được là phù hợp với lý thuyết về phản ứng kết hợp của pectin do tác động của enzyme PME.



(a) Không tiền xử lý (b) Tiền xử lý trong $CaCl_2$ 0,15% ở $55^\circ C$, 10'

Hình 4: Đồ thị động học sự thay đổi cấu trúc của khóm ở mức độ chín 1 theo các chế độ xử lý nhiệt khác nhau

Trong trường hợp này enzyme tiếp xúc với cơ chất pectin trong vách tế bào đã thủy phân ester tạo ra các gốc acid tự do, ngay khi đó sự có mặt của ion Ca^{2+} sẵn trong dung dịch có vẻ thuận lợi để cho phản ứng tạo phức pectate calcium diễn ra nhanh chóng. Các vách tế bào lúc này tạo được nhanh và nhiều cầu nối calcium – pectate nên mô quả trở nên cứng chắc hơn (Van Buren, 1979). Tương tự như trường hợp xử lý nhiệt khóm trong điều kiện không bổ sung $CaCl_2$, khi chế độ xử lý nhiệt càng tăng (từ $80^\circ C$ đến $85^\circ C$ và $90^\circ C$) với cùng mức độ chín thì hằng số tốc độ k (1/phút) cũng tăng dần (Hình 5).



Hình 5: Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của nhiệt độ (T) đến hằng số phá hủy cấu trúc (k) của khóm có tiền xử lý trong quá trình xử lý nhiệt ở các chế độ nhiệt khác nhau

4 KẾT LUẬN

Sự thay đổi cấu trúc khóm ở các mức độ chín khác nhau đều tuân theo mô hình phản ứng chuyển đổi một phần (fractional conversion model) cả khi không bổ sung và có bổ sung CaCl_2 0,15%. Cấu trúc khóm có sự thay đổi lớn dưới tác động của nhiệt độ so với mẫu khóm tươi ban đầu. Tuy nhiên, giá trị độ cứng còn lại của khóm khi kết thúc quá trình gia nhiệt tương đối cao chứng tỏ phần cấu trúc bền nhiệt trong khóm chiếm tỉ lệ lớn.

Giá trị độ cứng còn lại của khóm không tiền xử lý và khóm được tiền xử lý (chần trong dung dịch CaCl_2 0,15%) trong cùng 1 mức độ chín thì giảm dần từ chế độ xử lý nhiệt 80°C đến chế độ xử lý nhiệt 90°C . Ngược lại, hằng số tốc độ phá hủy cấu trúc khóm (k) tăng dần từ chế độ xử lý nhiệt 80°C đến chế độ xử lý nhiệt 90°C . Trong cùng một chế độ xử lý nhiệt thì giá trị độ cứng còn lại của khóm không tiền xử lý và khóm được tiền xử lý (chần trong CaCl_2 0,15%) giảm dần từ độ chín 1 đến độ chín 5. Tuy nhiên, độ cứng của khóm đã qua tiền xử lý (chần trong dung dịch CaCl_2 0,15%) khi xử lý ở các chế độ nhiệt khác nhau thì có phần được cải thiện hơn so với khóm không có tiền xử lý, thể hiện qua tỷ lệ H/H_0 cao, giá trị k nhỏ ở cùng chế độ xử lý nhiệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Alonso J., W. Canet & T. Rodriguez (1997). Thermal and calcium pretreatment affects texture, pectinesterase and pectic substances of frozen sweet cherries. *Journal of Food Science*, 62, 511–515
- Baker R.A. (1993) Firmness of Canned Grapefruit Sections Improved with Calci Lactate. *Journal of Food Science* 58:5, 1107–1110
- Bartholomew R., E. Paull and K.G. Rohrbach (2003). *The Pineapple: Botany, Cultivation and Utilization*. Interscience Publishers, New York.
- Greve L., R. Mcardle, J. Gohlke, J. Labavitch (1994). The impact of heating on carrot firmness, changes in cell wall components. *Journal of Agric. Food Chem.*, 42, 2900–2906
- Luna-Guzmán I., M. Cantwell, D.M. Barrett (1999). Fresh-cut cantaloupe: Effects of CaCl_2 dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 207-220.
- Luna-Guzmán, I., D.M. Barrett (2000). Comparison of Calci chloride and Calci lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology*, 19, 61-72.
- SAS Institute Inc. (1990). *SAS/STAT User's Guide*, version 6, 4th edition, SAS Institute Inc., Carry, N.C., USA.
- Sato A. C.K, E.J. Şaninéz-Argandona & R.L.Cunha (2006). The effect of addition of Calci and processing temperature on the quality of guava in syrup. *International Journal of Food Science & Technology*, 41 (4), 417-424
- Suutarinen J., K. Heiska, K. Autio, & M. Mokka (2000). The effect of CaCl_2 and PME prefreezing treatment in a vacuum on the structure of strawberries (abstract). In: T. Hietaranta, M.M.Linna, (eds.). *4th International Strawberry*
- Trần Thanh Trúc, Dương Thị Thúy Oanh, Lý Nguyễn Bình, Nguyễn Văn Mười, 2006. Động học sự thay đổi cấu trúc khóm ở các điều kiện tiền xử lý khác nhau. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 6: 43:52.
- Van Buren J.P. 1979. The chemistry of texture in fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies*, 10, 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.