

# SỰ BIẾN ĐỔI HÀM LƯỢNG PHENOLIC, CAROTENOID VÀ HOẠT TÍNH KHÁNG OXY HÓA TRONG QUÁ TRÌNH CHÍN CỦA CÀ CHUA

Nguyễn Văn Lâm\*, Đào Thị Ngọc Mai

*Khoa Công nghệ thực phẩm, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

\*Email: nvlamcntp@vnua.edu.vn; nvlam\_2003@yahoo.com

Ngày gửi bài: 07.06.2018

Ngày chấp nhận: 02.08.2018

## TÓM TẮT

Cà chua là một loại rau quả có giá trị dinh dưỡng do chứa các chất có lợi cho sức khỏe như carotenoid và phenolic. Nghiên cứu này thực hiện với mục đích xác định ảnh hưởng của độ chín đến hàm lượng một số hợp chất có hoạt tính sinh học trên giống cà chua Thúi Hồng và xác định thời điểm thu hái cũng như chế biến phù hợp. Cà chua được thu hái ở 5 độ chín (ĐC) để phân tích các hợp chất có hoạt tính sinh học, trong đó hàm lượng phenolic và hoạt tính kháng oxy hóa được đo bằng phương pháp Folin-Ciocalteu và DPPH. Trong quá trình chín, hàm lượng vitamin C tăng mạnh từ 2,25 lên 27,17 mg/100 g chất tươi (CT) từ ĐC1 (màu xanh) đến ĐC5 (màu đỏ, mềm). Sự tích lũy hợp chất phenolic tăng lên mạnh từ ĐC1 đến ĐC3 (màu vàng cam nhạt), sau đó hầu như không đổi đến ĐC5. Carotenoid cũng tích lũy mạnh trong suốt quá trình chín; ở ĐC1 hàm lượng carotenoid là 598,81 µg/100 g CT và tăng lên 12,6 lần ở ĐC5. Hoạt tính kháng oxy hóa cũng tăng mạnh từ độ chín 1 đến độ chín 3, sau đó giữ ổn định đến ĐC5. Sự tăng này có thể là do sự tích lũy của phenolic và carotenoid. ĐC5 là giai đoạn mang lại giá trị dinh dưỡng cao khi sử dụng.

Từ khóa: Cà chua (*Solanum lycopersicum* L), carotenoid, độ chín, hoạt tính kháng oxy, phenolic.

## Changes in Total Phenolic, Carotenoid Contents and Antioxidant Activity During Tomato Ripening

### ABSTRACT

Tomato is a nutritious vegetable rich in carotenoids and phenolics. This study aimed to determine the effect of ripeness on the accumulation of some bioactive compounds in Thuy Hong tomato cultivar to identify suitable time for harvest and consumption. Tomatoes were harvested at 5 ripening stages (RS) for analysis of bioactive compounds, in which phenolic contents and antioxidant activities were measured by Folin-ciocalteu and DPPH methods, respectively. During ripening, vitamin C content increased dramatically from 2.25 to 27.17 mg/100 g fresh weight (FW) from RS1 (green) to RS5 (red, soft). The accumulation of phenolic compounds increased significantly from RS1 to RS3 (light orange-yellow color), then almost unchanged to RS5. Carotenoid content rised intensely during ripening; At RS1 carotenoid content was 598.81 µg/100 g FW, and then increased of 12.6 times at RS5. Antioxidant activity increased dramatically from RS1 to RS3, then remained unchanged to RS5. This increase would be due to the accumulation of in phenolics and carotenoids during maturation. RS5 seems to be the suitable for consumption due to its high content of bioactive compounds.

Keywords: Antioxidant activity, carotenoids, phenolic compounds, ripening stage, tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hợp chất phenolic và carotenoid là chất kháng oxy hóa tự nhiên có lợi cho sức khỏe con người (Handique & Baruah, 2002; Rao & Rao,

2007). Các hợp chất phenolic là các chất chuyển hóa thứ cấp có nhiều trong các loại rau quả, ngũ cốc và đồ uống (Shahidi & Ambigaipalan, 2015; Srivastava & Mishra, 2015). Phenolic là các hợp chất chứa một hoặc nhiều vòng benzen chứa

một hoặc nhiều nhóm hydroxyl (Dai & Mumper, 2010). Những chất này rất đa dạng với nhiều nhóm hợp chất (phenolic acid, flavonoid đơn giản, flavonoid phức tạp và anthocyanin) (Lin *et al.*, 2016). Các chất này đã thu hút được sự quan tâm ngày càng nhiều vì tiềm năng kháng oxy hóa và các tác dụng có lợi cho sức khỏe (Haminiuk *et al.*, 2012). Nghiên cứu cho thấy rằng các hợp chất phenolic có tác dụng phòng chống các bệnh mãn tính như bệnh tim mạch, rối loạn thoái hóa thần kinh và một số loại ung thư (Vizzotto *et al.*, 2014; Aguilera *et al.*, 2016). Các hợp chất này cũng có vai trò biến đổi hệ vi sinh vật đường ruột theo chiều hướng có lợi cho sức khỏe (Sauceda *et al.*, 2017). Do đó, chế độ ăn có lượng phù hợp các hợp chất phenolic là rất quan trọng để tăng cường sức khỏe con người.

Carotenoid là một nhóm các chất sắc tố được tổng hợp bởi thực vật và vi sinh vật nhưng không được tổng hợp bởi động vật. Carotenoid có hai nhóm chính là xanthophyll và carotene, chúng tham gia vào bộ máy quang hợp ở thực vật và bảo vệ chúng chống lại sự phá hủy ánh sáng (Rao & Rao, 2007). Chúng có hàm lượng nhỏ trong rau quả và tạo nên màu vàng, da cam và đỏ (Perera & Yen, 2007). Carotenoid của rau quả có lợi trong việc ngăn ngừa các bệnh tim mạch, ung thư và các bệnh mãn tính khác ở người (Paiva & Russell, 1999; Wang *et al.*, 2010). Chúng cũng là nguồn vitamin A quan trọng trong chế độ ăn uống (Rao & Rao, 2007).

Cà chua (*Solanum lycopersicum* L.) là một loại rau quả phổ biến có giá trị dinh dưỡng cao và chứa nhiều chất có hoạt tính sinh học như phenolic, carotenoid, vitamin C và E (Anton *et al.*, 2017). Trong quá trình chín, quả cà chua có sự thay đổi về màu sắc cũng như các hợp chất bên trong. Ví dụ, chlorophyll bị phân giải trong khi hàm lượng carotenoid tăng lên (Ilahy *et al.*, 2011; Carrillo-López & Yahia, 2014). Hàm lượng hợp chất phenolic cũng tăng lên trong quá trình chín của quả. Việc xác định hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học trong quá trình chín có ý nghĩa xác định thời điểm thu hái cũng như sử dụng cà chua làm thức ăn một cách tốt nhất. Cà chua Thúi Hồng là giống cà chua nhập nội có những đặc điểm ưu việt như cho thu quả

nhanh, sai quả, thịt quả dày, chắc mịn, khô ráo, hương thơm đậm đà. Nghiên cứu này thực hiện với mục đích xác định sự biến đổi hàm lượng phenolic, carotenoid và hoạt tính kháng oxy hóa của giống cà chua Thúi Hồng, qua đó cho biết hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học trong cà chua, một khía cạnh còn chưa được quan tâm nghiên cứu.

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

### 2.1. Vật liệu nghiên cứu

Nguyên liệu để thực hiện đề tài này là giống cà chua Thúi Hồng vụ đông xuân được thu hái tại vườn thí nghiệm của Khoa Nông học vào ngày 21 tháng 1 năm 2013.

Quả cà chua thu hái tại cùng một thời điểm ngẫu nhiên và trải đều trên thửa ruộng có diện tích 200 m<sup>2</sup>. Cà chua được thu ở 5 độ chín khác nhau dựa vào màu sắc (Bảng 1) và mỗi độ chín thu 60 - 80 quả. Sau đó cà chua được sơ chế bằng cách loại bỏ phần cuống và loại bỏ một số tạp chất bằng cách rửa sạch, để ráo nước rồi lau khô nhẹ nhàng tránh làm tổn thương. Tiến hành đo các chỉ tiêu khối lượng, kích thước, thể tích của quả (mỗi độ chín đo 10 quả). Sau đó mẫu được bảo quản ở -23°C cho các thí nghiệm phân tích. Các thí nghiệm phân tích được tiến hành lặp lại 3 lần, mỗi độ lặp lại sử dụng ngẫu nhiên 5 quả. Các quả được thái nhỏ và trộn đều trước khi lấy để phân tích.

### 2.2. Hóa chất

1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) và Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8 của hãng tetramethylchroman-2-carboxylic acid) là hóa chất dùng cho phân tích của hãng Sigma (Mỹ). Gallic acid và thuốc thử Folin - Ciocalteu là của hãng Merk (Đức). Các hóa chất khác là hóa chất đạt tiêu chuẩn dùng cho phân tích có xuất xứ Trung Quốc.

### 2.3. Xác định đường kính, khối lượng và tỉ trọng riêng quả

Đường kính quả được xác định bằng thước kẹp Panme điện tử.

**Bảng 1. Phân loại độ chín (ĐC)**

Độ chín	Màu sắc vỏ quả
ĐC1	Quả có màu xanh
ĐC2	Quả có màu xanh sáng, giai đoạn này hình thành gel xung quanh hạt
ĐC3	Quả có màu vàng cam nhạt
ĐC4	Quả có màu vàng cam đậm hay đỏ nhạt
ĐC5	Quả có màu đỏ, mềm

Tỉ trọng riêng của quả là tỉ lệ khối lượng và thể tích quả. Khối lượng quả được xác định bằng cân kỹ thuật. Thể tích quả xác định bằng dựa vào thể tích mà quả cà chua chiếm trong nước. Thí nghiệm tiến hành trên 10 quả ở mỗi độ chín.

#### 2.4. Xác định tổng chất rắn hòa tan (total soluble solids - TSS) và acid hữu cơ tổng số

TSS được xác định bằng chiết quang kế (PR-101, Atago, Japan). Mẫu được thái nhỏ, trộn đều, cho mẫu vào vải màn sau đó dùng dụng cụ ép tối ép lấy dịch trong, sau đó đo bằng chiết quang kế.

Hàm lượng acid hữu cơ tổng số được xác định theo phương pháp chuẩn độ bằng NaOH 0,1N và được tính theo citric acid (Ilahy *et al.*, 2011). Năm gam mẫu được nghiền nhỏ, sau đó chuyển sang bình tam giác 250 ml, thêm nước đạt thể tích dung dịch 150 ml. Đun 30 phút cách thủy trên bếp ở nhiệt độ 80 - 90°C, thỉnh thoảng lắc. Khi dung dịch đã nguội, lọc qua giấy lọc vào bình định mức 250 ml, lên thể tích tới vạch nước cất.

Lượng acid hữu cơ hòa tan trong mẫu (mg/100 g CT) được tính theo công thức:

$$HL_{\text{acid hữu cơ}} = \frac{a \cdot 0,0064 \cdot V \cdot 100}{v \cdot c}$$

Trong đó:

a: Số ml NaOH 0,01 N cần để chuẩn độ

0,0064: Số gam acid tương ứng với 1 mL NaOH (0,0064 là hệ số đối với citric acid).

V: Tổng thể tích dịch chiết (mL)

v: Số mililit dung dịch lấy để chuẩn độ (mL)

c: Khối lượng mẫu (g)

#### 2.5. Xác định hàm lượng vitamin C

Vitamin C được chiết theo phương pháp của Musulin & King (1936). Cân 5 g mẫu cà chua,

nghiền nhỏ trong cối sứ rồi đồng nhất mẫu với 2 mL dung dịch đệm (CH<sub>3</sub>COOH 8% và HPO<sub>3</sub> 2%). Khi mẫu đồng nhất, cho mẫu vào ống falcon, tráng cốc và chày bằng dung dịch (CH<sub>3</sub>COOH 8% và HPO<sub>3</sub> 2%) ba lần (mỗi lần 10 mL), sau đó lên thể tích đến 50 mL. Đem ly tâm mẫu trong 6.000 vòng/phút trong 15 phút, lấy phần dịch trong.

Hàm lượng vitamin C sau đó được xác định bằng cách chuẩn độ với dung dịch I<sub>2</sub> 0,01N. Lấy 20 mL dịch chiết cho vào bình tam giác 0,5 ml tinh bột, sau đó đem đi chuẩn độ bằng dung dịch I<sub>2</sub> 0,01N đến khi dung dịch chuyển xanh. Song song với bình thí nghiệm một bình đối chứng được tiến hành tương tự với 20 mL dung dịch dùng để chiết. Đường cong chuẩn được xây dựng với năm điểm chuẩn 0, 0,5; 1,0; 1,5 và 2,0 mg/mL để tính hàm lượng vitamin C trong dịch chiết. Phương trình đường chuẩn  $y = 1,6333x$  ( $R^2 = 0,995$ ).

Hàm lượng vitamin C (mg % CT) được xác định bằng công thức:

$$HL_{\text{vitamin C}} = \frac{(b-c) \cdot V \cdot 100}{a \cdot v \cdot m}$$

Trong đó:

b: Thể tích dung dịch I<sub>2</sub> 0,01 N tiêu tốn ở bình thí nghiệm (mL)

c: Thể tích dung dd I<sub>2</sub> 0,01 N tiêu tốn ở bình đối chứng (mL)

V: Tổng thể tích dịch chiết (mL)

v: Thể tích dịch chiết dùng chuẩn độ (mL)

a: Hệ số độ dốc của phương trình đường chuẩn vitamin C

m: Khối lượng mẫu (g)

#### 2.6. Xác định hàm lượng phenolic tổng số

Mẫu được chiết theo phương pháp của Alothman *et al.* (2009) có thay đổi. Cân 5 g mẫu

nghiên nhỏ, thêm 2 ml dung dịch acetone 90%. Nghiền cho tới khi đồng nhất và chuyển sang ống falcon, lên thể tích 25 mL bằng acetone 90%. Dùng máy Vortex lắc mạnh, để ở nhiệt độ phòng 3 tiếng, 10 phút lắc một lần và quá trình chiết diễn ra trong bóng tối. Sau đó ly tâm dịch nghiền trong 20 phút với tốc độ 2.000 v/phút và thu lấy dịch trong bảo quản ở -20°C để phân tích.

Hàm lượng phenolic được đo bằng phương pháp Folin-Ciocalteu được mô tả bởi Fu *et al.* (2011). Mẫu pha loãng (0,5 mL) được chuyển vào ống nghiệm và 2,5 mL thuốc thử Folin-Ciocalteu pha loãng 1:10 được thêm vào và trộn đều. Sau 4 phút, thêm vào 2 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 7,5%. Phản ứng được ủ ở nhiệt độ phòng trong bóng tối trong 2 tiếng và độ hấp thụ của dung dịch phản ứng sau đó được đo tại 760 nm bằng máy quang phổ. Đường chuẩn được xây dựng dựa trên các dung dịch chuẩn có nồng độ 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 và 0,1 mg/mL để tính hàm lượng phenolic tổng số. Đường chuẩn có phương trình  $y = 11,781x$  ( $R^2 = 0,998$ ). Các kết quả được biểu thị bằng gallic acid tương đương (mg GAE/100 g CT; GAE viết tắt của gallic acid equivalent).

Hàm lượng phenolic tổng số (mg GAE/100 g) được tính theo công thức sau đây:

$$HL_{\text{phenolic}} = \frac{OD \cdot V \cdot dF \cdot 100}{a \cdot m}$$

Trong đó

OD: Độ hấp thụ ở bước sóng 760 nm

V: Thể tích dịch chiết (ml)

dF: Độ pha loãng dịch chiết

a: Hệ số a là hệ số độ dốc của phương trình đường chuẩn gallic acid

100: Hệ số tính trong 100 g CT

m: Khối lượng mẫu dùng để chiết dịch (g)

### 2.7. Xác định hàm lượng chlorophyll và carotenoid

Hàm lượng chlorophyll và carotenoid được xác định theo phương pháp của Kotíková *et al.* (2011). Cân 1 g mẫu nghiền nhỏ và cho vào ống falcon 50 ml, sau đó thêm vào 30 ml dung dịch acetone 100%. Lắc đều và để trong bóng tối trong vòng 2 ngày. Lên thể tích 50 mL và ly tâm ở 6.000 v/p trong 15 phút, sau đó thu lấy dịch trong.

Pha loãng dịch chiết cà chua 4 lần, sau đó đem đo độ hấp thụ của dịch chiết (đã pha loãng 4 lần) ở 3 bước sóng: 662 nm, 645 nm, 470 nm.

Công thức xác định hàm lượng carotenoid:

$$C_a = 17,75 \cdot A_{662} - 2,35 \cdot A_{645}$$

$$C_b = 18,61 \cdot A_{645} - 3,96 \cdot A_{662}$$

$$C_{x+c} = (1000 \cdot A_{470} - 2,27 \cdot C_a - 81,4 \cdot C_b) / 227$$

Công thức chuyển sang đơn vị µg/100 g CT

$$HL = \frac{A \cdot V \cdot dF \cdot 100}{m}$$

Trong đó

C<sub>a</sub>: Hàm lượng chlorophyll a (µg/mL)

C<sub>b</sub>: Hàm lượng chlorophyll b (µg/mL)

C<sub>x+c</sub>: Hàm lượng carotenoid (µg/mL)

A: C<sub>a</sub>, C<sub>b</sub> hoặc C<sub>x+c</sub>

dF: Độ pha loãng dịch chiết trước khi so màu

100: Hệ số tính trong 100 g CT

m: Khối lượng mẫu cà chua (g)

### 2.8. Xác định hoạt tính kháng oxy hóa

Mẫu được chiết giống như phương pháp chiết mẫu phân tích hàm lượng phenolic tổng số. Khả năng kháng oxy hóa được xác định sử dụng 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) được mô tả bởi Thaipong *et al.* (2006). Dung dịch gốc DPPH được pha bằng cách hòa tan 24 mg DPPH với 100 mL metanol và sau đó giữ ở -23°C. Dung dịch để tiến hành phản ứng của DPPH được chuẩn bị bằng cách pha loãng 10 mL dung dịch gốc với 45 mL methanol. Phản ứng được thực hiện bằng cách trộn 150 µL dịch chiết đã pha loãng thích hợp với 2.850 µL dung dịch DPPH và ủ trong bóng tối trong 30 phút. Ống đối chứng cũng được chuẩn bị bằng cách sử dụng 150 µL methanol thay cho dịch chiết từ quả. Độ hấp thụ sau đó được đo ở bước sóng 515 nm bằng máy quang phổ. Các kết quả được tính toán dựa trên một đường cong chuẩn được thiết lập từ chất chuẩn Trolox có nồng độ 50, 100, 250, 500, 750 và 1.000 µM. Đường chuẩn có phương trình  $y = 0,0837x$  ( $R^2 = 0,994$ ). Các kết quả được thể hiện tương đương Trolox (µM TE/g CT; TE viết tắt của Trolox equivalent).

Khả năng kháng oxy hóa của quả cà chua ( $\mu\text{M TE}/100 \text{ g CT}$ ) được tính theo công thức:

$$AA = \frac{AA\% * V * dF * 100}{a * m * 1000}$$

Trong đó:

AA%: % Kìm hãm, tính theo công thức:

$$AA\% = \frac{(OD\text{đối chứng} - OD\text{mẫu}) * 100}{OD\text{đối chứng}}$$

V: Thể tích dung dịch chiết (mL)

dF: Độ pha loãng dịch chiết trước khi tiến hành phản ứng

100: Hệ số tính trong 100 g CT

a: Hệ số độ dốc của của phương trình đường chuẩn Trolox

m: Khối lượng mẫu (g)

1000: Hệ số chuyển đổi từ mL sang L dịch chiết.

## 2.9. Phân tích thống kê

Kết quả được phân tích thống kê sử dụng phần mềm R. Giá trị trung bình được so sánh sử dụng kiểm chứng Turkey ( $P < 0,05$ ).

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Thu mẫu và phân tích

Sự phân chia độ chín quả cà chua có thể dựa vào thời gian kể từ khi thụ phấn hoặc màu sắc (Bargel & Neinhuis, 2005; Anton *et al.*, 2017). Ưu điểm của phương pháp dựa vào thời gian sau thụ phấn đảm bảo sự đồng đều về tuổi, tuy nhiên cũng có trường hợp các quả chín không đồng đều mặc dù cùng độ tuổi. Phân chia độ chín của quả dựa vào màu sắc có nhược điểm là thiếu độ chính xác về sự đồng đều độ tuổi. Tuy nhiên, đây là một phương pháp được dùng phổ biến, có ưu điểm là có thể thu được quả chín đồng đều (Ilahy *et al.*, 2011; Bhandari & Lee, 2016). Ngoài ra, phương pháp này tiết kiệm thời gian và công sức xác định thời điểm thụ phấn, đánh dấu quả đặc biệt đối với những loại quả nhỏ như giống cà chua trong nghiên cứu này.

Các phương pháp phân tích chính trong thí nghiệm này gồm có phân tích hàm lượng acid hữu cơ tổng số, vitamin C, phenolic tổng số, carotenoid, chlorophyll a và b và hoạt tính kháng oxy hóa. Những phương pháp này là

những phương pháp phân tích phổ biến, có độ chính xác cao và được trích dẫn cụ thể. Đồ thị chuẩn của các phương pháp phân tích vitamin C, phenolic tổng số và hoạt tính kháng oxy hóa đều có hệ số tương quan  $R^2$  chặt, tương ứng là 0,995, 0,998 và 0,994. Thí nghiệm phân tích được lặp lại ba lần. Do vậy, các phương pháp phân tích trong nghiên cứu này có độ tin cậy.

### 3.2. Sự biến đổi đường kính, khối lượng và tỉ trọng riêng quả

Sự thay đổi về đường kính quả không đáng kể nhưng khối lượng quả ở ĐC5 tăng 17,1% so với ĐC1 (Bảng 2). Nghiên cứu khác trên ba giống cà chua cũng cho thấy đường kính và khối lượng quả tăng lên không đáng kể từ giai đoạn chín sinh lý đến chín đỏ (Bargel & Neinhuis, 2005). Tuy nhiên, nghiên cứu của Dalal *et al.* (1965) trên giống một giống cà chua cho thấy khối lượng quả ở ĐC5 tăng gấp hai lần so với ĐC1. Như vậy, sự thay đổi đặc tính sinh nông học có sự khác nhau giữa các giống.

Tỉ trọng riêng của quả không thay đổi trong quá trình chín (Bảng 2). Kết quả này không giống với kết quả nghiên cứu trên các loại quả khác như ổi và bơ. Ở cả hai loại quả này, tỉ trọng riêng của quả giảm trong quá trình chín (Stahl, 1933; Tandon *et al.*, 1989). Tỉ trọng riêng của quả có thể được sử dụng để đánh giá độ chín của quả (Yusof & Mohamed, 1987). Tandon *et al.* (1989) báo cáo rằng ổi nên thu hoạch khi quả có tỉ trọng riêng  $< 1$ , trong khi các loại quả có tỉ trọng riêng  $> 1,2$  không nên thu hoạch vì chúng vẫn chưa chín. Tuy nhiên, quả cà chua trong nghiên cứu này không tuân theo quy luật như vậy.

### 3.3. Sự biến đổi TSS, hàm lượng vitamin C và hàm lượng acid hữu cơ

Quá trình chín làm tăng TSS. Trong quá trình chín, TSS tăng từ 5,17 °Bx lên 6,50 °Bx từ ĐC1 đến ĐC5 (Bảng 3). Nghiên cứu của Kaur *et al.* (2006) trên 7 giống cà chua cũng cho thấy sự tăng TSS trong quá trình chín; ví dụ, giống UC-828 tăng từ 4,34% lên 6,62% từ giai đoạn xanh đến giai đoạn chín. Winsor *et al.* (1962) cũng chỉ ra trong quá trình chín TSS của thành tế bào tăng 4,32% lên 5,28% từ chín sinh lý đến độ chín giai đoạn chín đỏ.

**Bảng 2. Sự biến đổi đường kính, khối lượng và tỉ trọng riêng**

Độ chín	Đường kính quả (mm)	Khối lượng quả (g)	Tỉ trọng riêng (g/mL)
ĐC1	19,92 ± 1,18 <sup>a</sup>	6,19 ± 0,76 <sup>a</sup>	0,99 ± 0,14 <sup>a</sup>
ĐC2	20,11 ± 1,21 <sup>a</sup>	6,47 ± 0,86 <sup>ab</sup>	0,98 ± 0,26 <sup>a</sup>
ĐC3	20,12 ± 1,02 <sup>a</sup>	6,71 ± 0,54 <sup>ab</sup>	0,96 ± 0,10 <sup>a</sup>
ĐC4	20,37 ± 1,05 <sup>a</sup>	7,02 ± 0,69 <sup>ab</sup>	0,93 ± 0,12 <sup>a</sup>
ĐC5	20,67 ± 1,05 <sup>a</sup>	7,25 ± 0,79 <sup>b</sup>	0,93 ± 0,14 <sup>a</sup>

Chi chú: Kết quả là giá trị TB ± độ lệch chuẩn (n = 10, n là số quả). Các chữ cái giống nhau theo sau các giá trị thể hiện không có sự sai khác về mặt thống kê (P < 0,05).

**Bảng 3. Sự biến đổi TSS, hàm lượng vitamin C và hàm lượng acid hữu cơ trong quá trình chín**

Độ chín	TSS (°Brix)	Hàm lượng vitamin C (mg 100/g CT)	Hàm lượng acid hữu cơ (g/100 g CT)
ĐC1	5,17 ± 0,06 <sup>a</sup>	2,25 ± 0,17 <sup>a</sup>	0,34 ± 0,02 <sup>a</sup>
ĐC2	5,73 ± 0,06 <sup>b</sup>	13,62 ± 0,68 <sup>b</sup>	0,40 ± 0,02 <sup>b</sup>
ĐC3	6,03 ± 0,06 <sup>c</sup>	17,99 ± 0,85 <sup>c</sup>	0,46 ± 0,01 <sup>c</sup>
ĐC4	6,33 ± 0,12 <sup>d</sup>	23,80 ± 0,22 <sup>d</sup>	0,48 ± 0,01 <sup>c</sup>
ĐC5	6,50 ± 0,10 <sup>d</sup>	27,17 ± 0,81 <sup>e</sup>	0,52 ± 0,01 <sup>d</sup>

Chi chú: Kết quả là giá trị TB ± độ lệch chuẩn (n = 3). Các chữ cái giống nhau theo sau các giá trị thể hiện không có sự sai khác về mặt thống kê (P < 0,05).

Hàm lượng acid hữu cơ cũng tăng dần từ 0,34 g/100 g CT ở ĐC1 lên 0,52 g/100 g CT ở ĐC5 (Bảng 3). Kết quả này cũng giống như nghiên cứu của Kaur *et al.* (2006). Tuy nhiên, nghiên cứu của Dalal *et al.* (1965) cho thấy hàm lượng acid hữu cơ tăng từ giai đoạn chín sinh lý đến độ chín vàng, sau đó giảm ở độ chín đỏ.

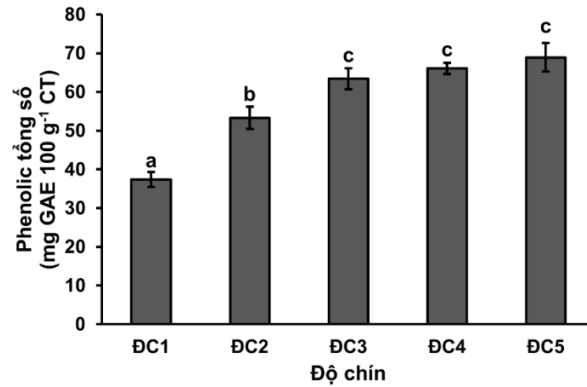
Vitamin C là chất có vai trò quan trọng kìm hãm các gốc tự do (Bhandari & Lee, 2016). Nghiên cứu này chỉ ra hàm lượng vitamin C tăng lên mạnh trong quá trình chín của cà chua (Bảng 3). Ở ĐC1 hàm lượng vitamin C là 2,25 mg/100 g CT, sau đó tăng lên 6 lần ở ĐC2 và 12 lần ở ĐC5. Ilahy *et al.* (2011) cho thấy hàm lượng vitamin C tăng lên từ giai đoạn chín sinh lý đến giai đoạn đỏ vàng trong tất cả 4 giống nghiên cứu, sau đó có thể không đổi, giảm hoặc tăng tùy từng giống. Một nghiên cứu khác chỉ ra rằng hàm lượng vitamin C tăng mạnh từ độ chín sinh lý đến giai đoạn chín hồng sau đó giảm ở độ chín đỏ (Dalal *et al.*, 1965). Nghiên cứu trên các loại quả khác cho thấy sự biến đổi hàm lượng vitamin C khác nhau, như hàm

lượng vitamin C tăng lên trong quá trình chín của quả ổi nhưng giảm đối với quả xoài. Cơ chế kiểm soát sự khác nhau này vẫn chưa có nghiên cứu rõ ràng (Gomez & Lajolo, 2008).

Nghiên cứu của Nour *et al.* (2014) cho thấy ở độ chín đỏ hàm lượng vitamin C dao động từ khoảng 15 - 27 mg/100 g CT tùy vào giống. Cà chua Thúy Hồng ở độ chín đỏ có hàm lượng vitamin C là 27,17 mg/100 gCT, tương đương giống có hàm lượng vitamin C cao trong nghiên cứu của Nour *et al.* (2014).

**3.4. Sự biến đổi hàm lượng phenolic tổng số**

Phenolic là những chất thứ cấp có khả năng kháng oxy hóa và làm giảm nguy cơ mắc bệnh ung thư và tim mạch (Aguilera *et al.*, 2016). Nhóm hợp chất này đóng vai trò 60 - 70% khả năng kháng oxy hóa của dịch chiết cà chua (Bhandari & Lee, 2016). Trong nghiên cứu này, hàm lượng phenolic tăng lên mạnh từ ĐC1 đến ĐC3, sau đó giữ hầu như không đổi đến ĐC5 (Hình 1). Cà chua ở ĐC1 có hàm lượng phenolic là 37,4 mg GAE/100 g CT và hàm lượng chất này tăng lên 69,5% ở ĐC3. Nghiên cứu của



**Hình 1. Sự biến đổi hàm lượng phenolic trong quá trình chín của cà chua**

Ghi chú: Kết quả là giá trị TB  $\pm$  độ lệch chuẩn ( $n = 3$ ). Các chữ cái giống nhau theo sau các giá trị thể hiện không có sự sai khác về mặt thống kê ( $P < 0,05$ ).

Anton *et al.* (2017) cũng chỉ ra hàm lượng phenolic tăng lên ở giai đoạn đầu trong quá trình chín, sau đó không đổi ở cả 5 giống cà chua nghiên cứu trong cả hai phương thức trồng hữu cơ và truyền thống. Kết quả một nghiên cứu khác cho thấy hàm lượng phenolic tăng lên mạnh từ giai đoạn chín sinh lý đến giai đoạn chín vàng đỏ, sau đó giảm xuống ở giai đoạn chín đỏ (Nour *et al.*, 2014). Tuy nhiên, một nghiên cứu trên 4 giống cà chua cho thấy sự biến đổi hàm lượng phenolic giữa chúng là khác nhau (Ilahy *et al.*, 2011). Trong nghiên cứu này, có giống có hàm lượng phenolic tăng lên trong quá trình chín, có giống giảm, có giống không biến đổi. Như vậy, quá trình trao đổi chất của các hợp chất phenolic trong quá trình chín có thể khác nhau giữa các giống cà chua. Slimestad & Verheul (2009) cũng báo cáo rằng các nghiên cứu về sự trao đổi chất của các hợp chất phenolic trong quá trình chín của cà chua có kết quả không giống nhau. Cả sự tăng và giảm các chất ferulic acid, caffeic acid và chlorogenic acid đều được báo cáo (Slimestad and Verheul, 2009; Anton *et al.*, 2017).

Nghiên cứu trên một số loại quả khác như quả sơn tra hay quả ổi cho thấy kết quả ngược lại với nghiên cứu trên quả cà chua vì hàm lượng phenolic tổng số của chúng giảm trong quá trình chín (Gull *et al.*, 2012). Theo Goldstein & Swain (1963), sự giảm này có liên quan đến sự gia tăng trùng hợp của leucoanthocyanidin trong quá

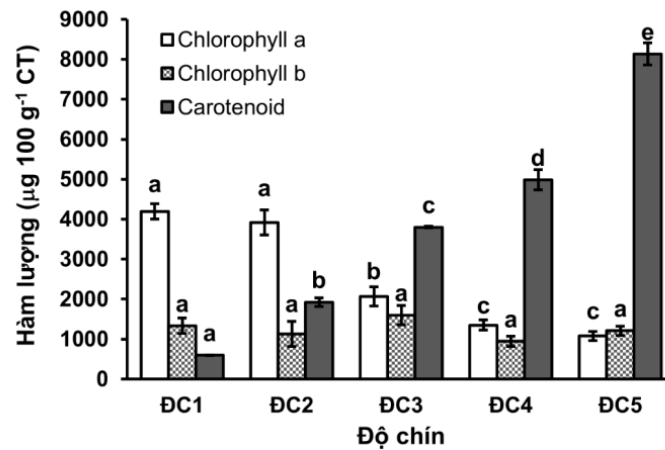
trình chín của quả. Sự trùng hợp không chỉ ảnh hưởng đến khả năng chiết, mà còn ảnh hưởng đến phản ứng hóa học do thực tế là sự trùng hợp liên quan đến sự hình thành mối liên kết giữa các nhóm chức năng của các monome.

Hàm lượng phenolic tổng số của cà chua Thúy Hồng ở độ chín đỏ (ĐC5) là 68,9 mg GAE/100 g CT, cao hơn so với 9 giống cà chua trong nghiên cứu của Martinez-Valverde *et al.* (2002), dao động từ 25,9 - 49,9 mg GAE/100 g CT. Tuy nhiên, kết quả này thấp hơn so với 16 giống và 103 dòng cà chua trong nghiên cứu của Bhandari *et al.* (2016), dao động từ 133 - 318 mg GAE/100 g CT. Sự khác nhau này có thể do ảnh hưởng của giống, thổ nhưỡng hoặc môi trường.

### 3.5. Sự biến đổi hàm lượng chlorophyll và carotenoid

Kết quả từ hình 3 cho thấy hàm lượng chlorophyll b không thay đổi trong quá trình chín. Tuy nhiên, hàm lượng chlorophyll a giảm mạnh; hàm lượng chlorophyll a ở ĐC5 là 1.075  $\mu\text{g}/100 \text{ g CT}$ , giảm 3,9 lần so với ĐC1. Một nghiên cứu khác cũng cho thấy chlorophyll a bị phân giải mạnh trong quá trình chín của cà chua Dalal *et al.* (1965). Nghiên cứu của Nour *et al.* (2014) cũng cho kết quả tương tự.

Ngược lại với chlorophyll a, hàm lượng carotenoid tăng mạnh trong quá trình chín; ở ĐC5 hàm lượng carotenoid là 8.134  $\mu\text{g}/100 \text{ g CT}$ , tăng 13,6 lần so với ĐC1. Hàm lượng carotenoid



**Hình 2. Sự biến đổi hàm lượng chlorophyll a, chlorophyll b và carotenoid trong quá trình chín của cà chua**

Ghi chú: Kết quả là giá trị TB ± độ lệch chuẩn (n = 3). Các chữ cái giống nhau theo sau các giá trị thể hiện không có sự sai khác về mặt thống kê (P < 0,05).

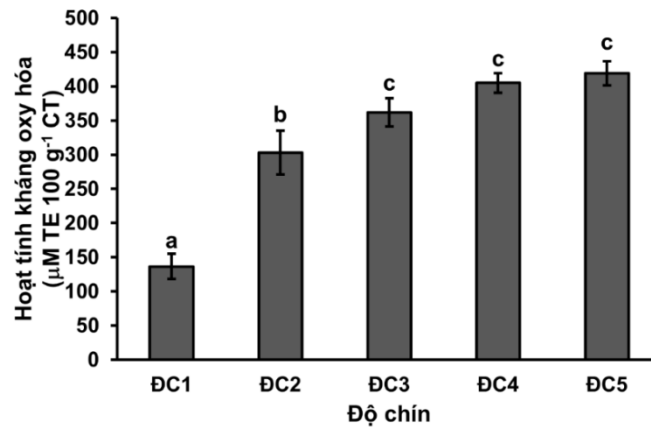
cũng tăng lên mạnh ở cả 7 giống cà chua trong một nghiên cứu của Bhandari & Lee (2016); giống Unicon có hàm lượng carotenoid tăng lên từ 16,75 - 110,27 mg/100 g chất khô từ độ chín đầu đến giai đoạn chín đỏ. Tương tự như vậy, Ilahy *et al.* (2011) cho thấy hàm lượng carotenoid tăng lên mạnh trong quá trình chín ở cả 4 giống cà chua nghiên cứu; giống Lyco 2 tăng từ 8,01 lên 199,00 mg β-caroten equivalents/1 kg CT từ giai đoạn chín sinh lý đến chín đỏ. Cả hai nghiên cứu này cũng chỉ cho thấy thành phần chính của carotenoid trong các giống cà chua này là lycopene và chất này cũng sinh tổng hợp mạnh trong quá trình chín. β-carotene chiếm tỷ phần ít hơn so với lycopene và xu hướng tăng ít hơn so với lycopene, hoặc có giống lúc đầu tăng sau đó giảm (Bhandari & Lee, 2016). Dalal *et al.* (1965) cũng chỉ ra rằng β-carotene tăng từ giai đoạn chín sinh lý đến giai đoạn chín hồng sau đó giảm mạnh, trong khi đó lycopene tăng liên tục từ giai đoạn chín sinh lý đến giai đoạn chín đỏ.

Hàm lượng carotenoid của cà chua thụy Hồng ở ĐC5 là 8.134 µg/100 g CT, thấp hơn so với 4 giống cà chua trong nghiên cứu của Ilahy *et al.* (2011) có hàm lượng carotenoid dao động từ 1.050 đến 2.780 µg/100 g CT. Sự khác nhau này có thể là do ảnh hưởng của giống.

### 3.6. Sự biến đổi hoạt tính kháng oxy hóa

Khả năng kháng oxy hóa là một chỉ tiêu quan trọng để đánh giá lợi ích sức khỏe của thực phẩm. Trong nghiên cứu này, tương tự như hàm lượng phenolic, hoạt tính kháng oxy hóa tăng lên nhiều từ ĐC1 đến ĐC3 và hầu như không đổi từ ĐC3 đến ĐC5 (Hình 3). Tuy nhiên, sự tăng hoạt tính kháng oxy hóa mạnh hơn so với sự tăng hàm lượng phenolic tổng số. Cụ thể, hoạt tính kháng oxy hóa ở ĐC3 là 361,9 µM TE/100 g CT, cao hơn 2,7 lần so với ĐC1. Nghiên cứu trên 4 giống cà chua của Ilahy *et al.* (2011) cho thấy hoạt tính kháng oxy hóa được chiết bằng acetone 50% đều tăng lên trong quá trình chín mặc dù là xu hướng không hoàn toàn giống nhau. Ví dụ, giống cà chua HLY 13 tăng từ 156 - 208 µM TE/100 g CT từ giai đoạn chín sinh lý đến giai đoạn chín đỏ, sau đó không tăng ở giai đoạn chín đỏ, trong khi đó đối với giống Lyco 2 hoạt tính kháng oxy hóa tăng dần từ 139 - 228 µM TE/100 g CT từ giai đoạn chín sinh lý đến giai đoạn chín đỏ. Một nghiên cứu khác trên năm giống cà chua cũng cho thấy hoạt tính kháng oxy hóa của chúng tăng từ giai đoạn chín sinh lý đến giai đoạn chín vàng và giữ hầu như không đổi ở giai đoạn chín đỏ (Anton *et al.*, 2017).





**Hình 3. Sự biến đổi hoạt tính kháng oxy hóa trong quá trình chín của cà chua**

Ghi chú: Kết quả là giá trị TB ± độ lệch chuẩn (n = 3). Các chữ cái giống nhau theo sau các giá trị thể hiện không có sự sai khác về mặt thống kê (P < 0,05).

Hợp chất phenolic và carotenoid đều là những chất có hoạt tính kháng oxy hóa. Cả hai nhóm chất này đều tăng lên trong quá trình chín của cà chua. Do vậy, có thể sự tích lũy của chúng trong quá trình chín dẫn đến sự gia tăng về hoạt tính kháng oxy hóa.

Hoạt tính kháng oxy hóa của cà chua Thúy Hồng ở ĐC5 là 418,9 µM TE/100 g CT. Kết quả này cao hơn các giống cà chua trong nghiên cứu của Ilahy *et al.* (2011), dao động từ 116 đến 271 µM TE/100 g CT tùy theo giống. Sự khác nhau này có thể do giống hoặc điều kiện nuôi trồng. Cũng có thể trong nghiên cứu của chúng tôi mẫu được chiết ở nhiệt độ phòng nên khả năng chiết cao hơn so với mẫu được chiết ở 4°C trong nghiên cứu của Ilahy *et al.* (2011).

Kết quả nghiên cứu được tính trên hàm lượng chất tươi là một điểm yếu vì khó đánh giá sự khác nhau thực giữa các độ chín nếu hàm lượng nước giữa các độ chín rất khác nhau. Tuy nhiên, nhiều nghiên trên cà chua cũng tính trên hàm lượng chất tươi (Minnoggio *et al.*, 2003; Ilahy *et al.*, 2011; Zanfini *et al.*, 2016) và đây là cơ sở để so sánh với các nghiên cứu trước. Bên cạnh đó, nghiên cứu của Nour *et al.* (2014) cho thấy hàm lượng chất khô của cà chua giảm dần trong quá trình chín từ khoảng 8,5% xuống 7,5%. Kết quả trước đây của chúng tôi cũng cho thấy hàm lượng chất khô của giống cà chua Thúy Hồng (thu tháng 2/2012) giảm dần từ

8,4% xuống 6,3% trong quá trình chín. Trong nghiên cứu này, hàm lượng acid hữu cơ, vitamin C, phenolic tổng số, carotenoid và hoạt tính kháng oxy hóa tăng dần trong quá trình chín khi tính trên đơn vị chất tươi. Vì vậy, sự giảm hàm lượng chất khô trong quá trình chín sẽ cho thấy sự gia tăng mạnh hơn các chất này trong quá trình chín khi tính trên hàm lượng chất khô. Do vậy, trong trường hợp này tính đơn vị trên hàm lượng chất tươi có thể so sánh được giữa các độ chín.

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Quá trình chín của cà chua nghiên cứu ảnh hưởng đến sự tích lũy một số hợp chất như chất rắn hòa tan, acid hữu cơ tổng số và vitamin C. Quá trình chín cũng dẫn đến tăng cường sinh tổng hợp các chất có hoạt tính sinh học bao gồm phenolic tổng số và carotenoid. Hoạt tính kháng oxy hóa cũng tăng lên trong quá trình này. ĐC5 có thể là giai đoạn sử dụng có lợi cho sức khỏe vì chứa hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học cao.

Nghiên cứu về sự biến đổi các chất trong quá trình chín của quả là cơ sở để hiểu về quá trình trao đổi chất của các chất. Qua đó có biện pháp nhằm làm tăng hàm lượng những chất mong muốn trong quá trình này. Hướng nghiên cứu tiếp theo là xác định sự biến đổi của từng chất trong quá trình chín của nhóm hợp chất

này. Ngoài ra, cần tiến hành nghiên cứu trên số lượng giống nhiều hơn nhằm lựa chọn những giống có hàm lượng phenolic và carotenoid cao.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Aguilera, Y., Martin-Cabrejas, M. A. & De Mejia, E. G. (2016). Phenolic compounds in fruits and beverages consumed as part of the mediterranean diet: their role in prevention of chronic diseases. *Phytochemistry Reviews*, 15: 405-423.
- Alothman, M., Bhat, R. & Karim, A. A. (2009). Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*, 115: 785-788.
- Anton, D., Bender, I., Kaart, T., Roasto, M., Heinonen, M., Luik, A. & Pussa, T. (2017). Changes in polyphenols contents and antioxidant capacities of organically and conventionally cultivated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits during ripening. *International Journal of Analytical Chemistry*, pp.1-10.
- Bargel, H. & Neinhuis, C. (2005). Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit growth and ripening as related to the biomechanical properties of fruit skin and isolated cuticle. *J. Exp. Bot.*, 56: 1049-60.
- Bhandari, S. R., Cho, M. C. & Lee, J. G. (2016). Genotypic variation in carotenoid, ascorbic acid, total phenolic, and flavonoid contents, and antioxidant activity in selected tomato breeding lines. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 57: 440-452.
- Bhandari, S. R. & Lee, J. G. (2016). Ripening-dependent changes in antioxidants, color attributes, and antioxidant activity of seven tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, pp. 1-13.
- Carrillo-López, A. & Yahia, E. M. (2014). Changes in color-related compounds in tomato fruit exocarp and mesocarp during ripening using HPLC-APCI(+)-mass Spectrometry. *Journal of Food Science and Technology*, 51: 2720-2726.
- Dai, J. & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15: 7313-7352.
- Dalal, K. B., Salunkhe, K., Boe, A. A. & Olson, L. E. (1965). Certain physiological and biochemical changes in the developing tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Food Science and Technology*, 2: 504-508.
- Fu, L., Xu, B.-T., Xu, X.-R., Gan, R.-Y., Zhang, Y., Xia, E.-Q. & Li, H.-B. (2011). Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry*, 129: 345-350.
- Goldstein, J. L. & Swain, T. (1963). Changes in tannins in ripening fruits. *Phytochemistry*, 2: 371-383.
- Gomez, M. & Lajolo, F. M. (2008). Ascorbic acid metabolism in fruits: activity of enzymes involved in synthesis and degradation during ripening in mango and guava. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 756-762.
- Gull, J., Sultana, B., Anwar, F., Naseer, R., Ashraf, M. & Ashrafuzzaman, M. (2012). Variation in antioxidant attributes at three ripening stages of guava (*Psidium guajava* L.) fruit from different geographical regions of pakistan. *Molecules*, 17: p. 3165.
- Haminiuk, C. W. I., Maciel, G. M., Plata-Oviedo, M. S. V. & Peralta, R. M. (2012). Phenolic compounds in fruits - an overview. *International Journal of Food Science and Technology*, 47: 2023-2044.
- Handique, J. G. & Baruah, J. B. (2002). Polyphenolic compounds: an overview. *Reactive and Functional Polymers*, 52: 163-188.
- Ilahy, R., Hdider, C., Lenucci, M. S., Tlili, I. & Dalessandro, G. (2011). Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high-lycopene tomato cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 588-595.
- Kaur, D., Sharma, R., Abas Wani, A., Singh Gill, B. & Sogi, D. S. (2006). Physicochemical Changes in Seven Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Cultivars During Ripening. *International Journal of Food Properties*, 9: 747-757.
- Kotíková, Z., Lachman, J., Hejtmánková, A. & Hejtmánková, K. (2011). Determination of antioxidant activity and antioxidant content in tomato varieties and evaluation of mutual interactions between antioxidants. *LWT - Food Science and Technology*, 44: 1703-1710.
- Lin, D., Xiao, M., Zhao, J., Li, Z., Xing, B., Li, X., Kong, M., Li, L., Zhang, Q., Liu, Y., Chen, H., Qin, W., Wu, H. & Chen, S. (2016). An overview of plant phenolic compounds and their importance in human nutrition and management of type 2 diabetes. *Molecules*, 21: 1-19.
- Martinez-Valverde, I., Periago, M. J., Provan, G. & Chesson, A. (2002). Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 323-330.
- Minnoggio, M., Bramati, L., Simonetti, P. & Gardana, C. (2003). Polyphenol pattern and antioxidant activity of different tomato lines and cultivars. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 47: 64-9.
- Musulín, R. R. & King, C. G. (1936). Metaphosphoric acid in the extraction and titration of vitamin C. *Journal of Biological Chemistry*, 116: 409-413.