



THAY ĐỔI ĐẶC TÍNH LÝ HÓA CỦA CỦ TỎI TRONG QUÁ TRÌNH THUẦN THỰC VÀ TỒN TRỮ

Nguyễn Ái Thạch, Nguyễn Minh Thủy, Nguyễn Thị Mỹ Tuyền và Võ Thị Diệu

Khoa Nông nghiệp & Sinh học Ứng dụng, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 26/11/2015

Ngày chấp nhận: 30/08/2016

Title:

Changes in physico-chemical properties of garlic bulbs (*Allium sativum* L.) during maturation and storage

Từ khóa:

Củ tỏi, đặc tính lý hóa, thuần thực, tồn trữ, bao bì

Keywords:

Garlic bulb, physico-chemical characteristics, maturation, storage, packaging

ABSTRACT

Garlic storage is important to provide products for fresh and processing food market. Determination of maturity and prolonging the storage time of garlic bulbs after harvest were carried out the basis on investigation of (i) time of growth (120 to 140 days after planting), (ii) storage temperatures (0, 5, 20°C and room temperature) and (iii) types of package (mesh bag, polyethylene and carton) to the qualities of garlic bulbs (growing at Van Hai Ward, Phan Rang - Tháp Cham City, Ninh Thuan Province). The research results showed that the proper harvesting time of garlic bulbs in between 130 to 135 days (after planting), garlic bulbs had firm structure and low respiration rate. During the period of maturity, garlic qualities had significant changes. Garlic bulbs in mesh bag at 0°C maintained good quality for six months.

TÓM TẮT

Hoạt động thu hoạch và sau thu hoạch củ tỏi đóng vai trò quan trọng nhằm cung cấp sản phẩm tỏi chất lượng cho thị trường rau củ tươi và chế biến. Các nghiên cứu tiến hành khảo sát ảnh hưởng của (i) thời gian tăng trưởng (120-140 ngày sau khi gieo), (ii) nhiệt độ tồn trữ (0, 5 và 20°C cùng với nhiệt độ phòng 28-30°C) và (iii) các loại bao bì (vải lưới, polyethylene và thùng carton) đến chất lượng củ tỏi (trồng ở phường Văn Hải, thành phố Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận). Kết quả nghiên cứu cho thấy thời gian thu hoạch tỏi phù hợp (tốt nhất) trong khoảng 130 đến 135 ngày sau khi gieo, củ tỏi có cấu trúc săn chắc và tốc độ hô hấp thấp. Trong suốt các giai đoạn thuần thực, chất lượng củ tỏi có những biến đổi đáng kể. Củ tỏi được bảo quản trong bao bì vải lưới ở nhiệt độ 0°C có khả năng duy trì tốt chất lượng khoảng 6 tháng.

Trích dẫn: Nguyễn Ái Thạch, Nguyễn Minh Thủy, Nguyễn Thị Mỹ Tuyền và Võ Thị Diệu, 2016. Thay đổi đặc tính lý hóa của củ tỏi trong quá trình thuần thực và tồn trữ. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 45b: 16-24.

1 GIỚI THIỆU

Tỏi (*Allium sativum* L.) có nguồn gốc từ Trung Á và chủ yếu ở các vùng Địa Trung Hải cũng như châu Á, châu Âu và châu Phi. Mùi tỏi xuất phát từ “thành phần chứa lưu huỳnh”, được xem là có tính chất dược liệu trong tỏi (Ankri và Mirelman, 1999). Việc xác định thời gian thu hoạch tối ưu rất

quan trọng trong sản xuất nông nghiệp. Tỏi đã sẵn sàng để thu hoạch khi các ngọn của cây khô và ngã, thân (cổ) đã bắt đầu mềm và bị khô một phần. Thời điểm thu hoạch tỏi có thể thay đổi phụ thuộc vào mục đích sử dụng nguyên liệu sau thu hoạch. Thu hoạch tại giai đoạn tối ưu của độ chín sinh lý rất quan trọng để có được nguyên liệu tỏi có chất lượng cao theo yêu cầu. Nếu thu hoạch tỏi quá

sớm, các củ tỏi có kích thước nhỏ, sự tổn thất khối lượng có thể diễn ra rất nhanh và nứt lớp vỏ bao bọc củ tỏi. Trong khi thu hoạch trễ, củ tỏi có cấu trúc không chặt (các tép bị tách nứt), củ tỏi dễ bị biến đổi chất lượng và cháy nắng, thậm chí các tép tỏi bắt đầu nảy mầm. Cả hai quá trình thu hoạch quá sớm và quá trễ đều gây ra hao hụt trên thị trường mua bán tỏi. Giai đoạn thuận thực cũng là một trong những yếu tố đảm nhiệm sự phá vỡ trạng thái ngủ tự nhiên (natural dormancy) (Nguyễn Minh Thủy và *ctv.*, 2013). Trạng thái ngủ tại giai đoạn thu hoạch tối ưu làm cho tỏi không thể phát triển ngay lập tức sau khi thu hoạch, thậm chí ngay cả trong môi trường lý tưởng. Việc duy trì trạng thái ngủ rất quan trọng cho quá trình tồn trữ, vận chuyển và buôn bán (Cantwell *et al.*, 2003; Vazquez-Barrios *et al.*, 2006). Một chức năng quan trọng của công nghệ áp dụng cho tồn trữ, vận chuyển và tiếp thị tỏi là duy trì trạng thái ngủ của tỏi nhằm kéo dài thời gian tồn trữ. Sự hiểu biết đầy đủ về sinh lý của trạng thái ngủ là cần thiết cho việc phát triển một hệ thống tồn trữ tốt. Ở Việt Nam, tỏi được trồng nhiều tại các vùng Quảng Ngãi, Ninh Thuận, Vĩnh Phúc... Tuy nhiên, thông tin về chất lượng của củ tỏi ở các giai đoạn thuận thực và điều kiện bảo quản vẫn còn chưa cụ thể. Do đó, mục tiêu nghiên cứu là xác định thời gian thu hoạch và điều kiện tồn trữ (nhiệt độ và bao bì) phù hợp nhằm chọn được nguồn nguyên liệu tỏi chất lượng cao và hạn chế tổn thất đến mức thấp nhất (thông qua sự thay đổi các đặc tính lý hóa học).

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Nguyên liệu

Nguyên liệu tỏi củ mềm, giống địa phương được thu hoạch lúc củ cây tỏi đã ngã sang một bên và chọn lựa ở độ tuổi 120 đến 140 ngày (sau khi gieo) tại phường Văn Hải, thành phố Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận. Tỏi được thu hoạch vào buổi sáng sớm, thời tiết nắng ráo.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Chất lượng củ tỏi ở các thời điểm thu hoạch

Các củ tỏi được thu hoạch ở 5 mức độ thuận thực 120, 125, 130, 135 và 140 ngày sau khi gieo tại nhiều ruộng tỏi trên địa bàn phường Văn Hải, thành phố Phan Rang, Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận. Sau khi phân loại, các củ tỏi được tồn trữ trong các bao bì vải dạng lưới. Củ tỏi được phân tích tại phòng thí nghiệm (nhiệt độ phòng 28-30°C và RH 68-71%).

2.2.2 Ảnh hưởng của nhiệt độ tồn trữ đến chất lượng củ tỏi

Củ tỏi sau khi thu hoạch được xử lý sơ bộ và tách một lớp vỏ ngoài của củ tỏi nhằm loại bỏ đất cát. Sau đó, các củ tỏi được chứa trong bao bì vải lưới và tồn trữ ở các nhiệt độ (°C) khác nhau: 0, 5, 20 và nhiệt độ phòng (28-30).

2.2.3 Ảnh hưởng của loại bao bì sử dụng đến sự hao hụt khối lượng

Chọn củ tỏi ở độ tuổi và nhiệt độ bảo quản thích hợp từ các thí nghiệm trước. Khối lượng tỏi trong bao bì là 500-550 g. Củ tỏi được bao gói trong bao bì polyethylene (PE) (24 x 34 cm và dày 38 µm), thùng carton (30 x 22,5 x 12,5 cm) với tỷ lệ đục lỗ là 0,5% (đường kính lỗ 5 mm, 20 lỗ trên hai mặt của bao bì với khoảng cách đều nhau) và vải lưới (24 x 34 cm và dày 0,21 mm, kích thước lỗ lưới khoảng 0,9 mm).

2.3 Các chỉ tiêu theo dõi

Độ cứng chủ quan (subjective firmness): được đánh giá chỉ một người, tiến hành đo bằng cách ép thủ công mỗi lần 5 củ tỏi (3 lần lặp lại) và cho điểm với giá trị độ cứng tăng dần từ 0 (rất xốp) đến 5 (cứng chắc) (Vázquez-Barrios *et al.*, 2006).

Hao hụt khối lượng (%): xác định khối lượng ban đầu (m_a) của mẫu và khối lượng sau thời gian tồn trữ (m_c). Hao hụt khối lượng được tính bằng $(m_a - m_c) \times 100/m_a$.

Hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) (mg acid gallic tương đương (GAE)/g chất khô): sử dụng thuốc thử Folin - Ciocalteu (Wolfe *et al.*, 2003).

Hàm lượng thiosulfinate tổng số ($\mu\text{mol/g}$ tỏi tươi): đo độ hấp thụ ở bước sóng 412 nm của 2-nitro-5-thiobenzoate được tạo ra bằng cách kết hợp các phương pháp của Kinalska và Noreña (2014).

Hoạt động chống oxy hóa (%): hoạt động loại bỏ gốc tự do được phân tích thông qua thử nghiệm 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH) (Blois, 1958).

Chỉ số nảy mầm bên trong: tính theo tỷ lệ % chiều dài mầm và chiều dài tép tỏi (Vázquez-Barrios *et al.*, 2006).

Màu sắc: sử dụng phần mềm Artweaver 1.0 để lấy giá trị R, G, B từ ảnh kỹ thuật số. Sử dụng phần mềm hiệu chỉnh và chuyển đổi giá trị R, G, B sang giá trị L, a, b.

Độ ẩm (%): được xác định bằng phương pháp sấy ở 105°C đến khối lượng không đổi.

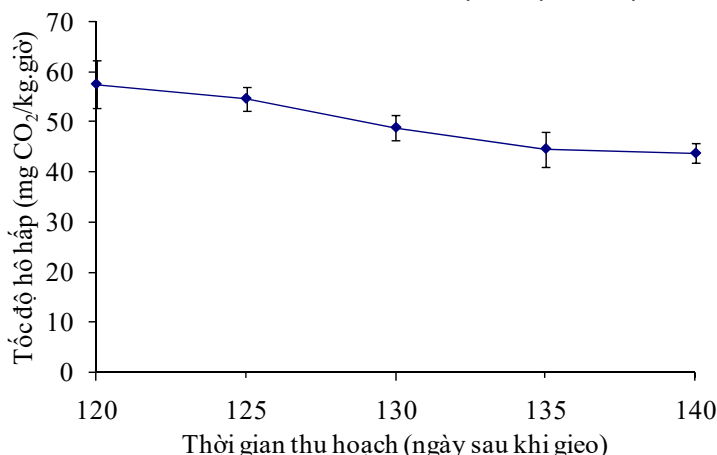
Tốc độ hô hấp: được đo bằng hệ thống tốc độ hô hấp Respirometer.

Các thiết bị khác sử dụng trong nghiên cứu: chiết quang kế, pH kế, máy đo cấu trúc Rheotex, thước kẹp Caliper.

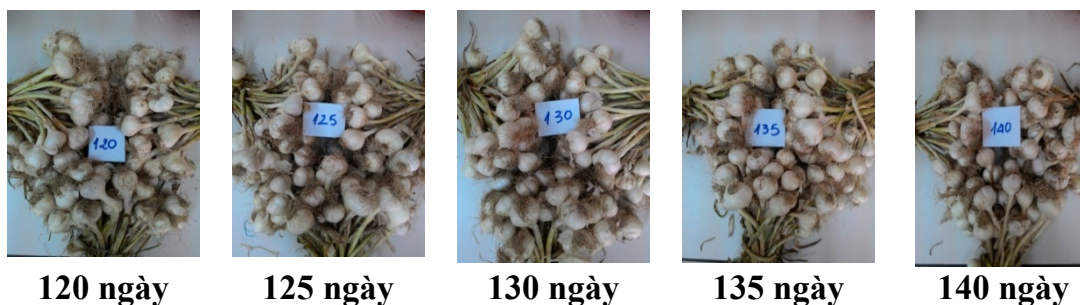
2.4 Phân tích dữ liệu

Các số liệu được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (STD), đồ thị ở mỗi thí nghiệm. Dữ liệu được phân tích bằng phần mềm thống kê Statgraphics Centurion (version 16.1). Sự khác biệt được xem là có ý nghĩa thống kê $p < 0,05$.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



Hình 1: Tốc độ hô hấp của củ tỏi ở các giai đoạn thu hoạch



Hình 2: Củ tỏi ở các độ tuổi thu hoạch khác nhau

b. Đường kính và khối lượng củ

Khối lượng củ tỏi không có sự khác biệt ý nghĩa giữa ngày thu hoạch 120–140 (Hình 3). Bên cạnh đó, đường kính củ và số tép/củ cũng không

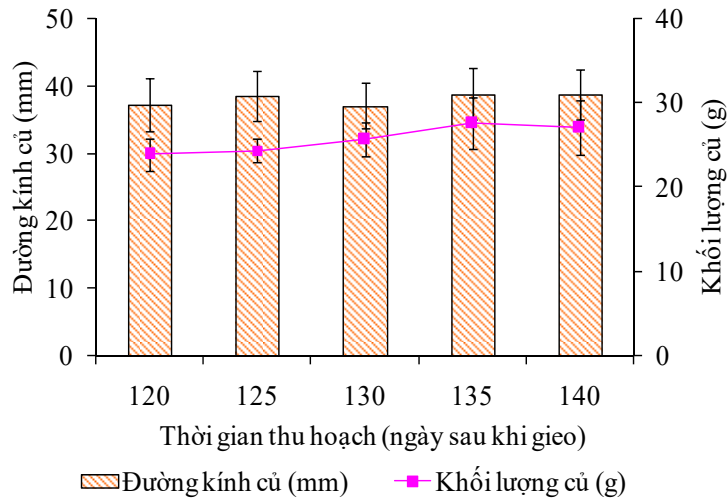
3.1 Chất lượng củ tỏi ở các độ tuổi thu hoạch

3.1.1 Tính chất vật lý

a. Tốc độ hô hấp

Trái cây và rau củ vẫn còn là mô sống cho đến khi chúng được chế biến, vì vậy quá trình hô hấp vẫn diễn ra (Nguyễn Minh Thủy và *ctv.*, 2013). Tốc độ hô hấp của củ tỏi chưa thuần thực cao (55–58 mg CO₂/kg.giờ) ở giai đoạn thu hoạch 120 đến 125 ngày (Hình 1) và bắt đầu chậm lại ở ngày thu hoạch 130 (49 mg CO₂/kg.giờ), có thể do củ tỏi đạt đến trạng thái ngủ tự nhiên ở giai đoạn chín sinh lý. Tuy nhiên, tốc độ hô hấp của củ tỏi vẫn rất thấp so với các loại rau củ khác (Brennan và Grandison, 2012). Nuevo và Bautista (2001) khuyến cáo củ tỏi không nên thu hoạch sớm hơn 105 ngày trong điều kiện trời không có mưa. Củ tỏi tươi ở các giai đoạn thu hoạch được thể hiện ở Hình 2.

khác biệt ở các ngày thu hoạch 120 đến 140. Tuy nhiên, đường kính củ tỏi Phan Rang (3,8±0,1 cm) lớn hơn so với tỏi Lý Sơn (3,1±0,4 cm) (Hồ Huy Cường, 2013).



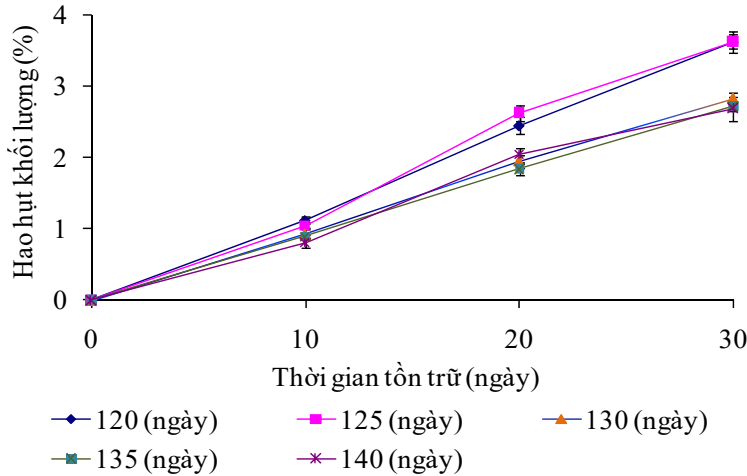
Hình 3: Đường kính và khối lượng củ tỏi theo thời gian tăng trưởng

c. Cấu trúc và số lượng tép/củ tỏi

Củ tỏi Phan Rang có nhiều lớp vỏ lụa màu trắng bao bọc bên ngoài. Số lượng tép/củ tỏi Phan Rang và Lý Sơn là tương đương nhau (cụ thể là $23,5 \pm 1,1$ và $21,5 \pm 4,7$ (Hồ Huy Cường, 2013)) và xếp tương đối chặt chẽ. Trong khi củ tỏi voi (elephant garlic) (*A. ampeloprasum*) có kích thước lớn với ít tép tỏi hơn khoảng 4-8 tép (Block, 2010).

Cấu trúc tép tỏi Phan Rang cứng chắc và độ cứng tăng theo từng giai đoạn thu hoạch (từ 250 ± 19 g lực ở ngày thu hoạch 125 lên 348 ± 24 g lực ở ngày 140), điều này có thể liên quan đến quá trình trưởng cấu trúc ở thời kỳ thuần thực của củ tỏi.

d. Hao hụt khối lượng (%) của củ tỏi ở các giai đoạn thuần thực



Hình 4: Hao hụt khối lượng (%) của củ tỏi ở các giai đoạn thu hoạch theo thời gian tồn trữ

Sau 10 ngày tồn trữ, hao hụt khối lượng ở các giai đoạn thuần thực đều ở mức thấp (Hình 4). Hao hụt khối lượng trên củ tỏi chủ yếu do sự bay hơi nước. Hàm lượng nước bắt đầu mất ở lớp vỏ bên ngoài. Từ sau 10 ngày tồn trữ, sự hao hụt khối lượng thể hiện rõ ở củ tỏi thu hoạch giai đoạn 120 - 125 và giai đoạn 130 đến 140 ngày. Kết thúc quá trình tồn trữ 30 ngày, củ tỏi thu hoạch ở giai đoạn 130-140 ngày thể hiện hao hụt khối lượng thấp nhất. Bên cạnh đó, Rajesh Kumar và Yu (2010) đã báo cáo rằng giống tỏi Great Leaf Black được thu

hoạch lúc chưa thuần thực thể hiện sự hao hụt khối lượng vượt mức.

3.1.2 Thành phần hóa học

Thành phần hóa học và hoạt tính chống oxy hóa của tỏi được trình bày ở **Bảng 1**. Kết quả nghiên cứu cho thấy pH của củ tỏi Phan Rang thu hoạch ở các giai đoạn 120-140 ngày có giá trị pH trong khoảng 6,30 đến 6,53. Kết quả thu được gần giống với nhiều nghiên cứu khác, tỏi tươi có giá trị pH trong khoảng 6,33-6,42 (Choi *et al.*, 2014; Bae *et al.*, 2014; Fante và Noreña, 2015).

Bảng 1: Thành phần hóa học và đặc tính chống oxy hóa của củ tỏi ở các thời điểm thu hoạch

Chỉ tiêu	Thời gian thu hoạch (ngày)				
	120	125	130	135	140
pH	6,53 ^b ±0,10*	6,40 ^{ab} ±0,10	6,40 ^{ab} ±0,10	6,30 ^a ±0,20	6,43 ^{ab} ±0,10
°Brix	35,7 ^{ab} ±0,6	36,7 ^{ab} ±0,6	39,0 ^c ±1,0	37,4 ^{bc} ±1,5	35,1 ^a ±1,8
Độ ẩm (%)	62,8 ^c ±0,1	63,7 ^c ±0,1	65,9 ^{ab} ±1,1	67,1 ^a ±1,2	64,4 ^{bc} ±1,9
TPC (mg GAE/g chất khô)	2,66 ^a ±0,43	2,32 ^a ±0,77	2,43 ^a ±0,67	2,70 ^a ±0,70	2,54 ^a ±0,68
Hàm lượng thiosulfinate (μmol/g tỏi tươi)	7,90 ^a ±0,17	7,67 ^a ±0,25	7,96 ^a ±0,16	7,72 ^a ±0,56	7,60 ^a ±0,25
Hoạt tính chống oxy hóa (%)	7,71 ^a ±0,32	8,70 ^a ±0,71	7,83 ^a ±0,74	8,11 ^a ±0,80	8,32 ^a ±0,53

Ghi chú: *Độ lệch chuẩn của giá trị trung bình; Các chữ cái đi kèm với các trung bình nghiệm thức khác nhau trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa (độ tin cậy 95%)

Khi thu hoạch ở thời gian 120 và 125 ngày, tổng hàm lượng chất khô hòa tan trong tỏi ở mức thấp và đạt cao nhất ở ngày 130 (39,0%) và 135 (37,4%). Theo Nuevo và Bautista (2001), hàm lượng chất khô hòa tan và mùi hăng cay trong củ tỏi chưa thuần thực đều thấp. Tuy nhiên, tổng chất khô hòa tan (°Brix) của củ tỏi Phan Rang trong giai đoạn thu hoạch ở giai đoạn 120–140 ngày vẫn cao hơn so với một số nghiên cứu khác. Hàm lượng chất khô hòa tan trong tỏi tươi trong khoảng 29–37 °Brix (Vázquez-Barrios *et al.*, 2006; Pöldma *et al.*, 2011; Fante và Noreña, 2015).

Độ ẩm trong củ tỏi có sự khác biệt ý nghĩa giữa ngày thu hoạch 120–125 và 130–140. Độ ẩm chỉ đạt đến 63,7% ở ngày 125 và tăng lên 65,94% ở thời điểm 130 ngày có thể do quá trình trương cấu trúc tế bào, sau đó có khuynh hướng giảm nhẹ đến ngày 140. Bên cạnh đó, hàm lượng ẩm trong tỏi tươi đã được công bố vào khoảng 64 đến 66% (Bae *et al.*, 2014; Fante và Noreña, 2015).

Nhìn chung, hàm lượng polyphenol tổng số (2,32–2,7 mg GAE/g chất khô), thiosulfinate (7,6–7,96 μmol/g tỏi tươi) trong củ tỏi Phan Rang không có sự khác biệt ý nghĩa giữa các ngày thu hoạch từ 120–140. Kết quả thu được cho thấy hàm lượng các chất này trong tỏi Phan Rang ở mức độ trung bình so với nhiều giống tỏi trong các nghiên cứu trước đây. Chẳng hạn, hàm lượng polyphenol tổng số trong tỏi tươi là 511–722 mg GAE/100 g trọng lượng tươi (Pöldma *et al.*, 2011).

Hoạt tính chống oxy hóa của tỏi Phan Rang dao động trong khoảng 7,7–8,7%. Trong nghiên cứu

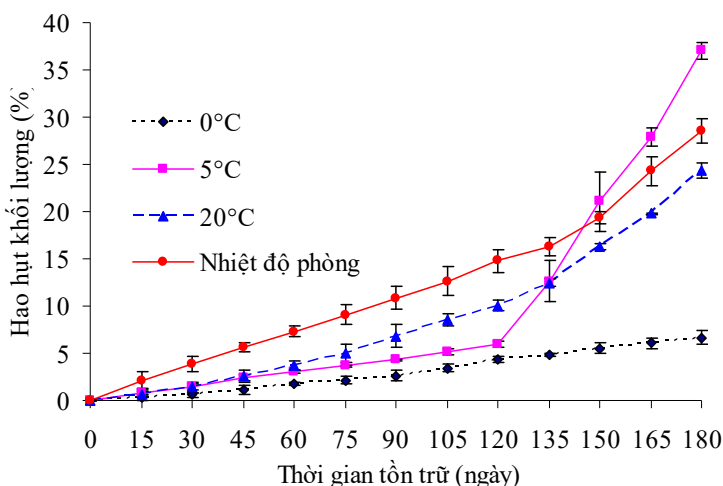
của Somman và Napa (2015), hoạt tính loại bỏ gốc tự do DPPH của củ tỏi là khá cao, đạt 25,53%. Tuy nhiên, hoạt tính chống oxy hóa của tỏi tươi ở Hàn Quốc được công bố với giá trị thấp hơn như 6,21% (Bae *et al.*, 2014) và 4,65% (Choi *et al.*, 2014). Như vậy, thành phần hóa học và hoạt tính chống oxy hóa của tỏi phụ thuộc rất lớn vào giống, điều kiện trồng trọt và khí hậu (Pöldma *et al.*, 2011).

3.2 Ảnh hưởng của nhiệt độ tồn trữ đến sự thay đổi thành phần hóa lý của củ tỏi

3.2.1 Tính chất vật lý

a. Hao hụt khối lượng

Hao hụt khối lượng của củ tỏi tăng trong suốt quá trình tồn trữ ở các điều kiện nhiệt độ khác nhau (Hình 5). Hao hụt khối lượng thấp nhất khi tồn trữ củ tỏi ở 0°C (6,7%). Tỏi không nhạy cảm với lạnh đông và nhiệt độ 0°C vẫn trên điểm đóng băng của tỏi (Cantwell *et al.*, 2003). Nhiệt độ tồn trữ cao hơn sẽ làm tốc độ bay hơi nước nhanh. Đặc biệt, ở nhiệt độ tồn trữ 5°C, hao hụt khối lượng tăng cao đột ngột sau 120 ngày tồn trữ và hao hụt nhiều hơn so với củ tỏi tồn trữ ở 20°C và nhiệt độ phòng. Mặc dù RH trong các điều kiện tồn trữ thấp nhưng do cấu tạo phần thịt củ tỏi được bao bọc bởi nhiều lớp vỏ lụa và do đó hạn chế tối đa quá trình mất nước. Iglesias-Enriquez và Fraga (1998) đã công bố quá trình sinh lý của củ tỏi tương tác với môi trường và ảnh hưởng đến việc vận chuyển hơi nước, sự phát triển mầm và rễ làm thay đổi hình dạng của củ tỏi, gây ra sức căng và phá vỡ mô bề mặt, tạo điều kiện mất nước.



Hình 5: Hao hụt khối lượng (%) của củ tỏi ở các nhiệt độ tồn trữ

b. Màu sắc

Liên quan đến sự thay đổi màu sắc, củ tỏi tồn trữ ở 0 và 20°C không thể hiện sự thay đổi đáng kể về giá trị L và b trong suốt quá trình tồn trữ. Riêng củ tỏi tồn trữ ở 5°C và nhiệt độ khí quyển (28–30°C), màu sắc vỏ củ không có sự khác biệt đến ngày 90 của quá trình tồn trữ. Sau thời gian này, màu vỏ bắt đầu chuyển nhẹ sang màu vàng cho đến khi kết thúc quá trình tồn trữ, cụ thể giá trị b của tỏi ở 5°C tăng từ 23,1 lên 25,7 và ở nhiệt độ khí quyển (28–30°C) tăng từ 23,7 lên 26,1. Theo Vázquez-Barríos *et al.* (2006) vẫn chưa có báo cáo về sự thay đổi màu sắc trong quá trình tồn trữ củ

tỏi ở các nhiệt độ khác nhau.

c. Độ cứng chủ quan (subjective firmness)

Sự hóa mềm tép tỏi trong suốt quá trình tồn trữ bị gây ra chủ yếu bởi sự mất ẩm quá nhiều. Nhiệt độ và thời gian tồn trữ ảnh hưởng đến việc đánh giá độ cứng (chủ quan). Điểm đánh giá độ cứng củ tỏi giảm trong suốt quá trình bảo quản và ảnh hưởng nhiều bởi nhiệt độ (Bảng 2). Củ tỏi bảo quản ở 0°C vẫn duy trì độ cứng ban đầu (thể hiện bằng điểm đánh giá 4,6±0,3) sau 180 ngày. Trong khi đó, điểm đánh giá độ cứng chủ quan của tỏi ở 5°C bị giảm đáng kể (2,1±0,2) với cùng thời gian tồn trữ.

Bảng 2: Độ cứng chủ quan của củ tỏi ở các nhiệt độ khác nhau theo thời gian tồn trữ

Thời gian tồn trữ (ngày)	Nhiệt độ tồn trữ (°C)			
	0	5	20	Nhiệt độ phòng (28-30)
0	4,8±0,2*	4,8±0,2	4,8±0,2	4,8±0,2
30	4,8±0,1	4,5±0,3	4,8±0,1	4,7±0,1
60	4,7±0,2	4,5±0,3	4,5±0,2	4,7±0,2
90	4,5±0,2	4,1±0,5	4,3±0,3	4,3±0,5
120	4,5±0,3	3,3±0,4	3,5±0,5	3,7±0,3
150	4,6±0,2	3,1±0,3	3,5±0,4	3,8±0,4
180	4,6±0,3	2,1±0,2	3,7±0,3	3,5±0,5

Ghi chú: *Độ lệch chuẩn của giá trị trung bình

d. Chỉ số nảy mầm bên trong

Củ tỏi sẽ nảy mầm sau khi trạng thái ngủ kết thúc. Hiện tượng nảy mầm bên trong không được tìm thấy ở các nhiệt độ tồn trữ ở 0 và 20°C và nhiệt độ phòng. Điều này có thể do củ tỏi được hong khô tốt và độ ẩm tương đối của không khí (RH) trong quá trình tồn trữ thấp. Tuy nhiên, củ tỏi bảo quản ở 5°C đến ngày 90 vẫn chưa xuất hiện mầm và đến

ngày 105, mầm xuất hiện với chỉ số nảy mầm là 7,1±0,5% và tăng liên tục cho đến khi kết thúc quá trình tồn trữ 125,6±2,8% (số liệu không đề cập ở đây). Mầm xuất hiện nhanh ở nhiệt độ bảo quản trung gian như 5-18°C (Hardenburg *et al.*, 1986); 10-20°C (Miedema, 1994) hoặc 4,5-10°C (De La và Garcia, 2007). Bên cạnh đó, tỏi tồn trữ ở nhiệt độ cao hơn 20°C có thể làm khô tép tỏi, và trong điều kiện độ ẩm cao có thể dẫn đến sự phát triển

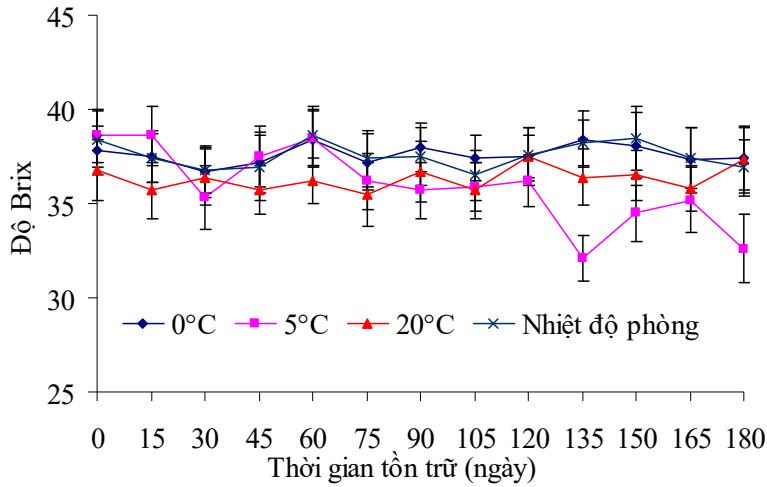
của nấm mốc và thối hỏng (Brewster và Rabinowitch, 1990). Ngoài nhiệt độ, RH và thời gian tồn trữ, sự nảy mầm của củ tỏi còn bị ảnh hưởng bởi giống, điều kiện nghiên cứu và trạng thái ngủ.

3.2.2 Thành phần hóa học

a. Hàm lượng chất khô hòa tan

Khi tồn trữ củ tỏi ở các nhiệt độ khác nhau (0, 20 và nhiệt độ phòng 28–30°C) cho thấy có sự ổn định về hàm lượng chất khô hòa tan sau 120 ngày

tồn trữ (Hình 6). Tuy nhiên sau 180 ngày tồn trữ, củ tỏi bảo quản ở 5°C thể hiện sự suy giảm đáng kể hàm lượng chất khô hòa tan (từ 38,6 xuống còn 32,1°Brix). Điều này có thể liên quan đến sự nảy mầm nhưng không có mối liên hệ rõ ràng đến chỉ số nảy mầm bên trong hoặc tổn thất khối lượng. Rutherford và Whittle (1982) chỉ ra rằng hàm lượng đường tổng của hành tây không thay đổi trước khi nảy mầm, nhưng sau đó suy giảm (7-12%).

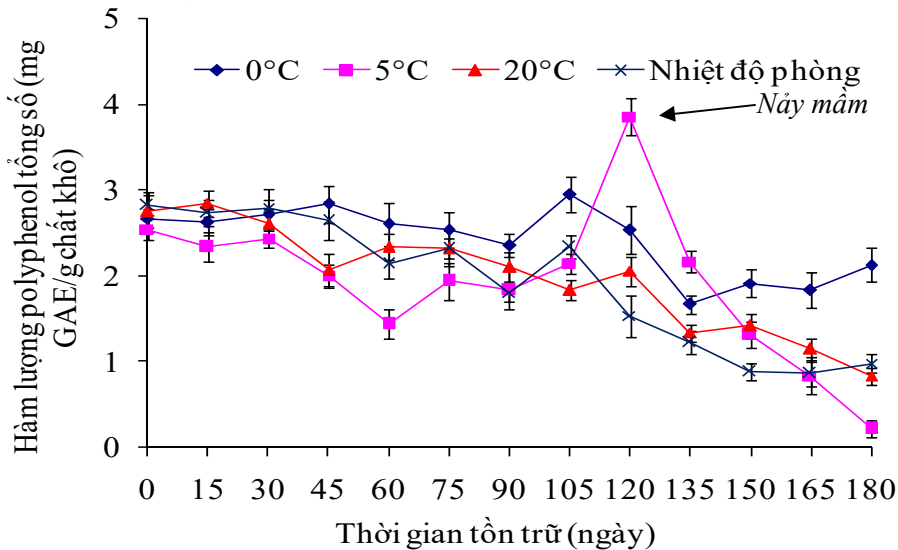


Hình 6: Độ Brix của củ tỏi theo thời gian tồn trữ ở các điều kiện nhiệt độ khác nhau

b. Hàm lượng polyphenol tổng số

Hàm lượng polyphenol tổng số biến đổi phức tạp ở các nhiệt độ tồn trữ và có khuynh hướng giảm (Hình 7). Hàm lượng polyphenol tổng số ít bị biến đổi hơn ở nhiệt độ tồn trữ 0°C so với các nhiệt độ tồn trữ còn lại. Đặc biệt, khi tồn trữ củ tỏi ở

5°C, hàm lượng polyphenol tổng số tăng nhanh ở ngày 120. Điều này có thể do hoạt động sinh lý nảy mầm trong củ tỏi đang diễn ra làm tăng hàm lượng polyphenol (Zakarova et al., 2014). Tuy nhiên, sau ngày 120 của quá trình tồn trữ, hàm lượng này lại giảm nhanh.



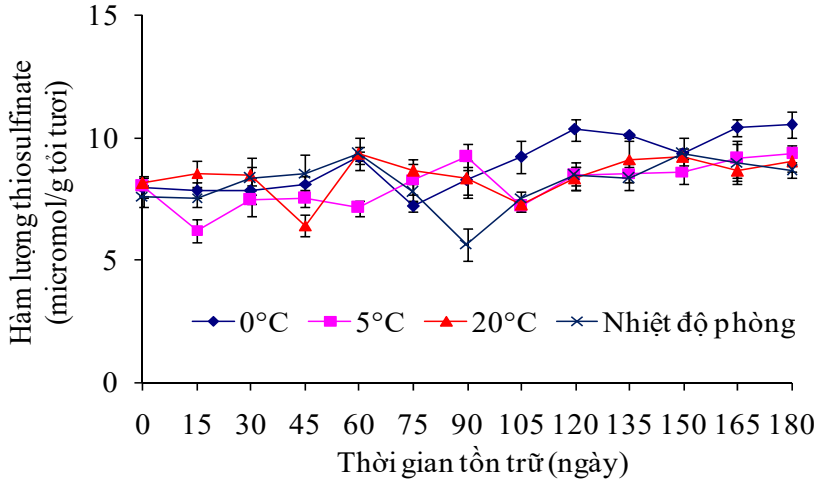
Hình 7: Thay đổi hàm lượng polyphenol tổng số trong củ tỏi tồn trữ ở các điều kiện nhiệt độ

c. Hoạt tính chống oxy hóa

Bên cạnh sự giảm hàm lượng polyphenol tổng số, hoạt tính chống oxy hóa của củ tỏi vẫn ổn định trong suốt quá trình tồn trữ. Kết quả phân tích cho thấy hoạt tính chống oxy hóa của củ tỏi tồn trữ ở các nhiệt độ 0, 5, 20 và 28-30°C biểu thị các giá trị

tương ứng là 7,34-8,45%, 7,37-7,55%, 7,12-7,67% và 6,64-7,85%. Ngoài polyphenol có hoạt tính chống oxy hóa, các hợp chất lưu huỳnh hữu cơ trong củ tỏi cũng có chức năng tương tự (Gorinstein *et al.*, 2006).

d. Hàm lượng thiosulfinate

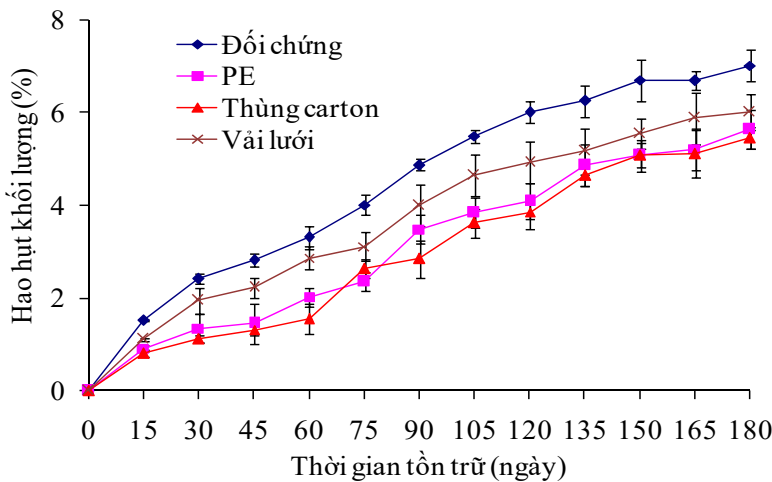


Hình 8: Thay đổi hàm lượng thiosulfinate của tỏi tươi theo thời gian tồn trữ ở các nhiệt độ

Nhìn chung, hàm lượng thiosulfinate của củ tỏi ít biến đổi trong quá trình tồn trữ ở các nhiệt độ khác nhau (Hình 8). Tuy nhiên, khi kết thúc quá trình tồn trữ trong khoảng 180 ngày, hàm lượng thiosulfinate đều tăng nhẹ ở mỗi nhiệt độ tồn trữ. Điều này có thể do tiền chất góp phần tạo nên thiosulfinate là alliin tăng trong thời gian tồn trữ ở các nhiệt độ khác nhau (Ichikawa *et al.*, 2006).

3.3 Ảnh hưởng của loại bao bì đến sự hao hụt khối lượng của củ tỏi trong quá trình tồn trữ

Hao hụt khối lượng tăng theo thời gian tồn trữ ở cả 3 loại bao bì (Hình 9). Ngoài ra, loại bao bì không có ảnh hưởng đáng kể đến sự hao hụt khối lượng. Bao bì vải lưới ghi nhận hao hụt khối lượng cao nhất (6,02%), trong khi bao bì carton ghi nhận sự mất mát âm thấp nhất (5,46%). Mặt khác, bao bì vải lưới thể hiện tính tiện dụng, rẻ tiền và thông thoáng khí tốt so với hai loại bao bì còn lại. De La và Garcia (2007) cũng báo cáo khả năng bảo quản tỏi trong bao bì plastic hoặc hộp kín có ảnh hưởng xấu đến củ tỏi do thúc đẩy sự thối hỏng.



Hình 9: Hao hụt khối lượng của củ tỏi tồn trữ trong các loại bao bì khác nhau ở nhiệt độ 0°C

4 KẾT LUẬN

Củ tỏi thu hoạch ở độ tuổi 130-135 ngày sau khi gieo có chất lượng cao nhất và tốc độ hô hấp thấp. Nhiệt độ ở 0°C cung cấp điều kiện tồn trữ tốt nhất đảm bảo chất lượng của củ tỏi lên đến 180 ngày tồn trữ, với chỉ số này mềm và phần trăm hao hụt khối lượng rất thấp, cũng như độ cứng tốt và màu sắc đẹp. Bao bì vải lưới sử dụng tồn trữ củ tỏi tốt và ít chiếm thể tích hơn so với thùng carton và PE trong quá trình tồn trữ, vận chuyển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ankri, S., Mirelman, D., 1999. Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes and Infection*, 2: 125-129.
- Bae, S.E., Cho, S.Y., Won, Y.D., Lee, S.H., Park, H.J., 2014. Changes in S-allyl cysteine contents and physicochemical properties of black garlic during heat treatment. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1): 397-402.
- Block, E., 2010. *Garlic and other Alliums: The lore and the science*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry. UK. 480 pp.
- Blois, M.S., 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181: 1199-1200.
- Brennan, J.G., Grandison, A.S., 2012. *Food Processing Handbook-Vol.1-2nd*. Wiley-VCH Verlag and Co. KGaA, Germany. 789 pp.
- Brewster, J.L., Rabinowitch, H.D. 1990. Garlic agronomy. In: Rabinowitch, H.D. and Brewster, J.L. (eds) *Onions and Allied Crops*, Vol. 3. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 147-157.
- Cantwell, I.M., Kang, J., Hong, G., 2003. Heat treatments control sprouting and rooting of garlic cloves. *Postharvest Biol. Tec.*, 30: 57-65.
- Choi, I.S., Cha, H.S., Lee, Y.S., 2014. Physicochemical and Antioxidant Properties of Black Garlic. *Molecules*, 19: 16811-16823.
- De La, C.M., Garcia, H.S., 2007. *Garlic: postharvest operations*. Instituto Tecnológico de Veracruz. Agricultural and Food Engineering Technologies Service.
- Fante, L., Noreña, C.P.Z., 2015. Quality of hot air dried and freeze-dried of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 52(1): 211-220.
- Gorinstein, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Drzewiecki, I., Najman, K., Katrich, E., Barasch, D., Yamamoto, K., Trakhtenberg, S., 2006. Raw and boiled garlic enhances plasma antioxidant activity and improves plasma lipid metabolism in cholesterol fed-rats. *Life Science*, 78: 655-663.
- Hardenburg, R.E., Watada, A.E., Wang, C.Y., 1986. *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. U.S. Dept. Agric. Hdbk. 66, Washington, D.C.
- Hồ Huy Cường (chủ nhiệm), 2013. Nghiên cứu phục tráng giống tỏi ở Lý Sơn. Cơ quan chủ trì đề tài: Viện KHKT Nông nghiệp Duyên hải Nam Trung Bộ. Mã số: 05/2009/HĐ-ĐTKHCN.
- Ichikawa, M., Ide, N., Ono, K., 2006. Changes in organosulfur compounds in garlic cloves during storage. *J Agric Food Chem*, 54(13): 4849-4854.
- Iglesias-Enriquez, I., Fraga, R., 1998. Envase y forma de almacenamiento adecuado para la conservación poscosecha del ajo irradiado y sin irradiar. *Alimentaria*, 295: 91-96.
- Kinalski, T., Noreña, C.P.Z., 2014. Effect of blanching treatments on antioxidant activity and thiosulfinate degradation of garlic (*Allium sativum* L.). *Food and Bio. Technology*, 7(7): 2152-2157.
- Miedema, P., 1994. Bulb dormancy in onion. I. The effects of temperature and cultivar on sprouting and rooting. *J. Hortic. Sci.*, 69: 29-39.
- Nguyễn Minh Thủy, Dương Thị Phượng Liên, Nhan Minh Trí, Nguyễn Chí Linh. 2013. *Kỹ thuật sau thu hoạch nông sản*. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ.
- Nuevo, P.A., Bautista, O.K., 2001. Morpho-anatomical features and postharvest changes in garlic (*Allium sativum*) harvested at different maturities. *Acta Horticulturae*, 555: 195-206.
- Pöldma, P., Tõnutare, T., Viitak, A., Luik, A., Moor, U., 2011. Effect of selenium treatment on mineral nutrition, bulb size, and antioxidant properties of garlic (*Allium sativum* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 59(10): 5498-5503.
- Rajesh Kumar, K.C., Yu, S., 2010. Effects of harvesting stages on weight loss and sprouting of garlic bulbs stored at room-temperature. *Horticulture NCHU*, 35(3): 81-93.
- Rutherford, P.P., Whittle, R., 1982. The carbohydrate composition of onions during long term cold storage. *J. Hortic. Sci*, 57 (3): 349-356.
- Somman, A., Napa, S., 2015. Comparison of antioxidant activity and tyrosinase inhibition in fresh and processed white radish, garlic and ginger. *Food Measure*. Springer Science+Business Media New York. Published online 2015. doi 10.1007/s11694-015-9244-5.
- Vázquez-Barrios, M.E., López-Echevarría, G., Mercado-Silva, E., Castaño-Tostado, E., León-González, F., 2006. Study and prediction of quality changes in garlic cv. Perla (*Allium sativum* L.) stored at different temperatures. *Scientia Horticulturae*, 108(2): 127-132.
- Wolfe, K., Wu, X., Liu, L.H., 2003. Antioxidant activity of apple peels. *J. Agric Food Chem.*, 51: 609-614.
- Zakarova, A., Seo, J.Y., Kim, H.Y., Kim, J.H., Shin, J.H., Cho, K.M., Lee, C.H., Kim, J.S., 2014. Garlic sprouting is associated with increased antioxidant activity and concomitant changes in the metabolite profile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(8): 1875-1880.