



ẢNH HƯỞNG CỦA PHƯƠNG PHÁP TIỀN XỬ LÝ ĐẾN CÁC HỢP CHẤT CÓ HOẠT TÍNH SINH HỌC VÀ KHẢ NĂNG LOẠI TRỪ GỐC TỰ DO TRONG TỎI

Dương Kim Thanh và Nguyễn Minh Thủy

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

Thông tin chung:

Ngày nhận: 05/08/2016

Ngày chấp nhận: 24/10/2016

Title:

Effect of pretreatments (blanching, freezing, combine of blanching and freezing) on bioactive compounds and free radical scavenging activity of garlic

Từ khóa:

Các hợp chất sinh học, chilli, khả năng loại gốc tự do DPPH, lạnh đông, tỏi

Keywords:

Bioactive compounds, blanching, DPPH radical scavenging, freezing, garlic

ABSTRACT

Garlic is important source of bioactive compounds with antimicrobial activity. The aim of this study was to compare the effect of the pretreatments on the bioactive compounds of garlic (i.e. total polyphenol content, total flavonoid content) and antioxidant activities by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging (DPPH). Three pretreatment methods of garlic were used, namely (i) steam blanching at temperature of 100°C for 4, 6, 8, 10 min, (ii) freezing at temperature of -18°C for 12, 24, 36 and 48 hours, (iii) combine of steam blanching at temperature of 100°C (4÷10 min) and freezing at temperature of -18°C (12÷48 hours). The results showed the total phenolic content, flavonoid and antioxidant activities of garlicks that were blanched for 6 min or were frozen for 36 hours or were treated by combining of steam blanching for 8 min and freezing for 36 hours shown higher than those of other treatments. Among the pretreatment conditions, frozen garlic for 36 hours had the greatest impact on the total phenolic content, flavonoid and antioxidant activities of garlic (5.181 mgGAE/g; 1.438 mgQE/g và 64.148%, respectively) compared to other treated and control samples (4.041 mgGAE/g; 1.199 mgQE/g and 53.993%, respectively). These results indicated that freezing can promote the generation of functional materials.

TÓM TẮT

Tỏi chứa các hợp chất sinh học quan trọng với hoạt động kháng khuẩn. Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của biện pháp (i) chilli bằng hơi nước ở nhiệt độ 100°C trong thời gian 4, 6, 8, 10 phút, (ii) lạnh đông ở nhiệt độ -18°C trong thời gian 12, 24, 36 và 48 giờ và (iii) kết hợp chilli (4÷10 phút) với lạnh đông (12÷48 giờ) (cùng với mẫu đối chứng – không thực hiện bất kỳ biện pháp tiền xử lý nào) đến hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học (polyphenol tổng số, flavonoid tổng số) và hoạt tính chống oxy hóa thông qua khả năng trung hòa gốc tự do DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl). Kết quả nghiên cứu cho thấy tỏi được chilli bằng hơi nước ở 100°C trong 6 phút, lạnh đông (-18°C) trong 36 giờ hoặc kết hợp chilli 8 phút và lạnh đông trong 36 giờ cho hàm lượng các hợp chất sinh học (tổng polyphenol, flavonoid) và hoạt tính chống oxy hóa cao nhất khi so sánh với thời gian xử lý khác ở cả ba biện pháp thực hiện. Trong các điều kiện tiền xử lý được thực hiện, tỏi được lạnh đông trong 36 giờ có tổng hàm lượng polyphenol (5,181 mgGAE/g), flavonoid (1,438 mgQE/g) và hoạt tính loại trừ gốc tự do (64,148%) cao hơn hàm lượng polyphenol (4,041 mgGAE/g), flavonoid (1,199 mgQE/g) và hoạt tính loại trừ gốc tự do (53,993%) của mẫu đối chứng. Biện pháp tiền xử lý tỏi được thực hiện bằng phương pháp lạnh đông có khả năng thúc đẩy làm tăng các hợp chất sinh học trong tỏi.

Trích dẫn: Dương Kim Thanh và Nguyễn Minh Thủy, 2016. Ảnh hưởng của phương pháp tiền xử lý đến các hợp chất có hoạt tính sinh học và khả năng loại trừ gốc tự do trong tỏi. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Số chuyên đề: Nông nghiệp (Tập 1): 25-32.

1 GIỚI THIỆU

Các nghiên cứu về tỏi (*Allium sativum*) và các hợp chất chiết xuất từ tỏi (polyphenol, flavonoid ...) đã cho thấy nguồn nguyên liệu này có hoạt tính sinh học cao và đóng vai trò quan trọng đối với dinh dưỡng người. Tỏi cung cấp cho cơ thể các tác dụng có lợi, là chất chống oxy hóa (Banerjee *et al.*, 2003; Queiroz *et al.*, 2009), có hàm lượng kháng sinh cao, có tác dụng hạ đường huyết (Eidi *et al.*, 2006), chống ung thư (Sasaki and Machiya, 2007). Các chiết xuất từ tỏi được công nhận là có ích trong việc ngăn ngừa rối loạn chức năng nội mạc, làm giảm nguy cơ các bệnh mãn tính (Prasad *et al.*, 1996), ngăn chặn tiến triển của bệnh, điều trị hoặc ngăn ngừa xơ vữa động mạch (Morihara *et al.*, 2011; Yiannakopoulou *et al.*, 2012).

Các hoạt động chống oxy hóa cũng được liên kết với sự hiện diện của các hợp chất phenolic (Willett, 1994). Khi đề cập đến chất kháng oxy hóa, mối quan tâm đầu tiên là hàm lượng các hợp chất polyphenol và flavonoid, được chứng minh là có khả năng dập tắt các gốc tự do, ngăn ngừa và điều trị nhiều bệnh liên quan đến quá trình oxy hóa, vì vậy góp phần cải thiện chất lượng và dinh dưỡng của thực phẩm (Kähkönen *et al.*, 1999). Đặc tính và năng lực chống oxy hóa của tỏi liên quan đến flavonoid và các hợp chất polyphenol (Bozin *et al.*, 2008). Các hợp chất phenolic và flavonoid là thành phần chất kháng oxy hóa chính trong một số loại cây (Cai *et al.*, 2004; Liu *et al.*, 2008).

Các phương pháp tiền xử lý nguyên liệu thông thường bao gồm chần, sấy, đông lạnh... Trong đó, chần là biện pháp quan trọng, có ảnh hưởng lớn đến chất lượng và giá trị cảm quan của sản phẩm, đồng thời giúp ổn định cấu trúc và màu sắc (Lê Mỹ Hồng, 2009). Quá trình chần nguyên liệu giúp kích hoạt enzyme pectin methylesterase (PME) và tác động đến độ ester hóa của pectin, giúp cải thiện đặc tính cấu trúc sản phẩm (Tang and McFeeters, 1983). Dạng thiết bị, phương pháp chần, thời gian, nhiệt độ, độ thuần thực của nguyên liệu ảnh hưởng đến mức độ thay đổi các thành phần hóa học (Nguyễn Minh Thủy, 2010). Chần có tác dụng vô hoạt enzyme alliinase trong tỏi, do đó ảnh hưởng trực tiếp đến sự hình thành các hợp chất hữu cơ chứa lưu huỳnh (Tocmo *et al.*, 2014). Quá trình xử lý nhiệt có thể làm tăng hoặc giảm hoạt tính chống oxy hóa của tỏi, tùy thuộc vào sự phân hủy của các hợp chất polyphenol (Yilmaz and Toledo, 2005). Bên cạnh đó, lạnh đông là một trong các phương pháp truyền thống được sử dụng phổ biến trong bảo quản thực phẩm. Với phương pháp này, sản phẩm sẽ giữ được hương vị, cấu trúc và giá trị dinh dưỡng tốt hơn so với bảo quản nguyên liệu tươi (Delgado and Sun, 2000). Hàm lượng các hợp chất

sinh học trong nguyên liệu thực vật sau khi lạnh đông cũng có khả năng gia tăng (Chan *et al.*, 2013; Tomsone and Kruma, 2014). Suwan (2015) đã nghiên cứu và kết luận đối với sản phẩm rau nói chung và đậu nành rau nói riêng khi kết hợp phương pháp chần và đông lạnh sẽ cho hương vị, cấu trúc và giá trị dinh dưỡng tốt. Olivera *et al.* (2008) cũng cho thấy sự gia tăng hàm lượng flavonoid trong bắp cải Brussels khi kết hợp chần và lạnh đông. Trong nghiên cứu này, sự hữu dụng của các phương pháp tiền xử lý được đánh giá thông qua sự biến đổi các hợp chất sinh học và hoạt tính chống oxy hóa (khả năng loại trừ gốc tự do) trên củ tỏi được hiển thị.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Phương tiện nghiên cứu

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

Nguồn tỏi được thu hoạch tại Phan Rang, Ninh Thuận và vận chuyển về phòng thí nghiệm Bộ môn Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ.

2.2 Bố trí thí nghiệm

Tỏi sau khi thu hoạch khoảng 20 ngày, được thu nhận và lựa chọn những củ có hình dạng tương đối đồng đều, không bị sâu bệnh, khuyết tật, xay xát. Khối lượng mẫu 1 kg được chuẩn bị cho mỗi nghiệm thức. Mẫu tỏi sau khi lựa chọn, được xử lý theo 3 phương pháp: chần bằng hơi nước ở 100°C trong thời gian từ 4, 6, 8 và 10 phút, lạnh đông trong thời gian 12, 24, 36 và 48 giờ ở nhiệt độ -18°C, kết hợp chần và lạnh đông ở các điều kiện như trên. Mẫu tỏi sau khi xử lý được trữ vào tủ mát (3-5°C) trong thời gian 6 giờ (cố định cho tất cả các mẫu) và tiến hành phân tích hàm lượng các hợp chất sinh học (polyphenol, flavonoid tổng số) và khả năng loại bỏ gốc tự do (DPPH).

2.3 Phương pháp phân tích

Xác định TPC (total polyphenol content) trong dịch chiết xuất từ tỏi

Hàm lượng polyphenol tổng số được xác định bằng phương pháp Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). Phenol phản ứng với acid phosphomolybdic trong thuốc thử Folin-Ciocalteu, xuất hiện phức chất có màu xanh trong môi trường kiềm. Đo độ hấp thụ của mẫu ở 765 nm bằng máy đo quang phổ UV. Căn cứ vào cường độ màu đo được trên máy quang phổ và dựa vào đường chuẩn acid garlic để xác định hàm lượng polyphenol tổng số có trong mẫu. Hàm lượng polyphenol tổng của mẫu được thể hiện qua mg

đương lượng acid galic trên mỗi gram chất khô (mg GAE/g)

Xác định TFC (Total flavonoid content) trong dịch chiết xuất từ tỏi

Hàm lượng tổng flavonoid được xác định thông qua phương pháp tạo màu với AlCl₃ trong môi trường kiềm - trắc quang (Zhu *et al.*, 2010). Độ hấp thụ của dung dịch phản ứng được đo ở bước sóng 415 nm. Dựa vào đường chuẩn quercetin để xác định hàm lượng flavonoid tổng có trong mẫu. Các kết quả được thể hiện qua mg đương lượng quercetin (QE) trên mỗi g chất khô mẫu phân tích (mg QE/g).

Phương pháp đánh giá khả năng loại gốc tự do DPPH

Khả năng khử gốc tự do DPPH được xác định theo phương pháp của Mensor *et al.* (2001). Các chất có khả năng oxy hóa sẽ trung hòa gốc DPPH bằng cách cho hydrogen, làm giảm độ hấp thụ tại bước sóng cực đại và màu của dung dịch phản ứng sẽ nhạt dần, chuyển từ tím sang vàng nhạt.

Phân tích thống kê số liệu

Các kết quả thực nghiệm được phân tích bằng phần mềm Statgraphics Centurion XVI. Đồ thị được vẽ bằng phần mềm Microsoft Excel với độ lệch chuẩn (STD) được tính theo công thức:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})^2$$

Trong đó: S là độ lệch chuẩn; X_i là số hạng trong dãy số liệu; \bar{X} là giá trị trung bình và n là số mẫu.

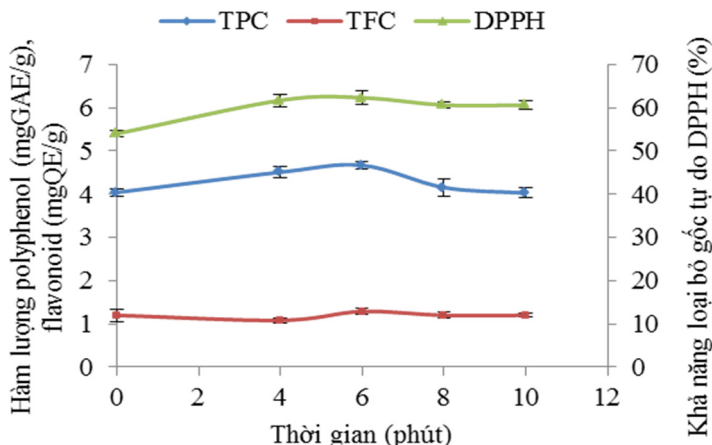
Mỗi khảo nghiệm được thực hiện ba lần. Phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) được sử dụng để xác định sự khác biệt ý nghĩa ($p < 0,05$) giữa các trung bình nghiệm thức.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Ảnh hưởng của phương pháp chần đến chất lượng củ tỏi

Phương pháp chần là phương pháp xử lý nhiệt với thời gian ngắn, thường được áp dụng cho các loại rau, củ trước khi chế biến với mục đích tăng cường tính an toàn và gia tăng các thuộc tính chất lượng (Jaiswal *et al.*, 2012). Chần cũng giúp nâng cao chất lượng, màu sắc và duy trì giá trị dinh dưỡng sản phẩm thực vật, bất hoạt các enzym gây hóa nâu hoặc các phản ứng phân hủy các hợp chất phenolic (Abu-Ghannam and Jaiswal, 2015).

Hàm lượng các hợp chất sinh học và khả năng khử gốc tự do của tỏi chần ở các mức thời gian khác nhau được thể hiện ở Hình 1. Hàm lượng polyphenol, flavonoid và khả năng khử gốc tự do tăng cao nhất ở thời gian chần 6 phút (gấp 1,15; 1,08 và 1,15 lần tương ứng so với mẫu đối chứng). Ở thời gian chần 4 và 6 phút, hàm lượng polyphenol tổng đo được từ mẫu cao hơn đáng kể so với thời gian chần 8 và 10 phút ($p < 0,05$). Hàm lượng flavonoid có sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$) ở thời gian chần 6 phút. Với các mức thời gian chần còn lại, hàm lượng flavonoid trong tỏi tăng không đáng kể. Kết quả cũng được ghi nhận tương tự đối với khả năng khử gốc tự do của tỏi. Với thời gian chần từ 4 đến 10 phút, khả năng khử gốc tự do đều tăng ở mức ý nghĩa thống kê so với mẫu đối chứng ($p < 0,05$) và đạt cao nhất ở thời gian chần 6 phút.



Hình 1: Ảnh hưởng của thời gian chần đến hàm lượng polyphenol, flavonoid và khả năng khử gốc tự do của tỏi

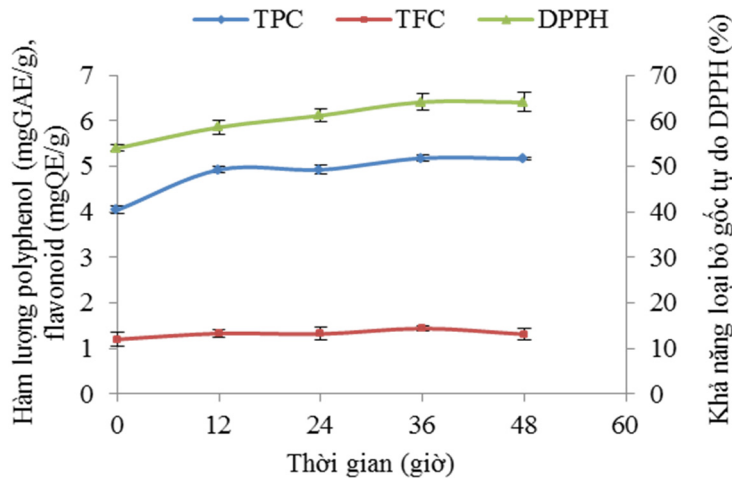
Kết quả đạt được từ nghiên cứu phù hợp với kết quả của Priccina *et al.* (2013). Nhóm tác giả cho rằng, tiền xử lý bằng biện pháp chần làm gia tăng hàm lượng các hợp chất sinh học trong nguyên liệu. Với phương pháp xử lý chần bằng nước sôi trong 10 phút, hàm lượng polyphenol tăng lên 1,634 mgGAE/g (so với 1,357 mgGAE/g trong mẫu đối chứng) (Roy *et al.*, 2009). Wolfe và Liu (2003) đã báo cáo, chần táo trong nước sôi khoảng 10-20 giây sẽ giúp tăng hàm lượng polyphenol và flavonoid so với mẫu tươi. Tương tự, Nayak *et al.* (2011) khi nghiên cứu chần một số loại rau, củ bằng hơi nước trong 8 phút cũng cho thấy khả năng chống oxy hóa được lên nhiều lần.

Nhiều nghiên cứu trước đây cho thấy, nguyên nhân của sự tăng các hoạt tính chống oxy hóa trong chế biến nhiệt có thể từ sự phá vỡ thành tế bào của

nguyên liệu và giải phóng các hợp phần chống oxy hóa từ các thành phần không hòa tan hiện diện trong các nguyên liệu như tỏi (Kwon *et al.*, 2006), và các loại quả họ citrus (Jeong *et al.*, 2004) và cà chua (Dewanto *et al.*, 2002). Đồng thời, việc xử lý ở nhiệt độ cao cũng có khả năng vô hoạt các enzyme oxy hóa hợp chất phenol, do đó cũng hạn chế (hoặc giảm) tồn thất hợp chất phenolic (Dewanto *et al.*, 2002).

3.2 Ảnh hưởng của phương pháp lạnh đông đến chất lượng củ tỏi

Thời gian lạnh đông cũng được xem là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến các hợp chất sinh học trong nguyên liệu. Dữ liệu thể hiện ở Hình 2 cho thấy ảnh hưởng của thời gian lạnh đông đến hàm lượng polyphenol, flavonoid và khả năng khử gốc tự do của tỏi.



Hình 2: Ảnh hưởng của thời gian lạnh đông đến hàm lượng polyphenol, flavonoid và khả năng khử gốc tự do của tỏi

Khi thực hiện quá trình lạnh đông tỏi trong 36 giờ, các hàm lượng polyphenol, flavonoid và khả năng khử gốc tự do tăng cao nhất (gấp 1,28; 1,20 và 1,19 lần tương ứng so với mẫu đối chứng). Thời gian lạnh đông 36 và 48 giờ cho hàm lượng polyphenol tổng cao hơn đáng kể so với thời gian đông lạnh ở 12 và 24 giờ ($p < 0,05$). Hàm lượng flavonoid trong tỏi thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$) trong thời gian lạnh đông 36 giờ. Với các thời gian đông lạnh còn lại, hàm lượng flavonoid tăng không đáng kể. Khả năng loại bỏ gốc tự do của tỏi sau 12, 24, 36 và 48 giờ lần lượt là 58,58; 61,17; 64,15 và 64,03%. Kết quả nghiên cứu phù hợp với kết luận của Tomsone và Kruma (2014), nhóm tác giả cho rằng các hợp chất sinh học trong nguyên liệu thực vật sau khi đông lạnh được gia tăng. Kết quả tương tự có sự gia tăng hàm lượng polyphenol ở nhiệt độ đóng băng cũng đã được báo cáo trong nghiên cứu của Chan *et al.*

(2013). Theo Leong và Oey (2012), những hợp chất sinh học tồn tại dưới dạng liên kết trong màng tế bào thực vật có thể được giải phóng trong quá trình xử lý chần hoặc đông lạnh, do đó có sự gia tăng những hợp chất sinh học sau quá trình chế biến so với sản phẩm tươi.

3.3 Ảnh hưởng của phương pháp chần kết hợp lạnh đông đến chất lượng củ tỏi

Hiệu quả của việc kết hợp hai nhân tố thời gian chần bằng hơi nước từ 4, 6, 8, 10 phút và thời gian đông lạnh 12, 24, 46, 48 giờ đến quá trình tiền xử lý nguyên liệu tỏi được đánh giá thông qua hàm lượng các hợp chất sinh học và khả năng khử gốc tự do. Kết quả tổng hợp các giá trị trung bình được thể hiện ở Bảng 1. Khi thực hiện quá trình tiền xử lý tỏi bằng phương pháp chần kết hợp với đông lạnh, kết quả thu nhận được cho thấy hàm lượng các hợp chất sinh học và khả năng khử gốc tự do của tỏi đều tăng. Khi kết hợp quá trình chần tỏi với

thời gian 6 và 8 phút với tiến trình đông lạnh trong 36 giờ, hàm lượng polyphenol, flavonoid và khả năng khử gốc tự do của tỏi đạt giá trị cao nhất tương ứng là 4,613 mgGAE/g; 1,394 mgQE/g; 59,259%. Nhìn chung, khi thời gian lạnh đông kéo dài từ 12 đến 36 giờ hàm lượng polyphenol, flavonoid và khả năng khử gốc tự do của tỏi tăng. Tuy nhiên khi kéo dài thời gian đông lạnh tỏi thì sự

gia tăng các hợp chất sinh học cũng không thể hiện rõ. Điều này phù hợp với nghiên cứu của Li *et al.* (2014) về tác động tiền xử lý đông lạnh từ 10 đến 40 giờ trên hàm lượng đường khử của tỏi và đã kết luận thời gian lạnh đông 30 giờ cho kết quả hàm lượng đường khử đạt giá trị cao nhất.

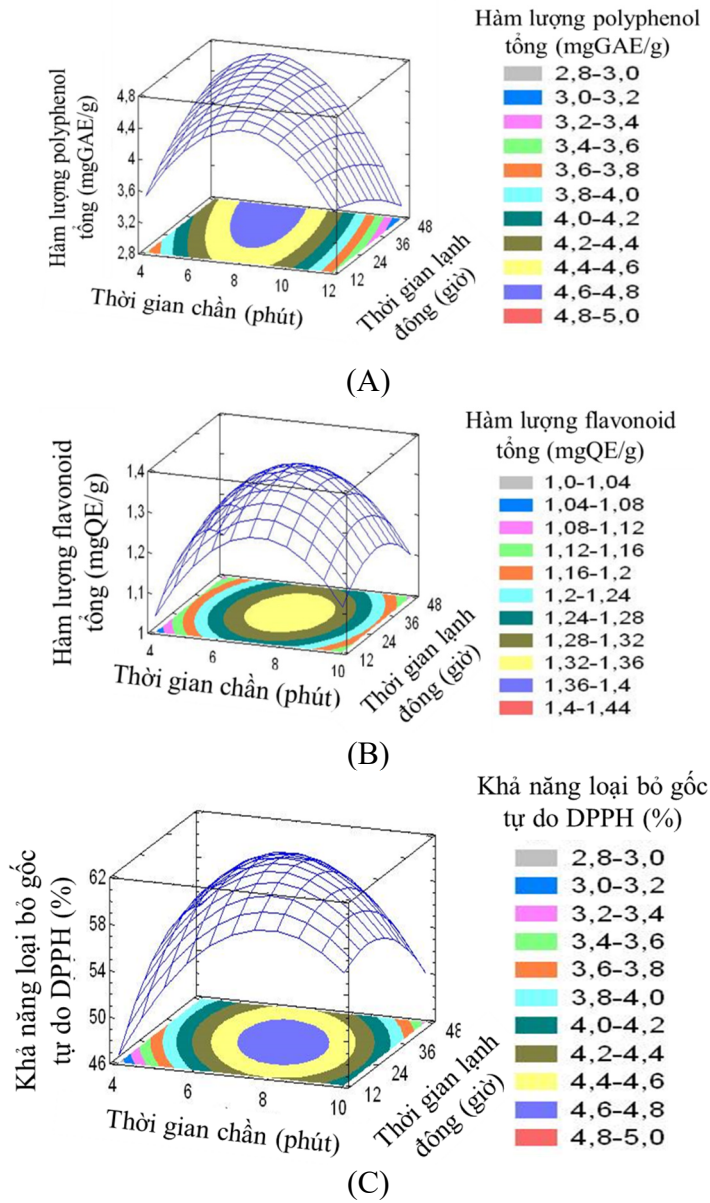
Bảng 1: Giá trị trung bình của hàm lượng polyphenol, flavonoid tổng số và hoạt tính loại trừ gốc tự do của tỏi

Thời gian lạnh đông (giờ)	Thời gian chill (phút)	Chỉ tiêu		
		TPC (mgGAE/g)*	TFC (mgQE/g)*	DPPH (%)*
12	4	4,157 ^{abc}	1,163 ^a	54,439 ^{ab}
	6	4,313 ^{abcde}	1,281 ^{ab}	57,355 ^{de}
	8	4,457 ^{bcde}	1,239 ^{ab}	56,334 ^{abcd}
	10	4,361 ^{bcde}	1,147 ^a	56,819 ^{cd}
24	4	4,155 ^{abc}	1,188 ^a	54,366 ^a
	6	4,275 ^{abcde}	1,183 ^a	57,199 ^{de}
	8	4,148 ^{ab}	1,205 ^a	57,179 ^d
	10	4,014 ^a	1,113 ^a	55,493 ^{abcd}
36	4	4,190 ^{abcd}	1,135 ^a	54,903 ^{abc}
	6	4,455 ^{bcde}	1,394 ^b	57,250 ^{de}
	8	4,613 ^c	1,392 ^b	59,259 ^e
	10	4,545 ^{de}	1,235 ^{ab}	56,473 ^{bcd}
48	4	4,519 ^{cde}	1,151 ^a	56,089 ^{cd}
	6	4,499 ^{cde}	1,207 ^a	56,391 ^{cd}
	8	4,311 ^{abcde}	1,255 ^{ab}	54,787 ^{abc}
	10	4,359 ^{abcde}	1,182 ^a	55,091 ^c

Ghi chú: *Giá trị trung bình của 3 lần lặp lại. Các chữ cái đi kèm các trung bình nghiệm thức trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt ý nghĩa 5%

Thời gian chill không ảnh hưởng nhiều đến hàm lượng các hợp chất sinh học. Ở các mức thời gian chill khác nhau không có nhiều khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê. Tuy nhiên ở thời gian chill 6 và 8 phút, hàm lượng các hợp chất sinh học đạt giá trị cao hơn ở các thời gian chill 4 và 10 phút.

Theo nghiên cứu của Heras-Ramírez *et al.* (2012), hàm lượng polyphenol trong táo chill 4 phút ở 86°C tăng từ 0,012 (mgGAE/g) lên 0,015 (mgGAE/g). Các kết quả thể hiện ở Hình 3 (A, B, C) cho thấy rõ hơn các khoảng kết hợp thời gian lạnh đông và thời gian chill thích hợp để đạt được hàm lượng cao các hợp chất sinh học.



Hình 3: Đồ thị bề mặt đáp ứng thể hiện ảnh hưởng của thời gian lạnh đông và thời gian chần đến (A) hàm lượng polyphenol, (B) flavonoid và (C) khả năng khử gốc tự do của tỏi

Phương trình hồi quy thể hiện tương quan giữa nhân tố thời gian lạnh đông và thời gian chần đến hàm lượng polyphenol tổng số, flavonoid và khả năng khử gốc tự do được thiết lập (phương trình 1, 2, 3 tương ứng).

$$TPC = 0,99953 X - 0,05838 X^2 - 0,00497 XY + 0,0626 Y - 0,000333 Y^2 \quad (1)$$

$$(R^2 = 0,99)$$

$$TFC = 0,3133 X - 0,0215 X^2 - 0,00021 XY + 0,0147 Y - 0,0002 Y^2 \quad (2)$$

$$(R^2 = 0,99)$$

$$DPPH = 12,7424 X - 0,7514 X^2 - 0,0597 XY + 0,9954 Y - 0,0092 Y^2 \quad (3)$$

$$(R^2 = 0,99)$$

Trong đó, DPPH là khả năng khử gốc tự do (%), TPC là polyphenol tổng số (mgGAE/g), TFC là flavonoid (mgQE/g), X là thời gian chần (4÷10 phút) và Y là thời gian lạnh đông (12÷48 giờ).

4 KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy cả ba biện pháp chần, đông lạnh và kết hợp chần với đông lạnh đều cho hàm lượng các hợp chất sinh học cao hơn so

với nguyên liệu tươi. Việc kết hợp biện pháp chần và đông lạnh không tác động đáng kể đến các hợp chất sinh học trong tỏi so với phương pháp đông lạnh nhưng lại tạo ra hàm lượng polyphenol và flavonoid cao hơn phương pháp chần. Thực hiện quá trình đông lạnh tỏi trong thời gian 36 giờ ở nhiệt độ -18°C là biện pháp tiền xử lý hiệu quả cho hàm lượng các hợp chất sinh học và khả năng chống oxy hóa cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abu-Ghannam, N., and Jaiswal, A., 2015. Blanching as a treatment process: Effect on polyphenols and antioxidant capacity of cabbage. Books/Book Chapters.
- Banerjee, S. K., Mukherjee, P. K., and Maulik, S. K., 2003. Garlic as an antioxidant: the good, the bad and the ugly. *Phytotherapy Research*, 17(2): 97-106.
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Goran, A., and Igic, R., 2008. Phenolics as antioxidants in garlic. *Food Chemistry*, 111: 925-929.
- Cai, Y., Luo, Q., Sun, M., and Corke, H., 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life sciences*, 74(17): 2157-2184.
- Chan, E.W.C., Lye P.Y., Eng S.Y., and Tan Y.P., 2013. Antioxidant properties of herbs with enhancement effects of drying treatments: A synopsis. *Free radicals and antioxidants*, No. 3, p. 2-6.
- Delgado, A.E., and Sun, D.W., 2000. Heat and mass transfer for predicting freezing processes, a review. *Journal of Food Engineering*, 47: 157-174.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., and Liu, R. H., 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(10): 3010-3014.
- Eidi, A., Eidi, M., and Esmaeili, E., 2006. Antidiabetic effect of garlic in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Phytomedicine*, 13(9): 624-629.
- Heras-Ramírez, M. E., Quintero-Ramos, A., Camacho-Dávila, A. A., Barnard, J., Talamás-Abbud, R., Torres-Muñoz, J. V., and Salas-Muñoz, E., 2012. Effect of blanching and drying temperature on polyphenolic compound stability and antioxidant capacity of apple pomace. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6): 2201-2210.
- Jaiswal, A. K., Gupta, S., and Abu-Ghannam, N., 2012. Kinetic evaluation of colour, texture, polyphenols and antioxidant capacity of Irish York cabbage after blanching treatment. *Food Chemistry*, 131(1): 63-72.
- Jeong, S. M., Kim, S. Y., Kim, D. R., Jo, S. C., Nam, K. C., Ahn, D. U., and Lee, S. C., 2004. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(11): 3389-3393.
- Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S., and Heinonen, M., 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(10), 3954-3962.
- Kwon, O. C., Woo, K. S., Kim, T. M., Kim, D. J., Hong, J. T., and Jeong, H. S., 2006. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high temperature and pressure treatment. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 38(3): 331-336.
- Leong, S. Y., and Oey, I. (2012). Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 133(4), 1577-1587.
- Lê Mỹ Hồng, Nguyễn Thị Thanh My, Nguyễn Thị Nga, Trần Thị Thu Hồng và Lê Văn Khá, 2009. Quá trình chế biến hạt sen đông hộp. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 10: 245-254.
- Li, N., Lu, X., Pei, H., and Qiao, X., 2014. Effect of freezing pretreatment on the processing time and quality of black garlic. *Journal of Food Process Engineering*.
- Liu, H., Qiu, N., Ding, H., and Yao, R., 2008. Polyphenols contents and antioxidant capacity of 68 Chinese herbals suitable for medical or food uses. *Food Research International*, 41(4): 363-370.
- Mensor, L. L., Menezes, F. S., Leitão, G. G., Reis, A. S., Santos, T. C. D., Coube, C. S., and Leitão, S. G., 2001. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy research*, 15(2): 127-130.
- Morihara, N., Hayama, M., and Fujii, H., 2011. Aged garlic extract scavenges superoxide radicals. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(1): 17-21.
- Nayak, B., Berrios, J. D. J., Powers, J. R., Tang, J., and Ji, Y., 2011. Colored potatoes (*Solanum Tuberosum*) dried for antioxidant-rich value-added foods. *Journal of Food Processing and Preservation*. 35: 571-580.
- Nguyễn Minh Thủy, 2010. Kỹ thuật sau thu hoạch rau quả. Nhà xuất bản Nông Nghiệp. 160 pp.
- Olivera, D. F., Vina, S. Z., Marani, C. M., Ferreyra, R. M., Mugridge, A., Chaves, A. R., and Mascheroni, R. H., 2008. Effect of blanching on the quality of Brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. gemmifera DC) after frozen storage. *Journal of Food Engineering*, 84(1): 148-155.
- Prasad K., Laxdal V. A., Yu M., and Raney B. L., 1996. Evaluation of hydroxyl radical scavenging property of garlic. *Mol Cell Biochem* 154(1): 55-63.
- Priecina, L., and Karlina, D., 2013. Total polyphenol, flavonoid content and antiradical activity of celery, dill, parsley. Onion and garlic dried in convective and microwave-vacuum

- dryers. International Conference on Nutrition and Food Sciences IPCBEE.
- Queiroz, Y. S., Ishimoto, E. Y., Bastos, D. H., Sampaio, G. R., and Torres, E. A., 2009. Garlic and ready-to-eat garlic products: In vitro antioxidant activity. *Food chemistry*, 115(1): 371-374.
- Roy, M. K., Juneja, L. R., Isobe, S., and Tsushida, T., 2009. Steam processed broccoli (*Brassica oleracea*) has higher antioxidant activity in chemical and cellular assay systems. *Food Chemistry*, 114(1): 263-269.
- Sasaki, J. I., Lu, C., Machiya, E., Tanahashi, M., and Hamada, K., 2007. Processed black garlic (*Allium sativum*) extracts enhance anti-tumor potency against mouse tumors. *Energy (kcal/100 g)*: 227, 138.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventos, R.M., 1999. Analysis of total phenol and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymology*, 299: 152-78.
- Suwan, P., 2015. Effects of blanching on color, texture and sodium chloride content during storage time of frozen vegetable soybean modeling for commercial scale.
- Tang, H.C.L., and McFeeters, R.F., 1983. Relationships among cell wall constituents, calcium and texture during cucumber fermentation and storage. *Journal of Food Science*, 48(1): 66-74.
- Tocmo, R., Lin, Y., and Huang, D., 2014. Effect of processing conditions on the organosulfides of shallot (*Allium cepa* L. *Aggregatum* Group). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(23): 5296-5304.
- Tomsone, L., and Kruma, Z., 2014. Influence of freezing and drying on the phenol content and antioxidant activity of horseradish and lovage. In 9th Baltic Conference on Food Science and Technology "Food for Consumer Well-Being", *FOODBALT Conference Proceedings*, Jelgava, LLU. 192-197.
- Willett, C. W., 1994. Diet and health: what should we eat? *Science*, 264,532-537.
- Wolfe, K. L., and Liu, R. H., 2003. Apple peels as a value-added food ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(6): 1676-1683.
- Yiannakopoulou, E. C., 2012. Does pharmacodynamic interaction of nonenzymatic antioxidants modify response to antioxidant therapy in the process of atherosclerosis. *Cardiovasc Pharm*, 17(4): 366-372.
- Yilmaz, Y., and Toledo, R., 2005. Antioxidant activity of water-soluble Maillard reaction products. *Food Chemistry*, 93(2): 273-278.
- Zhu, H., Wang, Y., Liu, Y., Xia, Y., and Tang, T., 2010. Analysis of flavonoids in *Portulaca oleracea* L. by UV-vis spectrophotometry with comparative study on different extraction technologies. *Food Analytical Methods*, 3(2): 90-97.