

TÌM HIỂU ẢNH HƯỞNG CỦA PHƯƠNG PHÁP THANH TRÙNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC RAU QUẢ: A REVIEW

Lê Thị Thu Hương*, Nguyễn Thị Tâm, Đào Thị Thu Hiền
Khoa Khoa học và Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Lạc Hồng, Đồng Nai, Việt Nam
* Tác giả liên hệ: lethuhuong@lhu.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận: 02/03/2023
Ngày hoàn thiện: 05/04/2023
Ngày chấp nhận: 20/6/2023
Ngày đăng: 28/02/2024

TỪ KHÓA

Thanh trùng (TP);
Áp suất cao (HPP);
Xung điện trường (PEF);
Tia cực tím (UV);
Sóng siêu âm (US);
Nước quả.

TÓM TẮT

Nước rau quả có nguồn gốc từ tự nhiên, có lợi cho sức khỏe, đảm bảo an toàn và bảo quản được trong thời gian dài là vấn đề mà các nhà sản xuất và người tiêu dùng quan tâm. Các kỹ thuật thanh trùng dùng nhiệt (TP) và không dùng nhiệt được áp dụng để bất hoạt vi sinh vật và enzyme nhằm đảm bảo chất lượng nước rau quả. Phương pháp thanh trùng nhiệt giúp loại bỏ vi sinh vật hiệu quả nhưng làm giảm hàm lượng vitamin, các hợp chất có hoạt tính sinh học, thay đổi mùi vị và màu sắc tự nhiên của nước rau quả. Công nghệ khử trùng không dùng nhiệt được sử dụng trong sản xuất nước rau quả gồm có khử trùng áp suất cao (HPP), điện trường xung (PEF), tia cực tím (UV-C) và sóng siêu âm (US). Các phương pháp này tiến hành ở nhiệt độ thường và thời gian xử lý ngắn, do đó bảo tồn được các thành phần dinh dưỡng, cũng như màu sắc và mùi vị của nước rau quả. Bài báo cung cấp thông tin tổng thể về các phương pháp thanh trùng, ưu nhược điểm của từng phương pháp thanh trùng đến chất lượng của nước rau quả.

AN INVESTIGATION INTO THE EFFECTS OF PASTEURIZATION ON THE QUALITY OF FRUIT AND VEGETABLE JUICES: A REVIEW

Le Thi Thu Huong*, Nguyen Thi Tam, Dao Thi Thu Hien
Faculty of Food Science and Technology, Lac Hong University, Dong Nai, Viet Nam
* Corresponding Author: lethuhuong@lhu.edu.vn

ARTICLE INFO

Received: Mar 2nd, 2023
Revised: Apr 5th, 2023
Accepted: Jun 20th, 2023
Published: Feb 28th, 2024

KEYWORDS

Thermal pasteurization (TP);
High-pressure (HPP);
Pulsed electric field (PEF);
Ultraviolet light (UV);
Ultrasound (US);
Fruit and vegetable juices.

ABSTRACT

Fruit and vegetable juices which have natural origins, health benefits, safety and long-term preservation are issues that manufacturers and consumers are concerned about. Thermal (TP) and non-thermal pasteurization techniques are applied to inactivate microorganisms and enzymes to ensure the quality of fruit and vegetable juices. Thermal pasteurization method effectively eliminates microorganisms but reduces the content of vitamins and biologically active compounds, changes the natural taste and color of fruit and vegetable juice. Non-thermal sterilization technologies used in fruit and vegetable juice production include high pressure sterilization (HPP), pulsed electric field (PEF), ultraviolet light (UV-C) and ultrasound (US). These methods are carried out at room temperature and with short processing times, thus help to preserve the nutritional components, as well as the color and flavor of the fruit and vegetable juices. The article provides general information about pasteurization methods, advantages and disadvantages of each pasteurization method on the quality of fruit and vegetable juices.

Doi: <https://doi.org/10.61591/jslhu.16.380>

Available online at: <https://js.lhu.edu.vn/index.php/lachong>.

1. Giới thiệu

Nước rau quả đóng hộp có nguồn gốc hoàn toàn tự nhiên được người tiêu dùng quan tâm vì có nhiều lợi ích cho sức khỏe. Chúng tham gia tích cực vào quá trình tái tạo tế bào, giải độc và điều trị bệnh tật, được nhiều chuyên gia dinh dưỡng khuyên dùng để có lối sống lành mạnh [1]. Đồ uống được làm từ rau quả rất bổ dưỡng, giàu vitamin, khoáng chất và các hợp chất có hoạt tính sinh học tự nhiên [2, 3].

Đồ uống làm từ củ cải đường, cà rốt, cần tây, quả lý chua, rau bina, nho, anh đào hoặc dưa hấu, bổ sung tỏi và gừng giúp gia tăng khả năng miễn dịch, giảm cholesterol và huyết áp. Bệnh tim sẽ được cải thiện bằng dưa và đồ uống có gừng, lê và mùi tây. Một số nghiên cứu cho rằng nước rau quả giúp chống oxy hóa làm giảm huyết áp, tốt cho hệ thống tim mạch [1, 4]. Đồ uống từ rau quả có hàm lượng nước cao, giàu dinh dưỡng là môi trường tốt cho các enzyme và vi sinh vật phát triển. Để kéo dài thời gian bảo quản đồ uống rau quả cần phải tiêu diệt vi sinh vật và khử hoạt động của hệ enzyme có trong nước rau quả, phương pháp lâu đời và phổ biến nhất là đun nóng trong thời gian dài. Tuy nhiên, phương pháp này thường làm giảm chất lượng nước rau quả, làm tổn thất vitamin, các chất có hoạt tính sinh học, biến đổi hương vị, màu sắc của sản phẩm [5, 6].

Ngày nay, nhận thức của khách hàng về chất lượng sản phẩm ngày càng cao. Người tiêu dùng yêu cầu chất lượng sản phẩm nước trái cây, rau củ đóng hộp phải có mùi vị, màu sắc tự nhiên, bảo tồn được các thành phần hóa học tự nhiên và các hoạt chất sinh học. Do đó, công nghệ thanh trùng hiện đại được áp dụng vào sản xuất nước rau quả đóng hộp nhằm đáp ứng các yêu cầu trên [7].

Bài đánh giá này trình bày ảnh hưởng của các phương pháp thanh trùng nhiệt và không dùng nhiệt đến hàm lượng vitamin C, hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học, pH, mùi vị và màu sắc của sản phẩm.

2. Ảnh hưởng của các kỹ thuật thanh trùng đến chất lượng nước rau quả

2.1 Thanh trùng Pasteur

Phương pháp thanh trùng bằng nhiệt - Tên tiếng Anh là Thermal pasteurization (TP) được đặt theo tên của nhà khoa học người Pháp Louis Pasteur [8]. Phương pháp này tương đối đơn giản, dễ thực hiện, đầu tư ban đầu thấp. Tuy nhiên, việc xử lý nhiệt sẽ làm giảm chất lượng cảm quan và hàm lượng các chất có giá trị như vitamin (C và E), carotenoid, polyphenol, axit hữu cơ [3, 9, 10], đồng thời tạo ra các hợp chất độc hại như furan và 5-hydroxymethylfurfural [11].

Theo nghiên cứu về nước ép quả acai (*Euterpe oleracea*) của Linhares và cộng sự, trong cả hai phương pháp thanh trùng nhiệt và không dùng nhiệt hàm lượng phenolic giảm, trong khi đó hàm lượng anthocyanin tăng lên 132% khi thanh trùng nhiệt [12]. Kết quả nghiên cứu của Đào Văn Thanh cho thấy hàm lượng polyphenol ở nước lá ôi sau khi thanh trùng nhiệt ở 85 °C trong 20 phút là 223,01 GAE/mg (Hàm lượng axit gallic có trong 1 miligam), hàm lượng polyphenol giảm khi gia tăng nhiệt độ và thời gian thanh trùng; hoạt tính chống oxy hóa cao nhất là 48,41% ở 80 °C trong 25 phút và giảm dần khi tăng nhiệt độ [13]. Theo một nghiên cứu khác về nước ép cam, dâu tây và chuối cho thấy, sau khi xử lý nhiệt ở 80 °C trong 7 phút thì hoạt độ PPO (Polyphenol oxidase) còn lại là 0,4% [14]. Nước ép dưa lưới khi xử lý nhiệt ở điều kiện 85 °C trong 10 phút có hàm lượng axit ascorbic là 4,4 mg%, khi tăng nhiệt độ và thời gian xử lý lên 95 °C trong 20 phút hàm lượng axit ascorbic giảm xuống 3,29 mg% [15].

Phương pháp xử lý nhiệt có hiệu quả tiêu diệt vi sinh vật cao, theo kết quả nghiên cứu của Linhares và cộng sự số lượng nấm men và nấm mốc trong nước ép quả acai khi chưa thanh trùng là 5 log CFU/mL, sau khi xử lý nhiệt thì lượng vi sinh vật giảm xuống còn 1 log CFU/mL [12].

Về sự thay đổi màu sắc sản phẩm, theo nghiên cứu của Cheng và cộng sự [16], khi nhiệt độ tăng màu carotenoid trong nước cam quýt dễ bị phân huỷ và sậm hơn so với màu nước cam khi chưa xử lý nhiệt.

2.2 Tiệt trùng UHT

Công nghệ tiệt trùng UHT (Ultra-high temperature processing) là phương pháp xử lý thực phẩm ở nhiệt độ cao khoảng 135 °C trong thời gian 2-5 giây, đây là phương pháp được sử dụng phổ biến trong công nghiệp chế biến thực phẩm từ năm 1970. Lúc đầu, UHT chủ yếu ứng dụng trong sản xuất sữa để làm bất hoạt vi sinh vật gây hư hỏng, duy trì sự an toàn, kéo dài thời hạn sử dụng của sản phẩm [17, 18]. Hiện nay, kỹ thuật này cũng được sử dụng cho nước trái cây, kem, sữa đậu nành, sữa chua, rượu vang, súp, mật ong [19, 20]. Kỹ thuật UHT làm vô hoạt các vi sinh vật trong nước dưa hấu và nước dưa chuột, phương pháp này giúp sản phẩm giữ được độ tươi ngon mà không cần trữ lạnh trong thời gian 6 tháng [18].

Trong nghiên cứu về nước ép dưa hấu của Wang và cộng sự [18] cho thấy, tiệt trùng UHT ở nhiệt độ 120 °C và 135 °C, thời gian 2 giây làm bất hoạt các vi sinh vật, màu sắc ban đầu của nước dưa hấu không thay đổi, hàm lượng phenolic không đổi sau khi xử lý nhiệt. Theo Zvaigzne và cộng sự [20], nước cam tươi sau khi xử lý nhiệt bằng UHT, hàm lượng vitamin C bị mất đi 8%, nồng độ phenol tồn dư 7,2%, hàm lượng carotenoid mất đi 13,7%.

2.3 Xử lý áp suất cao (HPP)

Phương pháp xử lý bằng áp suất cao (HPP) là một trong những phương pháp thành công nhất trong việc duy trì chất lượng và nâng cao thời hạn sử dụng cho các sản phẩm thực phẩm khác nhau. Gần đây, HPP đã đạt được tầm quan trọng và đang được thương mại hóa ở nhiều nơi trên thế giới [21]. Sản phẩm được xử lý ở áp suất từ 100-1000 MPa. Nước được sử dụng làm môi trường truyền áp suất ở nhiệt độ lạnh hoặc nhiệt độ thường đến sản phẩm. HPP có thể loại bỏ các vi sinh vật gây bệnh và hư hỏng bao gồm nấm men, nấm mốc, vi khuẩn Gram dương và Gram âm (chẳng hạn như *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *E. coli* và *Staphylococcus aureus*), đồng thời ít làm thay đổi về kết cấu, màu sắc, hương vị, duy trì độ tươi và giảm thời gian xử lý so với thanh trùng nhiệt [9, 21, 22, 23]. Quá trình xử lý HPP duy trì được hình dạng thực phẩm, ngay cả khi ở áp suất cực cao, bởi vì áp suất được truyền đồng đều và tức thì ở khắp mẫu [21]. HPP không làm ảnh hưởng đến cấu trúc của các hợp chất có trọng lượng phân tử thấp như vitamin, màu sắc và hương vị, do tính ổn định vốn có của các liên kết cộng hóa trị ở áp suất dưới 200 MPa. Tuy nhiên, các cấu trúc sinh học bắt đầu bị phân cắt liên kết giữa các phân tử và nội phân tử ở áp suất trên 400 MPa. Điều này dẫn đến bất hoạt vi sinh vật nhưng sẽ có ảnh hưởng đến các thành phần hóa học trong thực phẩm [24, 25]. Tùy thuộc vào điều kiện xử lý, HPP có khả năng bất hoạt hoàn toàn hoặc một phần vi sinh vật, enzyme, virus và bào tử. Các thông số chính ảnh hưởng đến hiệu quả kháng khuẩn của HPP là áp suất, nhiệt độ, thời gian tiếp xúc, thông số sản phẩm, loại bao bì và sức đề kháng của sinh vật. Vi sinh vật nhân chưa hoàn chỉnh thường có sức đề kháng cao hơn vi sinh vật có nhân hoàn chỉnh; vi khuẩn Gram âm nhạy cảm

hơn vi khuẩn Gram dương. Việc tiêu diệt nấm mốc và nấm men cần áp suất tương đối cao hơn so với động vật nguyên sinh và ký sinh trùng do cấu trúc của tế bào và các thành phần của màng tế bào [9, 25]. Bên cạnh đó, hạn chế của HPP là chi phí lắp đặt thiết bị cao và có một số loài vi khuẩn không bị bất hoạt bởi phương pháp này. Hiệu quả của HPP có thể được tăng lên bằng cách kết hợp với các thành phần kháng khuẩn hoặc phương pháp xử lý bằng nhiệt nhẹ [6, 23].

Ứng dụng phương pháp xử lý vi sinh bằng HPP trong sản xuất nước táo cho thấy [24], hàm lượng vitamin C bị tổn thất 30,9%, hàm lượng phenolic tăng 6,1%, khả năng chống oxy hóa được đo bằng phương pháp ABTS. ABTS⁺ [2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate)] là một gốc tự do bền phát huỳnh quang màu xanh có bước sóng hấp thụ đặc trưng là 734 nm, khi bổ sung một hợp chất có khả năng kháng oxy hóa, ABTS⁺ sẽ bị khử về dạng không màu dẫn đến độ hấp thụ bước sóng đặc trưng giảm. Kết quả cho thấy tăng 19% sau 2 tuần xử lý, nhưng giảm dần trong quá trình bảo quản. Trong nghiên cứu của Blaszczak và cộng sự [26] về nước quả mận mật - Aronia (*Aronia melanocarpa*), nước quả mận mật chưa qua xử lý có hàm lượng polyphenol giảm 36% sau thời gian bảo quản 80 ngày. Trong quá trình bảo quản, các mẫu nước ép quả mận mật xử lý HPP đều có hàm lượng phenolic cao hơn đáng kể, theo phương pháp FRAP để xác định hoạt tính chống oxy hóa dựa trên khả năng của các chất chống oxy hóa trong việc khử phức Fe³⁺ thành phức Fe²⁺ cho kết quả cao hơn 5% so với các mẫu chưa được xử lý nhiệt. Trong nước ép nho đất (Jaboticaba) [27] bảo quản 28 ngày ở 7 °C, hàm lượng phenolic tăng 17,8%, tổng số flavonoid tăng 43,5% và anthocyanin đơn phân (TMA) tăng 34,4%. Nayak và cộng sự [28] cho thấy nước ép táo xử lý bằng HPP có hàm lượng phenolic cao hơn nước ép táo không qua xử lý áp suất cao. Theo kết quả của Zhao và cộng sự [22] trong nước ép lê, sau 56 ngày bảo quản ở nhiệt độ 4 °C, tổng hàm lượng phenol trong nước trái cây xử lý bằng phương pháp HPP (21,45 mg GAE/100 mL) cao hơn TP (20,72 mg GAE/100 mL), khả năng chống oxy hóa đo bằng FRAP khi xử lý theo phương pháp HPP có tỷ lệ giảm thấp hơn TP, lần lượt là 8,57% và 11,36%. Nghiên cứu khác về nước cam [29] cho thấy hàm lượng phenolic của cả nước cam xử lý bằng hai phương pháp TP và HPP đều giảm trong quá trình bảo quản. Sự khác biệt hàm lượng anthocyanin giữa nước cam xử lý bằng HPP và nước cam tươi chỉ có ý nghĩa sau 22 ngày bảo quản, nước cam xử lý bằng phương pháp HPP có hàm lượng anthocyanin thấp hơn so với nước cam tươi trong suốt quá trình bảo quản. Cả hai phương pháp TP và HPP đều giảm hàm lượng carotenoid lần lượt là 12% và 20%. HPP cho hàm lượng carotenoid cao hơn so với TP sau 36 ngày bảo quản. Trong nước ép thanh long (Pitaya) [30], sau 45 ngày bảo quản, tổng hàm lượng phenol trong nước ép đã xử lý HPP giảm 10%. Axit ascorbic trong mẫu đối chứng giảm đáng kể 9% sau 15 ngày, trong khi HPP giảm khoảng 6% sau 30 ngày. Đối với nước ép hỗn hợp nhiều loại quả có chứa dâu tây, táo và chanh [31], hoạt tính chống oxy hóa được đo bằng DPPH, DPPH là phương pháp xác định hoạt độ của các chất chống oxy hóa trong thực phẩm và đồ uống bằng phản ứng với 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl. Kết quả cho thấy hoạt độ của các chất chống oxy hóa tăng 2,7% theo phương pháp HPP và được duy trì trong các mẫu xử lý nhiệt TP (86 °C, 1 phút). Theo Aaby và cộng sự năm 2018 [32], nước ép dâu tây qua xử lý nhiệt có độ pH giảm nhẹ sau 14 ngày bảo quản, mức độ giảm pH giữa hai phương pháp xử lý TP (pH=3,26) và HPP (pH= 3,21) chênh lệch không đáng kể, °Brix của nước ép dâu tây là 7,5 không chênh lệch nhiều sau khi chế

biến và bảo quản, TMA trong nước ép dâu tây không thay đổi sau khi xử lý bằng phương pháp TP hoặc HPP, nhưng giảm đáng kể trong quá trình bảo quản sau 35 và 49 ngày, lần lượt là 77% và 65% so với hàm lượng TMA ban đầu; hàm lượng vitamin C không bị ảnh hưởng đáng kể bởi quá trình chế biến. Trong nghiên cứu về nước cam đóng hộp, Daher và cộng sự [33] cho thấy, xử lý bằng HPP ở áp suất trên 200 MPa làm bất hoạt vi khuẩn, nấm men và nấm mốc, hàm lượng carotenoid và flavanone đều tăng sau khi xử lý áp suất và giảm trong quá trình bảo quản, hàm lượng naringenin và hesperetin tăng đáng kể sau khi xử lý HPP, các vitamin B₁, B₂, B₃ và B₆ ổn định sau khi xử lý ở 200-500 MPa, việc tổn thất ascorbic trong các mẫu xử lý HPP thấp hơn so với các mẫu được xử lý nhiệt, hàm lượng vitamin A tăng lên 38,74% khi xử lý nước cam ở 400 MPa. Theo nghiên cứu của Pang và cộng sự [34], tổng hàm lượng phenolic và flavonoid trong quả khế lần lượt là 174-293 (mg axit gallic/100g) và 104-235 (mg catechin/100g). Trong nước ép xương rồng cũng cho kết quả tương tự, xử lý nhiệt TP sẽ làm giảm hàm lượng vitamin C, trong khi xử lý áp suất cao hàm lượng vitamin C thay đổi không đáng kể; hàm lượng flavonoid gia tăng trong cả hai phương pháp HPP và TP [35]. Tuy nhiên, kết quả trái ngược đã được quan sát khi thanh trùng nước táo, Nayak và cộng sự [36] nhận thấy rằng HPP làm tăng hàm lượng phenolic lên 22,3%, nhưng làm giảm hàm lượng flavonoid xuống 35,7% và không có ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng ascorbic. Ngược lại, xử lý TP dưới 80 °C trong 60 giây làm giảm tổng hàm lượng phenolic, flavonoid và ascorbic trong nước táo khi bảo quản lạnh. Phương pháp xử lý áp suất cao ở điều kiện (400 MPa, < 30°C, 20 phút) có thể giữ lại đáng kể tổng số phenol và khả năng chống oxy hóa trong nước ép rau má (*Centella asiatica* L.) cao hơn so với phương pháp xử lý nhiệt ở (90 °C, 3 phút) [21].

Nước dâu tây trong thí nghiệm của Aaby và cộng sự [31] cho thấy khi xử lý ở áp suất 400 MPa, sau 49 ngày bảo quản nước ép bị hỏng và số lượng tế bào vi sinh tương ứng là 5 CFU/g; xử lý ở áp suất trên 500 MPa, sau 49 ngày bảo quản nước dâu tây không có hiện tượng hư hỏng. Trong nghiên cứu về nước anh đào, số lượng vi sinh vật của mẫu tươi không qua xử lý là $2,1 \times 10^3$ CFU. mL⁻¹, sau thời gian lưu trữ 80 ngày số lượng vi sinh vật tăng lên $3,95 \times 10^4$ CFU. mL⁻¹, khi xử lý nước anh đào ở áp suất 200 MPa làm giảm mức độ phát triển của vi sinh vật so với mẫu không được xử lý [26]. Xử lý HPP ở điều kiện áp suất thấp khoảng 100 MPa, thời gian 5 phút, nhiệt độ phòng chỉ có thể giảm một lượng rất thấp dưới 1 log (N/N₀) các loại vi sinh vật (*L.monocytogenes*, *L.plantarum*, *L.brevis*, *E.coli*, *L.innocua*, *S.cerevisiae*, *coliform*, nấm men, nấm mốc) [37]. Khi tăng áp suất trên 350 MPa, 5 phút, > 20 °C, có thể đạt được mức độ tiêu diệt vi sinh vật > 7 log [38]. Tuy nhiên, đối với nước ép táo, ở áp suất 400 MPa ÷ 600 MPa, chỉ giảm được 3,3 log đối với vi khuẩn hiếu khí và giảm thấp hơn 1 log đối với *Alicyclobacillus acidoterrestris* [33].

Xử lý TP hoặc HPP ở 500 hoặc 600 MPa trong nước ép dâu tây, có sự khác biệt nhỏ giữa các mẫu về màu sắc, nước trái cây trở nên sẫm màu hơn sau khi xử lý ở áp suất cao, áp suất càng cao mức độ sẫm màu càng tăng [31]. Yi và cộng sự [39] nhận thấy rằng quá trình xử lý nhiệt TP làm sẫm màu nước táo, với ΔE cao hơn 2-8 lần so với phương pháp xử lý áp suất cao, tuy nhiên về mặt đặc tính hóa lý ở cả hai phương pháp xử lý không có sự khác biệt đáng kể. Kết quả tương tự cũng được quan sát trong nước ép dưa chuột được xử lý nhiệt TP ở 110 °C trong 8,6 giây cho thấy mức độ sẫm màu tăng,

sau 20 ngày bảo quản lạnh, mức độ sậm màu tăng gấp 3 lần so với nước ép dưa chuột xử lý bằng phương pháp áp suất cao [40]. Koutchma và cộng sự [41] đã ghi nhận việc áp dụng phương pháp xử lý áp suất cao HPP để làm giảm mầm bệnh của nước quả xoong 5 log mà không ảnh hưởng đáng kể đến màu sắc của nước quả, chỉ có nước ép dưa hấu và nước cam có độ sậm màu (giá trị ΔE) cao hơn 8 sau khi xử lý bằng áp suất cao.

2.4 Trường xung điện (PEF)

Trường xung điện (PEF) là một công nghệ mới, hiện nay đã được nghiên cứu rộng rãi để chế biến thực phẩm không dùng nhiệt. PEF giảm thiểu các tác động có hại của quá trình gia nhiệt thông thường, là một giải pháp thay thế đầy hứa hẹn cho các phương pháp thanh trùng khác [42].

Nguyên lý của phương pháp này là ứng dụng các xung ngắn của điện trường cao với thời gian tính bằng micro giây và cường độ 10-80 kV/cm. Việc sử dụng điện áp cao tạo ra điện trường làm bất hoạt các sinh vật. Khi có điện trường đặt vào, dòng điện chạy vào thực phẩm lỏng và được truyền đến từng điểm trong chất lỏng do có mặt các phân tử tích điện. Điều bắt buộc sau khi xử lý PEF là thực phẩm phải được đóng gói vô trùng và bảo quản lạnh để có thời hạn sử dụng lâu dài [43]. Phương pháp xử lý này không gây ra sự tổn thất chất lượng nước rau quả, giữ được hương thơm, mùi vị và màu sắc. Các thuộc tính cảm quan của nước rau quả được bảo quản tốt giúp kéo dài thời hạn sử dụng [24, 43, 44]. Rất nhiều yếu tố như chủng loại vi sinh vật, cường độ điện trường, hình dạng sóng xung, độ dẫn điện của môi trường, pH, nhiệt độ xử lý, thời gian xử lý và năng lượng đầu vào có thể ảnh hưởng đến sự bất hoạt của vi sinh vật. Điện trường xung có tác động rất mạnh đối với vi khuẩn, nấm mốc và nấm men. Tuy nhiên, sức đề kháng của nấm men nhạy cảm hơn vi khuẩn. Hơn nữa, vi khuẩn Gram dương có khả năng chống lại điện trường xung tốt hơn các vi khuẩn Gram âm. Quá trình bất hoạt các enzyme bằng điện trường xung cần điều kiện mạnh hơn quá trình bất hoạt vi sinh vật [43]. Một số nghiên cứu cho rằng chế biến PEF có thể duy trì các hợp chất hoạt tính sinh học của thực phẩm dạng lỏng [45, 46].

So với các kỹ thuật khác, kỹ thuật trường xung điện cho thấy một số lợi ích, chẳng hạn như thời gian xử lý ngắn hơn, nhiệt độ xử lý thấp hơn, dòng chảy liên tục, kiểm soát sự phát triển của vi sinh vật, không gây ô nhiễm môi trường. Hạn chế chính để sử dụng công nghệ này trên quy mô rộng là vốn đầu tư ban đầu cao [43].

Phương pháp này cho thấy một số ưu điểm so với thanh trùng bằng nhiệt là giữ được các hợp chất phenolic tốt hơn. Hơn nữa, không có sự khác biệt đáng kể về cảm quan ở nước trái cây được xử lý PEF và nước trái cây tươi [8]. So với nước ép nho đen chưa qua xử lý, PEF giúp tăng hàm lượng phenolic tổng số lên 61% và vitamin C cũng tăng lên 19% [45]. Khi xử lý nước táo bằng PEF, các chất có hoạt tính sinh học, vitamin C và tổng số polyphenol trong nước táo không thay đổi trong thời gian bảo quản trong 72 giờ ở điều kiện làm lạnh 4 °C. Dziadek và cộng sự [47] cho rằng PEF là phương pháp hiệu quả để khử hoạt tính của một loạt các vi sinh vật gây hỏng thực phẩm phổ biến nhất. Khi xử lý bằng PEF ở 400 xung giúp bảo quản nước trái cây trong 72 giờ trong điều kiện làm lạnh, trong khi ở 300 xung sẽ đảm bảo sự ổn định của vi sinh trong 48 giờ.

Với cường độ điện trường 10 kV/cm và năng lượng đầu vào lần lượt là 50, 100 và 150 kJ/L sẽ làm giảm số lượng tế bào *E.coli* tương ứng xuống 1,4; 3,0 và 6,4 lần. *E.coli* bị bất hoạt hoàn toàn ở cường độ điện trường 20 kV/cm, năng

lượng đầu 150 kJ/L. Ở cường độ điện trường 10 kV/cm, *S. cerevisiae* hoàn toàn bị bất hoạt với mức năng lượng là 100 và 150 kJ/L. Sự bất hoạt của vi sinh vật phụ thuộc vào cả cường độ điện trường và năng lượng đầu vào. Tại cùng một mức năng lượng đầu vào, cường độ điện trường cao hơn dẫn đến sự bất hoạt của vi sinh vật nhiều hơn [48].

2.5 Tia cực tím (UV)

Ánh sáng UV bao phủ một phần của quang phổ điện từ, gồm có sóng vô tuyến, vi sóng, bức xạ hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy, tia X và bức xạ γ . Dải bước sóng của ánh sáng UV để chế biến thực phẩm thay đổi từ 100 đến 400 nm. Phạm vi này có thể được chia nhỏ thành: UV-A (315 đến 400 nm) thường gây rám nắng ở da người; UV-B (280 đến 315 nm) gây bỏng da và có thể dẫn đến ung thư da; và UV-C (200 đến 280 nm) được gọi là phạm vi diệt khuẩn vì nó vô hiệu hóa vi khuẩn và vi rút một cách hiệu quả [25]. Công nghệ thanh trùng bằng tia cực tím UV-C, tiết kiệm được năng lượng và chi phí thấp hơn phương pháp thanh trùng truyền thống [49]. Cơ chế diệt khuẩn của nó dựa trên sự hấp thụ ánh sáng UV-C của các cấu trúc DNA hoặc RNA của vi sinh vật. Cơ chế chính là tạo ra chất dimer pyrimidine, ngăn vi sinh vật tái tạo, khiến chúng không hoạt động và không thể gây nhiễm trùng [50]. Ánh sáng UV-C có khả năng tiêu diệt vi khuẩn, virus, động vật nguyên sinh, nấm men, nấm mốc và tảo [25]. Tia cực tím (254 nm) là công nghệ can thiệp không qua nhiệt độ cao đã được Cơ quan Quản lý Thực phẩm và Dược phẩm Hoa Kỳ phê duyệt có thể được sử dụng để khử nhiễm thực phẩm và các bề mặt tiếp xúc với thực phẩm [6]. Các ưu điểm khác của UV-C là không hình thành sản phẩm phụ độc hại nào trong quá trình xử lý, có thể loại bỏ một số chất gây ô nhiễm hữu cơ nhất định, không hình thành mùi hôi hoặc mùi khó chịu khi xử lý. Nước rau quả được xử lý bằng tia UV có thể giữ được hương thơm, mùi vị và màu sắc ban đầu [25]. Các yếu tố quan trọng để đảm bảo xử lý UV-C có hiệu quả bao gồm: khả năng truyền ánh sáng của sản phẩm, cấu trúc hình học của lò phản ứng, công suất, bước sóng và sự sắp xếp vật lý của các nguồn UV-C, cấu hình sản phẩm và chiều dài đường bức xạ [50]. Nhưng UV-C cũng có những hạn chế như khả năng thâm nhập rất ngắn và có thể tạo ra các gốc tự do bởi các phản ứng quang hóa hữu cơ, những phản ứng này có thể ảnh hưởng xấu đến sản phẩm vì làm hỏng vitamin và protein, phá hủy chất chống oxy hóa [24].

Ferrario và cộng sự [51] đã nghiên cứu ảnh hưởng của UV-C (1060 mJ/cm²) lên màu sắc, độ pH, °Brix và độ đục của hỗn hợp nước ép cà rốt-cam (1:1; pH: 3,8; 10,6 °Brix), báo cáo cho thấy không có thay đổi đáng kể nào liên quan đến các thông số này trước và sau khi xử lý UV-C. Antonio-Gutiérrez và cộng sự [52] cũng cho biết rằng quá trình xử lý UV không ảnh hưởng đáng kể đến độ pH, hàm lượng chất rắn hòa tan và độ đục của nước trái cây; tuy nhiên, các hợp chất không bền khác như vitamin sẽ bị ảnh hưởng. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng hoạt động pectin methyltransferase trong hỗn hợp nước rau quả xanh lá cây cũng như nước trái cây không thay đổi hoặc giảm sau khi xử lý UV-C ở cường độ 2 ÷ 24 kJ.L⁻¹ [53]. Hầu hết các loại nước ép trái cây như táo, nho, cam, xoài, khế sau khi xử lý tia cực tím sẽ làm cho hàm lượng phenolic và tổng hoạt động chống oxy hóa (Total antioxidant activity - TAA) giảm dưới 10%, hàm lượng protein, tổng hàm lượng phenolic (Total phenolic content - TPC) không thay đổi [54, 55]. Nghiên cứu của Koutchma và cộng sự [56] về khử trùng nước quả bằng tia UV nhận thấy không có sự thay đổi đáng kể nào về hàm lượng phenolic của các loại nước trái cây khác nhau được xử

lý ở các mức năng lượng UV-C từ $4,6 \div 62,4 \text{ kJ.L}^{-1}$. Những thay đổi không đáng kể về khả năng chống oxy hóa cũng đã được đưa ra đối với các loại nước trái cây được xử lý bằng tia UV-C như cam, lựu, nho, cà chua và khế [56, 57]. Xử lý UV-C không gây ảnh hưởng đến phenolic và chất chống oxy hóa đối với nước ép cà rốt sau khi xử lý [58]. Theo Carranza và cộng sự [59], các hợp chất phenolic trong nước ép cà rốt 60% và 100% có hàm lượng lần lượt là $4,1 \pm 0,1 \text{ (mg GAE/100 mL}^{-1}\text{)}$ và $8,6 \pm 0,3 \text{ (mg GAE/100 mL}^{-1}\text{)}$, sau khi xử lý nước ép cà rốt bằng UV-C các hợp chất phenolic thay đổi không đáng kể. Hầu hết các nghiên cứu đã chỉ ra rằng ánh sáng UV-C không có ảnh hưởng đối với hợp chất phenolic [60]. Vitamin C được đặc trưng bởi khả năng hấp thụ ánh sáng UV cao trong dải bước sóng diệt khuẩn (cực đại ở khoảng 260 nm) nhưng nó không hấp thụ đáng kể ánh sáng trên 300 nm. Hàm lượng vitamin C còn lại trung bình sau khi xử lý bằng tia cực tím trong tất cả các loại nước trái cây được báo cáo là 77,9% so với mẫu tươi chưa qua xử lý. Nước ép dưa được xử lý bằng tia cực tím giữ lại 50% hàm lượng vitamin C ban đầu trong 10 tuần, trong khi nước ép dưa xử lý bằng nhiệt đạt cùng mức sau 8 tuần. Hơn nữa, nước ép dưa được xử lý bằng tia cực tím cho thấy mức vitamin C cao hơn đáng kể trong 7 tuần đầu của thời gian bảo quản so với nước ép được xử lý bằng nhiệt TP [25, 61].

Antonio-Gutiérrez và cộng sự [52] đã đưa ra nhận xét rằng xử lý nước ép nho bằng UV-C ở cường độ $35,8 \text{ mJ/cm}^2$ làm giảm 6 log (N/N0) đối với nấm men *S.cerevisiae* [51]. Xử lý nước ép nho bằng UV-C với chiều dài bóng đèn cực tím lần lượt là 30 cm và 80 cm thì số lượng nấm men tương ứng là $1,92 \pm 0,18 \text{ log}$ và $2,45 \pm 0,19 \text{ log}$; ảnh hưởng của tốc độ dòng chảy lần lượt là $5,2 - 17,1 - 31 \text{ (mL/s)}$ đến số lượng tế bào nấm men *S.cerevisiae* (sau khi xử lý bằng đèn UV-C 30 cm có độ dày 0,5 cm, trong thời gian 60 phút) tương ứng là $4,53 \pm 0,3 - 6,15 \pm 0,4$ và $6,39 \pm 0,7$ [52]. Trong nghiên cứu về nước ép cà rốt, số lượng *mesophiles* ban đầu trong nước ép cà rốt là $5,47 \text{ log CFU.mL}^{-1}$, sau khi xử lý UV-C ở tốc độ dòng chảy $7,9 \text{ mL.s}^{-1}$ trong 30 phút, số tế bào giảm xuống $3,2 \text{ log CFU mL}^{-1}$; Số lượng *coliform* ban đầu là $5,15 \text{ log CFU.mL}^{-1}$ sau khi xử lý UV-C ở tốc độ dòng chảy là $3,9 \text{ mL.s}^{-1}$ trong 30 phút số tế bào giảm xuống $2,6 \text{ log CFU.mL}^{-1}$ [59].

Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra UV-C không có ảnh hưởng đáng kể đến các màu sắc của nước trái cây. Nước ép dưa hấu, cam và táo được xử lý bằng tia cực tím UV-C ở 100 kJ.L^{-1} vẫn giữ được các thuộc tính màu sắc và trong một số trường hợp, màu sắc không thay đổi trong quá trình bảo quản so với nước trái cây tươi ban đầu [56]. Đồ uống có thành phần 60% nước ép cà rốt khi xử lý bằng UV-C ở bất kỳ tốc độ dòng chảy nào các thông số màu đều ổn định [59]. Đối với nước ép táo, cam, dưa, xoài, dưa hấu, lựu, đào, chanh và nho sau khi xử lý bằng tia UV màu sắc thay đổi không đáng kể so với nước ép chưa qua xử lý [25, 61].

2.6 Sóng siêu âm (US)

Rau quả và trái cây được coi là nguồn cung cấp vitamin C, hợp chất phenolic, chất xơ và flavonols quan trọng. Để giữ lại tối đa các chất dinh dưỡng này, công nghệ sử dụng sóng siêu âm đã được ứng dụng rộng rãi trong quá trình bảo quản và chế biến thực phẩm [9].

Siêu âm là sóng cơ học, thường được chia thành ba loại: siêu âm công suất (16-100 kHz), siêu âm tần số cao (0,1-1 MHz) và siêu âm chẩn đoán (1-10 MHz). Thông thường, nước trái cây và rau quả được xử lý ở tần số siêu âm trong khoảng 20-100 kHz ở $10\text{-}1000 \text{ W/cm}^2$ [9].

Nguyên tắc của phương pháp này là sự hình thành các bọt khí có trong chất lỏng. Khi các bọt khí bị vỡ tức thời trong chất lỏng sẽ làm tăng nhiệt độ và áp suất tại khu vực đó, được gọi là "điểm nóng". Quá trình này được phân biệt thành hai giai đoạn. Trong giai đoạn đầu, những bong bóng siêu nhỏ được hình thành tại các vị trí tạo mầm khác nhau trong chất lỏng. Ở giai đoạn thứ hai, những bong bóng này phát triển nhanh chóng, bùng phát và vỡ tức thời, giải phóng một sóng xung kích truyền qua chất lỏng. Những tác động này phá vỡ cấu trúc vi sinh vật, bất hoạt và phân hủy các hóa chất độc hại.

Siêu âm được sử dụng trong nhiều ứng dụng, bao gồm chế biến thực phẩm và phân tích thực phẩm [3, 62, 63]. Các báo cáo được công bố cho thấy phương pháp xử lý bằng sóng siêu âm có thể bảo tồn các đặc tính hóa lý của nước trái cây, rau quả như màu sắc, độ pH và tổng hàm lượng chất rắn hòa tan. US cũng có ảnh hưởng đến hàm lượng khoáng chất và thành phần của các hợp chất thơm dễ bay hơi của sản phẩm trong quá trình chế biến [64, 65]. Công nghệ xử lý siêu âm đã được chứng minh là một phương pháp chế biến nước rau quả đáng mong đợi, có triển vọng vì vận hành dễ dàng, tiêu thụ ít năng lượng, thời gian chế biến ngắn hơn, ít tạo ra hợp chất độc hại, bảo toàn tuyệt vời các đặc tính dinh dưỡng và đặc điểm cảm quan. Hơn nữa, US đã được Cục Quản lý Thực phẩm và Dược phẩm Hoa Kỳ (FDA) công nhận làm giảm vi sinh vật trong nước trái cây [66, 67].

Tuy nhiên, khi sử dụng sóng siêu âm ở mức công suất cao, các đặc tính dinh dưỡng và cảm quan của thực phẩm có thể bị ảnh hưởng bất lợi. Do đó, sự kết hợp của siêu âm với các điều kiện khác nhau thường được áp dụng: siêu âm với điều kiện áp suất cao hoặc siêu âm với nhiệt độ cao (nhiệt âm) [3, 63, 68].

Khi nghiên cứu xử lý siêu âm cho nước dâu tây ngâm rượu có độ pH dao động từ 3,14 đến 3,16 trong mẫu đối chứng và mẫu xử lý siêu âm, hàm lượng TPC gia tăng đáng kể lần lượt là 9,4% và 85,8% trong các mẫu xử lý ở thời gian 15 và 30 phút; hàm lượng ascorbic tăng đáng kể lần lượt là 7,9% và 12,7% trong các mẫu US sau 15 và 30 phút, hàm lượng anthocyanin sau khi xử lý US tăng lần lượt là 4,45% và 4,39% ở 15 và 30 phút; hoạt độ PPO giảm sau khi xử lý (0,22 ở 0 phút; 0,20 và 0,17 ở 15 và 30 phút của các mẫu US); mức độ hóa nâu (Browning degree - BD), tăng không đáng kể lần lượt là 25% và 31,2% trong các mẫu nước dâu sau xử lý ở 15 phút và 30 phút [69]. Độ pH thay đổi không đáng kể trong quá trình xử lý nước ép cà rốt bằng siêu âm, các giá trị độ dẫn điện, độ nhớt và màu sắc tăng dần khi thời gian xử lý tăng lên; tổng chất rắn hòa tan, carotenoid và hàm lượng AA thay đổi không đáng kể [67]. Trong nghiên cứu về nước ép lê, khi tăng thời gian xử lý siêu âm (30, 45 và 60 phút), hàm lượng phenol tăng theo từ $4,84\% \div 13,71\%$; hàm lượng flavonoid tăng, dao động từ $5,22\% \div 23,77\%$; ascorbic cũng tăng, dao động từ $16,29\% \div 37,64\%$ [70]. Đối với nước ép ổi, khi tăng thời gian xử lý bằng siêu âm lần lượt là 0, 3, 6, 9 phút thì hàm lượng lycopene cũng gia tăng tương ứng 10%, 15%, 20% và 24%; với mẫu xử lý bằng sóng siêu âm trong thời gian 9 phút đã làm tăng cường độ ổn định vật lý của nước ép ổi vì không thấy hiện tượng lắng cặn hay hiện tượng phân lớp trong thời gian bảo quản 14 ngày ở 25°C ; tổng chất rắn hòa tan của mẫu đã qua xử lý và chưa xử lý thay đổi không đáng kể, tổng lượng chất khô của các mẫu được ghi nhận là $10 \pm 0,10^\circ\text{Brix}$ [71]. Nghiên cứu trên nước ép bưởi cho thấy: Chỉ số hóa nâu của các mẫu đã xử lý US thay đổi đáng kể, mẫu nước ép chưa qua xử lý và mẫu xử lý nhiệt TP có giá trị lần lượt là $0,114 \pm 0,009$ và $0,199 \pm 0,011$, các mẫu

xử lý US có giá trị từ $0,116 \pm 0,006$ đến $0,277 \pm 0,012$; tần số siêu âm tăng sẽ làm gia tăng hàm lượng phenol, ở mức tần số 33 kHz và 44 kHz hàm lượng phenol tương ứng là $484,32 \pm 17,08$ và $555,16 \pm 18,37$ (mg GAE/mL) [63].

Dùng siêu âm để xử lý nước ép lê ở điều kiện 500 W và tần số 25 kHz, thời gian 30, 45 và 60 phút cho thấy thời gian xử lý càng tăng, số lượng tế bào nấm men và nấm mốc càng giảm [70]. Sóng siêu âm cũng được dùng để xử lý bào tử nấm mốc *N. fischeri* trong nước táo [72]. Khi các thông số nhiệt độ, thời gian xử lý và tần số siêu âm tăng (nhiệt độ 30, 40, 50 ± 2 °C; thời gian xử lý 15, 30, 45, 60 phút, và tần số siêu âm 33 kHz và 44 kHz) mức độ tiêu diệt tế bào vi sinh vật cũng tăng theo [63].

Màu sắc của nước ép cà rốt thay đổi đáng kể theo sự gia tăng thời gian xử lý [67]. Rojas và cộng sự [71] đã ghi nhận với nước ép đào, khi xử lý bằng sóng siêu âm hơn 3 phút không thấy có sự thay đổi về màu sắc sau khi xử lý và trong quá trình lưu trữ.

3. Kết luận

Phương pháp thanh trùng nước rau quả bằng nhiệt được sử dụng khá phổ biến. Tuy nhiên, việc xử lý nước quả ở nhiệt độ cao, thời gian dài có thể làm biến đổi một số thành phần dinh dưỡng, làm thay đổi hương vị và màu sắc của nước rau quả theo hướng bất lợi. Phương pháp thanh trùng hiện đại bằng nhiệt độ rất cao trong thời gian ngắn (UHT) và các phương pháp thanh trùng không dùng nhiệt (HPP, PEF, UV, US) đã được chứng minh là có thể bảo tồn được các thành phần tự nhiên và các hoạt chất sinh học của nước rau quả và kéo dài thời gian bảo quản sản phẩm. Tuy nhiên, hiện nay việc sử dụng các phương pháp thanh trùng hiện đại vẫn còn hạn chế do chi phí đầu tư ban đầu khá cao và một số vấn đề về an toàn trong vận hành sản xuất.

4. Cảm ơn

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn chân thành nhất đến Ban giám hiệu Trường Đại học Lạc Hồng, lãnh đạo Khoa Khoa học và Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Lạc Hồng đã tạo điều kiện cho nhóm hoàn thành bài báo.

5. Tài liệu tham khảo

[1] Butu, M.; Rodino, S. Fruit and vegetable-based beverages-nutritional properties and health benefits. *Natural Beverages*, **2019**, 303-338.
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816689-5.00011-0>

[2] Khandpur, P.; Gogate, P. R. Evaluation of ultrasound based sterilization approaches in terms of shelf life and quality parameters of fruit and vegetable juices. *Ultrasonics Sonochemistry*, **2016**, 29, 337-353.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.10.008>

[3] Anaya-Esparza, L. M.; Velázquez-Estrada, R. M.; Roig, A. X.; García, H. S.; Sayago-Ayerdi, S. G.; et al. Thermosonication: An alternative processing for fruit and vegetable juices. *Trends Food Sci. Technol.* **2017**, 61, 26-37.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.020>

[4] Zheng, J.; Zhou, Y.; Li, S.; Zhang, P.; Zhou, T.; Xu, D.-P.; Li, H.-B. Effects and mechanisms of fruit and vegetable juices on cardiovascular diseases. *Int. J. Mol. Sci.* **2017**, 18, 555.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms18030555>

[5] Daher, D.; Le Gourrierc, S.; Pérez-Lamela, C. Effect of High Pressure Processing on the Microbial Inactivation in Fruit Preparations and Other Vegetable Based Beverages. *Agriculture*, **2017**, 7 (9), 72.
DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture7090072>

Sommers, Christopher. "Ultraviolet light-an FDA approved technology," in Proc. July 31-August 3. International

Association of Food Protection Annual Meeting. Wisconsin. p.1, 2011.

[6] Huang, H. W.; Wu, S.J.; Lu, J. K.; et al. Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. *Food Control*, **2017**, 72(9), 1-8.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.019>

[7] Lopes, R.P.; Mota, M.J.; Delgadillo, I.; Saraiva, J. A. Pasteurization: Effect on Sensory Quality and Nutrient Composition. *Encyclopedia of Food and Health: Portugal*, 2016, 246-263.
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00524-9>

[8] Zhang, Z.; Wang, L.; Zeng, X.; Han, Z.; Brennan, C. Non-thermal technologies and its current and future application in the food industry: a review. *Int. J. Food Sci. Technol.* **2018**, 54 (1), 1-13.
DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13903>

[9] Jiménez-Sánchez, C.; Lozano-Sánchez, J.; Segura-Carretero, A.; Fernández-Gutiérrez, A. Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 2: Effect on composition, phytochemical content, and physicochemical, rheological, and organoleptic properties of fruit juices. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2017**, 57(3), 637-652.
DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.914019>

[10] Kim, M.K.; Kim, M.Y.; Lee, K.G. Determination of furan levels in commercial orange juice products and its correlation to the sensory and quality characteristics. *Food Chem.* **2016**, 211, 654-660.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.114>

[11] Linhares, M.; Alves, F.E.; Silva, L.; et al. Thermal and non-thermal processing effect on açai juice composition. *Food Res. Int.* **2020**, 136.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109506>

[12] Th.S. Đào Văn Thanh. Ảnh hưởng của phương pháp trích ly và thanh trùng đến hợp chất sinh học của nước giải khát lá ổi (*Psidium guajava L.*). *Tạp chí Công Thương*, **2020**, 8.

[13] Zhao, L.; Wang, Y.; Hu, X.; Sun, Z.; Liao, X. Korla pear juice treated by ultrafiltration followed by high pressure processing or high temperature short time. *LWT-Food Sci. Technol.* **2016**, 65, 283-289.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.011>

[14] Nguyễn Thị Thu Hồng, Trần Minh Tuấn và Nguyễn Tấn Hùng. Ảnh hưởng của xử lý enzyme và chế độ thanh trùng đến chất lượng sản phẩm nước ép dưa lưới. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, **2019**, 55 (2), 241-249.
DOI: <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2019.067>

[15] Cheng, C.; Jia, M.; Gui, Y.; et al. Comparison of the effects of novel processing technologies and conventional thermal pasteurization on the nutritional quality and aroma of Mandarin (*Citrus unshiu*) juice. *Inno. Food Sci. Emer. Technol.* **2020**, 64, 1-36.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102425>

[16] Wang, Y.; Ma, Y.; Zhao, X.; et al. Qualities of Watermelon Juice during Shelf-life. *International Conference on Biological Sciences and Technology*, **2017**, 6, 310-315.
DOI: <https://doi.org/10.2991/bst-17.2018.49>

[17] Wang, Y.; Guo, X.; Ma, Y.; Zhao, X. Effect of ultrahigh temperature treatment on qualities of watermelon juice. *Food Sci. Nutr.* **2018**, 6 (3), 594-601.
DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.593>

[18] Wang, Y.; Guo, X.; Ma, Y.; et al. Effect of Thermal Treatments on Quality and Aroma of Watermelon Juice. *Food Sci. Nutr.* **2018**, 6 (3), 594-601.
DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/9242675>

[19] Zvaigzne, G.; Kārklīņa, D.; Moersel, J.; et al. Ultra-high temperature effect on bioactive compounds and sensory attributes of orange juice compared with traditional processing. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences*, **2017**, 71 (6), 486-491.
DOI: <https://doi.org/10.1515/prolas-2017-0084>

- [20] Zhao, G.; Zhang, R.; Zhang, M. Effects of high hydrostatic pressure processing and subsequent storage on phenolic contents and antioxidant activity in fruit and vegetable products. *Int. J. Food Sci. Technol.* **2017**, 52 (1), 3-12.
DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13203>
- [21] Zhao, L.; Wang, Y.; Hu, X.; Sun, Z.; Liao, X. Korla pear juice treated by ultrafiltration followed by high pressure processing or high temperature short time. *LWT-Food Sci. Technol.* **2016**, 65, 283–289.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.011>
- [22] Swami, H.N.; Kaushik, N.; Rao, P. Effect of High Pressure Processing on Rheological Properties, Pectinmethylesterase Activity and Microbiological Characteristics of Aloe Vera (*Aloe barbadensis* Miller) Juice. *Int. J. Food Prop.* **2016**, 18 (7), 1597-1612.
DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.923907>
- [23] Penga, J.; Tangb J.; Barrett, D.; et al. Thermal pasteurization of ready-to-eat foods and vegetables: Critical factors for process design and effects on quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **2017**, 57 (14), 2970-2995.,
DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1082126>
- [24] Koutchma, T. Advances in Ultraviolet Light Technology for Non-Thermal Processing of Liquid Foods. *Food and Bio. Technol.* **2009**, 2 (2), 138-155.
- [25] Błaszczak, W.; Amarowicz, R.; Górecki, A.R. Antioxidant capacity, phenolic composition and microbial stability of aronia juice subjected to high hydrostatic pressure processing. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **2017**, 39, 141-147.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.12.005>
- [26] Hu, Y.H.; Wang, C.Y.; Chen, B.Y. Effects of high-pressure processing and thermal pasteurization on quality and microbiological safety of jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) juice during cold storage. *J. Food Sci. Technol.* **2020**, 57, 3334-3344.
- [27] Nayak, P.K.; Rayaguru, K.; Radha, K. Quality comparison of elephant apple juices after high-pressure processing and thermal treatment. *J. Sci. Food Agric.* **2017**, 97, 1404-1411.
DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7878>
- [28] Vieira, F.N.; Lourenço, S.; Fidalgo, L.G.; et al. Long-term effect on bioactive components and antioxidant activity of thermal and high-pressure pasteurization of orange juice. *Molecules*, **2018**, 23, 2706.
DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules23102706>
- [29] Quiroz-González, B.; Rodríguez-Martínez, V.; Welti-Chanes, J., et al. Refrigerated storage of high hydrostatic pressure (HHP) treated pitaya (*Stenocereus pruinosus*) juice. *Rev. Mex. Ing. Quim.* **2020**, 19, 387-399.
- [30] Feng, X.; Zhou, Z.; Wang, X.; Bi, X.; Ma, Y.; Xing, Y. Comparison of high hydrostatic pressure, ultrasound, and heat treatments on the quality of strawberry-apple-lemon juice blend. *Foods*. **2020**, 9, 218.
DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9020218>
- [31] Aaby, K.; Grimsbo, I.; Hovda, M.; et al. Effect of high pressure and thermal processing on shelf life and quality of strawberry purée and juice. *Food Chem.* **2018**, 260, 115-123.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.100>
- [32] Daher, D.; Gourrierc, Le, S.; Pérez-Lamela, C. Effect of High Pressure Processing on the Microbial Inactivation in Fruit Preparations and Other Vegetable Based Beverages. *Agricultur*, **2017**, 7 (9), 1-18.
DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture7090072>
- [33] Pang, D.; You, L.; Li, T.; Zhou, L.; et al. Phenolic profiles and chemical- or cell-based antioxidant activities of four star fruit (*Averrhoa carambola*) cultivars. *RSC Adv.* **2016**, 6, 90646-90653.
DOI: <https://doi.org/10.1039/C6RA15692D>
- [34] Moussa-Ayoub, TE.; Jager, H.; Knorr, D.; et al. Impact of pulsed electric fields, high hydrostatic pressure, and thermal pasteurization on selected characteristics of *Opuntia dillenii* cactus juice. *LWT-Food Sci. Technol.* **2017**, 79, 354-542.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.061>
- [35] Nayak, P.K.; Rayaguru.K.; Krishnan KR. Quality comparison of elephant apple juices after high-pressure processing and thermal treatment. *J. Sci. Food Agric.* **2016**, 1404–1411.
DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7878>
- [36] Dahlia Daher, Soléne Le Gourrierc and Concepción Pérez-Lamela. Effect of High Pressure Processing on the Microbial Inactivation in Fruit Preparations and Other Vegetable Based Beverages. *Agriculture.* **2017**.
DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture7090072>
- [37] Shahbaz, H.M.; Yoo, S.; Seo, B.; Ghafoor, K.; Un Kim, Y.; Lee, D.U.; Park ; J. Combination of TiO₂-UV Photocatalysis and High Hydrostatic Pressure to Inactivate Bacterial Pathogens and Yeast in Commercial Apple Juice. *Food. B. Technol.* **2016**, 9, 182–190.
- [38] Yi, J.; Kebede B.T.; Dang DNH.; Buve´ C.; Grauwet T.; Loey AV; Hu X; Hendrickx M. Quality change during high pressure processing and thermal processing of cloudy apple juice. *LWT-Food Sci Technol.* **2017**, 75, 85–92.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.041>
- [39] Daher, D.; and C.; Pérez-Lamela. Effect of High Pressure Processing on the Microbial Inactivation in Fruit Preparations and Other Vegetable Based Beverages. *Agriculture*, **2017**. 7 (9).
DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture7090072>
- [40] Koutchma T.; Popovic P.; Ros-Polski .; Popielar.A. Effects of Ultraviolet Light and high-pressure processing on quality and health-related constituents of fresh juice products. *Compr. Rev. Food Sci. F.* **2018**, 15, 844-867.
DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12214>
- [41] Ranjha, M.; et al. A Critical Review on Pulsed Electric Field: A Novel Technology for the Extraction of Phytoconstituents. *Molecules.* **2021**, 26.
DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26164893>
- [42] Pal, M. Pulsed Electric Field Processing: An Emerging Technology for Food Preservation. *J. of E. Food Chem.* **2017**.
DOI: <https://doi.org/10.4172/2472-0542.1000126>
- [43] Kayalvizhi, V.; et al.; Effect of pulsed electric field (PEF) treatment on sugarcane juice. *J. Food Sci. Technol.* **2016**, 53, 1371-1379.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2172-5>
- [44] Leong, S.Y.; D.J.; Burritt and I. Oey. Evaluation of the anthocyanin release and health-promoting properties of Pinot Noir grape juices after pulsed electric fields. *Food Chem.* **2016**, 196, 833-41.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.025>
- [45] Rahaman, A.; et al. Influence of ultrasound-assisted osmotic dehydration on texture, bioactive compounds and metabolites analysis of plum. *U. Sono.* **2019**, 58, 104-643.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104643>
- [46] Dziadek, K.; et al. Effect of pulsed electric field treatment on shelf life and nutritional value of apple juice. *J. Food Sci. Technol.* **2019**, 56, 1184-1191.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03581-4>
- [47] Lee, H.; et al. Effects of Pulsed Electric Field and Thermal Treatments on Microbial Reduction, Volatile Composition, and Sensory Properties of Orange Juice, and Their Characterization by a Principal Component Analysis.A. *Sci.* **2020**, 11.
DOI: <https://doi.org/10.3390/app11010186>
- [48] García Carrillo, M.; M. Ferrario.; S. Guerrero. Study of the inactivation of some microorganisms in turbid carrot-orange juice blend processed by ultraviolet light assisted by mild heat treatment. *J. Food Engin.* **2017**, 212, 213-225.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.005>
- [49] Abdul Karim Shah, N.; et al. Fruit Juice Production Using Ultraviolet Pasteurization: A Review. *Beverages.* **2016**, 2.
DOI: <https://doi.org/10.3390/beverages2030022>
- [50] Fenoglio, D.; et al. UV-C light inactivation of single and composite microbial populations in tangerine-orange juice

- [51] blend. Evaluation of some physicochemical parameters. *Food and Bio Proce.* **2019**, 117, 149-159.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.07.005>
- [52] Antonio-Gutiérrez; et al. Characterization and effectiveness of short-wave ultraviolet irradiation reactors operating in continuous recirculation mode to inactivate *Saccharomyces cerevisiae* in grape juice. *J. Food Engin.* **2019**, 241, 88-96.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.08.011>
- [53] Biancaniello, M.; Popović, V.; Fernandez-Avila, C.; Ros-Polski, V.; Koutchma, T. Feasibility of a Novel Industrial-Scale Treatment of Green Cold-Pressed Juices by UV-C Light Exposure. *Beverages.* **2018**, 4, 29.
DOI: <https://doi.org/10.3390/beverages4020029>
- [54] Manzoor, M.F.; et al. Novel processing techniques and spinach juice: Quality and safety improvements. *J. Food Sci.* **2020**. 1018-1026.
DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15107>
- [55] Bhat, R. Impact of ultraviolet radiation treatments on the quality of freshly prepared tomato (*Solanum lycopersicum*) juice. *Food Chemi.* **2016**, 213, 635-640.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.096>
- [56] Koutchma, T.; Popovic, V.; Ros-Polski, V.; Popielarz, A. Effects of ultraviolet light and high-pressure processing on quality and health-related constituents of fresh juice products. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2016**, 15, 844-867.
DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12214>
- [57] Biancaniello, M.; et al. Feasibility of a Novel Industrial-Scale Treatment of Green Cold-Pressed Juices by UV-C Light Exposure. *Beverages.* **2018**, 4.
DOI: <https://doi.org/10.3390/beverages4020029>
- [58] Ferrario, M.; et al. Development and quality assessment of a turbid carrot-orange juice blend processed by UV-C light assisted by mild heat and addition of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) extract. *Food Chem.* **2018**, 269, 567-576.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.149>
- [59] Carranza, H.P.; et al. Ultraviolet-C light effect on physicochemical, bioactive, microbiological, and sensorial characteristics of carrot (*Daucus carota*) beverages. *Food Sci. Technol Int.* **2016**, 22, 536-46.
DOI: <https://doi.org/10.1177/1082013216631646>
- [60] Guerrero-Beltrán, J.A.; C.E. Ochoa-Velasco. Ultraviolet-C Light Technology and Systems for Preservation of Fruit Juices and Beverages. *Inno. Food Proce. Technol.* **2021**, 210-226.
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22937-5>
- [61] Tatiana Koutchma, Vladimir .P.; Valquiria.P.; Anthony.P. Effects of Ultraviolet Light and High-Pressure Processing on Quality and Health-Related Constituents of Fresh Juice Products. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2016**, 154-4337.
DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12214>
- [62] Cruz-Cansino Ndel, S.; et al. Effect of ultrasound on survival and growth of *Escherichia coli* in cactus pear juice during storage. *Braz .J. Microbiol.* **2016**, 47, 431-7.
DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12214>
- [63] Basumatary, B.; et al. đũa. *Inter. J. F. Scien.* **2020**, 20, S2056-S2073.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.01.014>
- [64] Pokhrel, P.R.; et al. Combined Effect of Ultrasound and Mild Temperatures on the Inactivation of *E. coli* in Fresh Carrot Juice and Changes on its Physicochemical Characteristics. *J Food Sci.* **2017**, 82, 2343-2350.
DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13787>
- [65] Wang, J.; et al. Effect of ultrasound combined with ultraviolet treatment on microbial inactivation and quality properties of mango juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, **2020**, 64, 105000.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105000>
- [66] Buniowska, M.; et al. Bioaccessibility of bioactive compounds after non-thermal processing of an exotic fruit juice blend sweetened with *Stevia rebaudiana*. *Food Chem.* **2017**, 221, 1834-1842.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.093>
- [67] Zdui, Y. and A.J. Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice. *Food Sci. and Technol.* **2016**.
DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0061>
- [68] Tremarin, A.; T.R.S. Brandao.; and C.L.M. Silva. Application of ultraviolet radiation and ultrasound treatments for *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores inactivation in apple juice. *Lwt.* **2017**, 78, 138-142.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.039>
- [69] Raeev. B.; Kok Ming.; B. Sonication treatment convalesce the overall quality of hand-pressed strawberry juice, **2016**, 470-476.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.160>
- [70] Saeeduddin, M.; et al. Physicochemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of sonicated pear juice. *Inter. J. Food Scien & Technol.* **2016**, 51 (7), 1552-1559.
DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13124>
- [71] Rojas, M.L.; A.C.Miano.; P.E.D. Augusto. Ultrasound Processing of Fruit and Vegetable Juices, in *Ultrasound: Advances for Food Processing and Preservation.* **2017**, 181-199.
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804581-7.00007-5>
- [72] Campoli, S.S.; et al. Ultrasound processing of guava juice: Effect on structure, physical properties and lycopene in vitro accessibility. *Food Chem.* **2018**, 268, 594-601.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.127>