Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ
Số chuyên đề: Công nghệ thực phẩm
website: sj.ctu.edu.vn

DOI:10.22144/ctu.jsi.2021.004

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TIÊN TIẾN ĐỂ KÉO DÀI THỜI GIAN BẢO QUẢN TRÁI CÂY

Lê Thị Bích Phương[1], Tô Nguyễn Phước Mai[2], Nguyễn Văn Ây[1] và Nguyễn Văn Mười[1*]

[1]*Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ*

[2]*Học viên cao học Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ*

[*]*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Văn Mười (email: nvmuoi@ctu.edu.vn)*

Thông tin chung:
Ngày nhận bài: 23/02/2021
Ngày nhận bài sửa: 11/03/2021
Ngày duyệt đăng: 28/04/2021

Title:
The advanced food preservation techniques for increased shelf life of fruits: A review

Từ khóa:
Chất lượng, giảm thiểu, làm lạnh, sau thu hoạch, trái cây

Keywords:
Chilling, fruit, minimal processing, post-harvest, quality

ABSTRACT

The Mekong Delta is one of the largest tropical fruit producing regions in Viet Nam. However, more than half of all fruits produced in this region are sold in fresh form to consumers. As a result, postharvest losses in quantity and quality of these fruits are usually substantial, especially with export fruits and those that are transported in long distance. The following review will update the factors affecting the quality of fruits with a focus on postharvest biology and technology. Important issues relevant to each specific product are discussed, such as postharvest physiology, preharvest factors affecting postharvest quality, quality maintenance postharvest, and value-added processed products.

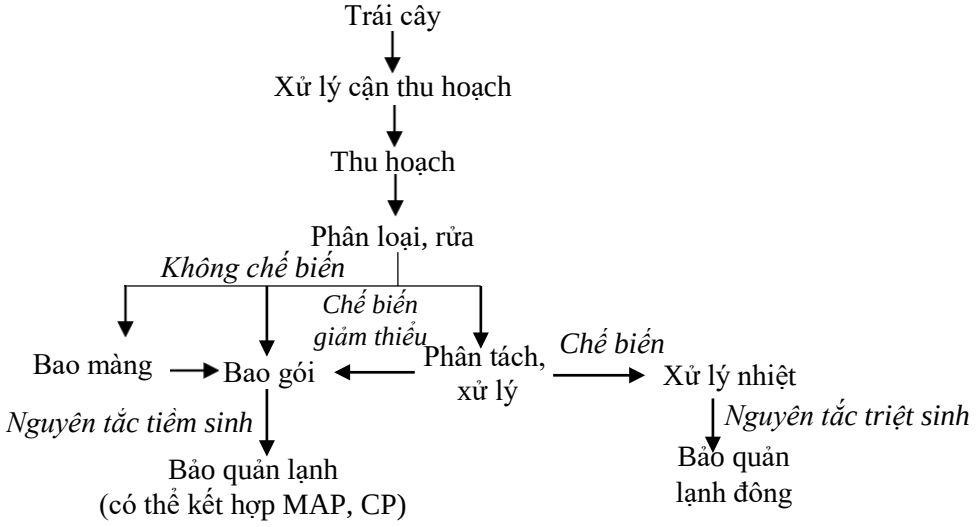
TÓM TẮT

Đồng bằng sông Cửu Long là một trong những vùng trái cây nhiệt đới lớn nhất Việt Nam. Tuy nhiên, hơn 50% trái cây được tiêu thụ tươi. Tổn thất sau thu hoạch về số lượng và chất lượng của các loại trái cây này thường rất cao, đặc biệt ở giai đoạn vận chuyển đường dài đến thị trường hoặc xuất khẩu. Trong phạm vi nghiên cứu, các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng trái cây, tập trung vào các biến đổi và công nghệ sau thu hoạch sẽ được đề cập. Các vấn đề liên quan đến từng sản phẩm cụ thể được thảo luận, điển hình như sinh lý sau thu hoạch, xử lý cận thu hoạch ảnh hưởng đến chất lượng quả, duy trì chất lượng sau thu hoạch và phát triển các sản phẩm chế biến giá trị gia tăng.

1. GIỚI THIỆU

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) hiện có khoảng 307.000 ha trồng cây ăn trái, chiếm gần 40% diện tích trồng của cả nước, cung cấp cho thị trường khoảng 4.000.000 tấn quả. Theo số liệu của Cục Trồng trọt, tính đến năm 2020, có 12 loài cây ăn quả chủ lực được liệt kê bao gồm: thanh long, xoài, chôm chôm, sầu riêng, vú sữa, bưởi, nhãn, chuối, dứa, cam, mãng cầu và quýt, với tổng diện tích trồng lên đến 257.000 ha. Với lợi thế này, các loại cây ăn quả nhiệt đới phát triển, đa dạng từ hương vị, kết cấu, hình dạng và cả các giá trị sinh học. Chẳng hạn, bưởi có 4 loại gồm Da Xanh, Năm Roi, Thanh Kiều, Lông Cổ Cò; cam có 3 loại gồm cam xoàn, cam sành, cam mật; sầu riêng có 4 giống như: khổ qua, cơm vàng hạt lép, Ri 6, Monthong, ... Hệ quả song song của các sự đa dạng về tính chất hoá lý và sinh lý dẫn đến việc không thể xác lập một quá trình xử lý và bảo quản cụ thể cho các loại trái cây nhiệt đới nói chung và ĐBSCL nói riêng. Điều này làm chậm quá trình phát triển các công nghệ sau thu hoạch ở các nước nhiệt đới, vốn đã phát triển chậm hơn các nước ôn đới và gây lãng phí thực phẩm. Lãng phí xảy ra ở tất cả các khâu từ thu hoạch đến khi tiêu

thụ, đòi hỏi các kỹ thuật bảo quản thực phẩm tiên tiến. Lãng phí chủ yếu do tác động của độ ẩm và sự hiện diện của các vi sinh vật có trong thực phẩm, trong đó các sản phẩm được tiêu thụ tươi như trái cây là nguồn nguyên liệu chính (Sridhar et al., 2020). Nhìn chung, sự phát triển của kỹ thuật sau thu hoạch các loại trái cây thường gặp các trở ngại như: (i) thiếu nghiên cứu cụ thể về chỉ số thu hoạch quả; (2) tổn thất trong quá trình thu hoạch và sau thu hoạch còn khá lớn (ước khoảng 25% về khối lượng, chưa kể đến tổn thất về chất lượng); (3) công nghệ thu hoạch, sau thu hoạch (xử lý, bảo quản, vận chuyển,...) lạc hậu; (4) thiếu đầu tư cơ sở vật chất kèm theo (kho lạnh chuyên dùng có kiểm soát khí quyển tồn trữ, thiết bị rửa, xử lý, buồng ủ chín, bao bì, đóng gói, vận chuyển,…). Phát triển kỹ thuật sau thu hoạch trái cây không chỉ đòi hỏi việc ứng dụng kỹ thuật tiên tiến riêng biệt mà cần phải có sự kết hợp nhiều giải pháp đồng bộ để đạt hiệu quả tốt nhất. Điều này đòi hỏi việc tham khảo kết quả của nghiên cứu tiền đề, về các giải pháp kỹ thuật và các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng trái cây vùng nhiệt đới, trong đó cần tập trung cụ thể hơn vào sự thay đổi sinh lý và xử lý cận thu hoạch, sự duy trì chất lượng quả sau thu hoạch và khả năng phát triển các sản phẩm chế biến giá trị gia tăng thích hợp tùy theo đặc tính sinh lý của từng loại trái cây. Đây cũng là nội dung được nghiên cứu quan tâm tìm hiểu và triển khai thực hiện. Định hướng nghiên cứu được thể hiện như Hình 1.



Hình 1. Quy trình tổng hợp ứng dụng các công nghệ tiên tiến trong bảo quản trái cây sau thu hoạch

2. ĐẢM BẢO CHẤT LƯỢNG TRÁI CÂY SAU THU HOẠCH

Hai điều kiện kiểm soát chất lượng trái trước thu hoạch được Kader and Yahia (2011) đề nghị là: kiểm soát chỉ số thu hoạch và kiểm soát các xử lý cận thu hoạch. Ngoài ra, các nhân tố ảnh hưởng khác có thể kể đến như: phương pháp thu hoạch, điều kiện thu hoạch, ...

2.1. Chỉ số thu hoạch quả

Trong quá trình bảo quản, sự sống của trái cây vẫn diễn ra. Trái cây tiếp tục tiêu hao các chất dinh dưỡng dự trữ để duy trì các hoạt động sống. Quá trình bảo quản tiềm sinh chỉ làm chậm chứ không triệt tiêu các hoạt động này. Do đó, trái cây thu hoạch cần phải ở trạng thái phát triển tốt nhất để đảm bảo thời gian bảo quản có thể kéo dài lâu nhất. Thời điểm này gọi là trạng thái thuần thục của trái (Kader, 2002):

Đối với nhóm quả có hô hấp đột phát (climacteric fruits): thời điểm thuần thục là thời điểm mà các chất dinh dưỡng tích luỹ ở hàm lượng cao nhất (khối lượng quả lớn nhất, hàm lượng tinh bột cao nhất, ...) do trái cây có khả năng tiếp tục chín trong quá trình bảo quản do có đỉnh hô hấp sau thu hoạch.

Đối với nhóm quả không có hô hấp đột phát (non-climacteric fruits): thời điểm thuần thục là thời điểm khi trái vừa chín (hàm lượng đường/acid là nhỏ nhất, ...) do trái cây không có khả năng tiếp tục chín trong quá trình bảo quản.

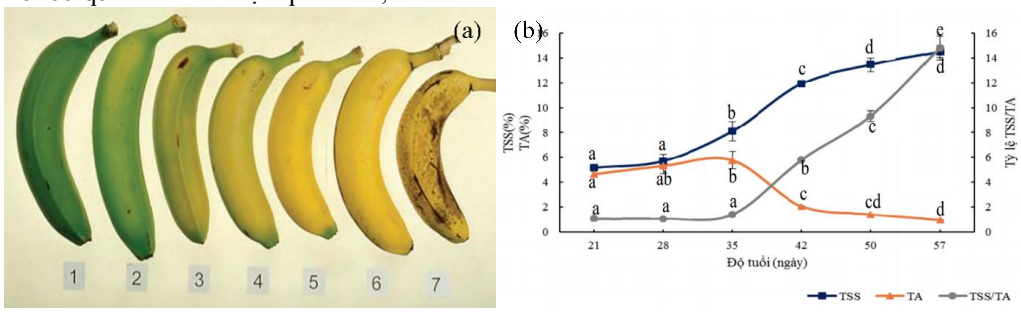
Phân loại trái cây có và không có hô hấp đột phát có thể tham khảo theo Kader (2002):

– Loại trái cây có hô hấp đột phát: bơ, chuối, sa-kê, sầu riêng, sung, ổi, mít, kiwi, xoài, măng cụt, dưa lưới, đu đủ, chanh dây, hồng, chuối, chôm chôm, hồng xiêm, mãng cầu xiêm, quả na.

– Loại trái cây không có hô hấp đột phát: khế, đào lộn hột, dừa, chà là, bưởi, bưởi chùm, táo tàu, quất, chanh, chanh tây, nhãn, lô quất, vải, quýt, olive, cam, dứa, lựu, lê xương rồng, hồng táo, vú sữa, cà chua, me.

– Một số loại trái cây đặc sản ĐBSCL khác như thốt nốt, dừa nước, thanh long, mận, dâu Hạ Châu đều được xếp vào loại không có hô hấp đột phát. Sơ-ri thuộc nhóm có hô hấp đột phát. Quả ổi nằm trong nhóm đặc biệt do phân biệt nhóm còn tuỳ thuộc vào đặc điểm giống.

Để xác định thời điểm thu hoạch phù hợp, các chỉ số thu hoạch được sử dụng. Về cơ bản các chỉ tiêu như kích cỡ, hình dạng, màu sắc vỏ và thịt, cấu trúc cần phải được đo đạc. Một số chỉ số thu hoạch đặc biệt như: khối lượng riêng (áp dụng cho các loại dưa), hàm lượng dịch quả (trái cây có múi), hàm lượng dầu (trái bơ), hàm lượng chất đắng (tanin – trái khế) (Kader, 2002; Kader & Yahia, 2011). Song song đó, việc xây dựng bảng màu để đánh giá độ chín của rau quả luôn rất được quan tâm, điển hình như trên quả chuối (Kader, 1996). Nghiên cứu của Aurore et al. (2009), Falade and Oyeyinka (2015), Dwivany et al. (2020) đều đề xuất sử dụng đồ thị xác định mức độ chín của chuối theo sự biến đổi màu, từ đó xây dựng mối tương quan giữa màu sắc với đặc tính cấu trúc, hàm lượng đường, tinh bột có trong quả. Với chuối, 7 độ chín của quả có thể được nhận diện (Hình 2a) từ xanh hoàn toàn (độ chín 1) đến vàng hoàn toàn và có một số đốm nâu (độ chín 7). Đối với khóm Queen, độ chín cũng được xác định theo sự tương quan về màu sắc của vỏ, với 5 mức độ chín phổ biến theo sự chuyển vàng của vỏ quả (Tran et al., 2008). Độ chín của quả xoài, hạt sen (Nguyễn Văn Mười và ctv., 2009) có thể được xây dựng tương quan với sự thay đổi khối lượng riêng, trong khi đó tỷ lệ TSS/acid lại thông số chính để xác định độ chín thu hoạch của quả thanh trà (Tô Nguyễn Phước Mai và ctv., 2017, Hình 2b) và các loại quả thuộc họ citrus như cam, chanh, bưởi (Ladaniya, 2008). Tổng hợp một số chỉ tiêu sử dụng thông dụng tương ứng thể hiện trong Bảng 1.



Hình 2. Độ chín của chuối theo màu sắc vỏ (Hình (a), Kader, 1996) và quả thanh trà theo hàm lượng đường/acid (Hình (b), Tô Nguyễn Phước Mai và ctv., 2017)

Bảng 1. Tổng hợp một số phương pháp dùng để xác định chỉ số thu hoạch

Chỉ tiêu	Áp dụng	Phương pháp
Kích thước	Nhiều loại trái cây[3,5,6,7]	Đo đạc khối lượng hoặc kích cỡ
Hình dạng	Góc cạnh của trái chuối trên buồng[1] Độ dày của phần má quả xoài[3]	Đo góc không gian hoặc biểu đồ tỉ lệ kích thước
Bên ngoài	Nhiều loại trái cây[1,3,5,6.7]	Ngoại quan, bảng so màu
Bên trong	Nhiều loại trái cây[1,3,5,6.7]	Ngoại quan, bảng so màu
Khả năng rụng cuốn	Ổi và một số loại dưa[3]	Ngoại quan, đo lực tác động
Khối lượng riêng	Các loại dưa[3], xoài[3], hạt sen[5]	Tính nổi trong dung dịch có khối lượng thay đổi
Cấu trúc	Nhiều loại trái cây[3,5,7]	Thiết bị đo cấu trúc
Hàm lượng tinh bột	Xoài[3]	Chuẩn độ thuốc thử KI
Hàm lượng đường	Các loại nho[3]	Chiết quang kế, chuẩn độ
Hàm lượng acid	Nho[3], trái cây chi *Citrus*[4]	Chuẩn độ acid (NaOH)
Tỉ lệ đường/acid	Lựu[3], các loại dưa[3], kiwi[3], thanh trà[6]	
Hàm lượng dầu	Bơ[2,3]	Phương pháp Soxhlet
Vị chát đắng (tanin)	Khế[2,3]	Chuẩn độ (thước thử $FeCl_3$)

(Chú thích: Các chữ số giống nhau được sử dụng trích dẫn nguồn tài liệu tham khảo. Theo đó, nguồn: [1]Kader, 1996, [2]Kader, 2002; [3]Kader & Yahia, 2011; [4]Ladaniya, 2008; [5]Nguyễn Văn Mười và ctv., 2009; [6]Tô Nguyễn Phước Mai và ctv., 2017; [7]Tran et al., 2008.)

2.2. Xử lý cận thu hoạch

Đối với cây ăn quả, xử lý cận thu hoạch là nhân tố rất quan trọng ảnh hưởng đến giá trị cảm quan và chất lượng hóa lý của trái. Tuy nhiên hiện nay, điều kiện này chưa được quan tâm đúng mức. Vấn đề xử lý cận thu hoạch còn thuộc chuyên môn của ngành trồng trọt và chưa được nhắc đến ở hầu hết các tài liệu của công nghệ sau thu hoạch hay công nghệ thực phẩm.

Các nghiên cứu từ rất sớm đã cho thấy vai trò của các chất điều hòa sinh trưởng thực vật được áp dụng vào giai đoạn cận thu hoạch có thể góp phần cân bằng hormone trong vỏ, làm giảm hoặc duy trì sự lão hóa sớm và những tổn thất khi thu hoạch (Primo, 1966). Việc phun các chất điều hòa sinh trưởng đã ngăn chặn sự rụng của quả cây bằng cách ngăn chặn sự tổng hợp các enzyme thủy phân như cellulose, phân hủy các thành tế bào (Monselise, 1979). Ứng dụng gibberellic acid (GA3) được sử dụng cơ bản nhất để làm giảm sự rụng quả, làm chậm quá trình làm mềm và lão hóa của vỏ, từ đó giúp kéo dài thời gian thu hoạch. Gibberellic acid đã có tác dụng làm chậm quá trình suy giảm diệp lục tố và ức chế sự tổng hợp carotenoids trong vỏ quả cam quýt và sử dụng GA3 để kiểm soát màu sắc quả thể hiện vai trong quan trọng khi lưu thông trái trên thị trường (Coggins, 1992; Goldschmidt & Eilati, 1970).

Chất dinh dưỡng đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển và tăng trưởng của các tế bào mới trong mô phân sinh thực vật. Các muối canxi được biết là có liên quan đến chức năng, hoạt động của enzyme và đặc biệt là sự phát triển thành tế bào (White & Broadley, 2003). Canxi có khả năng trì hoãn quá trình chín và lão hóa của quả, duy trì chất lượng cũng như kéo dài thời gian tồn trữ của sản phẩm. Các quy trình khác nhau đã được sử dụng thành công để xử lý canxi sau thu hoạch đối với quả cây tươi và chế biến. Tuy nhiên, cung cấp canxi trước khi thu hoạch bằng cách phun trực tiếp trên lá sẽ giúp tăng hàm lượng canxi trong quả hơn bón vào đất (Ferguson & Boyd, 2002). Boron được biết như là một chất ức chế sự hoá nâu của quả sau thu hoạch đặc biệt trong điều kiện bảo quản lạnh có kiểm soát do giảm sự rò rỉ màng tế bào và tăng hàm lượng ascorbic acid, chất chống oxy hóa bảo vệ mô quả (Xuan et al., 2001). Ngoài ra, các yếu tố cận thu hoạch khác cũng cần được quan tâm như khác như sự phát triển của rễ (Rabe &Von Broembsen, 1995), ánh sáng (Sites & Reitz, 1949), kích thước tán (Krajewski, 1996) hoặc nước tưới (Peng & Rabe, 1996), …đều có ảnh hưởng quyết định đến chất lượng và đặc tính ngoại quan của trái.

Một số điều kiện xử lý cận thu hoạch đã được quan tâm và áp dụng tại Việt Nam trong thời gian gần đây, điển hình như chăm sóc cận thu hoạch bưởi bằng cách sử dụng thuốc kích thích tăng trưởng GA3, phân bón lá TM 5-C và TM-siêu canxi khi quả bắt đầu chuyển màu. Chế độ này giúp giảm tỷ lệ quả bị rụng khi thu hoạch, đồng thời sự biến đổi chất lượng, tổn thất khối lượng tự nhiên và tỷ lệ thối hỏng của quả thu hái muộn diễn ra chậm và ít hơn so với những cây không được chăm sóc (Nguyễn Duy Lâm & Phạm Cao Thăng, 2010). Xử lý $CaCl_2$ và GA3 ở thời điểm 1 tháng và Ethephon ở thời điểm 1 tuần trước khi thu hoạch trên quả quýt đường (Châu Thành, Hậu Giang). Các nghiệm thức xử lý hóa chất đều giúp giảm hao hụt trọng lượng trái so với đối chứng, màu sắc trái, độ Brix và pH trái (Nguyễn Thị Tuyết Mai và ctv., 2011). Xử lý CaCl2 1% hoặc GA3 10 ppm ở quả cam soàn 2 tháng trước thu hoạch giúp giảm tỷ lệ hao hụt khối lượng và tăng hàm lượng vitamin C trong trái, kéo dài thời gian tồn trữ đến 4 tuần trong điều kiện phòng thí nghiệm. Xử lý ethephon nồng độ 200 ppm 1 tuần trước thu hoạch giúp tăng biến đổi màu vỏ (Lê Văn Hòa & Phan Thị Xuân Thủy, 2010).

3. XỬ LÝ BẢO QUẢN TRÁI CÂY KHÔNG CHẾ BIẾN

Đây là biện pháp xử lý bảo quản thông dụng nhất và được áp dụng lâu đời nhất. Các giải pháp sơ chế, bảo quản trái sau khi thu hoạch đều theo các bước chính: rửa, vệ sinh quả → làm ráo bề mặt → phân loại → bao màng phù hợp để ngăn cản sự mất ẩm, điều chỉnh quá trình hô hấp, ức chế sự sản xuất ethylen trước khi chuyển sang bảo quản lạnh (Gobet et al., 2014; Strano et al., 2017). Trong đó, lạnh là điều kiện tiên quyết khi áp dụng bảo quản ở nguyên lý tiềm sinh, theo nguyên lý căn bản là giảm 10°C, tốc độ sinh trưởng của quả giảm từ 2 đến 4 lần (tính toán cơ bản theo dựa trên việc áp dụng phương trình Arrhenius).

3.1. Phân loại, phân cỡ

Việc phân loại quả có thể được thực hiện ngay sau khi thu hái hay trong hệ thống vệ sinh quả. Thông thường, ở giai đoạn chính vụ, quả thường được phân loại chủ yếu theo màu sắc, trong khi ở giai đoạn đầu và cuối vụ thường được phân loại theo khối lượng và kích thước quả (Iglesias et al., 2007).

Phân loại, phân cỡ là công đoạn hỗ trợ cho quá trình chế biến và bảo quản do:

– Các loại trái cây có các chỉ số vật lý khác nhau có thông số kỹ thuật khác nhau.

– Các loại trái cây có các chỉ số hoá lý khác nhau có tính chất (khả năng chịu lạnh, khả năng sinh ethylene, tốc độ hô hấp, ...) khác nhau nên cần phải được xử lý và bảo quản khác nhau.

Trong khi việc phân cỡ có thể được thực hiện dễ dàng bằng các tính chất vật lý như đường kính và khối lượng, vấn đề phân loại khó thực hiện hơn và cần các hệ thống mô hình hoá xử lý bằng máy tính. Ở hầu hết các quốc gia, ngay cả các nước đang phát triển, trái cây vẫn được phân loại bằng tay, được chất trong các dụng cụ chứa (dạng thùng giấy, thùng nhựa) và vận chuyển đến nhà sơ chế (Gutiérrez-Martínez et al., 2012). Tổng các hoạt động từ thu hái và sơ chế nguyên liệu hiện nay thường chiếm đến 50% chi phí sản xuất.

3.2. Rửa và vệ sinh trái

Trái cây sau thu hoạch thường không sạch. Smilanick et al. (2006) và Gobet et al. (2014) đều khẳng định sự nhiễm nấm và vi khuẩn là các tác nhân thúc đẩy quá trình hư hỏng. Các tác nhân lây nhiễm trong hoạt động chăm sóc trước thu hoạch có thể kể đến như bệnh thối nâu (Phytophthora spp.), bệnh thối nhũn (Alternaria spp.), bệnh thối thân (Trinidadia atalensis Pole-Evan, Phomopsis citri Fawcet), hay nhiễm nấm mốc xám (Botrytis cinerea Pers.),... Trong khi đó, quả sau thu hoạch vẫn có khả năng bị hư hỏng do hoạt động của nấm mốc với 2 dòng nấm mốc xanh thường được tìm thấy là Penicillium digitatum Sacc. (tạo mốc xanh lá) và P. italicum Weh. (mốc xanh dương), ngoài ra Geotrichum andidum Link gây bệnh thối rữa cũng có khả năng hoạt động, gây hư hỏng quả trong điều kiện bao gói kín. Ngoài ra, các nghiên cứu còn cho thấy có sự hiện diện của rất nhiều loài nấm trên bề mặt quả có thể gây hư hỏng, điển hình như Aleme and Guta (2017) đã nhận diện được 7 dòng nấm trên bề mặt vỏ quả cam, bao gồm Aspergilluss pp., (13,46%) Penicillium spp. (19,2%), Rhizopus spp. (1,92%) Mucor spp. (5,76%) Fusarium spp. (3,84%), Byssochlamys spp. (3,84%) và Cladosporium spp. (1,92%). Dư lượng chất bảo vệ thực vật trên bề mặt trái được quan tâm do ảnh hưởng đến sức khoẻ cộng đồng.

Công đoạn rửa không chỉ được phát triển để loại bỏ các tạp chất vật lý (đất, cát, lá, cành khô, ...) mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc làm sạch bề mặt cả về tác nhân hoá học và vi sinh. Một hệ thống rửa thường được sử dụng kết hợp băng chuyền di chuyển quả qua các công đoạn xử lý, vệ sinh bề mặt, làm khô, nhúng màng, làm ráo. Sau khi rửa sơ bộ bằng nước, quả thường được rửa trong dung dịch có có tính khử trùng hay hóa chất diệt nấm, hoặc sử dụng nước nóng (37-60°C, thời gian phù hợp), tác động bằng tia UV để ngăn cản sự phát triển của nấm mốc gây hư hỏng (Kassim et al., 2020; Wan et al., 2020).

Chlorine hiện nay vẫn là hoá chất có tính khử trùng thường được sử dụng. Rouissi et al. (2009) đề xuất sử dụng chlorine (nồng đồ 100–150 ppm) phun trên bề mặt quả, chà sạch bề mặt quả bằng bàn chải và rửa lại bằng nước sạch để loại bỏ hoàn toàn nấm mốc xanh. Baruah and Kotoky (2018) cũng đề nghị xử lý chanh bằng cách ngâm trong dung dịch chlorine 4% trước khi bao gói và bảo quản lạnh. Việc sử dụng chlorine vẫn có nhiều nhược điểm như cần điều chỉnh liên tục hàm lượng clor và theo dõi độ pH của dung dịch để điều trị đúng. Hơn nữa, các hợp chất giải phóng clor có thể tạo ra các sản phẩm phụ phân hủy độc hại (halogen hóa) khi phản ứng với vật liệu hữu cơ. Tuy nhiên, sử dụng chlorine vẫn là giải pháp phổ biến, được áp dụng rộng rãi nhờ giá thành thấp, dễ sử dụng.

Việc sử dụng các hóa chất có tính khử trùng khác chlorine như acid peroxyacetic (PAA), ozone, nước điện giải (electrolyzed water, EW), sodium bicarbornate cũng được chú trọng. Acid peroxyacetic là một chất oxy hóa mạnh được hình thành từ hydro peroxide và acid acetic, có tác dụng chống lại một loạt các vi sinh vật. Sản phẩm phân hủy của PAA là acid acetic và oxy, không độc hại và không cần bước rửa sạch. Các ứng dụng PAA ở mức 800 µg/mL trong 1 phút làm giảm đáng kể tỉ lệ nấm mốc xanh trên chanh (Strano et al., 2017). Ozone là một tác nhân oxy hóa tự nhiên mạnh, có hiệu quả tiêu diệt nhiều vi sinh vật gây bệnh khác nhau (vi khuẩn, virus và bào tử nấm). Hơn nữa, một lợi thế đáng kể của ozone là sự phân hủy nhanh chóng của phân tử ozone trong nước thành oxy, không có dư lượng. Nước điện giải, được tạo ra bằng cách điện phân dung dịch muối pha loãng đang được sử dụng rất phổ biến nhờ hiệu quả giảm dân số mầm bệnh của các vi khuẩn gây bệnh, ngay cả trong nước rửa quả. Năm 2014, Gobet et al. đã công bố sáng chế sử dụng nước điện giải để xử lý thu hoạch, giúp kéo dài thời gian bảo quản và hạn chế tồn dư hóa chất.

Song song đó, ngâm nước nóng (hot water dipping - HWD) hay rửa bằng chổi trong nước nóng (short hot water brushing - SHWB) trong thời gian ngắn, sử dụng hơi nóng hay không khí nóng (Fallik, 2004; Strano et al., 2017) là những biện pháp xử lý vật lý, thường được áp dụng cho cây trồng hữu cơ hay áp dụng cho sản phẩm được xuất khẩu/tiêu thụ ở các thị trường có yêu cầu nghiêm ngặt về sử dụng

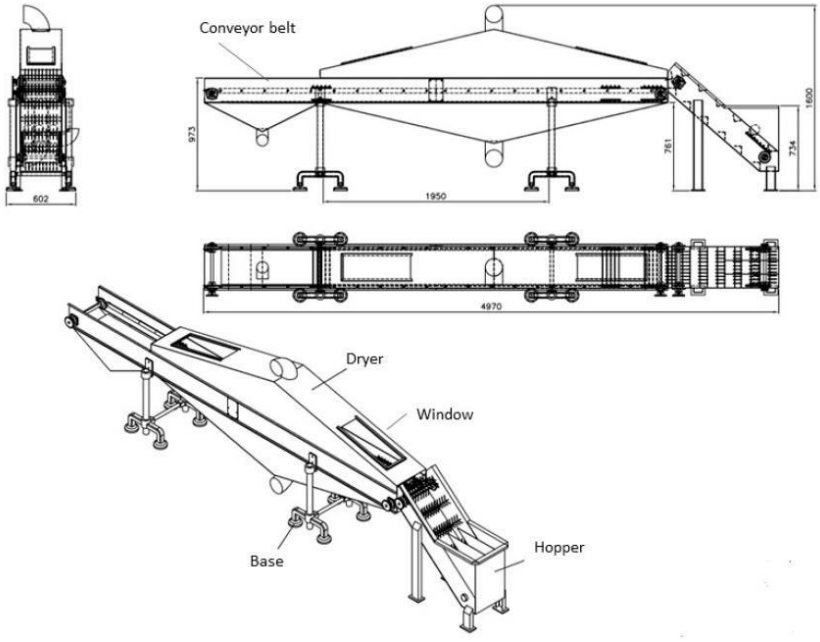
hóa chất, phụ gia. Kassim et al. (2020) đã tổng hợp nhiều nghiên cứu để minh chứng cho tác dụng của xử lý nhiệt trong kiểm soát sự thối rữa ở nhiều loại trái cây khác nhau, từ bơ, ớt đến quả có múi. Xử lý nhiệt có khả năng làm bất hoạt các mầm bệnh trên bề mặt hoặc bên dưới bề mặt, bằng cách tạo ra sức đề kháng của quả để ức chế sự phát triển của mầm bệnh (Irtwange, 2006). Mặc dù có nhiều nghiên cứu cho thấy việc xử lý nước nóng có thể gây trở ngại cho các loại quả có chứa nhiều túi tinh dầu như quả có múi (Palou et al., 2002), tuy nhiên các minh chứng tích cực của việc xử lý nước nóng trên nhóm quả này cũng đã được ghi nhận. Strano et al. (2017) đã tổng hợp một số kết quả xử lý quả có múi bằng nước nóng, điển hình như hiệu quả giảm sự thối quả có múi khi ngâm quả ngập hoàn toàn trong nước ở nhiệt độ trên 40°C, thời gian 2 đến 3 phút; quả cam Tarocco được xử lý trong nước nóng ở nhiệt độ 56°C, 20 giây giúp ức chế hiệu quả sự phát triển của bào tử nấm *P. digitatum* khi so sánh với điều kiện xử lý nước nóng ở 52°C trong thời gian dài hơn. Chế độ nhiệt 37°C trong thời gian kéo dài từ 36 đến 60 giờ, hiệu quả nhất là 48 giờ đã được Wan et al. (2020) áp dụng cho cam (*Citrus sinensis* L. Osbeck cv. Newhall). Phương pháp rửa bằng chổi trong nước nóng được sử dụng kết hợp trên hệ thống rửa và phân loại quả. Quả được rửa lần một khi được di chuyển trên băng chuyền qua vòi phun trực tiếp nước sạch, có hệ thống chổi rửa làm sạch bề mặt, rửa tiếp lần 2 với nước nóng (60°C), thời gian phun rửa 20 đến 60 giây, sau đó quả được sấy khô bằng không khí nóng (đối lưu cưỡng bức). So sánh với phương pháp HWD, xử lý theo SHWB cho hiệu quả cao hơn do loại bỏ các bùn bẩn, bào tử nấm bám sâu trên bề mặt vỏ quả, nhất là các quả có múi có bề mặt hơi sần sùi, nhưng vẫn duy trì chất lượng quả. Strano et al. (2017) đã khẳng định hiệu quả của xử lý bằng nước nóng (60°C, 20 giây) theo phương pháp SHWB giúp giảm đáng kể sự phát triển của nấm mốc xanh lá. Phương pháp này đã được ứng dụng trong sản xuất thương mại ở nhiều quốc gia như Israel, Ai Cập, Indonesia và Morocco cho nhiều loại quả khác như dưa (*Cucumis melo* L.), xoài (*Mangifera indica* L.) và một loại quả có múi thuộc nhóm bưởi (grapefruit, *Citrus paradisi* M.). Việc xử lý nước nóng quả cũng có thể giúp gia tăng khả năng kháng lại sự tổn thương lạnh (Fallik, 2004). Các nghiên cứu sử dụng tia cực tím, chiếu xạ cũng được đề xuất như một giải pháp ngăn sự phát triển của nấm mốc và vi sinh vật gây bệnh (Strano et al., 2017).

Tại Việt Nam, định hướng rửa và vệ sinh bề mặt vỏ cũng đã và được triển khai thực hiện. Điển hình nhất là nghiên cứu của Nguyễn Duy Lâm (2011) về chế độ rửa trước xử lý tạo màng cho một số loại rau quả, đã ứng dụng các kỹ thuật cơ bản như: sử dụng phụ gia cho phép như thiabendazole, imazalil; sử dụng nước nóng, điều chỉnh pH và điện tích, … Song song đó, mặc dù không trực tiếp nghiên cứu cụ thể về chế độ rửa và vệ sinh trái, một số nghiên cứu gần đây cũng đã công nhận kết quả và sử dụng chế độ rửa theo quy trình có sẵn để áp dụng vào các loại trái cây đặc sản ở ĐBSCL có cùng tính chất (Nguyễn Văn Mười và ctv., 2005a, 2005b, 2005c, 2005d). Nhìn chung, kỹ thuật rửa và vệ sinh trái là hiệu quả và tương đối dễ thực hiện khi đã có sẵn nền tảng thiết bị công nghệ và thiết bị cho sản xuất chế biến.

3.3. Xử lý bao màng

Sau quá trình rửa, loại bỏ chất bẩn, bào tử nấm mốc và mầm bệnh trên bề mặt quả, một công đoạn đang được áp dụng rất rộng rãi trong bảo quản quả có múi sau thu hoạch là phủ màng (coating) lên bề mặt quả. Đây là một kỹ thuật được áp dụng từ rất sớm và sử dụng thương mại hóa hơn 30 năm qua ở nhiều quốc gia. Lớp màng phủ trái cây phổ biến nhất là màng phủ tổng hợp – các vi nhũ tương anion có chứa nhựa và/hoặc sáp (phổ biến nhất là sáp shellac, sáp từ gỗ thông, candelilla, carnauba, sáp ong, polyethylen và dầu mỏ). Việc bao màng các sản phẩm trái cây thường được thực hiện theo nhiều cách: (1) ngâm, nhúng quả ngập trong dung dịch bao màng; (2) phun dung dịch tạo màng lên bề mặt quả; (3) chuẩn bị lớp phim để bao gói quả. Trong đó, phương pháp ngâm nhúng là đơn giản và thường được áp dụng nhất. Thiết bị nhúng màng công nghiệp được thiết kế cơ bản bao gồm: một phễu chứa đầy lớp phủ nhũ tương và có các ngạnh để ngăn trái cây chất đống; một băng tải mang trái cây qua máy sấy và làm mát; một máy sấy là một đường hầm mà chuỗi băng tải đi qua có không khí nóng ở 40°C được thổi từ một chiếc quạt gắn dưới đáy của nó lên trái cây. Sau khi sấy khô, băng tải đi vào một đường hầm khác, nơi không khí lạnh được thổi để giảm nhiệt độ sản phẩm (Hình 4).

Nhìn chung, mục đích chính của lớp màng phủ là để giảm sự mất khối lượng quả, hạn chế sự tổn thương lạnh và ngăn cản sự co rút lớp vỏ bề mặt nhờ vào hiệu quả làm giảm sự thoát hơi nước và hô hấp, cung cấp độ bóng trên bề mặt quả. Lớp màng phủ trên bề mặt quả có vai trò cung cấp một rào cản nửa kín đối với hơi nước, oxy và carbon dioxide giữa quả và không khí xung quanh, ngăn ngừa thiệt hại vật lý, suy thoái hóa học và ngăn chặn sự phát triển của vi sinh vật gây bệnh, kéo dài thời hạn sử dụng của quả (Palou et al., 2015).



Hình 4. Sơ đồ một hệ thống nhúng màng cơ bản

(Nguồn: Maftoonazad & Ramaswamy, 2019)

Hayat et al. (2017) đã đề xuất sử dụng màng phủ được tạo thành từ resins 18%, imazalil 0,3%, thiabendazloe 0,5% để bảo quản chanh (nhiệt độ bảo quản 10°C, độ ẩm không khí 90%, thời gian bảo quản tăng đến 45 ngày). Chen et al. (2019) đã đề xuất sử dụng kết hợp dịch chiết của quả sung (*Ficus hirta* Vahl.) và chitosan để kéo dài thời gian bảo quản quýt. Maftoonazad and Ramaswamy (2019) cũng đề nghị sử dụng màng phủ kết hợp của pectin, sáp ong và monoglyceride để bảo quản chanh. Kết quả cho thấy sự giảm khối lượng của quả sau 8 ngày bảo quản ở nhiệt độ lần lượt 10, 15 và 20°C là 2%, 4% và 17%, trong khi mẫu đối chứng có tỷ lệ giảm khối lượng ở mức 6%, 10%, và 24%. Việc nghiên cứu sử dụng các màng ăn được (edible coating, edible film) đã được phát triển trong vài thập niên gần đây như một công nghệ thân thiện với môi trường. Các màng ăn được này thường có nguồn gốc là polymer, phổ biến là màng polysaccharide như pectin, chitosan, methylcellulose (MC), hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), carboxymethyl cellulose (CMC) hay cả màng tinh bột (El-Mohamedy et al., 2015; Limchoowong et al., 2016; Maftoonazad & Ramaswamy, 2019). Thành phần màng phủ, lớp phim phức hợp có hiệu quả nhất được tạo thành nhờ sự kết hợp của polysaccharide hay protein và lipid, giúp màng phủ có đặc tính đàn hồi, khả năng chịu được giãn nở tốt (Palou et al., 2015).

Một điểm cần lưu ý là yêu cầu về màng bao gói là khác nhau, không chỉ khác biệt do phân loại theo loài mà còn bị quy định bởi trạng thái sinh trưởng (kích thước, độ chín, …). Do đó, màng nghiên cứu thường áp dụng trong phạm vi hẹp khi cho đặc tính phù hợp với đối tượng. Để phát triển ứng dụng phương pháp xử lý bao màng rộng rãi, cần thiết phải nghiên cứu cụ thể hơn cho mỗi đối tượng áp dụng. Đây là hướng nghiên cứu đã và đang được triển khai trên các loại trái cây đặc sản tại Việt Nam. Nguyễn Duy Lâm (2011) đã nghiên cứu sản xuất thành công chế phẩm CEFORES-CP10-01 (gọi tắt là chế phẩm CP-01) và chế phẩm CEFORES-CP10-02 (gọi tắt là CP-02) dùng cho bảo quản các loại quả có múi (cam, bưởi, quýt) với thành phần chính là sáp carnauba, sáp polyethylen (sáp PE) và nhựa cánh kiến đỏ. Các chế phẩm này ở dạng lỏng vi nhũ tương dùng phủ trực tiếp lên bề mặt của quả. Hai chế phẩm đã được thử nghiệm trên trên các đối tượng như cam sành Hà Giang, cam sành Hàm Yên, cam Vinh, bưởi Diễn, bưởi Năm Roi, bưởi Đoan Hùng,… đều cho hiệu quả bảo quản tốt, thời gian bảo quản tăng lên từ 2-3 lần tùy thuộc vào đối tượng và điều kiện môi trường bảo quản và hoàn toàn tương đương với chế phẩm BQE-15 (chế phẩm bảo quản nhập khẩu từ Hoa Kỳ). Ở khu vực ĐBSCL, quả họ citrus nói chung và bưởi nói riêng là cây trồng chủ đạo, có sản lượng cao và tiềm năng xuất khẩu lớn. Tuy nhiên, các nghiên cứu

về sau thu hoạch cho các sản phẩm này còn hạn chế và chưa được ứng dụng thực tế tại doanh nghiệp. Một số nghiên cứu từ rất sớm của nhóm nghiên cứu thuộc Trường Đại học Cần Thơ đã cho thấy có thể sử dụng màng chitosan kết hợp sử dụng bao bì LDPE đục lỗ và bảo quản lạnh để kéo dài thời gian bảo quản cam sành (Nguyễn Văn Mười & Phan Thị Anh Đào, 2003a, 2003b; Nguyễn Văn Mười và ctv., 2005a, 2005b, 2005c, 2005d). Nhìn chung, dù đã được triển khai thực hiện, tuy nhiên số lượng các nghiên cứu hiện nay vẫn chưa tương xứng với tiềm năng về cây ăn quả hiện đang có.

3.4. Xử lý bao gói

Trong trường hợp không bao màng, bao gói là bao bì sơ cấp tiếp xúc trực tiếp với trái cây. Trong trường hợp có bao màng, bao gói là bao bì thứ cấp. Bao gói có thể không có (i) hoặc có (ii, iii) tính chất hỗ trợ bảo quản trái cây (i); tuy nhiên, bao gói luôn ảnh hưởng trực tiếp đến ngoại hình trái và đơn vị sử dụng, giúp cho quá trình vận chuyển và buôn bán sản phẩm được diễn ra dễ dàng hơn (Kader & Yahia, 2011).

(i) Các dạng bao bì hở như bao lưới, bao lưới xốp không làm ảnh hưởng đến hoạt động sinh lý của trái, có tác dụng phân chia đơn vị, hạn chế tổn thương vật lý và hỗ trợ vận chuyển.

(ii) Các dạng bao bì có khả năng hút nước như bao bì giấy, bao bì carton có khả năng tự hút nước và điều hoà độ ẩm cho trái cây. Các bao bì có khả năng ngăn sự thấm hơi nước cũng được sử dụng với mục đích hạn chế và điều hòa sự thoát ẩm. Bao bì PE, PET đục lỗ cũng được xếp vào phân nhóm này.

(iii) Các bao bì có khả năng trao đổi khí chọn lọc như LDPE, PVC, PP, PS, PVDC và PET hoặc các bao bì màng kết hợp được sử dụng như các bao bì MAP. Bao bì có khả năng thấm khí thấp như PA để bảo quản ở trạng thái chân không một phần.

Nhìn chung, MAP cần điều kiện khí quyển với hàm lượng O_2 thấp và CO_2 cao tỷ lệ nghịch, và các vật liệu bao gói được sử dụng để duy trì tỷ lệ này mà không làm thay đổi tính thấm của màng thực vật. Khi có điều kiện thiết bị, kỹ thuật MAP thay đổi thành phần khí ban đầu (chủ động) có thể được áp dụng. Kỹ thuật cải biến khí quyển thụ động cũng có thể được áp dụng trong trường hợp không có các điều kỹ thuật cần thiết; trái cây tự thay đổi khí quyển theo thời gian trong bao bì kín do kết quả của quá trình hô hấp. Ngoài ra, việc loại bỏ O_2, CO_2 và ethylene có thể được thực hiện bằng các phụ gia hoá học như các tác nhân kháng oxy hoá, các tác nhân kiềm tính, $KMnO_4$ hoặc than hoạt tính, với thứ tự tương ứng. Yahia et al. (2011) đã tổng hợp các một số loại bao bì thích hợp cho MAP như: Polyolefin (giấy thấm dầu) cho bảo quản MAP quả ổi; PE và PS cho bảo quản MAP quả sung; bơ và quả lô quất có thể bảo quản bằng bao bì PE và PVC; loại bỏ ethylene tạo điều kiện thích hợp để bảo quản chuối, trái kiwi và nho. Các biện pháp xử lý bao gói và bao màng cũng có thể được sử dụng kết hợp. Sử dụng màng chitosan kết hợp bao bì LDPE đục lỗ và bảo quản lạnh để kéo dài thời gian bảo quản cam sành (Nguyen & Phan, 2003; Nguyễn Văn Mười và ctv., 2005a, 2005b, 2005c, 2005d; Nguyễn Văn Mười & Phan Thị Anh Đào, 2003). Cam mật được xử lý 4 giai đoạn: (1) xử lý ozone, (2) bao màng CMC); (3) bao gói PE hoặc PP không đục lỗ và (4) tồn trữ ở 10°C có thời gian tồn trữ cam đến 9 tuần (Nguyễn Minh Thủy & Nguyễn Thị Mỹ Tuyền, 2011).

3.5. Bảo quản lạnh trái cây

Làm lạnh/bảo quản lạnh cũng rất được quan tâm. Đây là nhân tố chính đảm bảo duy trì trạng thái tiềm sinh của trái cây. Có hai nguyên tắc vàng cần được tuân thủ trong một kho bảo quản lạnh:

(1) Nhiệt độ và độ ẩm tương phải được giữ ổn định. Đây là được coi là yếu tố chính trong việc kiểm soát tốc độ suy giảm trong chuỗi xử lý sau thu hoạch của trái cây có múi. Mỗi loại trái cây khác nhau cần được tồn trữ ở những chế độ khác nhau (Bảng 2).

Bảng 2. Điều kiện bảo quản cho một loại trái cây nhiệt đới

Trái cây	Tên khoa học	Nhiệt độ (°C)	Độ ẩm (%)	Điểm đóng băng (°C)	Mức độ sinh ethylen	Mức nhạy cảm ethylene	Thời gian
Sơ-ri	*Malpighia glabra*	0	85–95	−1,4			6–8 tuần
Chuối	*Musa paradisiaca* var. Sapientum	13–15	90–95	−0,8	M	H	1–4 tuần
Sa-kê	*Artocarpus altilis*	13–15	85–90				2–4 tuần
Khế	*Averrhoa carambola*	9–10	85–90	−1,2			3–4 tuần
Mãng cầu ta	*Annona cherimola*	13	90–95	−2,2	H	H	2–4 tuần
Dừa	*Cocos nucifera*	0–2	85–90	−0,9			4–6 tuần
Chà là	*Phoenix dactylifera*	−18–0	75	−15,7	VL	L	6–12 tháng
Sầu riêng	*Durio zibethinus*	4–6	85–90				6–8 tuần
Nho	*Vitis vinifera*	0–5	90–95	−2,7	VL	L	1–6 tháng
Ổi	*Psidium guajava*	5–10	90		L	M	2–3 tuần
Mít	*Artocarpus heterophyllus*	13	85–90		M	M	2–6 tuần
Bòn bon	*Aglaia* sp.*; Lansium* sp.	11–14	85–90				2 tuần
Nhãn	*Dimocarpus longan, Euphria longan*	4–7	90–95	−2,4			2–4 tuần
Mamey sapote (chi Lêkima)	*Calocarpum mammosum*	13–15	90–95		H	H	2–3 tuần
Xoài	*Mangifera indica*	13	85–90	− 1,4	M	M	2–3 tuần
Măng cục	*Garcinia mangostana*	13	85–90		M	M	2–4 tuần
Đu đủ	*Carica papaya*	7–13	85–90				1–3 tuần
Khóm	*Ananas comosus*	7–13	85–90	− 1,1	L	L	2–4 tuần
Chuối m�ễ	*Musa paradisiaca* var. Paradisiaca	13–15	90–95	−0,8	L	H	1–5 tuần
Lựu	*Punica granatum*	5–7,2	90–95	−3	VL	L	2–3 tháng
Chôm chôm	*Nephelium lappaceum*	12	90–95		H	H	1–3 tuần
Hồng xiêm	*Achras sapota*	15–20	85–90		H	H	2 tuần
Mãng cầu xiêm	*Annona muricata*	13	85–90				1–2 tuần
Cóc	*Spondias* spp.	13	85–90				1–2 tuần

VL: rất thấp; L: thấp; M: trung bình; H: cao; Nguồn: Kader, 2002

Nhìn chung, đối với các loại cây ăn trái nhiệt đới, trái cây quen với điều kiện ẩm nên độ ẩm tương đối cần được giữ cao (RH 85-95%). Khoảng nhiệt độ có thể chịu đựng cũng dao động rất lớn, từ 0-15°C. Trái cây nhiệt đới thường không chịu được nhiệt độ thấp (thường trên 10°C), nên thời gian bảo quản lạnh nhìn chung thường rất ngắn.

(2) Các loại cây ăn quả có mức độ sinh khí ethylene khác nhau cần được bảo quản ở các khu vực khác nhau (Bảng 2). Việc tiếp xúc với nồng độ ethylene cao mức độ nhạy cảm làm gia tăng quá trình chín, trong nhiều trường hợp có thể gây rối loạn sinh lý và tăng khả năng tổn thương lạnh trái. Đặc điểm sinh khí ethylene phân biệt bởi nhóm trái cây có hô hấp đột phát và không hô hấp đột phát. Các trái cây bị tổn thương (vật lý, sinh lý) cũng có tốc độ sinh ethylene lớn hơn rất nhiều lần, do đó cần được loại bỏ trong quá trình xử lý bảo quản. Trong một vài trường hợp, việc loại bỏ ethylene trong kho cũng là điều cần thiết.

Việc điều khiển nhiệt độ quá thấp là một vấn đề không mong muốn trong bảo quản trái cây, nguyên nhân do sự tổn thương lạnh (chilling injury, CI). Nhìn chung, trái cây nhiệt đới có điểm nhiệt độ tổn thương lạnh ở mức rất cao. Trái cây bị tổn thương lạnh gây rối loạn các hoạt động sinh lý; do đó các biểu hiện hư hỏng do tổn thương lạnh thường đa dạng và không

giống nhau. Một số biểu hiện được liệt kê ở Bảng 3. Mức độ tổn thương lạnh phụ thuộc vào loài, giống, giai đoạn trưởng thành và vị trí của cây trồng (Lafuente & Zacarias, 2006). Theo lý thuyết, điểm bảo quản lạnh tốt nhất nằm ở cận trên nhiệt độ tổn thương lạnh của trái.

Bảng 3. Dấu hiệu bị tổn thương lạnh của một số loại quả nhiệt đới

Trái cây	Điểm tổn thương lạnh (° C)	Dấu hiệu
Chuối	12,8	Nâu dưới biểu bì, mủ trong, mất mùi, chín muộn, cứng trung tâm, tích tụ tannin, da đổi màu, tạo đường chậm, giảm nồng độ ascorbic acid, chảy nước sẫm màu, tạo vị đắng
Xoài	4,4	Giảm vị ngọt, da xỉn màu, chín không đúng, mảng nâu ngoài da
Đu đủ	6,1	Không chín, rỗ da, tách nước, không thể thủy phân sucrose
Khóm	6,1	Không chín, màu vỏ nâu hoặc xỉn, tách nước, héo hoặc xuất vòng cuốn, đốm xanh, mất mùi

(Nguồn: Yahia et al., 2011)

3.6. Khái niệm chuỗi làm lạnh và ý nghĩa của công đoạn làm lạnh sơ bộ

Chuỗi làm lạnh được đề cập chung đến tất cả các giai đoạn quản lý liên quan đến việc giảm nhiệt độ và duy trì nhiệt độ thấp để bảo quản và phân phối sản phẩm đạt chất lượng. Một định nghĩa khác của chuỗi làm lạnh là quá trình loại bỏ nhiệt dần dần khỏi sản phẩm, bắt đầu càng sớm càng tốt sau khi thu hoạch (Yahia, 2010). Quản lý chuỗi lạnh nên bắt đầu ngay sau khi thu hoạch và sau đó tiếp tục trong suốt chuỗi xử lý. Chuỗi lạnh bao gồm các bước cơ bản: làm lạnh nhanh (làm lạnh sơ bộ), làm lạnh tới nhiệt độ bảo quản, bảo quản lạnh, vận chuyển lạnh, phân phối lạnh (tại nhà, trong nhà hàng, ...). Cần phải phân biệt thiết bị bảo quản lạnh và các thiết bị làm lạnh sơ bộ và vận chuyển lạnh, do thiết bị bảo quản chỉ cho hiệu quả trong duy trì nhiệt độ thấp nhưng tốc độ làm lạnh không cao.

Nguyên tắc vàng trong chuỗi làm lạnh là: (i) xử lý làm lạnh các loại trái cây trong thời gian sớm nhất và (ii) không có các điểm gián đoạn trong chương trình quản lý nhiệt độ. Ở khái niệm chuỗi làm lạnh, công đoạn xử lý lạnh sơ bộ được đánh giá với vai trò quan trọng, bằng thậm chí hơn so với bảo quản lạnh. Việc trễ làm lạnh dẫn đến sự suy giảm chất lượng quả do 4 nguyên nhân chính: (1) việc tăng tốc độ hô hấp và trao đổi chất làm mất đi đường, acid, vitamin và các thành phần khác; (2) mất khối lượng do thoát ẩm; (3) gia tăng sự hư hỏng do thối rữa; (4) gia tăng sự hư hỏng do tiếp xúc ethylene. Nguyên tắc vàng là 1 giờ trễ làm lạnh tương ứng với 1 ngày mất đi trong quá trình bảo quản. Đối với một số loại trái cây nhạy cảm, 1 giờ trễ làm lạnh có thể làm mất đi 10% số lượng và chất lượng trái. Mỗi phút trễ làm lạnh cần được tính toán vào giá trị thương mại (Yahia et al., 2011).

Bảng 4. Yêu cầu làm lạnh nhanh của một số loại trái cây

Trái cây	Thời gian trễ lạnh cho phép (giờ)	Nhược điểm trễ lạnh	Ưu điểm trễ lạnh	Ghi chú
Dưa lưới ruột cam	8	Mất nước	Không	
Dưa lưới ruột xanh	16	Mềm thịt và chín sớm	Không	−1,2
Bưởi	24	Mất nước, khuyết tật và thối vỏ	Không	Xử lý thối hỏng trong 24 giờ
Chanh	24	Tăng thối hỏng	Không	Xử lý thối hỏng trong 24 giờ
Quýt	8	Mất nước, khuyết tật và thối vỏ	Không	Xử lý thối hỏng trong 24 giờ
Cam	16	Mất nước, khuyết tật và thối vỏ	Không	Xử lý thối hỏng trong 24 giờ
Lựu	16	Mất nước	Không	

(Nguồn: Yahia et al., 2011)

Điều quan trọng là tránh hoặc giảm việc phơi trái sau khi thu hoạch dưới ánh nắng mặt trời và nhiệt độ cao trong thời gian dài. Che mát trái cây trên ruộng vườn sau khi thu hoạch, trong quá trình vận chuyển đến cơ sở đóng gói và trong thời gian chờ đợi tại cơ sở đóng gói là công đoạn cần thiết. Khi đã có điều kiện, cần tiến hành làm lạnh nhanh nhất về nhiệt độ cho phép. Các loại trái cây khác nhau có các yêu cầu

làm lạnh khác nhau (Bảng 4). Nho yêu cầu cần được làm lạnh tức thì về gần điểm đóng băng ngay sau khi thu hoạch. Trong khi đó, xoài, chuối và dưa lưới rất dễ bị tổn thương lạnh nên không yêu cầu làm lạnh nhanh để tránh các tổn thương không mong muốn.

Làm lạnh bằng nước đá hoặc bằng nước có ưu điểm là cho hệ số truyền nhiệt tốt nhưng trong một số trường hợp sẽ gây ra tác động phụ không mong muốn. Sử dụng nước đá cho một số loại quả mọng gây nguy cơ làm tổn thương cơ học. Trong khi đó, rửa bằng môi trường nước cũng có thể gây tác động tiêu cực khi loại bỏ đi phần bao phủ bên ngoài, đây là lớp màng bảo vệ tự nhiên giúp chống các loài vi sinh vật tấn công gây hư hại (Nguyễn Nhật Minh Phương và ctv., 2006). Tổn tương do nhiễm nước cũng là không mong muốn trong trường hợp nguyên liệu đã bị tổn thương vật lý trước khi xử lý. Trong các trường hợp này, làm lạnh bằng đối lưu không khí nên được ưu tiên lựa chọn.

4. XỬ LÝ BẢO QUẢN TRÁI CÂY THEO NGUYÊN TẮC CHẾ BIẾN GIẢM THIỂU

Khái niệm thực phẩm chế biến giảm thiểu (minimal processing) hiện chỉ mới được đề cập trong thời gian gần đây. Hiện tại, có thể định nghĩa quá trình chế biến giảm thiểu là quá trình chế biến thực phẩm nhưng vẫn đảm bảo các thuộc tính chất lượng, theo nguyên tắc áp dụng ít công đoạn nhất có thể nhưng cần phải đủ các công đoạn cần thiết. Chế biến thực phẩm giảm thiểu cần phải thỏa mãn hai mục đích: (1) cung cấp sản phẩm tươi đảm bảo chất lượng dinh dưỡng và (2) đảm bảo chất lượng sản phẩm trong thời gian phân phối cần thiết (Arte´s & Allende, 2014). Đối với sản phẩm trái cây ở ĐBSCL, các dạng chế biến giảm thiểu có thể được gặp như: dạng lột vỏ sẵn (mít, chôm chôm); dạng phân tách sẵn (cây có múi, sầu riêng); dạng fresh-cut (đu đủ, dưa lưới, ...).

Tổn thương gây trên trái là không thể tránh khỏi khi thực hiện chế biến giảm thiểu. Đây là nhân tố làm mất cân bằng quá trình sinh hoá bình thường của trái đồng thời làm gia tăng các hư hỏng theo các con đường khác. Do đó thông thường, ứng dụng chế biến giảm thiểu chỉ được thực hiện trên một số loại trái cây với đặc tính đặc biệt giúp hạn chế các tổn thương vật lý trong quá trình chế biến như: có cấu trúc cứng chắc; các hoạt động sinh hoá trên trái diễn ra chậm; hoặc/và có thể dễ dàng phân tách các bộ phận của trái.

Điều kiện bảo quản trái cây chế biến giảm thiểu thông thường đều có ứng dụng bao màng và bảo quản lạnh. Nhìn chung, điều kiện bảo quản này đã giúp khống chế tốt sự hư hỏng tự nhiên do các hoạt động sinh hóa, về gần với trái tương khi so sánh theo lý thuyết (Arte´s & Allende, 2014). Vì vậy, so với mối nguy hư hỏng sinh hoá, mối nguy vi sinh trong trường hợp này lại cần được xem xét với thứ tự ưu tiên hơn. So với loại trái cây tương thông thường, trái cây chế biến giảm thiểu dễ bị các vi sinh vật xâm nhập và có điều kiện phát triển thuận lợi hơn, nhất là ở vị trí tổn thương sau phân tách. Đây vừa là nguy nhân gây mất an toàn thực phẩm, đồng thời là nguyên nhân gây hư hỏng chính. Trên thực tế, các vi sinh vật thông thường trong đất, nước và các nguồn ô nhiễm như *Listeria monocytogenes, Escherichia coli* O157:H7, *Shigella* spp., *Salmonella* spp., *Aeromonas hydrophila, Bacillus cereus, Yersinia enterocolitica* và *Campylobacter* spp., ký sinh và virus thường được phát hiện và là nguyên nhân gây mất an toàn ở trên các sản phẩm chế biến giảm thiểu (Warrine et al., 2009). Do đó, khống chế sự phát triển vi sinh vật lúc này đóng vai trò quyết định trong vấn đề bảo quản dạng thực phẩm này.

Quy trình chế chế biến giảm thiểu thường kinh điển bao gồm: Trái cây → Rửa 1, vệ sinh trái → Phân tách/Cắt nhỏ → Rửa 2 → Làm khô (để ráo hoặc ly tâm) → Bao gói → Bảo quản lạnh (Arte´s *and* Allende, 2014). Phân tích sâu vào quy trình, các rào cản đã được áp dụng gồm:

+ Công đoạn rửa 1 nhằm loại bỏ bớt bụi bẩn và các vi sinh vật nhằm hạn chế nhiễm chéo và công đoạn rửa 2 được thực hiện để loại bỏ dịch quả và đảm bảo tính tiệt trùng. Trên cơ sở này, các cải tiến theo hướng khống chế mối nguy vi sinh có thể được áp dụng. Các biện pháp vô hoạt vi sinh vật trên nguyên tắc vật lý hiện đại đang được nghiên cứu thực hiện như: sử dụng áp suất cao, xung ánh sáng, dòng diện cao tần, tia cực tím,... (Ahvenainen, 1996). Các tác nhân hoá học có thể được thực hiện như: sử dụng chlorine, H_2O_2 và sử dụng ozone trong nước rửa (Arte´s & Allende, 2014; Gonzalez-Aguilar et al., 2011). Việc làm khô sau rửa 2 được thực hiện bắt buộc, giúp loại nước nhanh từ đó hạn chế sự thay đổi sinh hoá.

+ Lạnh và MAP là rào cản thường được ứng dụng do đặc tính đa hiệu, vừa là rào cản giúp hạn chế hư hỏng sinh hoá, vừa giúp hạn chế hư hỏng do vi sinh vật. Chế độ lạnh và rào cản của trái cây sau chế biến có thể tham khảo ở quá trình bảo quản thông thường. Thời gian bảo quản của các sản phẩm chế biến giảm thiểu thường ngắn, từ 2-3 ngày và tối đa thường không quá một tuần (Arte´s & Allende,

2014; Gonzalez-Aguilar et al., 2011). Rào cản này mang tính chất bắt buộc ở các sản phẩm chế biến giảm thiểu.

Ở Việt Nam, khái niệm chế biến giảm thiểu chỉ xuất hiện trong khoảng thời gian gần đây. Sản phẩm chế biến giảm thiểu được xếp vào dạng sản phẩm mang giá trị gia tăng, cho hiệu quả kinh tế cao (Nguyễn Minh Thủy & Nguyễn Thị Mỹ Tuyền, 2017). Hướng tiếp cận vấn đề chính từ tập trung từ khía cạnh cải thiện tính chất màng bao, điển hình nhất như nghiên cứu của Lê Phạm Tấn Quốc và Nguyễn Văn Mười (2016) đã ứng dụng dịch trích từ củ hà thủ ô đỏ trong bảo quản đu đủ dạng fresh-cut. Mặc dù vậy, số lượng các nghiên cứu khoa học về chế biến giảm thiểu phát triển hiện còn rất ít.

5. XỬ LÝ CHẾ BIẾN VÀ BẢO QUẢN TRÁI CÂY THEO NGUYÊN TẮC TRIỆT SINH

Về nguyên tắc, cũng có thể áp dụng nguyên lý tiềm sinh để bảo quản các loại trái cây chín hoặc bị tổn thương vật lý. Tuy nhiên, do tốc độ chuyển hoá của các loại trái cây này rất cao, thời gian bảo quản thường không dài và cho giá trị kinh tế thấp. Nguyên tắc triệt sinh (tức dừng hẳn quá trình sinh trưởng) được phát triển cho những loại nguyên liệu này, giúp khai thác được giá trị gia tăng thay vì phải bỏ đi ở dạng thành phẩm. Hai loại sản phẩm thường gặp ở dạng xử lý này là: trái cây lạnh đông và purée thịt quả được xếp vào dạng bán thành phẩm, đã qua các quy trình xử lý nhưng chưa triệt để và vẫn còn giữ được một số đặc tính ban đầu của trái (Wan Saidatul et al., 2013).

Về cơ bản, trái cây lạnh đông được chế biến theo cách bước: Xử lý nguyên liệu (tách vỏ, cắt nhỏ) → Chần → Làm lạnh nhanh → Lạnh đông. Trong khi đó, purée trái câyđược chuẩn bị với các bước đơn giản: Xử lý nguyên liệu (chỉ lấy thịt quả) → Thịt quả được xay nhuyễn hay chà để tạo thành khối đồng nhất → Chần → Làm lạnh nhanh → Lạnh đông. Quá trình chần và bảo quản lạnh đông là 2 rào cản kết hợp ức hoàn toàn sự sống của nguyên liệu. Thời gian bảo quản có thể đạt đến 6 tháng, thậm chí 12 tháng hay 2 năm tùy thuộc từng loại sản phẩm (Avena & Luh, 2006; Bates et al., 2001; Paltrinieri et al., 1997; Wan Saidatul et al., 2013).

Hai vấn đề rất được quan tâm trong nguyên tắc chế biến này là sự mất hương vị đặc trưng của sản phẩm và sự biến đổi màu sắc do phản ứng hóa nâu có và không có enzyme (Skrede, 1996). Chính vì vậy, nguyên liệu thường được áp dụng các biện pháp tiền xử lý giúp duy trì và ổn định chất lượng của sản phẩm. Quá trình chần ở các nhiệt độ từ 60-90°C hay thanh trùng (80-90°C) thường được áp dụng tùy thuộc vào từng loại nguyên liệu giúp vô hoạt enzyme gây hóa nâu (Dauthy, 1995; Skrede, 1996). Đối với sản phẩm purée, điều chỉnh pH đến dưới 4, phổ biến là 3 và 3,5 (Wan Saidatul et al., 2013) hay bổ sung đường đến 30-60% khối lượng purée (có độ Brix ban đầu 14-16%) để ngăn cản sự biến đổi mùi vị của quả, điển hình là purée xoài (Avena & Luh, 2006). Bates et al. (2001) cũng đã đề nghị giải pháp ngăn cản sự biến đổi hương vị và màu sắc của xoài bằng cách gia nhiệt nhanh sản phẩm đến 90°C trong vòng 1 phút, làm lạnh xuống 30°C trước khi lạnh đông. Trong một sản phẩm đông lạnh hỗn hợp, Sistrunk et al. (2006) đã đề xuất ý tưởng mới là phối trộn purée từ dâu tây xanh và dâu tây chín vào dâu tây chín cắt lát để giúp điều chỉnh pH tự nhiên, đồng thời gia tăng hàm lượng acid ascorbic trong sản phẩm.

Các phụ gia có tác dụng chống đông cũng được để nghị bổ sung vào purée. Conceição et al. (2012) đề nghị bổ sung sucrose và pectin vào purée trước khi lạnh đông. Downey (2002) cũng nghiên cứu về chất lượng của purée sau lạnh đông và tan giá thay đổi bởi khi bổ sung các chất chống đông khác nhau, bao gồm hydrocolloid, gum và bột sữa. Nghiên cứu cũng khẳng định rằng việc bổ sung các cryoprotectant nêu trên làm giảm tổn thương về lạnh đông và tan giá, đồng thời tùy thuộc vào loại nguyên liệu mà chất lượng, bao gồm cả giá trị cảm quan, có thể được duy trì hoặc tăng trưởng khi sử dụng chất chống đông phù hợp. Đối với các sản phẩm lạnh đông, việc xử lý thẩm thấu tách nước giúp hạn chế thay đổi cấu trúc sản phẩm trong quá trình lạnh đông. Môi trường thẩm thấu thường được sử dụng là các loại đường hữu cơ (sucrose, glucose, fructose, hỗn hợp đường nghịch đảo) nhằm mục đích lấy đi một phần nước trong nguyên liệu. Xử lý bằng ion Ca^{2+} bằng cách bổ sung $CaCl_2$ từ 0,5-2% trong hoặc sau quá trình chần cũng được thực hiện giúp duy trình tính chất của màng tế bào. Trong một số trường hợp (như xử lý khóm, bắp non) cấu trúc của sản phẩm có thể đạt bằng hoặc hơn so với nguyên liệu ban đầu. Sản phẩm hỗn hợp dâu tây chín cắt lát với việc bổ sung 40% purée (tỷ lệ dâu tây xanh và chín tương ứng là 60%:40%) giúp sản phẩm có độ nhớt và hàm lượng acid ascorbic cao hơn, tổng lượng anthocyanin ít hơn cũng như sắc đỏ nhạt hơn so với sản phẩm được chế biến từ 100% dâu tây chín cắt lát. Đặc biệt là sản phẩm ổn định màu sắc khi thời gian bảo quản dài.

Các phụ gia bảo quản cũng có thể được sử dụng để gia tăng tính ổn định của sản phẩm. Nghiên cứu Durrani et al. (2011) cho thấy purée xoài được bảo quản bằng cách kết hợp kali sorbate với natri benzoate và acid citric cho chất lượng tốt hơn hẳn về màu sắc, hương vị trong 45 đến 60 ngày bảo quản. Tương tự, Wan Saidatul et al. (2013) cũng đã đề xuất chế biến purée bí đao (*Benincasa hispida*) không sử dụng nhiệt. Kết quả khảo sát cũng cho thấy, purée bí đao được bổ sung đường fructose để điều chỉnh độ hoạt động của nước là 0,96 kết hợp với điều chỉnh pH đến 3,0 hay 3,5 bằng acid citric, sử dụng kali sorbate là chất bảo quản có tác động tích cực trong việc cải thiện chất lượng purée.

Hướng xử lý bảo quản trái cây theo phương pháp triệt sinh cũng đã được áp dụng phổ biến ở Việt Nam. Tuy nhiên, các nghiên cứu thông thường tập trung ở hướng nghiên cứu tiền xử lý nhiệt độ, điển hình như các nghiên cứu về ảnh hưởng về đặc tính của enzyme hóa nâu hoặc về enzyme PME và cấu trúc thực phẩm sau chần (Nguyễn Minh Chơn *và* Nguyễn Phương Thúy, 2006; Trần Thanh Trúc và ctv., 2006; Binh Ly Nguyen 2008a, 2008b, 2008c; Nguyễn Văn Mười & Trần Thanh Trúc, 2014). Các nghiên cứu theo hướng tiếp cận sử dụng phụ gia và chất bảo quản cho phép ít phổ biến hơn, điển hình nhất có nghiên cứu của Tran and To (2017). Mặc dù vậy, dạng sản phẩm trái cây đông lạnh, có hoặc không qua chế biến là dạng sản phẩm xuất khẩu chủ lực của một số nhà máy xử lý trái cây sau thu hoạch. Điều này cho thấy khả năng áp dụng các kết quả nghiên cứu sẵn có cho một số loại trái cây có tính chất tương tự.

6. KẾT LUẬN

ĐBSCL là vùng đất giàu phù sa và chịu ảnh hưởng của khí hậu nhiệt đới gió mùa nên rất thuận lợi cho các loại trái cây nhiệt đới phát triển quanh năm. Duy trì chất lượng tươi của trái cây trên nền tảng áp dụng nhiệt độ thấp là yêu cầu bắt buộc nhằm giảm tổn thất sau thu hoạch và kéo dài thời gian bảo quản. Vấn đề tổn thương lạnh của trái cây nhiệt đới là trở ngại lớn trong việc hạ thấp nhiệt độ nguyên liệu sau thu hoạch. Do đó, sau khi tiến hành làm sạch sơ bộ, việc kết hợp làm lạnh và bảo quản lạnh ở nhiệt độ thích hợp cho từng loại trái cây với các biện pháp hỗ trợ khác như nhúng màng, bao gói có kiểm soát là điều cần được quan tâm. Điều kiện kỹ thuật và khả năng đầu tư luôn là yếu tố quan trọng trong việc xây dựng quy trình xử lý và bảo quản trái cây đạt hiệu quả.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện thông qua sự tài trợ kinh phí từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ (Bộ Giáo dục và Đào tạo) “Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn để ứng dụng phát triển công nghệ tiên tiến trong bảo quản, chế biến nông thủy sản vùng Đồng bằng sông Cửu Long” (mã số: CT2020.01.TCT.01) thuộc Chương trình KH&CN “Nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ tiên tiến trong bảo quản, chế biến nông thủy sản vùng Đồng bằng Sông Cửu Long”.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Ahvenainen, R. (1996). New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables, *Trends in Food Science & Technology*, *7*(6), 179-187.

Aleme, M. & Guta, M. (2017). Isolation and characterization of fungi from the fruit of orange and tomato in jimma town market sellers, south west Ethiopia. International Journal of Advanced Research, *5*(3), 108-115.

Arte´s , F. & Allende, A. (2014). Minimal processing of fresh fruit, vegetables, and juices. In *Emerging technologies for food processing* (pp. 583-597). Academic Press.

Aurore, G., Parfait, B. & Fahrasmane, L. (2009). Bananas, raw materials for making processed food products. *Trends in Food Science & Technology*, *20*(2), 78-91.

Avena, R.J. & Luh, P.S. (2006). Sweetened Mango Purées Preserved by Canning and Freezing. *Journal of Food Science*, *48*(2), 406-410.

Baruah, S. R. & Kotoky, U. (2018). Studies on storage behavior of Assam Lemon (Citrus limon Burm). *Indian Journal of Agricultural Research*, *52*(2), 177-181.

Bates R.P., Morris, J.R. & Crandall, P.G. (2001). *Principles and practices of small - and medium - scale fruit juice processing*. FAO Agricultural Services Bulletin No. 146. Food and Agriculture Organization of the United Nation. 226 pp.

Binh Ly Nguyen. (2008a). Thermal and high-pressure stability of a proteinaceous PMEI from kiwi fruits. The first International Conference on Food Science and Technology - Mekong River Delta, Vietnam, Can Tho, Vietnam; 03/2008.

Binh Ly Nguyen. (2008b). Thermal inactivation kinetics of tomato pectin methylesterase. T*he first International Conference on Food Science and Technology - Mekong River Delta*, Vietnam, Can Tho, Vietnam; 03/200.

Binh Ly Nguyen. (2008c). Purification of pectin methylesterase form tomato fruits and its proteinaceous inhibitor from kiwi fruits using affinity chromatography. T*he first International Conference on Food Science and Technology - Mekong River Delta*, Vietnam, Can Tho, Vietnam; 03/2008.

Chen, C., Nie, Z., Wan, C. & Chen, J. (2019). Preservation of Xinyu tangerines with an edible coating using Ficus hirta Vahl. fruits extract-incorporated chitosan. *Biomolecules*, *9*(2), 46.

Coggins, J., Anthony, M. & Fritts Jr, R. (1992). The post harvest use of gibberlic acid on lemons. *Italy: Proc. Int. Soc. Citric*.

Conceição, M.C., Fernandes, T.N., Prado, M. E.T. & Vilela de Resende, J. (2012). Effect of sucrose and pectin addition on physical, chemical, thermal and rheological properties of frozen/thawed pineapple pulps. *Korea-Australia Rheology Journal*, *24*(3), 229-239.

Dauthy, M.E. (1995). *Fruit and vegetable processing*. FAO Agricultural Services Bulletin No.119. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. 382pp.

Downey, G. (2002). Quality changes in frozen and thawed, cooked puréed vegetables containing hydrocolloids, gums and dairy powders. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 869–877.

Durrani, Y., Zeb, A., Ayub, M., Ullah, W. & Muhammad, A. (2011). Sensory evaluation of mango (Chaunsa) pulp preserved with addition of selected chemical preservatives and antioxidant during storage. *Sarhad J. Agric*, *27*(3), 471-475.

Dwivany, F. M., Aprilyandi, A. N., Suendo, V. & Sukriandi, N. (2020). Carrageenan Edible Coating Application Prolongs Cavendish Banana Shelf Life. *International Journal of Food Science, Article ID 8861610.*

El-Mohamedy, R. S., El-Gamal, N. G. & Bakeer, A. R. T. (2015). Application of chitosan and essential oils as alternatives fungicides to control green and blue moulds of citrus fruits. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, *4*, 629-643.

Falade, K. O. & Oyeyinka, S. A. (2015). Color, chemical and functional properties of plantain cultivars and cooking banana flour as affected by drying method and maturity. *Journal of food processing and preservation*, *39*(6), 816-828.

Fallik, E. (2004). Prestorage hot water treatments (immersion, rinsingand brushing). *Postharvest Biol. Technol. 32*, 125–134.

Ferguson, I. B. & Boyd, L. M. (2002). Inorganic nutrients and fruit quality. *Fruit quality and its biological basis*, 17-45.

Gobet, J., Zavanella, C., Hermant, N., Comninellis, C. & Ippolito, A. (2014). U.S. *Patent Application* No. 14/118,295.

Goldschmidt, E. E. & Eilati, S. K. (1970). Gibberellin-treated Shamouti oranges: effects on coloration and translocation within peel of fruits attached to or detached from the tree. *Botanical Gazette*, *131*(2), 116-122.

Gonzalez-Aguilar, G. A., Kader, A. A., Brecht, J. K., and Toivonen, P. M. A. (2011). Fresh-cut tropical and subtropical fruit products. In *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* (pp. 381-419e). Woodhead Publishing.

Gutiérrez-Martínez, P., Osuna-López, S. G., Calderón-Santoyo, M., Cruz-Hernández, A. & Bautista-Baños, S. (2012). Influence of ethanol and heat on disease control and quality in stored mango fruits. *LWT-Food Science and Technology*, *45*(1), 20-27.

Hayat, F., Khan, M. N., Zafar, S. A., Balal, R. M., Nawaz, M. A., Malik, A. U. & Saleem, B. A. (2017). Surface Coating and Modified Atmosphere Packaging Enhances Storage Life and Quality of 'Kaghzi lime'. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *19*(5), 1151-1160.

Iglesias, D. J., Cercós, M., Colmenero-Flores, J. M., Naranjo, M. A., Ríos, G., Carrera, E. & Talon, M. (2007). *Physiology of citrus fruiting. Brazilian Journal of Plant Physiology*, *19*(4), 333-362.

Irtwange, S. V. (2006). Hot water treatment: A non-chemical alternative in keeping quality during postharvest handling of citrus fruits. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*.

Kader, A. A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops* (Vol. 3311). University of California Agriculture and Natural Resources.

Kader, A. A., & Yahia, E. M. (2011). Postharvest biology of tropical and subtropical fruits. In *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* (pp. 79-111). Woodhead Publishing.

Kassim, A., Workneh, T. S. &Laing, M. D. (2020). A review of the postharvest characteristics and pre-packaging treatments of citrus fruit [J]. *AIMS Agriculture and Food*, *5*(3), 337-364.

Kader, A. A. (1996). Banana: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Fruit_English/?uid=9&ds=798 (Accessed January 18, 2021).

Krajewski, A. J. & Krajewski, S. A. (2010). Canopy management of sweet orange, grapefruit, lemon, lime and mandarin trees in the tropics: Principles, practices and commercial

experiences. In *International Symposium on Tropical Horticulture 894* (pp. 65-76).

Ladaniya, M. S. (2008). Commercial fresh citrus cultivars and producing countries. *Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Academic Press, San Diego*, 13-65.

Lafuente, M. T. & Zacarias, L. (2006). Postharvest physiological disorders in citrus fruit, CRC Press, 824 pp.

Lê Phạm Tấn Quốc & Nguyễn Văn Mười. (2016). Nghiên cứu ảnh hưởng của màng bao alginat và dịch chiết polyphenol từ củ hà thủ ô đỏ trong bảo quản đu đủ dạng fresh-cut. *Tạp chí Nông Nghiệp và Phát Triển Nông Thôn*, Chuyên đề Nông nghiệp xanh: 175-181.

Lê Văn Hòa & Phan Thị Xuân Thủy. (2010). Cải thiện màu sắc và phẩm chất trái cam soàn (*Citrus sinensis* (L.) cv. Soan) bằng biện pháp xử lý hóa chất trước thu hoạch, *Tạp chí Khoa học trường Đại học Cần Thơ, 16a*, 178-187.

Limchoowong, N., Sricharoen, P., Techawongstien, S. & Chanthai, S. (2016). An iodine supplementation of tomato fruits coated with an edible film of the iodide-doped chitosan. *Food chemistry*, 200, 223-229.

Maftoonazad, N. & Ramaswamy, H. S. (2019). Application and Evaluation of a Pectin-Based Edible Coating Process for Quality Change Kinetics and Shelf-Life Extension of Lime Fruit (*Citrus aurantifolium*). *Coatings*, *9*(5), 285.

Monselise, S. P. (1979). The use of growth regulators in citriculture; a review. *Scientia Horticulturae*, *11*(2), 151-162.

Nguyễn Duy Lâm & Phạm Cao Thăng. (2010). Ảnh hưởng của chăm sóc cận thu hoạch và thời gian thu hái tới chất lượng và khả năng bảo quản quả bưởi Bằng Luân - Đoan Hùng. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, *8*(1), 25 – 32.

Nguyễn Duy Lâm. (2011). Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước. *Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ và thiết bị sản xuất chế phẩm bảo quản (chế phẩm tạo màng) dùng trong bảo quản một số rau quả tươi*. Bộ Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Nguyễn Minh Chơn & Nguyễn Phương Thúy. (2006). Ảnh hưởng của pH và nhiệt độ lên sự hóa nâu gây ra bởi enzyme peroxidase từ hột sen. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 6,* 24-32.

Nguyễn Minh Thủy & Nguyễn Thị Mỹ Tuyền. (2011). Bảo quản cam mật bằng phương pháp MAP (Modified atmosphere packaging). *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ*, 17a, 229-238.

Nguyễn Minh Thủy & Nguyễn Thị Mỹ Tuyền. (2017). *Kỹ thuật chế biến rau quả*. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ, 282 tr.

Nguyễn Nhật Minh Phương, Lâm Thị Việt Hà, Võ Xuân Minh Đăng, Lý Nguyễn Bình & Nguyễn Văn Mười. (2006). Ảnh hưởng của nhiệt độ và bao bì đến chất lượng và thời gian bảo quản xoài cát Hòa Lộc. *Tạp chí Nghiên cứu Khoa học trường Đại học Cần Thơ, 6*, 9-17.

Nguyễn Thị Tuyết Mai, Nguyễn Thị Mỹ An & Nguyễn Bảo Vệ. (2012). Ảnh hưởng của xử lý calci đến chất lượng và khả năng bảo quản trái quýt đường (*Citrus reticulata* Blanco var. Duong) sau thu hoạch. *Tạp chí Khoa học trường Đại học Cần Thơ, 23a*, 193-202.

Nguyễn Văn Mười & Trần Thanh Trúc. (2014). Ảnh hưởng của tiền xử lý và phương thức bảo quản đến sự ổn định màu sắc và đặc tính cấu trúc của ngó sen sau thu hoạch. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, số Nông nghiệp, 116-123.

Nguyễn Văn Mười & Trần Thanh Trúc. (2016). *Giáo trình Các quá trình nhiệt độ thấp trong chế biến thực phẩm.* Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ, 380 tr.

Nguyễn Văn Mười, Châu Trần Diễm Ái, Nguyễn Nhật Minh Phương, Phan Thị Anh Đào & Lâm Thị Việt Hà. (2005a). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến thời gian bảo quản và chất lượng của cam sành. *Kỷ yếu Hội thảo quốc gia "Cây có múi, xoài và khóm*", NXB Nông nghiệp, 135-140.

Nguyễn Văn Mười, Châu Trần Diễm Ái, Nguyễn Nhật Minh Phương, Phan Thị Anh Đào & Lâm Thị Việt Hà. (2005b). Ảnh hưởng của các loại bao bì đến chất lượng cam sành trong quá trình tồn trữ. *Kỷ yếu Hội thảo quốc gia "Cây có múi, xoài và khóm*", NXB Nông nghiệp, 141-148.

Nguyễn Văn Mười, Châu Trần Diễm Ái, Nguyễn Nhật Minh Phương, Phan Thị Anh Đào & Lâm Thị Việt Hà. (2005c). Khảo sát khả năng sử dụng bao bì LDPE đục lỗ trong quá trình tồn trữ cam. *Kỷ yếu Hội thảo quốc gia "Cây có múi, xoài và khóm*", NXB Nông nghiệp, 149-155.

Nguyễn Văn Mười, Đỗ Thị Tuyết Nhung & Lâm Văn Mềnh. (2005d). Phân lập sơ bộ nấm mốc hiện diện ở cam sành sau thu hoạch và biện pháp kiểm soát chúng trong bảo quản. *Kỷ yếu Hội thảo quốc gia "Cây có múi, xoài và khóm*", NXB Nông nghiệp, 156-161.

Nguyen Van Muoi & Phan Thi Anh Dao. (2003). The examination of weight loss and the change in Attributes of orange on cold-preserved, *Proceedings in "8th Asean Food conference,* October 8-11, 2003, Hanoi, Vietnam", 45-61 pp.

Nguyễn Văn Mười & Phan Thị Anh Đào. (2003a). Khảo sát sự tổn thất khối lượng và sự thay đổi giá trị cảm quan của cam sành trong bảo quản lạnh, *Tạp chí khoa học Đại học Cần Thơ,* 352-357.

Nguyen Van Muoi & Phan Thi Anh Dao. (2003b). The examination of weight loss and the change in Attributes of orange on cold-preserved, *Proceedings in "8th Asean Food conference,* October 8-11, 2003, Hanoi, Vietnam", 45-61 pp.

Nguyễn Văn Mười, Trần Thanh Trúc & Trịnh Đạt Tân. (2009). Sự thay đổi tính chất hóa lý của hạt sen theo độ tuổi thu hoạch. *Tạp chí khoa học trường Đại học Cần Thơ*, *11b*, 327-334

Palou, L., Usall, J., Munoz, J. A., Smilanick, J. L. & Vinas, I. (2002). Hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate for the control of postharvest green and blue molds of clementine mandarins. *Postharvest biology and Technology*, *24*(1), 93-96.

Palou, L., Valencia-Chamorro, S. & Pérez-Gago, M. (2015). Antifungal edible coatings for fresh citrus fruit: A review. *Coatings*, *5*(4), 962-986.

Paltrinieri, G., Figuerola, F. & Rojas, L. (1997). *Technical manual on small-scale processing of fruits and vegetables*. FAO Regional Office for Latin America and The Caribbean. 169 pp.

Peng, Y. H. & Rabe, E. (1996). Effect of summer trunk girdling on fruit quality, maturation, yield, fruit size and tree performance in 'Mihowase'satsumas. *Journal of Horticultural Science*, *71*(4) , 581-589.

Primo, E. (1966). 2,4-D y 2,4,5-T, *Revista de Agroquimica y Tecnologia de Alimentos*, 6, 360-365.

Rabe, E. & Von Broembsen, L.A. (1995). Rootstock choice. In: *Production practices for export citrus* 1-23 (Editor: Netterville R.M.). Outspan International Centurion, South Africa.

Reitz, H. J. & Koo, R. C. (1960). Effect of nitrogen and potassium fertilisation OB yield, fruit quality, and leaf analysis of Valencia orange. In *Proceedings. American Society for Horticultural Science*, *75*, 244-252.

Rouissi, W., Cherif, M., Ligorio, A., Ippolito, A. & Sanzani, S.M. (2009). First report of *Penicillium ulaiense* causing whisker mould on stored citrus fruit in Tunisia. *Journal of Plant Pathology*, *97*(2), 391-403.

Sistrunk, K., Wang M. C. & Morris J. R. (2006). Effect of Combining Mechanically Harvested Green and Ripe Purée and Sliced Fruit, Processing Methodology and Frozen Storage on Quality of Strawberries. *Journal of Food Science*, *48*(6), 1609-1612.

Sites, J. W., & Reitz, H. J. (1949). The variation in individual Valencia oranges from different locations of the tree as a guide to sampling methods and spot-picking for quality. 1. Soluble solids in the juice. In *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, *54*, 1-10.

Skrede. (1996). Fruit. In: Jeremiah L.E. (Ed.), *Freezing effect on food quality*. Freezing Effects on Food Quality. Marcel Dekker, New York, 247-298.

Smilanick, J. L., Mansour, M. F., Gabler, F. M. & Goodwine, W. R. (2006). The effectiveness of pyrimethanil to inhibit germination of *Penicillium digitatum* and to control citrus green mold after harvest. *Postharvest Biology and Technology*, *42*(1), 75-85.

Sridhar, A., Ponnuchamy, M. & Kumar, P.S. (2020). Food preservation techniques and nanotechnology for increased shelf life of fruits, vegetables, beverages and spices: a review. *Environmental Chemistry Letters*. https://doi.org/10.1007/s10311-020-01126-2.

Strano, M. C., Altieri, G., Admane, N., Genovese, F. & Di Renzo, G. C. (2017). Advance in citrus postharvest management: diseases, cold storage and quality evaluation. *Citrus Pathology*. 10.5772/66518. Intech Open.

Tô Nguyễn Phước Mai, Nguyễn Hải Âu, Lê Ngọc Dương & Trần Thanh Trúc. (2017). Sự thay đổi tính chất hóa lý của quả thanh trà theo độ tuổi thu hoạch. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, *49B*, 27-34.

Tran Thanh Truc, Ly Nguyen Binh & Nguyen Van Muoi. (2008). Physico-chemical properties of pineapple at different maturity levels. *Proceedings The 1 st Conference on Food Science Aand Technology*, 130-134.

Wan Saidatul, S.W.K., Noriham, A., Zainal, S., Khairusy, S.Z. & Nurain, A. (2013). Impact of Non-Thermal Processing on Antioxidant Activity, Phenolic content, Ascorbic Acid content and Color of Winter Melon Purée. *International Food Research Journal*, *20*(2), 633-638.

Wan, C., Kahramanoğlu, İ., Chen, J., Gan, Z., & Chen, C. (2020). Effects of hot air treatments on postharvest storage of Newhall navel orange. *Plants*, *9*(2), 170.

White, P. J., & Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Annals of botany*, *92*(4), 487-511.

Xuan, H., Streif, J., Pfeffer, H., Dannel, F., Römheld, H. & Bangerth, F. (2001). Effect of pre-harvest boron application on the incidence of CA-storage related disorders in 'Conference'pears. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *76*(2), 133-137.

Yahia, E. M. (2011). *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: Mangosteen to white sapote.* Elsevier.