

# CÁC YẾU TỐ GÂY HƯ HỎNG VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP BẢO QUẢN TRÁI DÂU TÂY SAU THU HOẠCH

NGUYỄN ĐỨC VƯỢNG\*, TRẦN CÔNG DANH, BÙI THỊ NGỌC TRÂM, NGUYỄN MINH CHÂU, ĐÀM SAO MAI, LÊ PHẠM TẤN QUỐC

*Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

\* Tác giả liên hệ: [nguyenducvuong@iuh.edu.vn](mailto:nguyenducvuong@iuh.edu.vn)

DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstiuh.v59i05.4599>

**Tóm tắt.** Trái dâu tây có nhiều giá trị dinh dưỡng cũng như chất lượng cảm quan khi sử dụng, có giá trị kinh tế cao. Nhưng, với đặc thù của trái cây vỏ mỏng, dâu tây có thời gian bảo quản ngắn, dễ bị hư hỏng bởi các tác nhân khác nhau như các tác nhân vật lý, sinh học, v.v. Các tác nhân này gây nên sự suy giảm giá trị dinh dưỡng, chất lượng cảm quan, thậm chí là hư hỏng của trái dâu tây. Thời gian qua, đã có nhiều công bố khoa học nghiên cứu phương pháp bảo quản để kéo dài hạn sử dụng cũng như duy trì chất lượng của dâu tây. Trong bài viết này, chúng tôi tổng hợp một số kết quả nổi bật, ưu và nhược điểm của phương pháp bảo quản trái dâu tây sau thu hoạch. Các nhóm phương pháp bao gồm: phương pháp vật lý, bao gói trong môi trường khí quyển hiệu chỉnh, màng bao, xử lý bằng hóa chất và sự kết hợp các phương pháp đó với nhau. Mục tiêu của bài viết này bao gồm: (1) đặc điểm trái dâu tây sau thu hoạch; (2) tổng quan nguyên nhân gây hư hỏng trái dâu tây sau thu hoạch; (3) các phương pháp bảo quản trái dâu tây sau thu hoạch. Nhiều phương pháp mang lại kết quả tốt như bảo quản bằng bao gói trong môi trường khí quyển hiệu chỉnh, màng bao, một số hóa chất hữu cơ, và kỹ thuật vật lý. Việc kết hợp các phương pháp làm tăng hiệu quả, nên cần được tiếp tục nghiên cứu và phát triển, ứng dụng trong bảo quản sau thu hoạch của trái dâu tây nói riêng và trái cây vỏ mỏng nói chung.

**Từ khóa:** bao bì khí quyển hiệu chỉnh, bảo quản, dâu tây, màng bao, kỹ thuật vật lý.

## 1. GIỚI THIỆU

Dâu tây thuộc chi *Fragaria* là một trong những loại quả mọng được tiêu thụ phổ biến nhất nhờ những đặc điểm nổi trội về dinh dưỡng và cảm quan. Hầu hết dâu tây thương mại là giống dâu tây *Fragaria x ananassa* Duchesne. Năm 2019, Trung Quốc là nước dẫn đầu thế giới về diện tích trồng dâu tây với khoảng 126.126 hecta, tiếp theo là Ba Lan và Nga chiếm lần lượt là 49.900 hecta và 31.122 hecta [1]. Tại Việt Nam, dâu tây được trồng chủ yếu tại Thành phố Đà Lạt và một số tỉnh đồng bằng sông Hồng. Dâu tây được ưa chuộng và tiêu thụ rộng rãi trên khắp thế giới, không chỉ có vị ngọt, mọng nước, ngon, có màu đỏ hấp dẫn, hương vị quyến rũ mà còn được biết đến như là một loại trái cây đa dạng các thành phần dinh dưỡng quan trọng trong chế độ ăn uống của con người. Bao gồm các vitamin, khoáng chất, chất xơ và một số hợp chất khác. Hơn nữa, dâu tây chứa nhiều hợp chất tự nhiên có khả năng chống oxy hóa như vitamin C, anthocyanin, phenolic [2].

Tương tự như các loại trái cây vỏ mỏng, dâu tây rất dễ hư hỏng, dễ bị tác động bởi các yếu tố vật lý, môi trường trong quá trình thu hoạch, vận chuyển và bảo quản. Trái dâu tây trưởng thành sẽ có cấu trúc mềm, với hàm lượng nước cao và thành phần dinh dưỡng tương đối đa dạng, là điều kiện thuận lợi để các vi khuẩn gây hư hỏng phát triển mạnh mẽ. Ngoài việc cần phải hạn chế các tác động vật lý như va đập ảnh hưởng trực tiếp đến cấu trúc dâu tây. Quá trình bảo quản sau thu hoạch cũng là một thách thức lớn mà đòi hỏi cần phải có phương pháp bảo quản hợp lý để hạn chế tối đa sự thoát ẩm (làm giảm khối lượng) và sự hư hỏng ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sản phẩm. Vì vậy, nhiều phương pháp bảo quản được nghiên cứu nhằm mục đích bảo quản dâu tây, hạn chế hoặc làm chậm quá trình hư hỏng diễn ra, làm chậm lại quá trình phát triển của các loại nấm mốc, gây hư hỏng; cũng như hạn chế tối đa sự ảnh hưởng bởi các tác nhân vật lý, môi trường tác động đến dâu tây. Một số phương pháp được nghiên cứu đang được quan tâm trên dâu tây như bao gói trong môi trường khí quyển hiệu chỉnh (Modified Atmosphere Packaging - MAP) có thể giảm được lượng nước thoát ra, giữ được cấu trúc, khối lượng, hình dạng, mùi hương ban đầu trên dâu tây [3]. Phương pháp khác có thể hạn chế sự thất thoát vitamin C và không gây mùi là sử dụng bức xạ tia cực tím C (UV-C) có thể ngăn ngừa sự thối rữa, kiểm soát được nấm mốc xám do nấm *Botrytis cinerea* gây ra trên

dâu tây [4]. Ngoài ra, phương pháp bảo quản bằng hóa chất cũng đang được nghiên cứu và ứng dụng do có chi phí thấp và tính sẵn có, chẳng hạn như hydro sulfide ( $H_2S$ ) [5]. Tuy nhiên, trong phương pháp này, liều lượng và mức độ sử dụng cần được quan tâm đặc biệt vì có thể gây ảnh hưởng đến sức khỏe cho người tiêu dùng. Để khắc phục điều này, nhóm phương pháp sử dụng màng bao từ những nguyên liệu tự nhiên, không độc hại và đặc biệt với khả năng kháng khuẩn cao, giúp làm giảm đáng kể sự thối rữa do nấm, duy trì cấu trúc trên dâu tây sau thu hoạch [6]. Bài viết này trình bày nguyên nhân gây hư hỏng và các phương pháp bảo quản được nghiên cứu để duy trì chất lượng, kéo dài thời gian sử dụng của trái dâu tây sau thu hoạch.

## 2. ĐẶC ĐIỂM VÀ TÍNH CHẤT TRÁI DÂU TÂY SAU THU HOẠCH

Dâu tây thuộc loại trái cây không hô hấp đột biến. Quá trình chín của dâu tây được chia thành 4 giai đoạn là xanh, trắng, hồng và đỏ. Dâu tây được thu hoạch vào khoảng 4 hoặc 5 tuần sau khi ra hoa. Khoảng thời gian từ khi hoa bắt đầu nở đến khi nở rộ có thể từ 10 – 12 ngày. Quả phải được thu hoạch vào thời điểm mát mẻ trong ngày để giảm thiểu ảnh hưởng xấu của nhiệt độ và môi trường. Ngày thu hoạch thường được xác định dựa trên màu sắc của bề mặt quả. Quả dâu tây nên được thu hoạch ở giai đoạn gần chín hoàn toàn (hơn 3/4 màu đỏ) [7]. Trái dâu tây giàu chất phytochemical, là hợp chất có nhiều chức năng sinh học bao gồm các vai trò trong quá trình sinh trưởng, phát triển và bảo vệ thực vật: ví dụ, chúng cung cấp sắc tố, chức năng kháng khuẩn và chống nấm, ngăn côn trùng, bảo vệ khỏi các bức xạ tia cực tím, loại bỏ kim loại nặng độc hại, chống oxy hóa, tiêu diệt các gốc tự do được tạo ra trong quá trình quang hợp [8]. Thành phần chung của quả dâu tây tươi, được trình bày trong Bảng 1, cho thấy trái dâu tây mang lại nhiều lợi ích cho sức khỏe người tiêu dùng. Dâu tây chứa nhiều hợp chất có lợi, bao gồm khoáng chất, vitamin, axit béo và chất xơ, cũng như một loạt các hợp chất phenolic. Trái dâu tây có tổng lượng calo thấp (khoảng 30 kcal/100g). Bên cạnh đó, loại quả mọng này chứa hàm lượng chất xơ (2,3 g/100 g) và fructose (> 50% tổng số đường) góp phần điều chỉnh lượng đường trong máu bằng cách làm chậm quá trình tiêu hóa [9].

Nhóm hợp chất phenolic chính trong dâu tây được đại diện bởi các flavonoid (chủ yếu là anthocyanins, với flavonols và flavanol đóng góp một phần nhỏ), tannin thủy phân (ellagitannin và gallotannin), axit phenolic (axit hydroxybenzoic, axit hydroxycinnamic) và tannin cô đặc (proanthocyanidins). Hàm lượng các chất dinh dưỡng và phenolic trong dâu tây có thể thay đổi tùy thuộc vào các yếu tố khác nhau như kiểu gen, mức độ chín, các yếu tố khí hậu và cách bảo quản sau thu hoạch [8]. Anthocyanins là dạng glycosyl hóa của anthocyanidin, là các dẫn xuất polyhydroxyl và polymethoxy của 2-phenylbenzopyrylium hoặc muối flavylium. Chúng chứa hai vòng benzoyl được ngăn cách bởi một di vòng. Các dạng anthocyanins được khử oxy hóa hoặc aglycone được gọi là anthocyanidin. Pelargonidin-3-glucoside là anthocyanin chính trong dâu tây, tiếp theo là pelargonidin-3-rutinoside và 11 dẫn xuất pelargonidin và cyanidin. Ngoài ra, delphinidin-3-glucoside, peonidin-3-glucoside và cyanidin-3-galactoside cũng đã được xác định trong dâu tây tươi [10]. Nhiều loại anthocyanins acyl hóa khác nhau với một loạt các axit béo cũng đã được báo cáo trong một số giống dâu tây. Đặc biệt Pg 3- (6-malonylglucoside) đã được chỉ định là một trong những sắc tố chính trong một số giống dâu tây, bao gồm 5-30% tổng hàm lượng anthocyanins [11].

Ellagitannin cùng với anthocyanins là hợp chất phenol phong phú nhất trong dâu tây. Chúng là những tannin có thể thủy phân, với một loạt các cấu trúc như: monome (glycoside axit ellagic), các chất oligome (các chất dimers sanguin H-6) và các polyme phức tạp. Các hợp chất axit ellagic được phát hiện trong dâu tây với hàm lượng cao. Axit ellagic chủ yếu được tồn tại dưới dạng ellagitannin, hàm lượng ellagitannin của dâu tây nằm trong khoảng 25–59 mg/10g trong dâu tây tươi [12]. Tương tự như anthocyanins, flavonols cũng là một nguồn vừa phải của các hợp chất polyphenolic khác trong dâu tây, nó xuất hiện tự nhiên ở dạng glycosilated. Các flavonols được xác định trong dâu tây là dẫn xuất của quercetin và kaempferol, trong đó quercetin-3-glucuronid dồi dào nhất. Ngoài ra, các flavonols acyl hóa như kaempferol-3-malonylglucoside và kaempferol-coumaroylglucoside đã được tìm thấy trong một số giống dâu tây [13].

Khoảng 80–90% hàm lượng chất rắn hòa tan bao gồm đường khử fructose, glucose và một lượng nhỏ đường không khử như sucrose [14]. Hơn nữa, quả dâu tây còn chứa một lượng đáng kể axit ascorbic. Lượng axit này tăng dần lên khi quả chín và là nguồn cung cấp vitamin C, một dưỡng chất quan trọng cho con người. Đồng thời, do chứa các hợp chất như anthocyanin, phenolic, v.v. nên dâu tây có khả năng chống oxy hóa rất tốt (gấp 2 đến 11 lần so với táo, đào, lê, nho, cà chua, cam và quả kiwi) [2]. Không chỉ chứa vitamin C dâu tây còn chứa một số vitamin khác như riboflavin, vitamin B1, vitamin B3, vitamin B5, vitamin B6, vitamin B9, vitamin A và vitamin E (Bảng 1).

Bảng 1: Bảng thành phần dinh dưỡng của quả dâu tằm [7]

Thành phần	Hàm lượng (trên 100 g)
Nước (g)	91,57
Năng lượng (kcal)	30
Protein (g)	0,61
Béo (g)	0,37
Carbohydrate (g)	7,02
Tổng chất xơ (g)	2,3
Tro (g)	0,43
<b>Khoáng chất</b>	
Canxi (mg)	14
Sắt (mg)	0,38
Magie (mg)	10
Photpho (mg)	19
Kali (mg)	166
Natri (mg)	1
Kẽm (mg)	0,13
Đồng (mg)	0,05
Mangan (mg)	0,29
Selen (µg)	0,7
<b>Vitamins</b>	
Vitamin C (mg)	56,7
Vitamin B1 (mg)	0,02
Riboflavin (mg)	0,07
Vitamin B3 (mg)	0,23
Vitamin B5(mg)	0,34
Vitamin B6 (mg)	0,06
Vitamin B9 (µg)	18
Vitamin A (IU)	27
Vitamin E(mg)	0,14
Tổng phenolic (mg)	58-210
Tổng anthocyanin (mg)	55,18

### 3. NGUYÊN NHÂN GÂY HƯ HỒNG TRÁI DÂU TẦM SAU THU HOẠCH

Cấu trúc là một trong những thuộc tính chất lượng quan trọng trong việc đánh giá chất lượng của dâu tằm. Cụ thể, dâu tằm có vỏ mỏng rất dễ dập nát do tác động cơ học, thời hạn sử dụng sau thu hoạch ngắn. Thêm vào đó, dâu tằm là loại trái cây không hô hấp đột biến nên cần được thu hái khi đạt độ chín sinh lý tốt nhất [15]. Điều này làm cho dâu tằm có tuổi thọ ngắn hơn và dễ bị hư hỏng bởi các tác nhân vật lý, sinh học. Để giảm thiểu sự thối rữa sau thu hoạch, dâu tằm thường được khuyến cáo nên thu hoạch ít nhất là ba phần tư độ chín của trái, vì trái dâu ở giai đoạn này phát triển đầy đủ màu sắc, hương vị và có độ cứng cao hơn so với những trái được thu hoạch chín hoàn toàn [7]. Khi hái quá chín, màu sắc bên trong và bên ngoài của dâu tằm có thể bị sẫm màu và trở nên đậm hơn trong quá trình bảo quản, ảnh hưởng xấu đến chất lượng trái dâu tằm.

#### 3.1 Tác nhân vật lý

Là loại trái cây vỏ mỏng, cùng với việc được thu hoạch ở độ chín sinh lý cao, nên dâu tằm rất dễ bị dập nát do tác động cơ học qua quá trình kỹ thu hoạch, thao tác xử lý và vận chuyển dẫn đến khả năng hư hỏng cao. Các tác động này sẽ dẫn đến sự hư hỏng nhanh chóng của toàn bộ trái trong quá trình xử lý tiếp theo gây lãng phí nghiêm trọng, ảnh hưởng đến lợi ích kinh tế [16]. Nó gây ra những thay đổi tiêu cực trong các thuộc tính cảm quan (vỏ và thịt quả chuyển sang màu nâu và mất mùi vị) và các phản ứng phân hủy bên

trong [17]. Ngày nay, hầu hết dâu tây tươi trên thị trường được thu hoạch bằng tay. Việc này đòi hỏi người công nhân phải có được sự tỉ mỉ, cẩn thận để hạn chế tối đa các tác động cơ học ảnh hưởng đến chất lượng dâu tây. Mitchel và cộng sự (2003) báo cáo rằng, tổn thất sản phẩm qua 8 ngày bảo quản khoảng 33,7% đối với người hái kém cẩn thận so với 14,4% đối với người hái được đào tạo kỹ hơn [18].

## 3.2 Tác nhân sinh học

### 3.2.1 Nấm *Botrytis cinerea*

Trong số các mầm bệnh sau thu hoạch dâu tây, *Botrytis cinerea* được coi là phổ biến, ảnh hưởng lớn đến chất lượng dâu tây. *B. cinerea* là một loại nấm có rất nhiều ký chủ, rất dễ tìm thấy làm mầm bệnh cho nhiều loại cây trồng, cả trước và sau thu hoạch [19]. *B. cinerea* có thể phát triển từ trái cây bệnh sang trái cây khỏe mạnh gần đó, gây hỏng trên diện rộng và đôi khi hư hỏng toàn bộ lô. Khi sức đề kháng của quả bị suy giảm, sự lây nhiễm có thể bắt đầu từ các vết hở tự nhiên hoặc vết thương do tác động cơ học xảy ra trên quả [20].

Sợi nấm của *B. cinerea* phân nhánh, có vách ngăn, màu đỏ tía đến nâu. Bào tử của nấm mịn, có màu xám, hình trứng, với chiều dài trung bình khoảng 10  $\mu\text{m}$  và chiều rộng trung bình khoảng 5  $\mu\text{m}$  [21]. Trong thực tế, *B. cinerea* là một ví dụ điển hình của nấm hoại sinh: đầu tiên nó giết chết các tế bào thực vật ký chủ và sau đó xâm chiếm mô chết. Nhiệt độ tối thiểu để phát triển của nó là 0°C, tối ưu là 20°C và tối đa là 30°C. Do đó, quá trình bảo quản lạnh trái cây là điều kiện thích hợp cho *B. cinerea* phát triển [22].

### 3.2.2 Thối mềm

Các bệnh thối mềm sau thu hoạch còn được gọi là thối đen, thối *Rhizopus* hoặc thối *Mucor*. Các loại nấm gây bệnh này có thể lây lan nhanh chóng từ trái bị nhiễm bệnh này sang trái khác khỏe mạnh, dẫn đến hư hỏng hàng loạt [23]. Trong ngày đầu tiên bị nhiễm bệnh thối mềm, bề mặt dâu tây có thể được bao phủ bởi các cấu trúc nấm. Cuối cùng, bào tử hình thành một khối sẫm màu với các túi bào tử màu đen ở đầu của chúng, bao phủ toàn bộ bề mặt của quả. Các loại nấm gây bệnh thối mềm thường gặp là chi *Rhizopus*, *R. stolonifer*, và chi *Mucor*. Đặc biệt, *R. stolonifer* được coi là một trong những loại nấm phát triển nhanh và có rất nhiều ký chủ khiến chúng trở thành một trong những loài nấm có sức tàn phá mạnh. Chi *Mucor* và *Rhizopus* thối rữa trông rất giống nhau, khó phân biệt [24].

Triệu chứng chính của bệnh thối mềm là các mô dâu tây bị nhũn ra, nó làm suy giảm lớp màng giữa của tế bào thực vật. Polygalacturonase và các enzyme khác như xylanase, cellulase và amylase là các enzym macerating làm mềm các mô quả [20].

*Rhizopus spp.* và *Mucor spp.* được tìm thấy tự nhiên trong đất, mảnh vụn thực vật và không khí. Thông thường, trái dâu tây càng gần đất càng dễ bị thối nhũn. Bệnh thối mềm phổ biến trên cây dâu tây khi xuất hiện mưa trên đồng ruộng [25]. *R. stolonifer* và *Mucor spp.* và các loại khác thường phát triển mạnh khi bị tổn thương cơ học trên bề mặt dâu tây. Một khi mầm bệnh xâm nhập vào mô bị thương, sợi nấm của nó sẽ lan ra xung quanh vị trí nhiễm trùng rất nhanh. Sau khi thu hoạch, sự lây nhiễm và phát triển bệnh của *R. stolonifer* được kiểm soát bởi nhiệt độ, vì nhiệt độ tối thiểu cho sự nảy mầm và phát triển của bào tử là khoảng 6°C. Nhưng các mầm bệnh thuộc chi *Mucor spp.* phát triển và lây nhiễm sang trái cây ở nhiệt độ thấp hơn từ khoảng 0°C đến 24°C [26].

Bệnh thối trái chủ yếu do *Penicillium expansum* cùng với một số loài khác thuộc chi *Penicillium* gây nên. Bệnh này gây ra tổn thất lớn sau thu hoạch đối với quả dâu tây nhưng chỉ diễn ra rải rác. Sử dụng các loại thuốc diệt nấm chống lại nấm mốc xám có thể làm tăng tỷ lệ bệnh thối nhũn do *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Alternaria spp.* và *Cladosporium spp.* [20].

### 3.2.3 Bệnh thán thư

Bệnh thán thư do nấm thuộc chi *Colletotrichum*, đặc biệt bởi *Colletotrichum acutatum*, là một mầm bệnh kiểm dịch ở một số nước Châu Âu. Các triệu chứng bệnh chính là các vết màu nâu, cứng, tròn trên bề mặt quả, khi bị nhiễm bệnh nặng có các khối bào tử màu nâu đỏ bao phủ trung tâm vết bệnh. Cuối cùng, quả bị hư hỏng và khô đi [26]. Bệnh thán thư lây lan nhanh chóng trong mùa mưa. Sự sản sinh, nảy mầm và lây nhiễm của bào tử phát triển mạnh bởi điều kiện thời tiết ẩm và âm. Cây bị nhiễm bệnh và đất bị ô nhiễm là nguồn lây nhiễm chính. Nấm có thể nằm yên bên trong mô vật chủ trong một thời gian, và do đó trong một

## CÁC YẾU TỐ GÂY HƯ HỒNG VÀ...

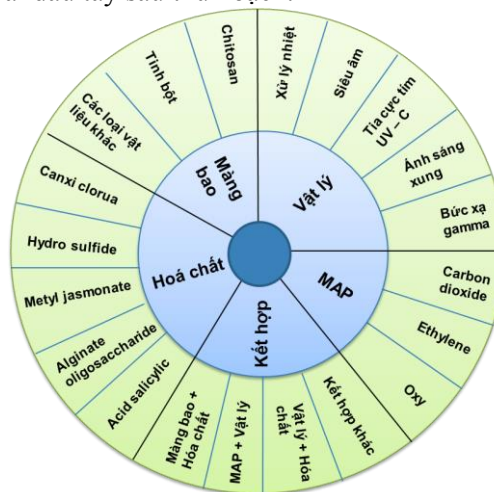
số trường hợp, sự lây nhiễm chỉ xuất hiện sau khi thu hoạch. Trong quá trình bảo quản, nấm có thể lây lan lẻ tẻ sang quả bên cạnh. Bệnh thán thư rất khó phòng trừ, khi điều kiện môi trường thuận lợi cho sự lây nhiễm, do đó các biện pháp phòng trừ phải bắt đầu ngay từ khi trồng. Những điều này phụ thuộc vào quá trình nuôi cấy có thể làm giảm và làm chậm sự lây lan của mầm bệnh trên đồng ruộng. Nên trồng mới với những cây sạch bệnh thán thư [20].

### 3.2.4 Các sự suy giảm sau thu hoạch khác

Bên cạnh đó, mất nước là một trong những rối loạn sau thu hoạch. Sự mất nước dẫn đến héo, chuyển màu nâu, mất kết cấu, hương vị, hao hụt khối lượng và làm nhanh quá trình già đi, gây ảnh hưởng lớn đến chất lượng, giá trị kinh tế của sản phẩm [27]. Các tác động do côn trùng, dịch bệnh, cỏ dại và hạn hán dẫn đến năng suất và chất lượng thấp [28]. Một số tài liệu đã chứng minh rằng khả năng bảo quản của dâu tây cũng phụ thuộc vào một số yếu tố như: giống cây, thời gian và điều kiện bảo quản, phương pháp bảo quản [16].

## 4. CÁC PHƯƠNG PHÁP BẢO QUẢN TRÁI DÂU TÂY SAU THU HOẠCH

Trái dâu tây mang lại nhiều lợi ích cho sức khỏe người tiêu dùng, nhưng lại rất dễ hư hỏng bởi các nguyên nhân đã nêu trên. Quá trình hư hỏng làm giảm các giá trị dinh dưỡng, chất lượng cảm quan, hạn sử dụng cũng như giá trị chung của trái dâu tây. Đến nay, đã có những công bố khoa học liên quan đến kỹ thuật và phương pháp bảo quản dâu tây dựa trên các cơ sở khác nhau. Các phương pháp bảo quản trái dâu tây sau thu hoạch, được tổng hợp, phân loại và trình bày trong Hình 2, bao gồm các phương pháp vật lý, bao gói kết hợp điều chỉnh khí quyển (MAP), hoá chất, bao màng, v.v. và sự kết hợp các phương pháp với nhau nhằm tăng hiệu quả bảo quản trái dâu tây sau thu hoạch.



Hình 1. Các phương pháp bảo quản dâu tây sau thu hoạch

### 4.1 Phương pháp sử dụng hoá chất

Sử dụng các hoá chất để thúc đẩy hoặc trì hoãn các quá trình chín và già đi của các loại trái cây và rau quả đã được nghiên cứu rộng rãi. Yêu cầu hoá chất được sử dụng phải an toàn với người và nồng độ của chúng không được làm thay đổi các đặc tính cảm quan của sản phẩm. Nhúng hoặc phun hóa chất lên bề mặt trái cây bảo quản là hai phương pháp được áp dụng phổ biến.

#### 4.1.1 Canxi clorua ( $\text{CaCl}_2$ )

Canxi clorua ( $\text{CaCl}_2$ ) là một trong những hợp chất vô cơ được sử dụng phổ biến trong xử lý trái cây sau thu hoạch. Chen và cộng sự (2011) đã báo cáo rằng xử lý bằng  $\text{CaCl}_2$  cho kết quả khả quan trong việc ngăn chặn quá trình thối rữa và duy trì cấu trúc của quả dâu tây. Cụ thể, xử lý trái dâu tây bằng dung dịch  $\text{CaCl}_2$  ở nồng độ 1%, có hiệu quả cao nhất trong việc duy trì các thuộc tính chất lượng của trái dâu tây bao gồm tốc độ phân rã, giảm khối lượng và hàm lượng chất rắn hòa tan trong thời gian bảo quản trái dâu tây được bảo quản ở  $4^\circ\text{C}$  trong 15 ngày. Việc xử lý bằng  $\text{CaCl}_2$  1% giúp ổn định cấu trúc thành tế bào do  $\text{CaCl}_2$  tương tác với axit pectic trong thành tế bào để tạo thành pectate canxi duy trì chất lượng của dâu tây. Tuy nhiên,

độ cứng của dâu tây không bị ảnh hưởng đáng kể bởi việc xử lý bằng CaCl<sub>2</sub>. Ngoài ra, khi xử lý với CaCl<sub>2</sub> 4% có thể hạn chế giảm khối lượng nhưng sẽ gây ra độc tính [29].

#### 4.1.2 Hydro sulfide (H<sub>2</sub>S)

Hydro sulfide (H<sub>2</sub>S) là hợp chất vô cơ đóng một vai trò quan trọng trong quá trình chuyển hóa sự chín và già đi của trái cây. Sử dụng hợp chất này thông qua quá trình khử trùng quả giúp kéo dài thời gian sử dụng, làm chậm lại quá trình thối rữa trên dâu tây, đồng thời duy trì độ cứng, giảm cường độ hô hấp của trái cây trong thời gian bảo quản [5, 30]. Hơn nữa, việc xử lý H<sub>2</sub>S giúp duy trì hàm lượng đường khử, protein hòa tan, axit amin tự do trong dâu tây [31]. Theo Sebastian A Molinett và cộng sự (2021), việc xử lý bằng H<sub>2</sub>S giúp kéo dài thời gian bảo quản của dâu tây. Ở nhiệt độ 20°C, dâu tây được xử lý bằng 0,2 mmol/L H<sub>2</sub>S duy trì độ cứng của trái cây cao hơn đáng kể so với trái cây không được xử lý, giảm sự thối rữa và tăng gấp ba lần thời hạn sử dụng (14 ngày). Ngoài ra, xử lý H<sub>2</sub>S làm chậm quá trình phân hủy pectin trong suốt thời gian bảo quản [32] [33]. Điều thú vị là mẫu dâu tây đối chứng có dấu hiệu nhiễm nấm nghiêm trọng, trong khi dâu tây được xử lý bằng H<sub>2</sub>S không bị ảnh hưởng. Cuối cùng, độ cứng và độ sáng màu được duy trì đáng kể trong quá trình già đi của các mô quả trong dâu tây [30, 33].

Dâu tây thường được sử dụng trực tiếp khi còn tươi, nên việc sử dụng các hoá chất bảo quản có nguồn gốc vô cơ để duy trì chất lượng của trái cây, cần được kiểm soát một cách chặt chẽ về cả liều lượng, nguồn gốc và phương pháp áp dụng để tránh gây ảnh hưởng xấu đến sức khỏe người sử dụng.

#### 4.1.3 Metyl jasmonate (MeJA)

Metyl jasmonate (MeJA) là hợp chất tự nhiên có trong thực vật bậc cao, đóng vai trò quan trọng trong quá trình sinh trưởng và phát triển của thực vật và hạn chế ảnh hưởng bởi các tác động của môi trường. Gần đây, MeJA được cho rằng có tiềm năng trong việc ngăn ngừa bệnh sau thu hoạch. Zhang và cộng sự (2006) đã chỉ ra rằng, MeJA 1 µmol/L có thể được áp dụng hiệu quả như một biện pháp xử lý trước hoặc sau thu hoạch. Ứng dụng MeJA sau thu hoạch có tác dụng lớn trong việc kéo dài thời hạn sử dụng của dâu tây sau thu hoạch lên đến 14 ngày trong điều kiện bảo quản ở 1 ± 0,5°C, nó ngăn chặn một cách hiệu quả bệnh thối mốc xám do nấm *Botrytis cinerea* gây ra trên dâu tây trong quá trình bảo quản lạnh [34]. Thêm vào đó, MeJA còn giúp làm chậm lại sự hao hụt khối lượng và sự lão hóa ở dâu tây qua quá trình bảo quản [34]. Ngoài ra, trái dâu tây được xử lý bằng MeJA có kết quả tổng số phenol, anthocyanins và tổng khả năng chống oxy hóa cao hơn so với mẫu đối chứng [35].

#### 4.1.4 Alginate oligosaccharide (AOS)

Trong những năm gần đây, việc sử dụng các oligosaccharide làm chất bảo quản tự nhiên để kéo dài hạn sử dụng của trái cây được quan tâm nhiều. Alginate oligosaccharide (AOS) đã được nghiên cứu ở nồng độ 50 và 100 mg/L, dâu tây được ngâm trong AOS trong 60 giây và được bảo quản ở nhiệt độ 20 ± 2°C, độ ẩm 80 ± 2%. Kết quả cho thấy, trái dâu tây được xử lý AOS đã hạn chế đáng kể sự giảm độ cứng, tỷ lệ phần trăm thối rữa, độ axit chuẩn độ, độ pH, tổng chất rắn hòa tan và hàm lượng vitamin C. Hơn nữa, AOS có tác dụng đáng kể trong việc giữ lại lượng anthocyanin, tổng hàm lượng phenol, flavonoid và làm chậm quá trình tích lũy hormone thực vật axit abscisic [36].

#### 4.1.5 Axit salicylic

Axit salicylic là một hợp chất tự nhiên an toàn, ít môi nguy môi trường. Nó cải thiện khả năng bảo quản, duy trì chất lượng của dâu tây trong quá trình bảo quản sau thu hoạch. Axit salicylic được sử dụng thay thế cho thuốc diệt nấm, có tác dụng tăng cường khả năng kháng bệnh của dâu tây sau thu hoạch. Kết quả nghiên cứu cho thấy, nồng độ 2 mmol/L được cho là nồng độ tối ưu trong việc kéo dài thời gian bảo quản, giảm hư hỏng và phân hủy do nấm, giữ lại các thuộc tính chất lượng của trái dâu tây sau 16 ngày bảo quản ở 4°C [37].

## 4.2 Phương pháp vật lý

### 4.2.1 Xử lý nhiệt

Phương pháp xử lý nhiệt (nóng hoặc lạnh) giúp loại bỏ tác nhân sinh học có trong vỏ dâu tây sau thu hoạch. Nhiệt độ và thời gian sử dụng phải đủ để loại bỏ bào tử nấm và nấm mốc, nhưng không quá cao để tạo ra những biến đổi như phản ứng Maillard, Caramel hóa, oxy hóa, và không được quá thấp vì có thể gây ra tổn thương mô bằng việc đóng băng nước bên trong tế bào.

Xử lý trái dâu tây ở nhiệt độ 45°C trong 3 giờ được chứng minh làm chậm quá trình chín và giảm sự tấn công của nấm ở dâu tây [38]. Quá trình xử lý nhiệt với quả dâu tây giúp hạn chế sự thối rữa và tổn thương mô, tăng cường khả năng chống oxy hóa của quả dâu tây. Đặc biệt, phương pháp này duy trì độ rắn chắc, làm giảm hoạt động của enzyme, chậm phân hủy hemicellulose [39]. Tuy nhiên, theo Metapontum Agrobios Srl (2010), màu sắc của dâu tây bị ảnh hưởng theo hướng tiêu cực. Khi dâu tây được xử lý nhiệt bằng tác nhân khí (45°C) trong 4 giờ, dâu tây có dấu hiệu giảm đáng kể cường độ màu đỏ và vàng so với mẫu trái dâu tây xử lý trong 2 giờ [40].

Ngược lại, việc sử dụng nhiệt độ thấp để bảo quản dâu tây đã được nghiên cứu như một giải pháp thay thế truyền thống để tăng thời hạn sử dụng trong các kho bảo quản dài ngày. Thông thường, nhiệt độ làm lạnh cũng như tốc độ làm lạnh là những yếu tố quyết định đến chất lượng sản phẩm. Nếu trái cây được đông lạnh nhanh sẽ ngăn cản sự hình thành các tinh thể nước đá lớn bên trong tế bào, các tinh thể này có thể gây tổn thương thành tế bào, làm giảm chất lượng của sản phẩm và tăng khả năng nhiễm mầm bệnh [41]. Việc sử dụng nhiệt độ trên 0°C sẽ làm giảm các quá trình sinh học tự nhiên của cả trái cây và các chất gây ô nhiễm sinh học. Trong nghiên cứu được thực hiện bởi Ayala-Zavala và cộng sự (2004), nhiệt độ 0°C, 5°C và 10°C đã được thử nghiệm, phát hiện ra rằng ở nhiệt độ 0°C thì các thông số như khả năng chống oxy hóa và cấu trúc của các hợp chất dễ bay hơi tốt hơn [42]. Một phương pháp làm lạnh khác là làm lạnh bằng sương mù đã được đánh giá bởi Allais và Létang (2009). Dâu tây được làm lạnh ở 2°C bằng cách làm lạnh bằng không khí (ở 0,3 hoặc 1 m/s và làm lạnh bằng sương mù ở 1 m/s), sau đó áp dụng điều kiện nhiệt độ bảo quản 2°C, 7°C, hoặc 20°C. Kết quả cho thấy, việc làm lạnh bằng sương mù không làm giảm thời gian làm lạnh, nhưng giảm trọng lượng từ 20–40% so với làm lạnh bằng không khí [43]. Bảo quản lạnh là một kỹ thuật quan trọng và đáng tin cậy, có nhiều phạm vi ứng dụng, sử dụng kỹ thuật làm lạnh để bảo quản chất lượng dâu tây. Hơn nữa, việc kết hợp phương pháp làm lạnh với các phương pháp bảo quản khác đang được nghiên cứu ứng dụng rộng rãi ở hiện tại và cả trong tương lai.

### 4.2.2 Siêu âm

Siêu âm là một trong những phương pháp không nhiệt mới, được áp dụng để kéo dài thời hạn sử dụng của trái cây tươi trong quá trình bảo quản. Sóng siêu âm thể hiện lợi thế về thời gian xử lý ngắn, chi phí thấp về mức tiêu thụ năng lượng, nguyên tắc hoạt động đơn giản, thân thiện với môi trường và giảm rủi ro hoặc các mối nguy vật lý liên quan [44]. Hiệu quả của phương pháp này phụ thuộc vào tần số sóng, công suất và thời gian xử lý. Ứng dụng công nghệ siêu âm trong chế biến thực phẩm nhằm giữ lại chất lượng dinh dưỡng và cảm quan cũng như đảm bảo an toàn tổng thể của thực phẩm. Xử lý bằng sóng siêu âm giúp ngăn chặn sự giảm độ cứng và duy trì hàm lượng tổng chất rắn hòa tan, độ axit tổng và vitamin C [45].

Khi sử dụng siêu âm ở công suất 30 đến 60 W giúp cải thiện chất lượng, duy trì độ pH và có thể được sử dụng để kéo dài thời gian bảo quản dâu tây. Khi xử lý bằng siêu âm ở thời gian 5 và 10 phút, sự thay đổi công suất siêu âm ở 30 và 60 W, không gây nên sự khác biệt đối với chất lượng của trái [46]. Ngược lại, khi công suất siêu âm ở 90 W sẽ dẫn đến ảnh hưởng bất lợi đến chất lượng dâu tây. Cụ thể là dẫn đến mất nước, thay đổi màu sắc và ảnh hưởng đến cấu trúc tế bào [47]. Thêm vào đó, một nghiên cứu khác cho thấy rằng khi dâu tây được xử lý bằng sóng siêu âm 40 kHz, công suất 250 W và thời gian xử lý là 9,8 phút làm giảm đáng kể sự thối rữa của dâu tây trong 8 ngày bảo quản [45].

Mặc dù xử lý bằng sóng siêu âm đã được các nhà nghiên cứu chứng minh là có thể tăng thời gian bảo quản của trái cây, nhưng nó vẫn có thể ảnh hưởng đến chất lượng kết cấu và cảm quan, đặc biệt là trong một sản phẩm như dâu tây. Do đó, kỹ thuật này cần được tiếp tục khảo sát và có thể kết hợp với các phương pháp bảo quản khác.

### 4.2.3 Tia cực tím C (UV – C)

Ứng dụng tia cực tím C (UV-C), là một phương pháp vật lý không dùng nhiệt, trong chế biến và bảo quản sản phẩm tươi sống, là một xu hướng trong tương lai của ngành công nghiệp thực phẩm. UV-C đã được sử dụng thành công cho mục đích khử nhiễm, kéo dài thời hạn sử dụng và giảm thiểu sự giảm chất lượng (về màu sắc, hương vị và giá trị dinh dưỡng) trong nhiều loại sản phẩm tươi sống. Trong thực tế, việc sử dụng tia UV-C trong ngành công nghiệp thực phẩm được coi là kinh tế hơn và chi phí thấp, vận hành đơn giản với yêu cầu bảo trì thấp hơn so với phương pháp khác. Hơn nữa, việc xử lý UV-C không tạo ra các sản phẩm phụ hoặc dư lượng như các phương pháp xử lý hóa học khác [48].

Sử dụng tia UV-C có thể ngăn ngừa sự thối rữa, kiểm soát được nấm mốc xám do nấm *Botrytis cinerea* gây ra trên dâu tây. Những quả dâu tây được tiếp xúc với bức xạ cực tím C ở liều lượng 254 nm, cho thấy có độ cứng hơn đáng kể, tổng hàm lượng chất rắn hòa tan, vitamin C cao hơn và không cho thấy dấu hiệu hư hại nào do vi sinh vật gây ra ở -5°C trong 9 ngày. Thêm vào đó, màu sắc và hương thơm của trái dâu tây xử lý bằng UV-C tốt hơn so với mẫu khác [49]. Đồng thời, kết quả nghiên cứu đã chứng minh, xử lý UV-C ở liều lượng 0,25 và 1,0 kJ/m<sup>2</sup> ở 4°C giúp nâng cao hàm lượng của các hợp chất có hoạt tính sinh học, như anthocyanins, trong dâu tây tươi, góp phần tăng cường khả năng chống oxy hóa cùng với các hợp chất phenolic; trái dâu tây được kéo dài thời gian bảo quản thêm 4 đến 5 ngày so với đối chứng (8 ngày) [50, 51].

Tuy nhiên, về tổng thể, một số vấn đề khi sử dụng UV-C là khả năng thâm nhập thấp, cần phải đo lường chính xác thời gian và liều lượng cần thiết, các hoạt động tăng cường trong hô hấp sau khi tiếp xúc UV-C trong một số trường hợp có thể gây ra ảnh hưởng không mong muốn. Do khả năng thâm nhập thấp, việc xử lý toàn bộ trái cây với số lượng lớn (theo lô) có thể bị hạn chế. Nên phương pháp này cần tiếp tục nghiên cứu và phát triển ứng dụng.

### 4.2.4 Ánh sáng xung (PL)

Ánh sáng xung (PL) là một trong những công nghệ khử nhiễm bề mặt tiềm năng cho các sản phẩm thực phẩm, do làm giảm vi sinh vật trong thời gian rất ngắn (vài chục giây) với chi phí năng lượng thấp, ít tác động đến môi trường và hiệu quả cao. Ánh sáng xung với công suất cao đã được chứng minh là đủ mạnh để bất hoạt vi sinh vật bằng sự kết hợp của các cơ chế quang hóa, quang nhiệt và quang vật lý. So với các công nghệ khử trùng hiện có khác, chi phí vận hành của hệ thống khử trùng bằng tia PL là cạnh tranh hoặc đôi khi rẻ hơn [52]. PL thường được coi là một công nghệ khử nhiễm bề mặt đối với mầm bệnh và hiệu quả của nó phụ thuộc rất nhiều vào một số thông số như yếu tố vật lý (độ lưu thông xung, điện áp đầu vào của phát xạ PL và lượng UV), yếu tố sinh học (loại vi sinh vật, bào tử, tế bào sinh dưỡng) và các yếu tố khác (loại mẫu, bao bì, chất lượng bề mặt của mẫu) [53]. Mặt khác, do cấu tạo bề mặt đặc thù của dâu tây tạo ra tác dụng che chắn cho các vi sinh vật, hạn chế PL tiếp xúc các vi sinh vật, dẫn đến phương pháp này chỉ có khả năng loại một phần vi-rút và vi khuẩn gây bệnh trên bề mặt quả [54]. Khác với UV-C, PL được coi là có công suất phát xạ tốt hơn và có khả năng thâm nhập sâu hơn [55]. Việc sử dụng PL như xử lý sau thu hoạch đã được nghiên cứu bởi Duarte-Molina và cộng sự (2016). PL có tác động tích cực đến kết cấu và độ chắc của sản phẩm so với các mẫu đối chứng, giảm tác động của mầm bệnh và thời hạn sử dụng lâu hơn mà không ảnh hưởng tiêu cực đến các thông số sau thu hoạch khác. Đồng thời, chứng minh rằng liều lượng 2,4 – 47,8 J/cm<sup>2</sup> ở 6°C có thể làm giảm sự thối rữa của nấm xuống 16 – 42% trong 8 ngày bảo quản, nó cũng có thể có những phản ứng có lợi về độ cứng của dâu tây [56].

Sử dụng ánh sáng xung cho thấy làm giảm đáng kể sự phát triển của *B. cinerea* và vi khuẩn *Salmonella* trên dâu tây. Cụ thể, có thể quan sát sự chậm phát triển của nấm mốc có thể nhìn thấy trên dâu tây từ 2 đến 4 ngày so với đối chứng không được xử lý ở 2 đến 4°C, độ ẩm 30 – 40% [57]. Ngoài ra, PL không có tác động tiêu cực đến giá trị dinh dưỡng, màu sắc và độ chắc của trái [58]. Ngược lại, ở một bài nghiên cứu khác đã chứng minh rằng xử lý nhiệt nhẹ (2,5 và 5,0 phút trong nước ở 46 ± 0,4°C) có hiệu quả hơn ánh sáng xung (11,9 J/cm<sup>2</sup>) trong việc giảm sự thối rữa của nấm trên dâu tây [59].

### 4.2.5 Bức xạ gamma

Tia gamma có bước sóng nhỏ hơn 100 nm được phân loại trong bức xạ ion hóa, những bức xạ này tạo ra các gốc tự do trong tế bào khi tương tác với các nguyên tử hoặc phân tử. Bức xạ được sử dụng như một quá



## CÁC YẾU TỐ GÂY HƯ HỒNG VÀ...

trình khử trùng trong thực phẩm và phát triển mạnh trong những thập kỷ cuối của thế kỷ 20. Nhưng các sản phẩm xử lý bằng tia gamma gặp phải sự từ chối của một số người tiêu dùng. Sau đó, bức xạ gamma ở mức độ thấp đã được nghiên cứu với kết quả tích cực, kết quả cho thấy không có tác dụng gây độc tế bào, ít ảnh hưởng đến kết cấu của dâu tây, được người tiêu dùng đánh giá cao và chấp nhận [60, 61]. Mức độ tối ưu để kiểm soát thối rữa, ít ảnh hưởng chất lượng dâu tây sau thu hoạch bằng chiếu xạ là từ 2 kGy đến 3 kGy [62]. Theo báo cáo của Milton de Jesus Filhoa và cộng sự (2018), dâu tây chiếu xạ ở 2 kGy chỉ gây ra những thay đổi nhỏ trong thành phần hóa học của dâu tây và kéo dài thời gian bảo quản đến 12 ngày ở  $8 \pm 1^\circ\text{C}$ . Ngoài ra, bức xạ gamma có thể bảo toàn hàm lượng phenolic của dâu tây trong quá trình bảo quản [63].

### 4.3 Phương pháp sử dụng bao gói trong môi trường khí quyển hiệu chỉnh (MAP)

Bao gói trong môi trường khí quyển hiệu chỉnh (MAP) là kỹ thuật điều chỉnh bầu không khí bên trong sản phẩm với nguyên tắc tiêu thụ  $\text{O}_2$ , giải phóng  $\text{CO}_2$  trong quá trình hô hấp của trái cây tươi và rau quả. Tùy theo đặc tính, chất liệu của màng bao gói sẽ có tốc độ thông gió và độ thấm ẩm khác nhau. Kỹ thuật này có thể tự động điều chỉnh tỷ lệ khí trong bao bì kín, kiểm soát tốc độ hô hấp và kéo dài thời gian bảo quản của trái cây tươi.

Kỹ thuật MAP sử dụng nhiều loại khí và sự kết hợp của chúng như carbon dioxide, oxy, ethylene, v.v. giúp làm giảm sự mất màu và hương vị, ảnh hưởng đến tốc độ hô hấp, có hiệu quả cao trong việc ngăn chặn sự phát triển của vi sinh vật gây hư hỏng trên dâu tây [64]. Nhờ số lượng lớn nghiên cứu trên phương pháp này, bao gói trong môi trường khí quyển hiệu chỉnh được sử dụng rộng rãi ở quy mô công nghiệp và trong các siêu thị.

#### 4.3.1 Carbon dioxide

Sử dụng carbon dioxide trong môi trường khí quyển đã hiệu chỉnh đã cho thấy những hiệu quả tích cực trong việc giữ lại các đặc tính cảm quan của dâu tây. Các nghiên cứu đã chỉ ra nồng độ  $\text{CO}_2$  từ 5% đến 10% giúp giảm sự gia tăng của *Botrytis cinerea*, không gây ra tác động tiêu cực đến tổng chất rắn hòa tan, tổng axit chuẩn độ và duy trì màu sắc đồng nhất, hấp dẫn cho người tiêu dùng [65]. Nhưng sử dụng carbon dioxide làm căng thẳng trong mô của dâu tây, tạo ra sự gia tăng axit  $\gamma$ -aminobutyric [66]. Mặc khác, tiếp xúc ngắn với nồng độ cao của carbon dioxide và bảo quản ở  $0^\circ\text{C}$  cho thấy làm giảm các hiện tượng hóa học, vật lý liên quan đến sự hư hỏng của dâu tây, giảm mức ATP trong mô, tạo ra quá trình chuyển hóa ethanol thấp [67].

#### 4.3.2 Oxy ( $\text{O}_2$ )

Khí quyển bão hòa oxy đã được nghiên cứu với nhiều kết quả khác nhau. Các nghiên cứu đã chỉ ra dâu tây được lưu trữ ở khí quyển oxy cao (100 kPa) có hiệu quả trong việc kiểm soát sự thối rữa trên dâu tây, các thông số gồm tốc độ hô hấp, độ cứng, chất rắn hòa tan, độ axit chuẩn độ và màu sắc bị ảnh hưởng nhẹ trong 14 ngày bảo quản ở  $5^\circ\text{C}$ . Tuy nhiên, hàm lượng chất bay hơi (acetaldehyde, etanol và etyl axetat) liên quan đến quá trình lên men rượu tăng nhưng vẫn giữ mức sản xuất thấp hơn so với được lưu trữ trong môi trường [68, 69]. Ở khía cạnh kết hợp, M. Zhang (2003) đã ghi nhận thành phần khí tối ưu của MAP trên dâu tây là 2,5%  $\text{O}_2$ , 16%  $\text{CO}_2$  ở nhiệt độ  $6^\circ\text{C}$  kéo dài thời gian bảo quản của dâu tây thêm 4 đến 6 ngày [64]. Xử lý bằng khí ozone cũng đã được nghiên cứu để kéo dài thời gian bảo quản của trái cây [70-72]. Tóm lại, việc sử dụng các chế phẩm khí MAP khác nhau có thể là một giải pháp thay thế tốt để duy trì chất lượng dâu tươi [73].

#### 4.3.3 Vật liệu bao gói MAP

Vật liệu sử dụng để bao gói MAP rất quan trọng và phải cân nhắc về độ bền cơ lý, độ trong suốt, tính thấm khí, khả năng truyền hơi nước, khả năng giữ kín và tỷ lệ hòa tan, v.v. Một số vật liệu đóng gói thường được sử dụng là những vật liệu được chế biến bằng polyvinyl clorua, polyetylen và túi polypropylene. Nhưng những vật liệu này không phân hủy sinh học, gây ra các vấn đề về môi trường nên các màng phân hủy sinh học và thân thiện với môi trường như chitosan, tinh bột, gelatin, v.v. đang được quan tâm. Tuy nhiên, việc khắc phục một số nhược điểm như tăng độ bền cơ học, tính chất cản nước v.v. của bao bì này vẫn còn là một thách thức [15].

Trở ngại chính của phương pháp MAP trong bảo quản dâu tây là yêu cầu nhiệt độ và áp suất được kiểm soát trong suốt quá trình đóng gói, bảo quản. Việc sử dụng các công thức khí khác nhau vẫn cần phải được tiêu chuẩn hóa. Ngoài ra, có nhiều khả năng hình thành các hương vị không mong muốn do sự gia tăng của các chất như acetaldehyde, axeton và một lượng đáng kể ethyl acetate trong quá trình bảo quản. Tuy nhiên, điều này không ảnh hưởng đến mùi và vị của sản phẩm, nhưng có một mùi khó chịu phát triển bên trong bao bì và được giải phóng khi mở ra [3].

#### 4.4 Phương pháp màng bao

Màng bao là một lớp màng bán thấm giúp kiểm soát sự phát triển của vi sinh vật, duy trì màu sắc, kết cấu sản phẩm. Hiệu suất của màng phụ thuộc vào thông số của vật liệu phụ (độ dai, độ nhớt, sức căng bề mặt v.v.) và phương pháp sử dụng (nhúng, phun, nhỏ giọt và quét v.v.). Khi lựa chọn phương pháp cần quan tâm việc cải thiện hiệu quả bảo quản, giảm chi phí, tránh ô nhiễm chéo. Ngoài ra, màng bao còn là một vật liệu vận chuyển các thành phần chức năng để nâng cao hơn nữa chất lượng, độ an toàn và giá trị dinh dưỡng của sản phẩm [74].

##### 4.4.1 Chitosan

Chitosan là một trong những polysaccharid tự nhiên phong phú, có nhiều đặc tính kháng khuẩn, an toàn cho con người và sản xuất từ sản phẩm phụ từ ngành thủy sản. Chitosan không hòa tan trong dung dịch nước trung tính, kiềm và hòa tan tốt trong dung dịch axit như axit fomic, axit axetic, axit lactic, axit glutamic [74]. Chitosan như một chất tạo màng sinh học tự nhiên mới để phát triển màng bao, duy trì chất lượng của thực phẩm và giảm việc sử dụng chất bảo quản hóa học. Bảo quản dâu tây bằng chitosan đã được nghiên cứu ở nồng độ 0,5 đến 2% làm giảm đáng kể sự mất nước, làm chậm sự thay đổi màu sắc, độ axit chuẩn độ và hàm lượng vitamin C và hạn chế sự phát triển của nấm mốc trong 10 ngày ở 4°C. Ngoài ra kết quả còn cho thấy ít sự thay đổi trong tổng hàm lượng polyphenol, anthocyanin và flavonoid và tăng cường hoạt động của một số enzyme chống oxy hóa [75].

Nồng độ chitosan sẽ cho kết quả khác nhau tùy thuộc vào nhu cầu bảo quản. Khi dâu tây được phủ 0,5% chitosan ở 5°C duy trì các thuộc tính vật lý, trọng lượng, tổng chất rắn hòa tan và các đặc điểm cảm quan trong 12 ngày nhưng làm tăng tốc độ phân hủy axit hữu cơ trong dâu tây. Mặt khác, lớp phủ chitosan 1% giúp giữ được các thuộc tính sinh hóa tốt hơn và ức chế 50,6% nấm mốc trên dâu tây [76, 77]. Trở ngại lớn nhất của màng bao từ chitosan là bản chất ưa nước và tính thấm hơi nước cao. Để khắc phục tính chất này, một số nghiên cứu đã kết hợp chitosan với một số polysaccharide và các thành phần kỵ nước [78].

##### 4.4.2 Tinh bột

Tinh bột là một polysaccharide tự nhiên phong phú bao gồm amylose mạch thẳng hòa tan trong nước và amylopectin mạch nhánh không tan trong nước. Amylose là thành phần lý tưởng trong việc hình thành các màng, vật liệu màng bao. Màng bao từ tinh bột có chi phí tương đối thấp và khả năng tạo màng trong suốt, không vị, không mùi, có đặc tính ngăn cản oxy, không độc hại. Thêm vào đó, màng bao tinh bột kiểm soát tỷ lệ trao đổi hô hấp của trái cây và rau quả, làm chậm quá trình lão hóa tự nhiên và kiểm soát tốt sự mất hương vị, kéo dài thời hạn sử dụng [79].

Màng bao tinh bột có hàm lượng amylose cao giúp ngăn cản quá trình thoát hơi nước qua màng từ đó làm giảm sự tổn thất khối lượng, duy trì độ cứng và giữ được thời gian bảo quản dài hơn so với các lớp phủ được làm từ tinh bột có hàm lượng amylose trung bình thấp [79]. Nồng độ tinh bột 3% giữ được độ săn chắc của thịt quả và làm giảm tốc độ hô hấp, hạn chế sự hao hụt khối lượng, giữ cấu trúc và kéo dài thời gian bảo quản dâu tây lên đến 12 ngày ở 5°C [80]. Thêm vào đó, ở nồng độ này cho thấy màng bao làm chậm sự thất thoát của các hợp chất có trong dâu tây như hàm lượng anthocyanin, đường tổng, đường khử, chất rắn hòa tan, độ axit chuẩn độ, độ pH và màu sắc của dâu tây trong quá trình bảo quản [81].

Tuy nhiên, màng bao tinh bột không cho thấy kết quả rõ rệt trong việc kiểm soát quá trình hư hỏng do các loại nấm mốc, vi khuẩn gây ra trên dâu tây. Vì thế, bổ sung các hợp chất kháng khuẩn là cần thiết để ức chế các loại nấm mốc, vi khuẩn trên dâu tây.

#### 4.4.3 Các loại vật liệu khác

Bên cạnh các loại vật liệu như chitosan, tinh bột, màng bao có thể được làm từ các nguyên liệu như các dẫn xuất xenlulose, protein, tơ tằm, các loại gum và các polysaccharide khác [15, 82]. DJ De Rodriguez và cộng sự (2005) đã báo cáo rằng màng bao từ lô hội có hoạt tính kháng nấm chống lại loại nấm gây bệnh như *Botrytis cinerea* [83]. Bên cạnh đó, lớp phủ từ các loại vật liệu như cellulose, whey, các loại gôm có thể được sử dụng đơn lẻ hoặc kết hợp để cải thiện các tính chất cơ học, khả năng bảo quản dâu tây [84].

#### 4.5 Sự kết hợp các phương pháp

Áp dụng kết hợp hai hay nhiều phương pháp bảo quản sau thu hoạch tạo ra kết quả tổng hợp có hiệu quả cao hơn đến chất lượng của trái cũng như kéo dài thời gian sử dụng. Trong quá trình kết hợp, thứ tự áp dụng các phương pháp bảo quản sẽ quyết định hiệu quả bảo quản cuối cùng.

##### 4.5.1 Kết hợp màng bao với các hóa chất

Đã có nhiều nghiên cứu về bổ sung các hóa chất vào màng bao nhằm tăng cường các tính chất kháng nấm, gia tăng thời gian bảo quản dâu tây. Hỗn hợp chitosan cùng với chất chiết xuất từ thực vật đã chứng minh tác động tích cực đến việc bảo quản dâu tây sau thu hoạch. Ở nồng độ chitosan 3% kết hợp 2% chiết xuất trà xanh giảm thiểu sự giảm trọng lượng của quả, làm tăng tổng hàm lượng phenolic, hoạt động chống oxy hóa và là hàng rào chống thoát ẩm của màng chitosan. Tuy nhiên, chiết xuất trà xanh làm giảm hoạt tính kháng khuẩn từ màng chitosan vì khi bổ sung chiết xuất trà xanh hàm lượng nhóm amin trong chitosan giảm nên hoạt tính kháng khuẩn cũng giảm theo [85].

Lớp phủ làm từ chitosan có chứa canxi hoặc vitamin E đã làm tăng đáng kể hàm lượng các chất dinh dưỡng này trong cả trái cây tươi và đông lạnh, kết quả cũng chỉ ra bổ sung hàm lượng canxi hoặc vitamin E vào lớp phủ chitosan không làm thay đổi khả năng chống nấm, chống ẩm [86]. Tuy nhiên ở một nghiên cứu khác đã kết hợp lớp phủ chitosan 1% cùng polyvinyl alcohol 0,39% hoặc calcium gluconate 0,5% cho thấy khả năng kháng nấm cao 73,96% đến 93,33%, hiệu quả hơn so với lớp phủ từ chitosan chỉ từ 53,54% đến 77% [77]. Đồng thời khả năng kháng nấm khi kết hợp 1,5% chitosan và 0,5% canxi gluconate cũng đã được chứng minh kéo dài thời gian lưu trữ của dâu tây đến 10 ngày ở 10°C [87]. Azadirachtin chiết xuất từ hạt neem (*Azadirachtin indica*) nồng độ 6000 ppm khi kết hợp với chitosan và 1,5% CaCl<sub>2</sub> có tác dụng ức chế sự thối rữa của dâu tây đáng kể [88].

Mặc khác, ngoài các chất chiết xuất thực vật, chitosan kết hợp với màng bao composite giúp hạn chế sự thối rữa, sự suy giảm trọng lượng, tăng độ săn chắc và duy trì các thuộc tính chất lượng của trái cây trong quá trình bảo quản [89].

##### 4.5.2 Kết hợp các phương pháp vật lý và MAP

Các yếu tố vật lý kết hợp với MAP đã được chứng minh có hiệu quả trong việc bảo tồn chất lượng dâu tây. Bao bì khí quyển hiệu chỉnh (MAP), ozone (O<sub>3</sub>) và tia cực tím-C giữ được chất lượng trong suốt quá trình bảo quản ngoại trừ hương vị thấp hơn so với các mẫu được bảo quản trong không khí sau 12 ngày [90]. Một nghiên cứu khác chiếu xạ gamma liều thấp (1 kGy) kết hợp với EMAP (CO<sub>2</sub> 10%: O<sub>2</sub> 5%) lên dâu tây kéo dài thời hạn sử dụng lên đến 14 ngày mà không gây ra nhiều thay đổi về hình dáng tổng thể [91].

##### 4.5.3 Kết hợp các phương pháp vật lý và hóa chất bảo quản

Phương pháp bảo quản kết hợp với bức xạ UV-C, không khí nóng và axit salicylic đều cải thiện đặc tính chất lượng dâu tây [92]. Kết hợp UV-C và polyamines cho ra hiệu quả tương tự thông qua việc duy trì hoặc tăng mức độ nội sinh của polyamine và các hợp chất chống oxy hóa như vitamin C [93].

Khi kết hợp bảo quản dâu tây bằng sóng siêu âm với canxi, ozon cũng đã được nghiên cứu. Xử lý bằng sóng siêu âm và canxi hạn chế sự giảm độ săn chắc của dâu tây trong quá trình bảo quản (17 ngày) [94]. Kết hợp siêu âm và xử lý ozon trong 3 phút giúp tăng tuổi thọ của quả dâu tây trên thị trường thêm 6 ngày trong điều kiện bảo quản lạnh [95].

#### 4.5.4 Các phương pháp kết hợp khác

Khi kết hợp MAP với gel lô hội ngăn ngừa đáng kể sự giảm chất lượng, kéo dài thời hạn sử dụng của dâu tây và góp phần tăng hoạt tính chống oxy hóa và hàm lượng anthocyanin [96]. Tương tự như vậy, sử dụng tinh dầu sả chanh và MAP cũng đã được báo cáo có hiệu quả đáng kể trong việc kiểm soát sự hư hỏng của vi sinh vật [97].

Mặc khác, kết quả không thuận lợi đã thu được khi sử dụng kết hợp dung dịch mật ong tự nhiên (10%) và MAP [98]. Nghiên cứu cho thấy không mang lại bất kỳ hiệu quả đáng kể nào đến việc cải thiện chất lượng hoặc thời hạn sử dụng.

### 5. KẾT LUẬN

Dâu tây là một loại trái cây được quan tâm và ưa chuộng trên toàn thế giới vì các đặc tính cảm quan và chất lượng dinh dưỡng của nó. Nhưng, các tính chất vật lý, hóa học gây và đặc tính vỏ mỏng đã gây ra các vấn đề trong quá trình bảo quản và vận chuyển. Để giải quyết khó khăn này, một số kỹ thuật sau thu hoạch đã được thử nghiệm để đánh giá tác động đến chất lượng và đặc tính của trái dâu tây, nhằm duy trì chất lượng và kéo dài hạn sử dụng của trái dâu tây. Mỗi kỹ thuật đều thể hiện ưu - nhược điểm, và việc áp dụng một hay nhiều kỹ thuật sau thu hoạch này sẽ phụ thuộc vào các yếu tố kinh tế, kỹ thuật và xã hội của vùng trồng trọt.

Một số phương pháp bảo quản mang lại kết quả tốt, được nghiên cứu sử dụng nhiều bao gồm các kỹ thuật liên quan đến bao bì khí quyển hiệu chỉnh (MAP), màng bao, một số hóa chất hữu cơ và kỹ thuật vật lý. Bao bì khí quyển hiệu chỉnh cho phép điều chỉnh quá trình già đi của quả, giảm sự gia tăng của *Botrytis cinerea*. Nhưng phương pháp này yêu cầu nhiệt độ và áp suất được kiểm soát trong suốt quá trình đóng gói, nếu thay đổi khí quyển này thì chất lượng của sản phẩm sẽ bị thay đổi và có khả năng hình thành các hương vị không mong muốn. Bảo quản bằng màng bao cũng đã mang lại hiệu quả cao với khả năng ức chế sự phát triển của một số loại nấm mốc xám, giảm sự thoát hơi nước từ đó duy trì màu sắc và cấu trúc của quả. Tuy nhiên, trở ngại của bao bì này là có bản chất ưa nước và tính thấm hơi nước cao, nên dễ bị hư hỏng bởi nước trong quá trình bảo quản. Nếu khắc phục được nhược điểm này, màng bao chitosan sẽ là hướng bảo quản đầy tiềm năng trong việc bảo quản dâu tây sau thu hoạch trong tương lai. Sử dụng hóa chất hữu cơ như alginate oligosaccharide, axit salicylic hiện nay cũng đang được ưa chuộng vì tính an toàn và bảo vệ môi trường với kết quả tích cực. Hơn nữa, kết hợp các hóa chất tự nhiên này với các phương pháp bảo quản khác có thể đem lại hiệu quả đáng kể trong việc nâng cao hạn sử dụng, chất lượng của dâu tây. Các phương pháp vật lý như siêu âm, tia cực tím C, ánh sáng xung v.v. cũng đem lại kết quả khả quan, nhưng do một số hạn chế, nó cần được kết hợp với phương pháp khác để tăng hiệu quả bảo quản. Việc kết hợp các phương pháp làm tăng hiệu quả, nên cần được tiếp tục nghiên cứu và phát triển, ứng dụng trong bảo quản sau thu hoạch của trái dâu tây nói riêng và trái cây vỏ mỏng nói chung.

#### BẢNG PHỤ LỤC TÊN VIẾT TẮT

AOS: Alginate oligosaccharide

MAP: Bao gói trong môi trường khí quyển hiệu chỉnh

MeJA: Metyl jasmonate

PL: Ánh sáng xung

UV-C: Bức xạ tia cực tím C

#### LỜI CẢM ƠN

Bài báo được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí từ quỹ đề tài nghiên cứu khoa học của Trường Đại học Công Nghiệp Thành Phố Hồ Chí Minh (IUH), mã số 20/1.5 SHTP01

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nationmaster.com. "Top Countries in Strawberries Harvested Area," <https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/strawberries-harvested-area-fao>.
- [2] S. Tulipani, B. Mezzetti, F. Capocasa, S. Bompadre, J. Beekwilder, C. R. D. Vos, E. Capanoglu, A. Bovy, M. J. J. o. A. Battino, and F. chemistry, "Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes," *Agricultural and Food chemistry*, vol. 56, no. 3, pp. 696-704, 2008. DOI: 10.1021/jf0719959
- [3] T. Nielsen, and A. Leufven, "The effect of modified atmosphere packaging on the quality of Honeoye and Korona strawberries," *Food Chemistry*, vol. 107, no. 3, pp. 1053-1063, 2008. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.09.025

- [4] P. Jin, H. Wang, Y. Zhang, Y. Huang, L. Wang, and Y. Zheng, "UV-C enhances resistance against gray mold decay caused by *Botrytis cinerea* in strawberry fruit," *Scientia Horticulturae*, vol. 225, pp. 106-111, 2017. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.06.062
- [5] H. Zhi, Q. Liu, and Y. Dong, "Effects of hydrogen sulfide on storage quality, water mobility and cell wall metabolism of strawberry fruit," *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 11, no. 6, pp. 201-207, 2018. DOI: 10.25165/j.ijabe.20181106.4074
- [6] M. V. Bhaskara Reddy, K. Belkacemi, R. Corcuff, F. Castaigne, and J. Arul, "Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 20, no. 1, pp. 39-51, 2000. DOI: 10.1016/s0925-5214(00)00108-3
- [7] R. M. Sharma, Yamdagni, R., Dubey, A. K., & Pandey, V. (Eds.), "Strawberries-Production, Postharvest Management and Protection," 2019.
- [8] J. M. Alvarez-Suarez, L. Mazzoni, T. Y. Forbes-Hernandez, M. Gasparini, S. Sabbadini, and F. Giampieri, "The effects of pre-harvest and post-harvest factors on the nutritional quality of strawberry fruits: A review," *Journal of Berry Research*, vol. 4, no. 1, pp. 1-10, 2014. DOI: 10.3233/JBR-140068
- [9] F. Giampieri, S. Tulipani, J. M. Alvarez-Suarez, J. L. Quiles, B. Mezzetti, and M. Battino, "The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health," *Nutrition*, vol. 28, no. 1, pp. 9-19, Jan, 2012. DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.009
- [10] A. B. Cerezo, E. Cuevas, P. Winterhalter, M. C. Garcia-Parrilla, and A. M. Troncoso, "Isolation, identification, and antioxidant activity of anthocyanin compounds in Camarosa strawberry," *Food Chemistry*, vol. 123, no. 3, pp. 574-582, 2010. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.04.073
- [11] H. Tamura, M. Takada, and Y. Yoshida, "Pelargonidin 3-O-(6-O-Malonyl-β-D-glucoside) in *Fragaria x ananassa* Duch. cv. Nyoho," *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, vol. 59, no. 6, pp. 1157-1158, 2014. DOI: 10.1271/bbb.59.1157
- [12] K. Skupien, and J. Oszmianski, "Comparison of six cultivars of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown in northwest Poland," *European Food Research and Technology*, vol. 219, no. 1, pp. 66-70, 2004. DOI: 10.1007/s00217-004-0918-1
- [13] K. Aaby, D. Ekeberg, G. J. J. o. a. Skrede, and f. chemistry, "Characterization of Phenolic Compounds in Strawberry (*Fragaria x ananassa*) Fruits by Different HPLC Detectors and Contribution of Individual Compounds to Total Antioxidant Capacity," *Journal of Agricultural and Food chemistry*, vol. 55, no. 11, pp. 4395-4406, 2007. DOI: 10.1021/jf0702592
- [14] C. F. Forney, and P. J. Breen, "Growth of strawberry fruit and sugar uptake of fruit discs at different inflorescence positions," vol. 27, no. 1-2, 55-62, 1985. DOI: 10.1016/0304-4238(85)90055-X
- [15] R. Ramirez, L. Restrepo, C. Perez, and A. J. S. P.-a. p.-h. m. t. f. h. f. q. Jimenez, *Physical, chemical and processing postharvest technologies in strawberry*, 2019.
- [16] X. An, Z. Li, M. Zude-Sasse, T.-M. Fidelity, and Y. Yang, "Characterization of textural failure mechanics of strawberry fruit," *Journal of Food Engineering*, vol. 282, pp. 110016, 2020. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110016
- [17] S. Aliasgarian, H. R. Ghassemzadeh, M. Moghaddam, and H. Ghaffari, "Mechanical Damage Of Strawberry During Harvest And Postharvest Operations," *Acta Technologica Agriculturae*, vol. 18, no. 1, pp. 1-5, 2015. DOI: 10.1515/ata-2015-0001
- [18] G. Mitchell, E. Mitcham, J. F. Thompson, and N. Welch, *Handling strawberries for fresh market*, Division of agriculture and natural resources, 2003.
- [19] B. Williamson, B. Tudzynski, P. Tudzynski, and J. A. van Kan, "Botrytis cinerea: the cause of grey mould disease," *Mol Plant Pathol*, vol. 8, no. 5, pp. 561-80, Sep, 2007. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2007.00417.x
- [20] E. Feliziani, and G. Romanazzi, "Postharvest decay of strawberry fruit: Etiology, epidemiology, and disease management," *Journal of Berry Research*, vol. 6, no. 1, pp. 47-63, 2016. DOI: 10.3233/jbr-150113
- [21] H. Barnett, and B. B. Hunter, "Illustrated genera of imperfect fungi. St. Paul, Minnesota," APS Press, 218p, 1998.
- [22] J. Amselem, C. A. Cuomo, J. A. van Kan, M. Viaud, E. P. Benito, A. Couloux, P. M. Coutinho, R. P. de Vries, P. S. Dyer, S. Fillinger, E. Fournier, L. Gout, M. Hahn, L. Kohn, N. Lapalu, K. M. Plummer, J. M. Pradier, E. Quevillon, A. Sharon, A. Simon, A. ten Have, B. Tudzynski, P. Tudzynski, P. Wincker, M. Andrew, V. Anthouard, R. E. Beever, R. Beffa, I. Benoit, O. Bouzid, B. Brault, Z. Chen, M. Choquer, J. Collemare, P. Cotton, E. G. Danchin, C. Da Silva, A. Gautier, C. Giraud, T. Giraud, C. Gonzalez, S. Grossetete, U. Guldener, B. Henrissat, B. J. Howlett, C. Kodira, M. Kretschmer, A. Lappartient, M. Leroch, C. Levis, E. Mauceli, C. Neuveglise, B. Oeser, M. Pearson, J. Poulain, N. Poussereau, H. Quesneville, C. Rasclé, J. Schumacher, B. Segurens, A. Sexton, E. Silva, C. Sirven, D. M. Soanes, N. J. Talbot, M. Templeton, C. Yandava, O. Yarden, Q. Zeng, J. A. Rollins, M. H. Lebrun, and M. Dickman, "Genomic analysis of the necrotrophic fungal pathogens *Sclerotinia sclerotiorum* and *Botrytis cinerea*," *PLoS Genet*, vol. 7, no. 8, pp. e1002230, Aug, 2011. DOI: 10.1371/journal.pgen.1002230
- [23] A. L. Snowdon, and A. L. Snowdon, *A colour atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables*: Wolfe Scientific London, 1990.

- [24] L. Lassois, and L. de Lapeyre de Bellaire, "Crown Rot Disease of Bananas," pp. 103-130, 2014. DOI: 10.1016/b978-0-12-411552-1.00003-x
- [25] G. Romanazzi, E. Feliziani, M. Santini, and L. Landi, "Effectiveness of postharvest treatment with chitosan and other resistance inducers in the control of storage decay of strawberry," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 75, pp. 24-27, 2013. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2012.07.007
- [26] K. D. Larson, "Compendium of Strawberry Diseases," *HortTechnology*, vol. 9, no. 1, pp. 138a-139, 1999.
- [27] R. Lufu, A. Ambaw, and U. L. Opara, "Water loss of fresh fruit: Influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors," *Scientia Horticulturae*, vol. 272, pp. 109519, 2020. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109519
- [28] P. Salami, H. Ahmadi, A. Keyhani, and M. J. R. Sarsaifee, "Strawberry post-harvest energy losses in Iran," *Researcher*, vol. 2, no. 4, pp. 67-73, 2010.
- [29] F. Chen, H. Liu, H. Yang, S. Lai, X. Cheng, Y. Xin, B. Yang, H. Hou, Y. Yao, S. Zhang, G. Bu, and Y. Deng, "Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment," *Food Chemistry*, vol. 126, no. 2, pp. 450-459, 2011. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.11.009
- [30] Z. Chang, S. Jingying, Z. Liqin, L. Changle, W. J. I. J. o. A. Qingguo, and B. Engineering, "Cooperative effects of hydrogen sulfide and nitric oxide on delaying softening and decay of strawberry," *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 7, no. 6, pp. 114-122, 2014. DOI: 10.3965/j.ijabe.20140706.014
- [31] L. Y. Hu, S. L. Hu, J. Wu, Y. H. Li, J. L. Zheng, Z. J. Wei, J. Liu, H. L. Wang, Y. S. Liu, and H. Zhang, "Hydrogen sulfide prolongs postharvest shelf life of strawberry and plays an antioxidative role in fruits," *J Agric Food Chem*, vol. 60, no. 35, pp. 8684-93, Sep 5, 2012. DOI: 10.1021/jf300728h
- [32] S. A. Molinett, J. F. Alfaro, F. A. Sáez, S. Elgueta, M. A. Moya-León, and C. R. J. I. j. o. m. s. Figueroa, "Postharvest treatment of hydrogen sulfide delays the softening of Chilean strawberry fruit by downregulating the expression of key genes involved in pectin catabolism," *International journal of molecular sciences*, vol. 22, no. 18, pp. 10008, 2021. doi.org/10.3390/ijms221810008
- [33] S. A. Molinett, J. F. Alfaro, F. A. Sáez, S. Elgueta, M. A. Moya-León, and C. R. Figueroa, "Postharvest treatment of hydrogen sulfide delays the softening of chilean strawberry fruit by downregulating the expression of key genes involved in pectin catabolism," *International journal of molecular sciences*, vol. 22, no. 18, pp. 10008, 2021. DOI: 10.3390/ijms221810008
- [34] S. Zhang, X. Q. Wang, S. J. Ma, S. F. Cao, N. Li, X. X. Wang, and Y. H. Zheng, "Effects of Methyl Jasmonate on Postharvest Decay in Strawberry Fruit and the Possible Mechanisms Involved," *IV International Conference on Managing Quality in Chains-The Integrated View on Fruits and Vegetables Quality*, vol. 712, pp. 693-698, 2006. DOI: 10.17660 / ActaHortic.2006.712.87
- [35] J. F. Ayala-Zavala, S. Y. Wang, C. Y. Wang, and G. A. González-Aguilar, "Methyl jasmonate in conjunction with ethanol treatment increases antioxidant capacity, volatile compounds and postharvest life of strawberry fruit," *European Food Research and Technology*, vol. 221, no. 6, pp. 731-738, 2005. DOI: 10.1007/s00217-005-0069-z
- [36] S. K. Bose, P. Howlader, X. Jia, W. Wang, and H. Yin, "Alginate oligosaccharide postharvest treatment preserve fruit quality and increase storage life via Abscisic acid signaling in strawberry," *Food Chem*, vol. 283, pp. 665-674, Jun 15, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.01.060
- [37] S. Kumar, and G. Kaur, "Effect of pre and post harvest applications of salicylic acid on quality attributes and storage behaviour of strawberry cv. Chandler," *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, vol. 8, no. 4, pp. 516-522, 2019.
- [38] A. R. Vicente, G. A. Martínez, P. M. C. b, and A. R. Chaves, "Quality of heat-treated strawberry fruit during refrigerated storage," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 25, no. 1, pp. 59-71, 2002. DOI: 10.1016/S0925-5214(01)00142-9
- [39] S. E. Langer, N. C. Oviedo, M. Marina, J. L. Burgos, G. A. Martinez, P. M. Civello, and N. M. Villarreal, "Effects of heat treatment on enzyme activity and expression of key genes controlling cell wall remodeling in strawberry fruit," *Plant Physiol Biochem*, vol. 130, pp. 334-344, Sep, 2018. DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.07.015
- [40] M. Musto, and M. Satriano, "Fruit responses to postharvest heat treatment time: characterisation of heat-treated strawberry (*Fragaria x ananassa*) cv. 'Candonga' fruits," *Agronomy Research*, vol. 8, no. 1, pp. 815-826, 2010.
- [41] H. Nalbandi, S. Seiiedlou, H. R. Ghasemzadeh, and F. Rangbar, "Innovative Parallel Airflow System for forced-air cooling of strawberries," *Food and Bioproducts Processing*, vol. 100, pp. 440-449, 2016.
- [42] J. F. Ayala-Zavala, S. Y. Wang, C. Y. Wang, and G. A. González-Aguilar, "Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 37, no. 7, pp. 687-695, 2004. DOI: 10.1016/j.lwt.2004.03.002
- [43] I. Allais, and G. Létang, "Influence of mist-chilling on post-harvest quality of fresh strawberries Cv. Mara des Bois and Gariguette," *International Journal of Refrigeration*, vol. 32, no. 6, pp. 1495-1504, 2009. DOI: 10.1016/j.ijrefrig.2009.01.002
- [44] F. Chemat, H. Zill e, and M. K. Khan, "Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction," *Ultrason Sonochem*, vol. 18, no. 4, pp. 813-35, Jul, 2011. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2010.11.023

## CÁC YẾU TỐ GÂY HƯ HỎNG VÀ...

- [45] S. Cao, Z. Hu, B. Pang, H. Wang, H. Xie, and F. Wu, "Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest," *Food Control*, vol. 21, no. 4, pp. 529-532, 2010. DOI: 10.1016/j.foodcont.2009.08.002
- [46] M. S. Aday, R. Temizkan, M. B. Büyükcan, and C. Caner, "An innovative technique for extending shelf life of strawberry: Ultrasound," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 52, no. 2, pp. 93-101, 2013. DOI: 10.1016/j.lwt.2012.09.013
- [47] F. A. N. Fernandes, M. I. Gallão, and S. Rodrigues, "Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration," *Journal of Food Engineering*, vol. 90, no. 2, pp. 186-190, 2009. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.06.021
- [48] T. Bintsis, E. Litopoulou-Tzanetaki, and R. K. Robinson, "Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review," *The Science of Food and Agriculture*, vol. 80, no. 6, pp. 637-645, 2000. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000501)80:6<637::AID-JSFA603>3.0.CO;2-1
- [49] M. I. N. Idzwana, K. S. Chou, R. M. Shah, and N. C. Soh, "The Effect Of Ultraviolet Light Treatment In Extend Shelf Life And Preserve The Quality of Strawberry (*Fragaria x ananassa*) cv. Festival," *International Journal on Food, Agriculture and Natural Resources*, vol. 1, no. 1, pp. 15-18, 2020. DOI: 10.46676/ij-fanres.v1i1.4
- [50] M. Baka, J. M. R. Corcuff, F. Castaigne, and J. Arul, "Photochemical Treatment to Improve Storability of Fresh Strawberries," *Journal of food science*, vol. 64, no. 6, pp. 1068-1072, 1999. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1999.tb12284.x
- [51] M. Erkan, S. Y. Wang, and C. Y. Wang, "Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 48, no. 2, pp. 163-171, 2008. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.09.028
- [52] G. Oms-Oliu, O. Martín-Belloso, and R. Soliva-Fortuny, "Pulsed light treatments for food preservation. A review," *Food and Bioprocess Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 13-23, 2010.
- [53] C. Levy, X. Aubert, B. Lacour, and F. Carlin, "Relevant factors affecting microbial surface decontamination by pulsed light," *Int J Food Microbiol*, vol. 152, no. 3, pp. 168-74, Jan 16, 2012. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.08.022
- [54] Y. Huang, M. Ye, X. Cao, and H. Chen, "Pulsed Light Inactivation of Murine Norovirus, Tulane virus, *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* in Suspension and on Berry Surfaces," *Food Microbiology*, vol. 61, pp. 1-4, 2015. DOI: 10.1016/j.fm.2016.08.001
- [55] V. M. Gómez-López, P. Ragaert, J. Debevere, and F. Devlieghere, "Pulsed light for food decontamination: a review," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 18, no. 9, pp. 464-473, 2007. DOI: 10.1016/j.tifs.2007.03.010
- [56] F. Duarte-Molina, P. L. Gómez, M. A. Castro, and S. M. Alzamora, "Storage quality of strawberry fruit treated by pulsed light: Fungal decay, water loss and mechanical properties," *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 34, pp. 267-274, 2016.
- [57] X. Cao, R. Huang, and H. Chen, "Evaluation of Food Safety and Quality Parameters for Shelf Life Extension of Pulsed Light Treated Strawberries," *J Food Sci*, vol. 84, no. 6, pp. 1494-1500, Jun, 2019. DOI: 10.1111/1750-3841.14613
- [58] Z. Luksiene, I. Buchovec, and P. Viskelis, "Impact of high-power pulsed light on microbial contamination, health promoting components and shelf life of strawberries," *Food Technology and Biotechnology*, vol. 51, no. 2, pp. 284, 2013.
- [59] E. V. Contigiani, G. M. Jaramillo Sánchez, M. A. Castro, P. L. Gómez, and S. M. Alzamora, "Efficacy of mild thermal and pulsed light treatments, individually applied or in combination, for maintaining postharvest quality of strawberry cv. Albion," *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 45, no. 1, 2020. DOI: 10.1111/jfpp.15095
- [60] T. Lima Filho, S. M. Della Lucia, R. M. Lima, C. Z. Scolforo, J. C. S. Carneiro, C. J. G. Pinheiro, and J. L. Passamai, "Irradiation of strawberries: Influence of information regarding preservation technology on consumer sensory acceptance," *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 26, pp. 242-247, 2014. DOI: 10.1016/j.ifset.2014.06.015
- [61] S. Barkaoui, J. Madureira, P. M. P. Santos, F. M. A. Margaça, N. B. Miloud, M. Mankai, N. M. Boudhrioua, and S. Cabo Verde, "Effect of Ionizing Radiation and Refrigeration on the Antioxidants of Strawberries," *Food and Bioprocess Technology*, vol. 13, no. 9, pp. 1516-1527, 2020. DOI: 10.1007/s11947-020-02490-1
- [62] P. Thomas, "Irradiation of strawberries: a compilation of technical data for its authorization and control."
- [63] M. d. Jesus Filho, C. Z. Scolforo, S. H. Saraiva, C. J. G. Pinheiro, P. I. Silva, and S. M. Della Lucia, "Physicochemical, microbiological and sensory acceptance alterations of strawberries caused by gamma radiation and storage time," *Scientia Horticulturae*, vol. 238, pp. 187-194, 2018. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.04.053
- [64] M. Zhang, G. Xiao, J. Peng, and V. Salokhe, "Effects of modified atmosphere package on preservation of strawberries," *International agrophysics*, vol. 17, no. 3, 2003.
- [65] I. Franco-Gaytán, C. Saucedo-Veloz, G. Calderón-Zavala, N. Cruz-Huerta, D. Teliz-Ortiz, and R. M. Galicia-Cabrera, "Quality and shelf life of three strawberry (*Fragaria ananassa*) cultivars treated with high concentrations of CO<sub>2</sub> for short period," *Agrociencia*, vol. 52, no. 3, pp. 393-406, 2018.

- [66] R. Deewatthanawong, J. F. Nock, and C. B. Watkins, " $\gamma$ -Aminobutyric acid (GABA) accumulation in four strawberry cultivars in response to elevated CO<sub>2</sub> storage," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 57, no. 2, pp. 92-96, 2010.
- [67] M. Blanch, R. Rosales, F. Palma, M. T. Sanchez-Ballesta, M. I. Escribano, and C. Merodio, "CO<sub>2</sub>-driven changes in energy and fermentative metabolism in harvested strawberries," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 110, pp. 33-39, 2015. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2015.07.003
- [68] A. L. Wszelaki, and E. J. Mitcham, "Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 20, no. 2, pp. 125-133, 2000. DOI: 10.1016/S0925-5214(00)00135-6
- [69] J. F. Ayala-Zavala, S. Y. Wang, C. Y. Wang, and G. A. González-Aguilar, "High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit," *Food Technology and Biotechnology*, vol. 45, no. 2, pp. 166-173, 2007.
- [70] A. A. Panou, K. Akrida-Demertzi, P. Demertzis, and K. A. Riganakos, "Effect of Gaseous Ozone and Heat Treatment on Quality and Shelf Life of Fresh Strawberries during Cold Storage," *International Journal of Fruit Science*, vol. 21, no. 1, pp. 218-231, 2021. 10.1080/15538362.2020.1866735
- [71] M. Sao Dam, V. D. Nguyen, T. Zsom, L. L. P. Nguyen, and G. Hitka, "Ozone treatment on cucumber and tomato during simulated retail storage," *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, vol. 17, no. S1, pp. 45-52, 2021. 10.1556/446.2021.30006
- [72] L. Phuong Le Nguyen, V. Horváth, M. S. Dam, G. Hitka, T. Zsom, and Z. Kókai, "Effect of 1-MCP, ethylene absorber and ozone on melon quality during storage," *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, vol. 14, no. s1, pp. 101-110, 2018. 10.1556/446.14.2018.s1.10
- [73] C. Caner, and M. S. Aday, "Maintaining quality of fresh strawberries through various modified atmosphere packaging," *Packaging Technology and Science*, vol. 22, no. 2, pp. 115-122, 2009. DOI: 10.1002/pts.831
- [74] G. Romanazzi, F. M. Gabler, D. Margosan, B. E. Mackey, and J. L. Smilanick, "Effect of chitosan dissolved in different acids on its ability to control postharvest gray mold of table grape," *Phytopathology*, vol. 99, no. 9, pp. 1028-36, Sep, 2009. DOI: 10.1094/PHYTO-99-9-1028
- [75] M. Petriccione, F. Mastrobuoni, M. S. Pasquariello, L. Zampella, E. Nobis, G. Capriolo, and M. Scortichini, "Effect of Chitosan Coating on the Postharvest Quality and Antioxidant Enzyme System Response of Strawberry Fruit during Cold Storage," *Foods*, vol. 4, no. 4, pp. 501-523, Sep 29, 2015. DOI: 10.3390/foods4040501
- [76] J. Hassan, R. Anwar, A. S. Khan, S. Ahmad, A. U. Malik, M. Nafees, Z. Hussain, and M. J. I. J. A. B. Inam-ur-Raheem, "Chitosan-based edible coating delays fungal decay and maintains quality of strawberries during storage," *Int. J. Agric. Biol.*, vol. 24, pp. 486-492, 2020. DOI: 10.17957/IJAB/15.1463
- [77] N. Đ. Vương, T. T. Xuân, H. H. M. Thảo, D. Q. Đạt, and N. T. D. Hạnh, "Nghiên cứu khả năng ức chế của chitosan với calcium gluconate, polyvinyl alcohol đến nấm mốc gây hại phân lập từ trái dâu tây thủy canh," 2021. DOI: 10.46242/jstih.v53i05.4195
- [78] C. Valenzuela, C. Tapia, L. López, A. Bungler, V. Escalona, and L. Abugoch, "Effect of edible quinoa protein-chitosan based films on refrigerated strawberry (*Fragaria*×*ananassa*) quality," *Electronic Journal of Biotechnology*, vol. 18, no. 6, pp. 406-411, 2015. DOI: 10.1016/j.ejbt.2015.09.001
- [79] M. a. A. Garcí a, M. N. Martino, and N. E. Zaritzky, "Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria*× *ananassa*) quality and stability," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 46, no. 9, pp. 3758-3767, 1996. DOI: 10.1021/jf980014c
- [80] L. C. Garcia, L. M. Pereira, C. I. G. de Luca Sarantópoulos, and M. D. Hubinger, "Effect of Antimicrobial Starch Edible Coating on Shelf-Life of Fresh Strawberries," *Packaging Technology and Science*, vol. 25, no. 7, pp. 413-425, 2012. DOI: 10.1002/pts.987
- [81] L. C. Garcia, L. M. Pereira, C. I. G. de Luca Sarantópoulos, and M. D. Hubinger, "Selection of an Edible Starch Coating for Minimally Processed Strawberry," *Food and Bioprocess Technology*, vol. 3, no. 6, pp. 834-842, 2010. DOI: 10.1007/s11947-009-0313-9
- [82] L. P. T. Quoc, D. P. Hoa, H. T. B. Ngoc, and T. T. Y. Phi, "Effect of Xanthan gum Solution on the Preservation of Acerola (*Malpighia glabra* L.)," *Cercetari Agronomice in Moldova*, vol. 48, no. 3, pp. 89-97, 2015. DOI: 10.1515/cerce-2015-0045
- [83] D. Jasso de Rodríguez, D. Hernández-Castillo, R. Rodríguez-García, and J. L. Angulo-Sánchez, "Antifungal activity in vitro of Aloe vera pulp and liquid fraction against plant pathogenic fungi," *Industrial Crops and Products*, vol. 21, no. 1, pp. 81-87, 2005. DOI: 10.1016/j.indcrop.2004.01.002
- [84] S. P. Bangar, S. S. Purewal, M. Trif, S. Maqsood, M. Kumar, V. Manjunatha, and A. V. Rusu, "Functionality and Applicability of Starch-Based Films: An Eco-Friendly Approach," *Foods*, vol. 10, no. 9, Sep 14, 2021. DOI: 10.3390/foods10092181
- [85] A. C. Kumoro, D. Apriyanti, N. Rokhati, N. Mawarni, Z. Khoiriyah, T. Istirokhatun, Hadiyanto, S. A. Roces, L. Yung, X. Rong, A. W. Lothongkum, M. T. Phong, M. A. Hussain, W. R. W. Daud, and P. T. S. Nam, "Edible Coating



- from Green Tea Extract and Chitosan to Preserve Strawberry (*Fragaria vesca* L.),” MATEC Web of Conferences, vol. 156, pp. 01022, 2018. DOI: 10.1051/mateconf/201815601022
- [86] C. Han, Y. Zhao, S. Leonard, M. J. P. b. Traber, and Technology, “Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria× ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*),” *Postharvest biology and Technology*, vol. 33, no. 1, pp. 67-78, 2004. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.01.008
- [87] M. S. Dam, X. T. To, Q. T. P. Le, L. L. P. Nguyen, L. Friedrich, G. Hitka, T. Zsom, T. C. T. Nguyen, C. Q. Huynh, M. D. T. Tran, and V. D. Nguyen, “Postharvest quality of hydroponic strawberry coated with chitosan-calcium gluconate,” *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, vol. 16, no. S2, pp. 141-151, 2021. DOI:10.1556/446.2020.20016
- [88] S. Dam, and H. Nguyen, "The effect of the neem seed extract (*Azadirachtin indica*), Chitosan and CaCl<sub>2</sub> on strawberry (*Fragaria ananassa*) storage."
- [89] A. Riaz, R. M. Aadil, A. M. O. Amoussa, M. Bashari, M. Abid, and M. M. Hashim, “Application of chitosan-based apple peel polyphenols edible coating on the preservation of strawberry (*Fragaria ananassa* cv Hongyan) fruit,” *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 45, no. 1, 2020. DOI: 10.1111/jfpp.15018
- [90] A. Allende, A. Marín, B. Buendía, F. Tomás-Barberán, and M. I. Gil, “Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O<sub>3</sub>, superatmospheric O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub>) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries,” *Postharvest Biology and Technology*, vol. 46, no. 3, pp. 201-211, 2007. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.05.007
- [91] M. Jouki, and N. Khazaei, “Effect of low-dose gamma radiation and active equilibrium modified atmosphere packaging on shelf life extension of fresh strawberry fruits,” *Food Packaging and Shelf Life*, vol. 1, no. 1, pp. 49-55, 2014. DOI: 10.1016/j.fpsl.2013.12.001
- [92] M. Shafiee, T. S. Taghavi, and M. Babalar, “Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry,” *Scientia Horticulturae*, vol. 124, no. 1, pp. 40-45, 2010. DOI: 10.1016/j.scienta.2009.12.004
- [93] S. Mortazavi, B. Siruie, N. Moalemi, and S. Eshghi, “The Effects of Polyamines and UV-C Irradiation on Postharvest Quality of Strawberry Fruit,” *VII International Strawberry Symposium 1049*, pp. 749-754, 2014. DOI: 10.17660 / ActaHortic.2014.1049.117
- [94] L. Zhang, S. Zhao, S. Lai, F. Chen, and H. Yang, “Combined effects of ultrasound and calcium on the chelate-soluble pectin and quality of strawberries during storage,” *Carbohydr Polym*, vol. 200, pp. 427-435, Nov 15, 2018. DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.08.013
- [95] A. Maryam, R. Anwar, A. U. Malik, M. I. U. Raheem, A. S. Khan, M. U. Hasan, Z. Hussain, and Z. Siddique, “Combined aqueous ozone and ultrasound application inhibits microbial spoilage, reduces pesticide residues and maintains storage quality of strawberry fruits,” *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 15, no. 2, pp. 1437-1451, 2020. DOI: 10.1007/s11694-020-00735-3
- [96] Y. Esmaili, N. Zamindar, S. Paidari, S. A. Ibrahim, and A. Mohammadi Nafchi, “The synergistic effects of aloe vera gel and modified atmosphere packaging on the quality of strawberry fruit,” *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 45, no. 12, pp. e16003, 2021.
- [97] İ. Kahramanoğlu, “Effects of lemongrass oil application and modified atmosphere packaging on the postharvest life and quality of strawberry fruits,” *Scientia Horticulturae*, vol. 256, pp. 108527, 2019. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.05.054
- [98] Z. Ulukanli, A. T. Oz, and M. Cenet, “The Authenticity of Honey and Its Effect on Strawberry Fruits,” *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 36, no. 4, pp. 364-373, 2012. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2012.00699.x

## FACTORS CAUSING SPOILAGE AND POSTHARVEST PRESERVATION METHODS OF STRAWBERRY

NGUYEN DUC VUONG\*, TRAN CONG DANH, BUI THI NGOC TRAM, NGUYEN MINH CHAU,  
DAM SAO MAI, LE PHAM TAN QUOC

*Institute of Biotechnology and Food Technology, Industrial University of HoChiMinh City*

\*Corresponding: nguyenducvuong@iuh.edu.vn

**Abstract.** Strawberries have high sensory quality, numerous nutritional benefits, and a high monetary value. However, due to their thin skin, strawberries have a limited shelf life and are readily harmed by a variety of factors, including physical, biological, and environmental ones, which reduce their nutritional content, sensory quality, and even lead them to spoil. Numerous research articles have been published in the past on how to preserve strawberries while also extending their shelf life and maintaining their freshness. In this article, we provide a summary of some notable outcomes, advantages, and drawbacks of strawberry

postharvest preservation methods. The categories of techniques include physical techniques, packaging in controlled environments, coatings, chemical treatments, and their combinations. The goals of this article are as follows: (1) postharvest strawberry fruit characteristics; (2) an overview of the causes of strawberry postharvest spoilage; and (3) methods of preserving strawberries after harvest. Many methods, such as packaging in a modified atmosphere, film or coating, some organic chemicals, and physical techniques, produce good results. The combination of methods increases efficiency, so it is necessary to continue researching and developing, applying in post-harvest preservation of strawberries, and thin-skinned fruits as well.

**Keywords:** chitosan, coating film, coating, modified atmosphere packaging, physical technique, strawberry.

*Ngày gửi bài: 20/07/2022*

*Ngày chấp nhận đăng: 21/10/2022*