

Tiềm năng ứng dụng gel nha đam trong phát triển bao bì ăn được

Potential application of *Aloe vera* gel in edible packaging development

Đoàn Thị Quỳnh Hoa¹, Trương Kim Phượng¹, Nguyễn Minh Xuân Hồng^{2*}

¹Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

*Tác giả liên hệ, Email: nmxhong@hcmuaf.edu.vn

THÔNG TIN

DOI:10.46223/HCMCOUJS.tech.vi.20.1.3583.2025

Ngày nhận: 24/07/2024

Ngày nhận lại: 17/08/2024

Duyệt đăng: 28/08/2024

Từ khóa:

bao bì ăn được; bảo quản thực phẩm; gel nha đam; kháng khuẩn; kháng oxy hóa

Keywords:

edible packaging; food preservation; aloe vera gel; antimicrobial; antioxidant

TÓM TẮT

Bao bì ăn được là một giải pháp hữu hiệu trong bảo quản và nâng cao giá trị sản phẩm thực phẩm. Bao bì ăn được với khả năng phân hủy sinh học tốt cũng đang nhận được sự quan tâm trong xu hướng sản xuất và tiêu dùng bền vững, thân thiện với môi trường. Là cây dược liệu được trồng phổ biến trên thế giới và Việt Nam, nha đam là một nguyên liệu tiềm năng nên đã và đang được nghiên cứu và ứng dụng trong bảo quản thực phẩm. Bao bì ăn được từ gel nha đam đã được chứng minh có khả năng kéo dài thời gian bảo quản, kháng oxy hóa, kháng các loại vi sinh vật, nấm gây hại, đồng thời duy trì các giá trị cảm quan cho sản phẩm thực phẩm. Bài viết này nhằm mục đích cung cấp các thông tin liên quan đến đặc tính cũng như tiềm năng ứng dụng của gel nha đam trong việc tạo bao bì ăn được.

ABSTRACT

Edible packaging is an effective solution for preserving and enhancing the value of food products. Edible packaging with good biodegradability is also receiving attention regarding sustainable and environmentally friendly production and consumption trends. As a medicinal plant commonly grown worldwide and in Vietnam, *aloe vera* is a potential material that has been researched and applied in food preservation. *Aloe vera* film has been proven to have the ability to prolong the shelf-life, reduce oxidation, resist harmful microorganisms and fungi, and maintain the sensory values of the food product. This article aims to provide information on aloe vera gel's properties and potential applications in edible packaging.

1. Giới thiệu

Sự phát triển mạnh mẽ của xu hướng sản xuất xanh đã tạo nên sự chú ý đối với bao bì ăn được (edible packaging) so với các loại bao bì truyền thống khác. Bao bì ăn được không chỉ thân thiện với môi trường mà còn có tiềm năng kết hợp với nhiều vật liệu mang những hoạt chất tự nhiên có giá trị trong bảo quản thực phẩm và có lợi cho sức khỏe (Ju & ctg., 2019). Bao bì ăn được thường được sản xuất từ những nguyên liệu hữu cơ, có khả năng phân hủy sinh học, được sử dụng làm lớp bọc (wrapping) hoặc lớp phủ (coating) trên thực phẩm. Nhiều nghiên cứu gần đây đã chứng minh tầm quan trọng của bao bì ăn được trong việc tạo nên giá trị gia tăng cho thực phẩm đóng gói. Bên cạnh đó, bao bì ăn được có khả năng duy trì thành phần dinh dưỡng

của thực phẩm, kháng khuẩn chống oxy hóa, đồng thời loại bỏ các thành phần ảnh hưởng đến thời gian bảo quản thực phẩm như oxy và hơi nước (Petkoska & ctg., 2021).

Nha đam là một loại cây thuộc họ xương rồng, được trồng phổ biến và phát triển tốt ở các khu vực có khí hậu nhiệt đới, cận nhiệt đới, thậm chí sa mạc. Với khí hậu nhiệt đới, nha đam hiện được trồng và phát triển tốt ở nhiều khu vực ở Việt Nam, đặc biệt tại tỉnh Ninh Thuận, nơi chủ yếu là loại đất pha cát và khô cằn (Nguyen & ctg., 2021). Từ lâu, nha đam đã được ứng dụng như là một loại thảo dược dân gian có tính chất nhuận tràng, có tác dụng làm dịu các vết bỏng hoặc côn trùng cắn. Bên cạnh khả năng chữa lành vết thương, nha đam còn được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực thực phẩm hoặc mỹ phẩm với khả năng kháng khuẩn, kháng virus, kháng nấm (Mandal & ctg., 2023).

Trong những năm gần đây, thực phẩm lạm dụng chất hóa học nhằm kéo dài thời hạn bảo quản đang là vấn đề được người tiêu dùng quan tâm và hạn chế sử dụng. Nhu cầu tiêu thụ thực phẩm dinh dưỡng, an toàn và thân thiện với môi trường ngày càng gia tăng. Do đó, bao bì ăn được với sự kết hợp giữa các loại polymer sinh học cùng một số nguyên liệu tự nhiên có hoạt tính sinh học như nha đam đã và đang được nghiên cứu (Misir & ctg., 2014).

2. Nguyên liệu tạo bao bì ăn được

Protein, polysaccharide, lipid, và một số thành phần ăn được có nguồn gốc từ các nguồn nguyên liệu tái tạo đa dạng thường được sử dụng làm thành phần chính trong bao bì ăn được (Krochta, 2002). Bao bì ăn được hiện được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp thực phẩm nhằm mục đích bảo vệ thực phẩm khỏi các tác hại vật lý, hóa học cũng như sinh học. Bao bì ăn được đã được chứng minh hiệu quả trong việc ngăn ngừa mất mùi thơm, hương vị, kháng khuẩn và kháng oxy hóa (Díaz-Montes & Castro-Muñoz, 2021). Nhiều sản phẩm phụ từ thực vật và động vật có hàm lượng polysaccharide và protein cao, có thể được sử dụng để tạo ra các chất phủ và thành phần màng có thể ăn được hoặc phân hủy sinh học. Đây là một giải pháp thay thế hữu hiệu cho các bao bì truyền thống không thể tái chế. Trấu, vỏ, hạt, thân và lá thực vật, cùng với lông, da động vật là những ví dụ về các sản phẩm phụ có tiềm năng trong sản xuất bao bì ăn được (Chiralt & ctg., 2020). Tuy nhiên, các polymer sinh học thường có bản chất ưa nước, do đó chúng thể hiện khả năng cản hơi nước và tính chất cơ học kém hơn so với vật liệu nhựa trong bao bì truyền thống. Vì vậy, cần có những nghiên cứu nhằm nâng cao độ bền cơ học, khả năng chống nước nhằm đáp ứng các yêu cầu về chức năng của vật liệu bao gói thực phẩm (Cano & ctg., 2017).

3. Đặc tính của cây nha đam

3.1. Đặc điểm thực vật và thành phần hóa học cây nha đam

Nha đam (*Aloe barbadensis* Miller) là một loại cây lâu năm lá to màu xanh lục nổi với nhau ở thân cây theo hình hoa thị. Lá lô hội được hình thành bởi một lớp biểu bì dày (da) được bao phủ bởi các lớp biểu bì bao quanh lớp thịt lá, có thể phân biệt thành các tế bào mô đệm và các tế bào có thành mỏng hơn tạo thành nhu mô. Thành phần hóa học của cây nha đam phụ thuộc phần lớn vào loài được phân tích và có hàm lượng nước cao, dao động từ 98.5% đến 99.5% chất tươi. Hơn 60% chất rắn còn lại được tạo thành từ polysaccharide (Añibarro-Ortega & ctg., 2019; McAnalley, 1990) (Bảng 1).

Các tế bào nhu mô chứa một loại thạch nhầy trong suốt được gọi là gel nha đam (Femenia & ctg., 1999). Thành phần hóa học trong gel nha đam tính trên tổng hàm lượng chất khô gồm 35% chất xơ (polysaccharide không phải tinh bột + lignin), 27% đường hòa tan, 24%

tro và một phần nhỏ lipid, protein, enzyme và các nguyên tố khoáng (Abendroth & ctg., 2009). Acemannan, một glucomannan acetyl hóa được chứng minh là thành phần hoạt chất chính của gel nha đam nhầy. Pectic cũng được xác định là polysaccharide chính trong gel nha đam. Sự khác biệt về thành phần hóa học và hoạt chất sinh học là do sự khác biệt về loài, mùa vụ, vị trí địa lý và quá trình chiết xuất gel nha đam (Femenia & ctg., 1999; Hamman, 2008).

Bảng 1

Thành Phần Hóa Học và Các Hợp Chất Tocopherol trong Gel Nha Đam

Thành phần dinh dưỡng	Fillet lá tươi	Bột nha đam khô
Âm (g/100g)	98 ± 1	-
Protein (g/100g)	0.044 ± 0.001	2.60 ± 0.05
Tro (g/100g)	0.150 ± 0.003	9.0 ± 0.2
Béo (g/100g)	0.0168 ± 0.0006	1.00 ± 0.04
Carbohydrate tiêu hóa (g/100g)	0.630 ± 0.006	37.4 ± 0.3
Chất xơ (g/100g)	0.84 ± 0.02	50.1 ± 0.3
Xơ thô (g/100g)	0.120 ± 0.003	7.1 ± 0.2
Năng lượng (kcal/100g)	4.54 ± 0.05	269 ± 3
Oxalic acid (mg/100g)	2.39 ± 0.04	142 ± 2
Quinic acid (mg/100g)	11.63 ± 0.07	689 ± 4
Malic acid (mg/100g)	97 ± 1	5,750 ± 66
Tổng acid hữu cơ (mg/100g)	111 ± 1	6,581 ± 73
α -Tocopherol (μ g/100g)	81 ± 2	4,813 ± 104
β -Tocopherol (μ g/100g)	3.59 ± 0.06	213 ± 3
γ -Tocopherol (μ g/100g)	6.7 ± 0.1	396 ± 8
δ -Tocopherol (μ g/100g)	1.78 ± 0.02	106 ± 1
Tocopherol tổng (μ g/100g)	93 ± 2	5527 ± 98

Nguồn: Dữ liệu từ “Compositional features and bioactive properties of Aloe vera leaf (fillet, mucilage, and rind) and flower” bởi M. Añibarro-Ortega, J. Pinela, L. Barros, A. Ćirić, S. P. Silva, E. Coelho, A. Mocan, R. C. Calhella, M. Soković, và M. A. Coimbra, 2019, *Antioxidants*, 8(10), Article 444

3.2. Hoạt tính sinh học của gel nha đam

Nha đam từ lâu đã được sử dụng làm dược liệu. Hiện nay, nha đam không chỉ được sử dụng trong lĩnh vực y học mà còn được ứng dụng rộng rãi ở các lĩnh vực khác như mỹ phẩm hay thực phẩm. Với tiềm năng ứng dụng lớn, thành phần hoạt tính sinh học của nha đam đã và đang tiếp tục được quan tâm nghiên cứu (Martínez-Burgos & ctg., 2022).

Bảng 2

Thành Phần Hoạt Tính Sinh Học Chính của Gel Nha Đam

Glycoprotein	Anthraquinone	Saccharide	Vitamin	Enzyme
Glycoprotein	Aloe-emodin	Cellulose	B1	Amylase
	Aloetic acid	Glucose	B2	Carboxypeptidase
	Aloin	Mannose	B6	Catalase

Glycoprotein	Anthraquinone	Saccharide	Vitamin	Enzyme
	Anthranol	Aldopentose	C	Cyclooxidase
	Barbaloin	Acetylated mannan	β -carotene	Lipase
	isoberbaloin	(acemannan)	Choline	Oxidase
	Emodin	Glucomannan	Folic acid	
	Ester methyl của acid cinnamic	Acetylated glycomannan	α -tocopherol	
		Galactogalacturan		
		Glucogalactomannan		
		Galactoglucoarabinomannan		

Nguồn: Dữ liệu từ “Aloe vera: A plant for many uses” bởi E. Christaki và P. Florou-Paneri, 2010, *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(2), 245-249

Có khoảng 75 hợp chất tự nhiên có hoạt tính sinh học trong nha đam; trong đó có lignin, saponin, anthraquinone, chất khoáng, vitamin, acid amin thiết yếu và không thiết yếu, và nhiều loại enzyme khác nhau (Raksha & ctg., 2014). Một số nghiên cứu đã cho thấy ngoài các hợp chất phenol, polysaccharide là thành phần chính mang lại nhiều hoạt tính sinh học trong nha đam; trong đó acemannan, hay β -(1,4)-acetylated polymannose, là polysaccharide có hoạt tính sinh học chính (Christaki & Florou-Paneri, 2010; Liu & ctg., 2019) (Bảng 2). Hoạt động của polysaccharide này phụ thuộc vào mức độ acetyl hóa, trọng lượng phân tử, loại đường và sự phân nhánh glycosid. Điều kiện sinh trưởng khác nhau có thể làm thay đổi cấu trúc polysaccharide trong nha đam (Sánchez-Machado & ctg., 2017). Các tác động sinh học từ nha đam được cho là do tác dụng hiệp đồng giữa nhiều hợp chất có hoạt tính sinh học mà không phải là tác động đơn lẻ của từng hợp chất (Hamman, 2008).

3.3. Đặc tính kháng oxy hóa, chống viêm và kháng khuẩn của gel nha đam

ROS (Reactive Oxygen Species) là các gốc oxy hóa hoạt động có nguồn gốc từ oxy. ROS tham gia vào nhiều hoạt động điều khiển quá trình oxy hóa khử của tế bào nhằm duy trì cân bằng nội môi tế bào. ROS gồm các gốc tự do và các phân tử khác không phải gốc tự do nhưng có khả năng tham gia phản ứng mạnh mẽ. Các chất chống oxy hóa có nguồn gốc thực vật, trong đó có nha đam, đã được chứng minh có khả năng tham gia điều hòa mức độ ROS từ đó có khả năng chống oxy hóa, và chống viêm (Bardaweel & ctg., 2018). Trong dịch chiết lá nha đam có chứa nhiều thành phần có khả năng kháng oxy hóa như phenol tổng, flavonoid, axit ascorbic, β -carotene và α -tocopherol (Raksha & ctg., 2014).

Nhiều nghiên cứu *in vitro* và *in vivo* đã cho thấy tác dụng ức chế thromboxane (chất ức chế quá trình hồi phục vết thương) của nha đam, từ đó khẳng định khả năng hỗ trợ làm lành vết thương và giảm viêm của nha đam. Bên cạnh đó, gel nha đam có chứa magiê lactate, có khả năng ức chế sản sinh histamine gây kích ứng da. Cơ chế chống viêm của nha đam được thực hiện thông qua việc ức chế sản xuất cytokine gây viêm (IL-6 và TNF- α), các chất trung gian và enzyme (NO, iNOS và COX-2) và thông qua điều hòa giảm đường dẫn tín hiệu NF- κ B và MAPK (Wang & ctg., 2023). Các hợp chất tự nhiên được phân lập từ nha đam như aloe-emodin, aloin, aloesin, emodin và acemannan, còn có tác dụng làm giảm các triệu chứng liên quan đến tình trạng viêm mãn tính (Park & ctg., 2011). Đặc tính tái tạo của nha đam được lý giải do nha đam có chứa hợp chất glucomannan, hợp chất này tác động đến hoạt động của thụ thể yếu tố tăng trưởng nguyên bào sợi, làm tăng sản xuất collagen và các liên kết của chúng, từ đó đẩy mạnh quá trình hồi phục vết thương (Takahashi & ctg., 2009).

Khả năng kháng khuẩn, kháng nấm của gel nha đam đã được khảo sát trong nhiều công trình nghiên cứu. Chiết xuất gel nha đam đã được chứng minh có khả năng tạo vòng kháng với các chủng vi khuẩn *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Streptococcus pyogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* và khả năng kháng nấm tốt trên các chủng nấm *Fusarium oxysporum*, *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger* (Danish & ctg., 2020; Nejazdadeh-Barandozi, 2013). Khả năng ức chế vi khuẩn và nấm của nha đam được lý giải do chúng có chứa nhiều hợp chất tự nhiên có hoạt tính sinh học, đặc biệt là các hợp chất polyphenol (Ignat & ctg., 2013).

4. Tiềm năng ứng dụng của gel nha đam trong tạo bao bì ăn được

Lá nha đam là một mặt hàng thương mại lớn trên toàn thế giới. Gel nha đam - phần trung mô lá giàu polysaccharide cung cấp nguồn nước dự trữ cho cây nha đam trong điều kiện sống khô hạn - chứa nhiều đặc tính hữu ích và được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực, trong đó có thực phẩm (Grace & ctg., 2015). Gel nha đam với đặc tính tạo màng và phân hủy sinh học tốt, kèm theo nhiều hợp chất tự nhiên có hoạt tính sinh học, có khả năng ứng dụng trong chế biến và bảo quản thực phẩm (Maan & ctg., 2021). Hiện nay, gel nha đam đang được ứng dụng phổ biến trong tạo bao bì ăn được trong bảo quản các loại thực phẩm tươi như rau củ quả, nấm hay thủy hải sản. Gel nha đam có thể được sử dụng riêng lẻ hoặc kết hợp cùng nhiều loại polymer sinh học khác nhằm tối ưu các đặc tính của bao bì (Hasan & ctg., 2021; Nicolau-Lapeña & ctg., 2021; Vaishali & ctg., 2019).

Trên thế giới, nhiều công trình nghiên cứu đã ứng dụng gel nha đam trong tạo bao bì ăn được dưới dạng lớp màng (wrapping) hoặc lớp phủ (coating) ứng dụng trong bảo quản thực phẩm (Bảng 3). Bao bì ăn được không chỉ góp phần thay thế các loại bao bì nhựa khó phân hủy mà còn góp phần tăng cường giá trị dinh dưỡng cho thực phẩm. Sự kết hợp của gel nha đam cùng tinh bột đã cho kết quả tạo màng có hàm lượng tinh bột kháng cao hơn. Kết quả trên cho thấy gel nha đam có tác dụng làm chậm quá trình tiêu hóa tinh bột trong màng từ đó có thể đóng vai trò hỗ trợ trong các thực phẩm ăn kiêng (Gutiérrez & Álvarez, 2016). Gel nha đam đã được chứng minh có vai trò tăng cường tính kháng khuẩn, kháng oxy hóa của bao bì, đồng thời giúp cải thiện tính chất cơ học của bao bì ăn được (Chin & ctg., 2017; Nizam & ctg., 2021).

Bảng 3

Tổng Hợp một số Công Trình Nghiên Cứu Ứng Dụng Nha Đam trong Bảo Quản Thực Phẩm

TT	Đối tượng bảo quản	Tỷ lệ nha đam (%)	Nguyên liệu kết hợp/Phụ gia	Phương pháp tạo màng	Kết quả	Tài liệu tham khảo
Trái cây						
1.	Nho	25		Nhúng	Kéo dài thời gian bảo quản, hạn chế giảm trọng lượng, thay đổi màu sắc, độ mềm và tốc độ chín Hạn chế sự phát triển vi sinh vật	Valverde và cộng sự (2005)
2.	Cherry	25		Nhúng	Kéo dài thời gian bảo quản, hạn chế giảm trọng lượng, thay đổi màu sắc, độ mềm, duy trì hương vị quả Hạn chế sự phát triển vi sinh vật	Martínez-Romero và cộng sự (2006)

TT	Đối tượng bảo quản	Tỷ lệ nha đam (%)	Nguyên liệu kết hợp/Phụ gia	Phương pháp tạo màng	Kết quả	Tài liệu tham khảo
3.	Kiwi cắt lát	5		Nhúng	Giảm quá trình vàng hóa, cải thiện tổng lượng pectin và duy trì kết cấu, giảm tiêu thụ O ₂ và sản xuất CO ₂ Hạn chế sự phát triển vi sinh vật	Benítez và cộng sự (2013)
4.	Táo Tàu	75	Pectin	Nhúng	Kéo dài thời gian bảo quản, duy trì giá trị cảm quan Hạn chế sự phát triển vi sinh vật	Padmaja và Bosco (2014)
5.	Đào	25		Nhúng	Hạn chế giảm trọng lượng Duy trì hương vị, màu sắc quả	Hazrati và cộng sự (2017)
6.	Cam cắt lát	100	Gelatin, chiết xuất trà xanh, chiết xuất trà đen	Nhúng	Hạn chế giảm trọng lượng, kéo dài thời gian bảo quản, duy trì giá trị cảm quan Hạn chế sự phát triển vi sinh vật	Radi và cộng sự (2017)
7.	Dâu tây đông lạnh	100	Glycerol	Nhúng	Duy trì màu sắc, ngoại quan, tổng chất rắn hòa tan, acid chuẩn độ, acid ascorbic, hoạt tính kháng oxy hóa, lượng anthocyanins và phenol tổng	Qamar và cộng sự (2018)
8.	Táo tươi cắt lát	150	Gelatin, chiết xuất trà xanh, acid citric, acid ascorbic, CaCl ₂	Nhúng	Hạn chế giảm trọng lượng; duy trì giá trị cảm quan: màu sắc, hương, vị, độ chắc Hạn chế sự phát triển vi sinh vật	Amiri và cộng sự (2018)
9.	Cam	2	Rhamnolipid, acid ascorbic, acid citric	Nhúng	Hạn chế giảm chất rắn hòa tan, độ cứng, acid chuẩn độ Ức chế sự phát triển của nấm <i>Penicillium digitatum</i>	Adetunji và cộng sự (2019)
10.	Cam	30	Salicylic acid, glycerol	Nhúng	Duy trì độ cứng, lượng chất rắn hòa tan, acid, vitamin C, phenol; giảm rò rỉ chất điện giải và tổn thương lạnh; duy trì tốt các đặc tính cảm quan: mùi vị, độ ngọt, độ mọng nước Hạn chế thối rữa, nấm men, nấm mốc, vi khuẩn hiếu khí	Rasouli và cộng sự (2019)
11.	Táo cắt lát	40	Tinh dầu chanh, hydroxypropyl methylcellulose, acid ascorbic, acid citric	Phun	Hạn chế giảm trọng lượng, chất rắn hòa tan, màu sắc Tri hoãn quá trình chín, mềm quả	Farina, Passafium, Tinebra, Palazzolo, và cộng sự (2020)
12.	Dâu tây	20	Chitosan, tinh bột chuối, acid citric	Nhúng	Hạn chế giảm trọng lượng; duy trì đặc tính hóa lý (độ cứng, màu sắc); kéo dài thời gian bảo quản, kháng nấm	Pinzon và cộng sự (2020)

TT	Đối tượng bảo quản	Tỷ lệ nha đam (%)	Nguyên liệu kết hợp/Phụ gia	Phương pháp tạo màng	Kết quả	Tài liệu tham khảo
13.	Đu đủ cắt lát	30	Gellan gum, K-carrageenan, CaCl ₂ , sodium alginate, glycerol, acid citric, acid ascorbic	Nhúng	Hạn chế giảm trọng lượng, duy trì độ chắc, màu sắc, tổng lượng chất rắn hòa tan, acid chuẩn độ	Farina, Passafiume, Tinebra, Scuderi, và cộng sự (2020)
14.	Xoài	40	Guar gum	Nhúng	Hạn chế giảm trọng lượng, thay đổi màu sắc; duy trì lượng acid ascorbic, phenol tổng, hoạt tính kháng oxy hóa	Ebrahimi và Rastegar (2020)
15.	Xoài	0.3	Chitosan, glycerol, tween 80, chiết xuất lá đu đủ	Nhúng	Hạn chế giảm trọng lượng, thay đổi màu sắc, độ chắc, duy trì hàm lượng vitamin C Kháng nấm <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Nguyen và Nguyen (2021)
16.	Chuối	50	Chiết xuất vỏ chanh	Nhúng	Kéo dài thời gian bảo quản Hạn chế lượng chất rắn hòa tan, acid ascorbic Kháng nấm <i>Colletotrichum musae</i>	Jodhani và Nataraj (2021)
17.	Xoài	30	Chitosan, CaCl ₂	Nhúng	Hạn chế giảm trọng lượng Duy trì lượng acid ascorbic, phenol, hoạt tính chống oxy hóa Duy trì màu sắc quả	Seyed và cộng sự (2021)
18.	Và tây	40	Glycerol, acid citric, anthocyanin,	Nhúng	Hạn chế giảm tổng lượng chất rắn hòa tan, acid chuẩn độ	Al-Hilifi và cộng sự (2022)
19.	Đâu tây	45	Sáp carnauba, acid citric, acid ascorbic	Nhúng	Hạn chế suy giảm trọng lượng Ổn định độ pH và trì hoãn quá trình chín Hạn chế sự phát triển của nấm <i>Botrytis cinerea</i>	Álvarez-Barreto và cộng sự (2023)
20.	Táo cắt lát	3	CMC	Nhúng	Hạn chế suy giảm trọng lượng, duy trì hàm lượng phenolic Kháng oxy hóa, giảm hóa nâu Tăng khả năng kháng khuẩn đối với vi khuẩn hiếu khí và ưa lạnh	Tosif và cộng sự (2023)
Rau củ						
21.	Cà chua cherry	50	Tinh bột bắp, glycerol	Phun	Hạn chế giảm trọng lượng quả Kháng nấm <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Bipolaris spicifera</i> , <i>Curvularia hawaiiensis</i>	Ortega-Toro và cộng sự (2017)

TT	Đối tượng bảo quản	Tỷ lệ nha đam (%)	Nguyên liệu kết hợp/Phụ gia	Phương pháp tạo màng	Kết quả	Tài liệu tham khảo
22.	Ốt chuông xanh	66.7	Sodium alginate, dầu trầm hương, glycerol	Nhúng	Làm chậm quá trình lão hóa, chặn tia cực tím Kháng khuẩn <i>S. pneumonia</i> , <i>E. coli</i> , kháng nấm <i>S. racemosum</i>	Salama và Aziz (2021)
Sản phẩm khác						
23.	Nấm mỡ	50	Gum tragacanth	Nhúng	Kéo dài thời gian bảo quản, duy trì cấu trúc, trọng lượng, giảm hư hại trong quá trình vận chuyển Hạn chế sự phát triển vi sinh vật	Mohebbi và cộng sự (2012)
24.	Tôm	20	Tween 80, eugenol	Nhúng	Làm chậm oxy hóa lipid Cải thiện sự mất nước, màu sắc, sự phân hủy	Sharifimehr và cộng sự (2019)
25.	Kem	15	Carrageenan, glycerol	Tạo lớp film	Cải thiện độ ổn định của lipid Kháng oxy hóa, kháng khuẩn <i>Escherichia coli</i>	Mahajan và cộng sự (2022)
26.	Nấm mỡ	50	Tinh dầu vỏ cam	Nhúng	Làm chậm hô hấp, giảm độ ẩm, ức chế hoá nâu; duy trì các đặc tính cảm quan, độ cứng, hàm lượng phenolic tổng, flavonoid tổng, hoạt tính chống oxy hóa Hạn chế sự phát triển vi sinh vật	Kumar và cộng sự (2023)

Nguồn: Kết quả phân tích dữ liệu của nhóm nghiên cứu

5. Thảo luận

5.1. Tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước

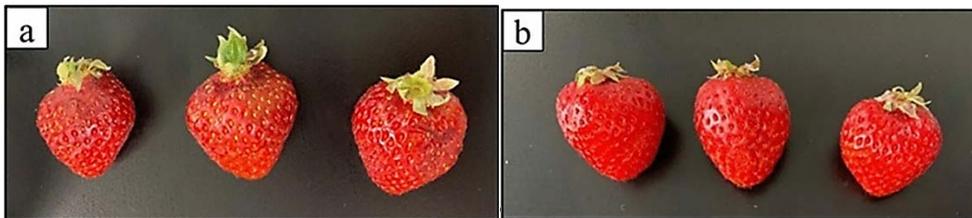
Các công bố liên quan đến ứng dụng của nha đam trong bảo quản thực phẩm đều là các công trình công bố quốc tế, chưa có công bố trong nước về ứng dụng gel nha đam trong bảo quản thực phẩm. Các công trình ứng dụng gel nha đam kết hợp với một số vật liệu sinh học và phụ gia khác chủ yếu ứng dụng trong bảo quản trái cây, củ dưới dạng nguyên trái hoặc đã được cắt lát/miếng. Các công trình nghiên cứu trên đã cho thấy tiềm năng ứng dụng của gel nha đam trong tạo lớp màng ăn được dưới dạng lớp phủ hoặc lớp màng trong bảo quản thực phẩm. Đây là một giải pháp hiệu quả thay thế cho các phương pháp bảo quản truyền thống khác, góp phần hạn chế phụ gia bảo quản đồng thời giảm thiểu lượng rác thải từ thực phẩm (Nair & ctg., 2023). Đặc biệt, đối với những loại trái cây có giá trị kinh tế cao, đây là một giải pháp nhằm tăng cường hiệu quả kinh tế thông qua việc kéo dài thời hạn bảo quản, giảm thất thoát sau thu hoạch, duy trì chất lượng, hương vị sản phẩm đồng thời đáp ứng được xu hướng tiêu dùng thân thiện với môi trường của người tiêu dùng hiện đại (Petkoska & ctg., 2021).

Công thức xây dựng dung dịch tạo màng từ các nghiên cứu đã được công bố rất đa dạng. Tỷ lệ nha đam được sử dụng trong công thức của dung dịch tạo màng dao động tùy thuộc vào đối tượng bảo quản, các vật liệu/phụ gia kết hợp hoặc phương pháp tạo màng. Nhiều loại polymer sinh học đã được nghiên cứu kết hợp cùng gel nha đam trong tạo bao bì ăn được như: chitosan, gelatin, sodium alginate, pectin hoặc nhiều loại gum khác nhau. Bên cạnh đó, glycerol được sử

dụng phổ biến với vai trò là chất làm dẻo. Glycerol với tính chất ưa nước và khi được bổ sung với lượng phù hợp cùng với các polyme sinh học có thể làm giảm lực liên phân tử và tăng tính linh động của chuỗi polymer, từ đó tăng cường tính chất cơ học của bao bì ăn được (Jouki & ctg., 2013). Một số loại acid hữu cơ cũng được sử dụng trong công thức tạo bao bì ăn được, phổ biến như acid citric và acid ascorbic. Chúng có vai trò điều chỉnh độ pH của dung dịch tạo màng đồng thời có vai trò kháng oxy hóa và tạo độ ổn định về màu sắc sản phẩm (Marghmaleki & ctg., 2021; Rodríguez & ctg., 2020). Nhằm tăng cường hoạt tính sinh học cho bao bì ăn được, nhiều loại tinh dầu hoặc chiết xuất thực vật đã được bổ sung trong dung dịch tạo màng. Tinh dầu từ vỏ cam, chanh, hoặc các loại chiết xuất từ trà xanh từ lâu đã được biết đến với đặc tính kháng khuẩn, kháng oxy hóa tốt đã được kết hợp trong một số công thức tạo bao bì ăn được (Farina, Passafiume, Tinebra, Palazzolo, & ctg., 2020; Jodhani & Nataraj, 2021; Radi & ctg., 2017).

Hình 1

Dâu Tây được Bảo Quản bởi Bao Bì Ăn được từ Gel Nha Đam Kết Hợp Tinh Dầu Húng Quế (Hình B) so với Mẫu Đối Chứng (Hình A) trong Thời Gian 12 Ngày ở 4°C



Nguồn: Dữ liệu từ “Impact of *Aloe vera* gel coating enriched with basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil on postharvest quality of strawberry fruit” bởi L. Mohammadi, A. Ramezani, F. Tanaka, và F. Tanaka, 2021, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, pp. 353-362

Tùy vào đặc tính sản phẩm, bao bì ăn được được tạo thành dưới nhiều phương pháp tạo màng khác nhau. Bao bì ăn được có thể được ứng dụng trong bảo quản thực phẩm dưới hai dạng chính: (1) lớp bao bì được phủ trực tiếp lên bề mặt thực phẩm bằng phương pháp nhúng (immersion), phun (spraying), hoặc phủ (drenching) và (2) bao bì được tạo dưới dạng lớp màng rời (lớp film) bao quanh sản phẩm (Aguirre-Joya & ctg., 2018). Đối với bảo quản trái cây tươi, bao bì ăn được thường được phủ trực tiếp lên bề mặt thực phẩm bằng phương pháp nhúng. Thời gian nhúng của sản phẩm trong dung dịch tạo màng đối với sản phẩm trái cây tươi phổ biến là từ 02 - 05 phút. Sau khi nhúng, sản phẩm được làm khô tự nhiên hoặc có sự hỗ trợ của một số phương pháp làm khô khác như quạt gió (Benítez & ctg., 2013; Farina, Passafiume, Tinebra, Scuderi, & ctg., 2020; Nguyen & Nguyen, 2021). Các đặc điểm của lớp màng phụ thuộc phần lớn vào ứng dụng của sản phẩm thực phẩm, các sản phẩm nhạy cảm với quá trình oxy hóa cần lớp màng có độ thấm oxy thấp (Aguirre-Joya & ctg., 2018). Đối với trái cây và rau quả, màng bao cần đảm bảo độ dày nhằm giảm nồng độ O₂ tăng nồng độ CO₂ từ quá trình lên men kỵ khí (Choi & ctg., 2002). Vì vậy, màng bao ăn được sử dụng trên trái cây thường được tạo bằng phương pháp phủ ướt và trải đều trên bề mặt trái cây và khi sấy khô tạo thành một lớp phủ có độ bám dính, độ kết dính và độ bền phù hợp (Krochta & De Mulder-Johnston, 1997). Sau khi được bảo quản bằng lớp bao bì ăn được, các sản phẩm tiếp tục được lưu trữ ở các điều kiện khác nhau để đánh giá thời gian bảo quản.

5.2. Tiềm năng phát triển của bao bì ăn được từ nha đam trên thế giới và Việt Nam

Nha đam là một loại cây được trồng phổ biến và phân bố rộng rãi ở nhiều khu vực trên thế giới. Là loài cây đơn tính, rễ nông, sống lâu năm phân bố chủ yếu ở Châu Phi, Ấn Độ và nhiều khu vực khô cận hoặc các khu vực cận nhiệt đới. Nha đam có môi trường sống đa dạng

phân bố từ khu vực có độ cao ngang mực nước biển đến độ cao 2,700m, ngay cả khu vực rừng kín tán đến vùng đất cây bụi sa mạc. Nha đam có thể sinh trưởng tốt ở nhiều loại đất khác nhau, trong điều kiện sinh trưởng tốt chúng có thể đạt chiều cao từ 61 - 99cm. Cây nha đam thậm chí thường phát triển tốt ở các khu vực đất và khí hậu không phù hợp cho phát triển nông nghiệp và có điều kiện khắc nghiệt đất đá pha cát. Ngoài cung cấp lá thương mại, nha đam còn có khả năng cải tạo đất thông qua khả năng liên kết và ổn định đất của hệ thống rễ (Salehi & ctg., 2018). Vì vậy, tiềm năng xây dựng vùng nguyên liệu nha đam nhằm cung cấp nguyên liệu cho sản xuất thực phẩm cũng như các lĩnh vực khác là rất lớn.

Hiện nay, gel nha đam chiếm khoảng 40% thị phần nha đam theo sản phẩm trên toàn thế giới, nha đam nguyên lá chiếm 30% và còn lại là các sản phẩm khác. Dự báo đến năm 2030, thị trường nha đam trên toàn thế giới có thể đạt mức 3.4 tỷ USD (The Brainy Insights, 2021). Tại Bangladesh, nha đam là loại cây trồng lâu năm thường được nhân giống sinh dưỡng. Nha đam có thời vụ trồng từ tháng 11 đến tháng 04 và thường được canh tác thủ công (Hình 2). Nha đam đã được chứng minh là cây trồng mang lại lợi nhuận đáng kể, tuy nhiên cần phải đảm bảo đầu ra ổn định có thể được thực hiện thông qua đa dạng hóa sản phẩm từ nha đam. Theo thống kê giá nha đam tại Bangladesh năm 2020 khoảng Tk. 32.42/kg tức khoảng 7,000 VNĐ/kg (Saiyem & ctg., 2020). Tại Việt Nam, giá nguyên liệu nha đam dao động trong khoảng 2,000 VNĐ/kg với lợi nhuận thu được từ trồng nha đam từ khoảng 300 - 600 triệu đồng/ha/năm.

Tồn thất sau thu hoạch là vấn đề được quan tâm trên toàn thế giới trong đó có Việt Nam. Tại Việt Nam, tổn thất sau thu hoạch ở mức trung bình 23%, trong đó rau quả chiếm tỷ lệ tổn thất cao nhất (khoảng 32%) (Axmann & ctg., 2022). Nhiều nỗ lực và nghiên cứu đã được thực hiện nhằm giảm thiểu tổn thất sau thu hoạch. Tuy nhiên, việc sử dụng bao bì ăn được trên sản phẩm thương mại tại Việt Nam hiện chưa phổ biến. Một số công trình nghiên cứu trong nước đã sử dụng bao bì ăn được được tạo thành từ một số loại polymer sinh học ứng dụng chủ yếu trong bảo quản rau quả như táo, hoặc các loại trái cây họ cam, quýt (Tran & ctg., 2022; Nguyen & Ton, 2021). Là nguyên liệu phổ biến, sẵn có và có nhiều tác dụng trong bảo quản thực phẩm, tuy nhiên nha đam chưa được nghiên cứu và ứng dụng trong tạo bao bì ăn được tại Việt Nam.

Hình 2

Cánh Đồng Nha Đam của Công ty Cổ phần Thực phẩm G.C tại Tỉnh Ninh Thuận, Việt Nam



Nguồn: Cung cấp bởi công ty cổ phần Thực phẩm G.C

6. Kết luận

Bao bì ăn được là phương pháp bảo quản sau thu hoạch đã được chứng minh hiệu quả trên toàn thế giới. Trong đó, gel nha đam với các đặc tính hữu ích về hoạt tính sinh học, khả năng tạo màng và phân hủy sinh học được đề xuất là một nguyên liệu tiềm năng trong tạo bao bì ăn được. Ngoài bảo quản trái cây, nha đam có thể được xem xét tạo bao bì ăn được cho nhiều loại thực phẩm khác. Để nâng cao tính khả dụng của màng, nha đam cần được nghiên cứu và kết hợp với các vật liệu sinh học khác nhau. Các công thức tạo màng cũng cần được phát triển để phù hợp với từng đối tượng để bảo quản. Nhìn chung, bao bì ăn được nói chung và bao bì ăn được từ nha đam nói riêng là một hướng đi tiềm năng, đáp ứng được xu hướng tiêu dùng hiện đại, thân thiện với môi trường và an toàn với sức khỏe.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn đến Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí thực hiện đề tài “Nghiên cứu tạo màng bao ăn được từ gel lá nha đam (*Aloe vera*) ứng dụng trong bảo quản bánh pía” mã số đề tài T2023.01.2. Công bố này là cơ sở khoa học để chúng tôi tiếp tục thực hiện đề tài nêu trên.

Tài liệu tham khảo

- Abendroth, A., Klein, R., Schlaak, J., Metz, K. A., Dobos, G. J., & Langhorst, J. (2009). Impressive picture of a melanosis coli after chronic anthraquinone laxative use - Is there an increased risk for colorectal cancer? *Zeitschrift Fur Gastroenterologie*, 47(6), 579-582. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1109056>
- Adetunji, C. O., Afolabi, I. S., & Adetunji, J. B. (2019). Effect of rhamnolipid-*Aloe vera* gel edible coating on post-harvest control of rot and quality parameters of ‘Agege sweet’ orange. *Agriculture and Natural Resources*, 53(4), 364-372.
- Aguirre-Joya, J. A., De Leon-Zapata, M. A., Alvarez-Perez, O. B., Torres-León, C., Nieto-Oropeza, D. E., Ventura-Sobrevilla, J. M., Aguilar, M. A., Ruelas-Chacón, X., Rojas, R., Ramos-Aguiñaga, M. E., & Aguilar, C. N. (2018). Basic and applied concepts of edible packaging for foods. In A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Food packaging and preservation* (pp. 1-61). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811516-9.00001-4>
- Al-Hilifi, S. A., Al-Ali, R. M., Al-Ibresam, O. T., Kumar, N., Paidari, S., Petkoska, A. T., & Agarwal, V. (2022). Physicochemical, morphological, and functional characterization of edible anthocyanin-enriched *Aloe vera* coatings on fresh figs (*Ficus carica* L.). *Gels*, 8(10), Article 645.
- Álvarez-Barreto, J. F., Cevallos-Ureña, A., Zurita, J., Pérez, J., León, M., & Ramírez-Cárdenas, L. (2023). Edible coatings of *Aloe vera* gel and carnauba wax microparticles to increase strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf life. *International Journal of Fruit Science*, 23(1), 181-199. <https://doi.org/10.1080/15538362.2023.2180129>
- Amiri, S., Akhavan, H. R., Zare, N., & Radi, M. (2018). Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with aloe vera and green tea extracts on the shelf-life of fresh-cut apple. *Italian Journal of Food Science*, 30(1), 61-74.

- Añibarro-Ortega, M., Pinela, J., Barros, L., Ćirić, A., Silva, S. P., Coelho, E., Mocan, A., Calhella, R. C., Soković, M., & Coimbra, M. A. (2019). Compositional features and bioactive properties of Aloe vera leaf (fillet, mucilage, and rind) and flower. *Antioxidants*, 8(10), Article 444.
- Axmann, H. B., Soethoudt, J. M., & Dao, T. V. (2022). *Roadmap post-harvest loss reduction in selected Vietnamese value chains: Phase 2*. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/602094>
- Bardaweel, S. K., Gul, M., Alzweiri, M., Ishaqat, A., ALSalamat, H. A., & Bashatwah, R. M. (2018). Reactive oxygen species: The dual role in physiological and pathological conditions of the human body. *The Eurasian Journal of Medicine*, 50(3), 193-201. <https://doi.org/10.5152/eurasianjmed.2018.17397>
- Benítez, S., Achaerandio, I., Sepulcre, F., & Pujolà, M. (2013). Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 81(1), 29-36.
- Cano, A., Cháfer, M., Chiralt, A., & Gonzalez-Martinez, C. (2017). Strategies to improve the functionality of starch-based films. In *Handbook of composites from renewable materials* (pp. 311-337). <https://doi.org/10.1002/9781119441632.ch74>
- Chin, S. S., Lyn, F. H., & Hanani, Z. N. (2017). Effect of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) gel on the physical and functional properties of fish gelatin films as active packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 12, 28-134.
- Chiralt, A., Menzel, C., Hernandez-García, E., Collazo, S., & Gonzalez-Martinez, C. (2020). Use of by-products in edible coatings and biodegradable packaging materials for food preservation. In *Sustainability of the food system* (pp. 101-127). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818293-2.00006-9>
- Choi, W. Y., Park, H. J., Ahn, D. J., Lee, J., & Lee, C. Y. (2002). Wettability of chitosan coating solution on 'Fuji' apple skin. *Journal of Food Science*, 67(7), 2668-2672. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08796.x>
- Christaki, E., & Florou-Paneri, P. (2010). Aloe vera: A plant for many uses. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(2), 245-249.
- Danish, P., Ali, Q., Hafeez, M. M., & Malik, A. (2020). Antifungal and antibacterial activity of aloe vera plant extract. *Biological and Clinical Sciences Research Journal*, 2020(1), 1-8.
- Díaz-Montes, E., & Castro-Muñoz, R. (2021). Edible films and coatings as food-quality preservers: An overview. *Foods*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/foods10020249>
- Ebrahimi, F., & Rastegar, S. (2020). Preservation of mango fruit with guar-based edible coatings enriched with *Spirulina platensis* and Aloe vera extract during storage at ambient temperature. *Scientia Horticulturae*, 265, Article 109258.
- Farina, V., Passafiume, R., Tinebra, I., Palazzolo, E., & Sortino, G. (2020). Use of aloe vera gel-based edible coating with natural anti-browning and anti-oxidant additives to improve post-harvest quality of fresh-cut 'fuji' apple. *Agronomy*, 10(4), Article 515.
- Farina, V., Passafiume, R., Tinebra, I., Scuderi, D., Saletta, F., Gugliuzza, G., Gallotta, A., & Sortino, G. (2020). Postharvest application of *Aloe vera* gel-based edible coating to improve the quality and storage stability of fresh-cut papaya. *Journal of Food Quality*, 2020(1), 1-10. <https://doi.org/10.1155/2020/8303140>

- Femenia, A., Sánchez, E. S., Simal, S., & Rosselló, C. (1999). Compositional features of polysaccharides from Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues. *Carbohydrate Polymers*, 39(2), 109-117. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(98\)00163-5](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(98)00163-5)
- Grace, O. M., Buerki, S., Symonds, M. R., Forest, F., van Wyk, A. E., Smith, G. F., Klopper, R. R., BJORÅ, C. S., Neale, S., Demissew, S., Simmonds, M. S., & Rønsted, N. (2015). Evolutionary history and leaf succulence as explanations for medicinal use in aloes and the global popularity of *Aloe vera*. *BMC Evolutionary Biology*, 15(1), Article 29. <https://doi.org/10.1186/s12862-015-0291-7>
- Grindlay, D., & Reynolds, T. (1986). The Aloe vera phenomenon: A review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel. *Journal of Ethnopharmacology*, 16(2), 117-151. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(86\)90085-1](https://doi.org/10.1016/0378-8741(86)90085-1)
- Gutiérrez, T. J., & Álvarez, K. (2016). Physico-chemical properties and *in vitro* digestibility of edible films made from plantain flour with added *Aloe vera* gel. *Journal of Functional Foods*, 26, 750-762. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.08.054>
- Hamman, J. H. (2008). Composition and applications of Aloe vera leaf gel. *Molecules*, 13(8), 1599-1616.
- Hasan, M. U., Riaz, R., Malik, A. U., Khan, A. S., Anwar, R., Rehman, R. N. U., & Ali, S. (2021). Potential of Aloe vera gel coating for storage life extension and quality conservation of fruits and vegetables: An overview. *Journal of Food Biochemistry*, 45(4), Article e13640. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13640>
- Hazrati, S., Kashkooli, A. B., Habibzadeh, F., Tahmasebi-Sarvestani, Z., & Sadeghi, A. (2017). Evaluation of Aloe vera gel as an alternative edible coating for peach fruits during cold storage period. *Gesunde Pflanzen*, 69(3), Article 131
- Ignat, I., Radu, D. G., Volf, I., Pag, A. I., & Popa, V. I. (2013). Antioxidant and antibacterial activities of some natural polyphenols. *Cytokines*, 4, 87-399.
- Jodhani, K. A., & Nataraj, M. (2021). Synergistic effect of Aloe gel (*Aloe vera* L.) and Lemon (*Citrus Limon* L.) peel extract edible coating on shelf life and quality of banana (*Musa* spp.). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(3), 2318-2328. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00822-z>
- Jouki, M., Khazaei, N., Ghasemlou, M., & HadiNezhad, M. (2013). Effect of glycerol concentration on edible film production from cress seed carbohydrate gum. *Carbohydrate Polymers*, 96(1), 39-46. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.03.077>
- Ju, J., Xie, Y., Guo, Y., Cheng, Y., Qian, H., & Yao, W. (2019). Application of edible coating with essential oil in food preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(15), 2467-2480. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1456402>
- Krochta, J. M. (2002). Proteins as raw materials for films and coatings: Definitions, current status, and opportunities. *Protein-Based Films and Coatings*, 1, 1-40.
- Krochta, J. M., & De Mulder-Johnston, C. D. (1997). Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. *Food Technology*, 51(2), 61-74.
- Kumar, N., Rahul, K., Upadhyay, A., Gniewosz, M., & Kieliszek, M. (2023). Characterization of aloe vera gel-based edible coating with orange peel essential oil and its preservation effects on button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Food and Bioprocess Technology*, 16(12), 2877-2897.

- Liu, C., Cui, Y., Pi, F., Cheng, Y., Guo, Y., & Qian, H. (2019). Extraction, purification, structural characteristics, biological activities and pharmacological applications of acemannan, a polysaccharide from *Aloe vera*: A review. *Molecules*, 24(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/molecules24081554>
- Maan, A. A., Ahmed, Z. F. R., Khan, M. K. I., Riaz, A., & Nazir, A. (2021). *Aloe vera* gel, an excellent base material for edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 329-341. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.035>
- Mahajan, K., Kumar, S., Bhat, Z. F., Naqvi, Z., Mungure, T. E., & Bekhit, A. E. D. A. (2021). Functionalization of carrageenan based edible film using *Aloe vera* for improved lipid oxidative and microbial stability of frozen dairy products. *Food Bioscience*, 43, Article 101336.
- Mahajan, K., Kumar, S., Bhat, Z. F., Singh, M., Bhat, H. F., Bhatti, M. A., & Bekhit, A. E. D. A. (2022). *Aloe vera* and carrageenan based edible film improves storage stability of ice-cream. *Applied Food Research*, 2(1), Article 100128.
- Mandal, U., Mallick, S., Mohapatra, B., & Mahalik, G. (2023). An overview on ethnomedicinal uses of *Aloe vera* plant. *The Journal of Plant Science Research*, 39(2), 213-217. <https://doi.org/10.32381/JPSR.2023.39.02.22>
- Marghmaleki, S. N., Mortazavi, S. M. H., Saei, H., & Mostaan, A. (2021). The effect of alginate-based edible coating enriched with citric acid and ascorbic acid on texture, appearance and eating quality of apple fresh-cut. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 40-51. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1856018>
- Martínez-Burgos, W. J., Serra, J. L., Marsiglia, F. R. M., Montoya, P., Sarmiento-Vásquez, Z., Marin, O., Gallego-Cartagena, E., & Paternina-Arboleda, C. D. (2022). *Aloe vera*: From ancient knowledge to the patent and innovation landscape - A review. *South African Journal of Botany*, 147, 993-1006.
- Martínez-Romero, D., Alburquerque, N., Valverde, J. M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., & Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39(1), 93-100.
- McAnalley, B. H. (1990). *Process for preparation of aloe products* (United States Patent US4957907A). <https://patents.google.com/patent/US4957907A/en>
- Misir, J., Brishti, F. H., & Hoque, M. M. (2014). *Aloe vera* gel as a novel edible coating for fresh fruits: A review. *American Journal of Food Science and Technology*, 2(3), 93-97. <https://doi.org/10.12691/ajfst-2-3-3>
- Mohammadi, L., Ramezani, A., Tanaka, F., & Tanaka, F. (2021). Impact of *Aloe vera* gel coating enriched with basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil on postharvest quality of strawberry fruit. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 353-362.
- Mohebbi, M., Ansarifard, E., Hasanpour, N., & Amiryousefi, M. R. (2012). Suitability of *Aloe vera* and gum tragacanth as edible coatings for extending the shelf life of button mushroom. *Food and Bioprocess Technology*, 5(8), 3193-3202. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0709-1>
- Nair, S. S., Trafialek, J., & Kolanowski, W. (2023). Edible packaging: A technological update for the sustainable future of the food industry. *Applied Sciences*, 13(14), Article 14. <https://doi.org/10.3390/app13148234>

- Nejatzadeh-Barandozi, F. (2013). Antibacterial activities and antioxidant capacity of *Aloe vera*. *Organic and Medicinal Chemistry Letters*, 3(1), Article 5. <https://doi.org/10.1186/2191-2858-3-5>
- Nguyen, N. T. T., & Nguyen, B. X. (2021). Effects of chitosan-plant extract coatings on the postharvest quality of mango fruits (*Mangifera indica*) with anthracnose disease: Effect of culture conditions on the antibacterial activity of *Streptomyces* spp. against *Erwinia* spp. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 1293-1302.
- Nguyen, N. T., Nguyen, V. T., Ho, C. N. T., Ngo, T. H. P., Nguyen, M. H., Le, P. V., Konkit, M., & Than, T. V. (2021). A new bacterial soft rot disease of *Aloe vera* in Vietnam infected by *enterobacter cloacae*. *International Journal of Agriculture Biology*, 26(5), 561-568.
- Nguyen, V. T., & Ton, H. N. L. (2021). Các phương pháp tạo màng bảo quản trái cây họ cam quýt [Coating methods for preserving *Citrus* spp. (*Rutaceae*) fruits: A review]. *Tạp chí Khoa học Đại Học Cần Thơ*, 57, 136-142.
- Nicolau-Lapeña, I., Colàs-Medà, P., Alegre, I., Aguiló-Aguayo, I., Muranyi, P., & Viñas, I. (2021). Aloe vera gel: An update on its use as a functional edible coating to preserve fruits and vegetables. *Progress in Organic Coatings*, 151, Article 106007. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.106007>
- Nizam, N. H. M., Rawi, N. F. M., Ramle, S. F. M., Abd Aziz, A., Abdullah, C. K., Rashedi, A., & Kassim, M. H. M. (2021). Physical, thermal, mechanical, antimicrobial and physicochemical properties of starch based film containing *Aloe vera*: A review. *Journal of Materials Research and Technology*, 15, 1572-1589. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.08.138>
- Ortega-Toro, R., Collazo-Bigliardi, S., Roselló, J., Santamarina, P., & Chiralt, A. (2017). Antifungal starch-based edible films containing *Aloe vera*. *Food Hydrocolloids*, 72, 1-10.
- Padmaja, N., & Bosco, S. J. D. (2014). Preservation of jujube fruits by edible *Aloe vera* gel coating to maintain quality and safety. *Indian Journal of Scientific Research and Technology*, 2(3), 79-88.
- Park, M. Y., Kwon, H. J., & Sung, M. K. (2011). Dietary aloin, aloesin, or aloe-gel exerts anti-inflammatory activity in a rat colitis model. *Life Sciences*, 88(11/12), 486-492.
- Petkoska, A. T., Daniloski, D., D’Cunha, N. M., Naumovski, N., & Broach, A. T. (2021). Edible packaging: Sustainable solutions and novel trends in food packaging. *Food Research International*, 14, Article 109981. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109981>
- Pinzon, M. I., Sanchez, L. T., Garcia, O. R., Gutierrez, R., Luna, J. C., & Villa, C. C. (2020). Increasing shelf life of strawberries (*Fragaria* ssp) by using a banana starch-chitosan-*Aloe vera* gel composite edible coating. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(1), 92-98. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14254>
- Qamar, J., Ejaz, S., Anjum, M. A., Nawaz, A., Hussain, S., Ali, S., & Saleem, S. (2018). Effect of Aloe vera gel, chitosan and sodium alginate based edible coatings on postharvest quality of refrigerated strawberry fruits of cv. *Chandler*. *Journal of Horticultural Science and Technology*, 1(8), 8-16.
- Radi, M., Firouzi, E., Akhavan, H., & Amiri, S. (2017). Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with *Aloe vera* and black and green tea extracts on the shelf life of fresh-cut oranges. *Journal of Food Quality*, 2017(1), 1-10. <https://doi.org/10.1155/2017/9764650>

- Raksha, B., Pooja, S., & Babu, S. (2014). Bioactive compounds and medicinal properties of *Aloe vera* L.: An update. *Journal of Plant Sciences*, 2(3), 102-107.
- Rasouli, M., Saba, M. K., & Ramezani, A. (2019). Inhibitory effect of salicylic acid and *Aloe vera* gel edible coating on microbial load and chilling injury of orange fruit. *Scientia Horticulturae*, 247, 27-34.
- Rodríguez, G. M., Sibaja, J. C., Espitia, P. J. P., & Otoni, C. G. (2020). Antioxidant active packaging based on papaya edible films incorporated with *Moringa oleifera* and ascorbic acid for food preservation. *Food Hydrocolloids*, 103, Article 105630. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105630>
- Saiyem, M. A., Sabur, S. A., Hossain, M. I., Khan, M. A., & Begum, M. F. (2020). Profitability analysis of *Aloe vera* (L.) production in selected areas of Bangladesh. *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*, 7(1), 75-81.
- Salama, H. E., & Aziz, M. S. A. (2021). Development of active edible coating of alginate and *Aloe vera* enriched with frankincense oil for retarding the senescence of green capsicums. *Food Science and Technology LWT*, 145, Article 111341.
- Salehi, B., Albayrak, S., Antolak, H., Kręgiel, D., Pawlikowska, E., Sharifi-Rad, M., Uprety, Y., Tsouh Fokou, P. V., Yousef, Z., Amiruddin Zakaria, Z., Varoni, E. M., Sharopov, F., Martins, N., Iriti, M., & Sharifi-Rad, J. (2018). *Aloe* genus plants: From farm to food applications and phytopharmacotherapy. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(9), Article 2843. <https://doi.org/10.3390/ijms19092843>
- Sánchez-Machado, D. I., López-Cervantes, J., Sendón, R., & Sanches-Silva, A. (2017). *Aloe vera*: Ancient knowledge with new frontiers. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 94-102. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.12.005>
- Seyed, R. H., Rastegar, S., & Faramarzi, S. (2021). Impact of edible coating derived from a combination of *Aloe vera* gel, chitosan and calcium chloride on maintain the quality of mango fruit at ambient temperature. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4), 2932-2942. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00861-6>
- Sharifimehr, S., Soltanizadeh, N., & Goli, S. A. H. (2019). Effects of edible coating containing nano-emulsion of *Aloe vera* and eugenol on the physicochemical properties of shrimp during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(7), 3604-3615. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9581>
- Takahashi, M., Kitamoto, D., Asikin, Y., Takara, K., & Wada, K. (2009). Liposomes encapsulating *Aloe vera* leaf gel extract significantly enhance proliferation and collagen synthesis in human skin cell lines. *Journal of Oleo Science*, 58(12), 643-650.
- The Brainy Insights. (2021). *Aloe vera market size, growth* (Report 2022-2030). <https://www.thebrainyinsights.com/report/aloe-vera-market-12779>
- Tosif, M. M., Bains, A., Dhull, S. B., Chawla, P., & Goksen, G. (2023). Effect of *Aloe vera* and carboxymethyl cellulose-derived binary blend edible coating on the shelf life of fresh-cut apple. *Food Science & Nutrition*, 11(11), 6987-6999. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3623>
- Tran, M. T. N., Huynh, Q. P., Nguyen, D. C., Le, G. T., & Le, T. H. (2022). Nghiên cứu bảo quản táo cắt tươi bằng màng bao ăn được alginate có bổ sung cao chiết rong nâu *Sargassum polycystum* [Effects of alginate-based edible coatings enriched with extract *Sargassum polycystum* on quality attributes of fresh-cut apples]. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, 64(2), 43-47. https://b.vjst.vn/index.php/ban_b/article/view/1195

- Vaishali, Sharma, H. P., Samsher, Chaudhary, V., Sunil, & Kumar, M. (2019). Importance of edible coating on fruits and vegetables: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3), 4104-4110.
- Valverde, J. M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., & Serrano, M. (2005). Novel edible coating based on *Aloe vera* gel to maintain table grape quality and safety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 7807-7813. <https://doi.org/10.1021/jf050962v>
- Wang, F., Liu, J., An, Q., Wang, Y., Yang, Y., Huo, T., Yang, S., Ju, R., & Quan, Q. (2023). Aloe extracts inhibit skin inflammatory responses by regulating NF- κ B, ERK, and JNK signaling pathways in an LPS-Induced RAW264.7 Macrophages Model. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, 16, 267-278. <https://doi.org/10.2147/CCID.S391741>

