

A REVIEW ON FRUIT QUALITY ASSESSMENT BY NON-DESTRUCTIVE METHODS

Nguyen Chanh Nghiem^{1*}, Nguyen Phuoc Loc^{1,2}, Nguyen Hoang Dung¹, Nguyen Chi Ngon¹

¹Can Tho University

²Kien Giang Vocational College

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	20/6/2021	Quality assessment and grading of fruits using non-destructive methods have received much focus in recent years. To provide guidelines for research on non-destructive methods and suggest promising fruits of interest for future research, 140 research papers on non-destructive fruit quality assessment from Scopus database in the period of 2016 - June 2021 were selected for detailed analysis. The levels of interest for various kinds of fruits and non-destructive approaches with the corresponding best performance were determined. The results showed that Visible-Near Infrared spectroscopy is gaining much interest. Besides mango and apples which gain the most research interest, fruits that attracted less research interest should be promising research object because less research publications might imply an unsatisfied need of non-destructive assessment of fruit quality. Particularly, non-destructive technologies should be developed appropriately to assess the quality of a geographical indication fruit of high economic value.
Revised:	15/7/2021	
Published:	21/7/2021	
KEYWORDS		
Non-invasive		
Non-destructive		
Fruit quality		
Quality evaluation		
Quality classification		

TỔNG QUAN VỀ ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG TRÁI CÂY BẰNG PHƯƠNG PHÁP KHÔNG PHÁ HỦY

Nguyễn Chánh Nghiệm^{1*}, Nguyễn Phước Lộc^{1,2}, Nguyễn Hoàng Dũng¹, Nguyễn Chí Ngôn¹

¹Trường Đại học Cần Thơ

²Trường Cao đẳng nghề Kiên Giang

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
Ngày nhận bài:	20/6/2021	Đánh giá chất lượng và phân loại trái cây bằng phương pháp không phá hủy đang được quan tâm nhiều trong những năm gần đây. Nhằm định hướng nghiên cứu về lĩnh vực phân tích chất lượng không phá hủy và đề xuất các đối tượng trái cây tiềm năng cho những nghiên cứu trong tương lai, 140 công trình đánh giá chất lượng trái cây không phá hủy thuộc cơ sở dữ liệu Scopus trong giai đoạn từ năm 2016 đến tháng 6 năm 2021 đã được thông kê và phân tích. Từ đó, mức độ quan tâm đối với các loại trái cây, phương pháp và kết quả tốt nhất tương ứng với từng phương pháp cũng được xác định. Kết quả nghiên cứu cho thấy, phương pháp phân tích quang phổ khả kiến – cận hồng ngoại đang được đặc biệt quan tâm. Bên cạnh xoài và táo là hai loại trái cây được quan tâm hàng đầu, các nghiên cứu cũng nên tập trung vào các loại trái cây tiềm năng thuộc nhóm có mức độ quan tâm thấp hơn vì số lượng công bố khoa học liên quan có thể chưa đáp ứng được nhu cầu thực tế. Đặc biệt, phát triển công nghệ phân tích không phá hủy phù hợp và đặc thù với giống cùng khu vực trồng cũng nên xem xét cho các đối tượng trái cây có chỉ dẫn địa lý và giá trị kinh tế cao.
Ngày hoàn thiện:	15/7/2021	
Ngày đăng:	21/7/2021	
TỪ KHÓA		
Không xâm lấn		
Không phá hủy		
Chất lượng trái cây		
Đánh giá chất lượng		
Phân loại chất lượng		

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.4673>

* Corresponding author. Email: ncngiem@ctu.edu.vn

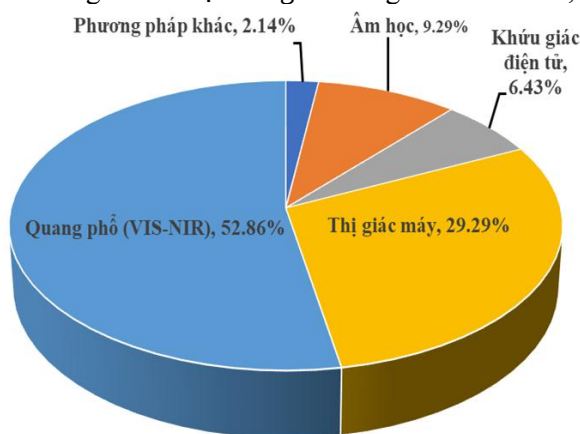
1. Giới thiệu

Trong nhiều năm gần đây, cùng với sự tăng trưởng mạnh mẽ về sản lượng của các loại nông sản nói chung và trái cây nói riêng, vấn đề chất lượng và an toàn thực phẩm ngày càng được quan tâm trên toàn cầu [1]. Để đáp ứng nhu cầu xuất khẩu các loại trái cây, nhiều chỉ tiêu liên quan đến cả chất lượng nội như thành phần chất rắn hòa tan (TSS), hàm lượng vật chất khô (DM), độ chua (TA), v.v... và cả chỉ tiêu chất lượng bên ngoài như kích cỡ, hình dạng, độ cứng, màu sắc, độ bóng, mức độ khiếm khuyết bề mặt đều được quan tâm. Đối với các chỉ tiêu bên ngoài, việc đánh giá thường thủ công và cảm quan, vì thế dễ dẫn đến thiếu đồng bộ về chất lượng, mất nhiều thời gian. Đánh giá các chỉ tiêu nội quả thông thường cần phá hủy mẫu nên ảnh hưởng đến hiệu quả kinh tế, không thể đảm bảo chất lượng của tất cả mẫu và cũng mất nhiều thời gian. Vì thế, tự động hóa trong đánh giá chất lượng bằng các phương pháp không phá hủy đã được quan tâm phát triển cho cả chất lượng nội quả và chất lượng bên ngoài của nhiều loại trái cây [2].

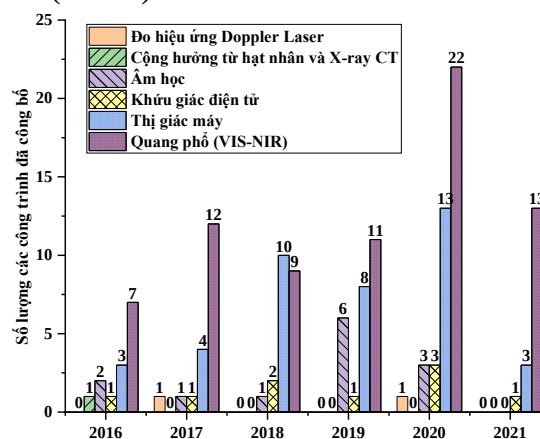
Dựa trên cơ sở dữ liệu Scopus về các công trình đánh giá chất lượng trái cây không phá hủy, bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu tổng quan, thống kê về mức độ quan tâm của các phương pháp không phá hủy khác nhau được áp dụng trong giai đoạn từ tháng 01 năm 2016 đến ngày 01 tháng 6 năm 2021. Trên cơ sở đó, kết quả tốt nhất đạt được khi áp dụng các phương pháp phân tích không phá hủy khác nhau và các đối tượng trái cây đang được quan tâm cũng được trình bày. Đây là cơ sở để xác định xu hướng và đối tượng trái cây tiềm năng cho những nghiên cứu trong tương lai.

2. Mức độ quan tâm đối với các phương pháp phân tích không phá hủy

Hình 1 biểu diễn tỷ lệ công bố về các phương pháp phân tích không phá hủy để đánh giá chất lượng trái cây dựa trên cơ sở dữ liệu công bố khoa học của Scopus trong giai đoạn 2016-2021. Tỷ lệ trên cũng thể hiện mức độ quan tâm của các nhà nghiên cứu về các phương pháp không phá hủy khác nhau. Kết quả khảo sát cho thấy, có bốn phương pháp có tỷ lệ cao, trong đó phương pháp quang phổ và thị giác máy tính dẫn đầu về mức độ quan tâm với tỷ lệ lần lượt là 52,86% và 29,29%. Xét theo thời gian công bố, hai phương pháp này ngày càng được quan tâm với số lượng lớn công trình được công bố trong hai năm 2020, 2021 (Hình 2).



Hình 1. Tỷ lệ công bố về các phương pháp phân tích không phá hủy khác nhau dựa trên kết quả khảo sát trên 140 bài báo từ cơ sở dữ liệu khoa học Scopus từ năm 2016 đến 01/06/2021



Hình 2. Số lượng công bố về đánh giá chất lượng trái cây bằng phương pháp không phá hủy thống kê từ Scopus trong giai đoạn 2016-2021. Dữ liệu tính đến 01/06/2021

Dựa vào kết quả khảo sát trên, bài báo tập trung phân tích tổng quan về bốn phương pháp phân tích không phá hủy, phổ biến là phương pháp quang phổ (vùng ánh sáng khả kiến và cận hồng ngoại), thị giác máy tính, khử giác điện tử và phân tích đặc tính âm. Số lượng công trình

được thống kê trong 140 bài báo theo thời gian và hiệu quả tốt nhất được ghi nhận đối với các phương pháp này được thống kê ở Bảng 1.

2.1. Công nghệ đặc tính âm học

Phương pháp không phá hủy dựa trên công nghệ đặc tính âm học đã được áp dụng khá sớm thông qua việc đánh giá một số thông số truyền dẫn để xác định mối quan hệ định lượng với độ chín, độ cứng và các đặc tính liên quan đến chất lượng khác của trái cây. Đáp ứng âm thanh cũng được sử dụng để phân loại độ trưởng thành, độ chín của trái cây. Công nghệ này cũng có thể được áp dụng để đo độ rỗng ruột của trái cây (như đối với dưa hấu) và xác định các khiếm khuyết bên trong quả [3], [4]. Kỹ thuật này có ưu điểm là giá thành thấp, độ nhạy và khả năng đáp ứng cao. Tuy nhiên, nó có một số hạn chế nhất định là mất nhiều thời gian và dễ bị nhiễu từ môi trường xung quanh, những quả có kích thước lớn như dưa hấu không nên áp dụng vì hiệu quả truyền âm không cao [5]. Hơn nữa, kỹ thuật này cần được xem xét cân trọng hơn đối với hệ thống nhận dạng, đánh giá chất lượng trực tuyến trái cây vì vấn đề tốc độ và nhiễu. Gần đây, công nghệ này được đánh giá lại những điểm, xu hướng tương lai trong đánh giá chất lượng trái cây, có nhiều hướng để phát triển thêm như học sâu, phân tích dữ liệu hiệu quả hơn [6].

2.2. Khử giác điện tử

Khử giác điện tử là một trong những giải pháp không tiếp xúc giá thành thấp đã được áp dụng trên nhiều loại quả như đào, lê, dâu, táo, xoài, cà chua [7]–[11]. Thông qua việc sử dụng cảm biến để đo sự bay hơi trong mối tương quan với độ chắc thịt của trái cây [10]. Qua đó, ngày thu hoạch tối ưu có thể được xác định một cách hiệu quả và nhanh chóng [7]. Đối với giai đoạn sau thu hoạch, khử giác điện tử cũng có thể được áp dụng để đánh giá độ chín trái cây [10]. Đối với những loại trái cây có đặc tính cao hô hấp như xoài thì việc áp dụng khử giác điện tử đã xác định được các giai đoạn chín của quả sau khi thu hoạch với hiệu quả cao. Điều cần lưu ý khi áp dụng phương pháp này là vấn đề hiệu chuẩn cảm biến cho phù hợp với mùa vụ và đảm bảo tốc độ lấy mẫu phù hợp [5], [12], [13].

Bảng 1. Các phương pháp phân tích không phá hủy trong giai đoạn 2016–2021 theo Scopus

Phương pháp	Số lượng công trình công bố theo năm						Kết quả tốt nhất đạt được**
	2016	2017	2018	2019	2020	2021*	
Công nghệ đặc tính âm học	1	1	1	2	4	2	$R = 0,99$ [14]; $R^2 = 0,86$ [15]; $A_{cc} = 83,2\%$ [16]
Khử giác điện tử	1	2	5	1	3	2	$R^2 = 99,33\%$ [8]; $R^2 = 0,54$ – $1,0$ [13]; $R^2 = 83,3\%$ – $99,85\%$ [12]; $A_{cc} = 100\%$ [17]; $A_{cc} = 0,979\%$ [18]
Thị giác máy	1	4	8	7	15	2	$R = 0,92$ [19]; $R_p = 0,896$ [20]; $A_{cc} = 99,17\%$ [21]; $A_{cc} = 100\%$ [22]–[24]
Quang phổ (VIS-NIR)	7	11	12	17	23	8	

* Tính từ 01/01/2021 đến 01/06/2021.

** R^2 : Hệ số xác định (coefficient of determination); R_p : độ chính xác dự đoán; R : hệ số tương quan; A_{cc} : độ chính xác phân loại.

2.3. Thị giác máy

Thị giác máy là một phương pháp phân tích không phá hủy phổ biến trong các phương pháp không tiếp xúc để đánh giá chất lượng trái cây thông qua đặc trưng ngoại hình. Thông thường, phương pháp thị giác máy tính được áp dụng dựa trên máy học (như huấn luyện mạng nơron, máy véc-tơ hỗ trợ) thay vì chỉ sử dụng phương pháp xử lý ảnh đơn thuần để tìm ra các đặc trưng hữu ích như bệnh trên vỏ, màu sắc, khuyết điểm bề mặt [25]–[27] hay giám sát quá trình chín bên trong thông qua hình ảnh bên ngoài [28].

Đối với đánh giá chất lượng nội quả, phương pháp này gặp một số hạn chế và đòi hỏi có sự tương quan giữa các chỉ tiêu chất lượng nội quả đối với biểu hiện hình thái của trái. Một số thông

số chất lượng nội quả như độ chín, độ tăng trưởng được ước lượng thông qua kích cỡ trái khi còn trên cây để hướng đến khả năng thu hoạch tự động khi quả đạt độ trưởng thành nhất định [29]. Đặc biệt, nhiều nghiên cứu cho thấy khả năng kết hợp thị giác máy tính với phương pháp phân tích quang phổ để việc đánh giá các chỉ tiêu chất lượng nội quả như SSC, độ chín, độ cứng [4], [30], [31].

Nhìn chung, thị giác máy tính được ứng dụng phổ biến trong lĩnh vực phân loại trái cây dựa vào các tiêu chí bên ngoài. Ứng dụng thị giác máy tính để dự đoán hay đánh giá tiêu chí chất lượng bên trong gặp một số hạn chế và cần lưu ý đến mức độ tương quan giữa các tiêu chí nội quả với đặc tính bên ngoài của trái. Ví dụ điển hình về màu sắc cho thấy nhiều loại quả như xoài và đu đủ da xanh có màu vỏ không đổi đáng kể dù quá trình chín và thay đổi màu trong thịt quả đã diễn ra.

2.4. Quang phổ cận hồng ngoại

Phương pháp phân tích không phá hủy dựa trên quang phổ cận hồng ngoại đã được nghiên cứu ứng dụng trong suốt một thời gian dài. Dựa trên số liệu thống kê gần đây, có đến 80% ứng dụng thuộc lĩnh vực trồng trọt sử dụng phổ cận hồng ngoại được dùng để đánh giá và nghiên cứu về trái cây [32]. Vì phổ hồng ngoại có các thông tin về các liên kết quan trọng C-H, O-H và N-H, phổ cận hồng ngoại chứa đựng thông tin quan trọng của các vật chất hữu cơ, cần thiết cho đánh giá chất lượng nội quả của trái cây [33].

Chỉ tiêu chất lượng nội quả được quan tâm nhiều nhất là độ ngọt (Bảng 2) vì độ ngọt liên quan mật thiết đến quá trình chín của trái cây, một chỉ tiêu được người tiêu dùng quan tâm nhiều nhất. Chỉ tiêu này cũng phụ thuộc vào mức độ trưởng thành sinh lý và thời điểm thu hoạch [34], [35]. Bên cạnh độ ngọt, nhiều nghiên cứu quan tâm đến hàm lượng vật chất khô, thông số liên quan đến hàm lượng tinh bột được tích lũy trong thịt quả để xác định thời điểm thu hoạch tối ưu [34], [36]–[38]; nhờ đó đảm bảo chất lượng trái khi chín và tối ưu thời gian bảo quản. Do đó, ước lượng hàm lượng vật chất khô thu hút nhiều công trình nghiên cứu gần đây hơn [39]–[43].

Nhiều chỉ tiêu chất lượng nội quả khác và ít phổ biến hơn cũng có thể được ước lượng bằng phương pháp phân tích phổ cận hồng ngoại [40], [44], [45]. Tuy nhiên, cần lưu ý đến độ dày của vỏ khi áp dụng phương pháp này và cần có sự chọn lựa phù hợp một trong ba chế độ thu phổ cận hồng ngoại phổ biến. Ba chế độ này là chế độ phản xạ khuếch tán (reflectance mode; thường áp dụng để xác định tính chất bề mặt), chế độ truyền dẫn (transmittance mode; thường áp dụng để phân tích các thành phần nội quả) và chế độ phản xạ tương tác (interactance mode; phù hợp để phân tích thành phần nội quả ở gần lớp vỏ). Trong ba chế độ này, chế độ phản xạ tương tác là chế độ hữu ích và khả thi trong việc đánh giá chất lượng nội quả được phản ánh từ phần thịt ngay dưới vỏ quả [46].

Cùng với sự phát triển của công nghệ và sự ra đời của các thiết bị cảm biến siêu phổ, thông tin siêu phổ đang được quan tâm nhiều hơn khi áp dụng hiệu quả các giải thuật rút trích đặc trưng hay máy học, vừa để giúp giảm đáng kể kích thước dữ liệu, vừa giữ lại được các đặc trưng quan trọng cho việc đánh giá, phân loại quả với độ chính xác cao [47]. Vì thế, vấn đề áp dụng máy học để trích xuất đặc trưng sẽ thu hút nhiều quan tâm khi các thiết bị cảm biến siêu phổ có giá thành thấp hơn và trở nên phổ biến hơn.

3. Các chỉ tiêu chất lượng

Phương pháp không phá hủy (non-destructive method) đôi khi còn được gọi là phương pháp không xâm lấn (non-invasive method) có những ưu điểm lớn là không làm hư hỏng mẫu phân tích, có thể được thực hiện nhanh, có hệ thống và đồng bộ nên rất phù hợp cho xu hướng đánh giá, phân loại chất lượng rau củ quả thời gian thực.

Bảng 2. Mức độ quan tâm các thông số dùng đánh giá chất lượng trái cây được quan tâm trong các công bố khoa học giai đoạn 2016 – 2021

Các thông số chất lượng được quan tâm	Nhóm trái cây: mức độ quan tâm (%)	Tổng mức độ quan tâm (%)
Độ ngọt (Brix), hàm lượng chất rắn hòa tan (SSC) hay tổng chất rắn hòa tan (TSS)	Xoài: 9,29; táo: 8,57; đào 4,23; xuân đào, mận: 3,57; lê, quả mọng: 2,86; cam, dưa hấu: 2,14; chuối: 2,11; cà chua, quả kiwi, ớt chuông: 1,43; chanh dây, dâu, dưa vàng, nho: 0,71.	48,57
Màu sắc	Táo: 7,14; xoài: 6,34; chuối: 5,71; cam: 3,57; quả mọng, xuân đào: 2,86; cà chua, bơ, mận, bưởi lê, ớt chuông, đào: 2,14; nho, dâu, chanh dây, măng cụt, khóm, dưa vàng: 0,71.	46,43
Độ cứng (Firmness)	Táo: 6,43; xoài: 3,57; đào: 2,86; mận, quả mọng: 2,14; dưa hấu, bơ: 1,43; cà chua, cam, nho, lê, chuối, quả kiwi, dâu, xuân đào: 0,71.	25,71
Hàm lượng vật chất khô (DM)	Xoài: 6,43; bơ: 3,57; táo: 2,14; đào: 1,43; nho, quả kiwi, mận, bưởi, xuân đào, ớt chuông: 0,71.	17,86
Hàm lượng axit, chuẩn độ axit (TA)	Xoài: 3,57; quả mọng: 2,86; táo: 2,14; cam, dâu: 1,43; mận, xuân đào, chanh dây, ớt chuông: 0,71.	14,29
Mùi thơm (Aroma) và các chất dễ bay hơi	Dâu: 2,14; chuối, đào: 1,43; táo, cam, lê, quả mọng, chanh dây, dưa vàng: 0,71.	9,29
Độ pH	Táo, cà chua, nho, quả mọng, xuân đào: 1,43; dưa hấu: 1,41; đào, mận: 0,71.	8,57
Độ trưởng thành (Maturity)	Xoài: 2,14; dưa hấu: 1,43; cà chua, cam; chuối, đào, bơ: 0,71.	7,14
Vitamin A, C, E, K1, B9; Ca; hàm lượng tanin	Quả mọng: 2,86; xoài, cam: 1,43; táo: 0,71.	6,43
Độ chín	Chuối: 1,43; xoài, bơ, dưa hấu, xuân đào, chanh dây, măng cụt: 0,71.	5,71
Trọng lượng; khối lượng riêng	Táo, cam, lê, đào, mận, xuân đào: 0,71.	4,29
Chất lượng, chỉ số chất lượng nội (IQI)	Xoài: 1,43; bơ: 0,71.	2,14
Kích thước (Size)	Xoài, quả mọng: 0,71.	1,43
Trở kháng (Ω)	Chuối: 1,43.	1,43
Hàm lượng tinh bột (Starch)	Táo, chuối: 0,71.	1,43
Hàm lượng Fructose, glucose, sucrose	Bưởi: 0,71.	0,71
Dư lượng thuốc bảo vệ thực vật	Dưa vàng: 0,71.	0,71

Bên cạnh các chỉ tiêu phân loại chất lượng bên ngoài như kích thước, hình dáng, khiếm khuyết bề mặt,... chất lượng trái cây được quyết định bởi các phẩm chất nội quả như độ ngọt, độ chua, độ cứng (firmness), hàm lượng vật chất khô (DM),... Các thông số được dùng để đánh giá chất lượng trái cây trong các công bố khoa học giai đoạn 2016-2021 được thống kê ở Bảng 2. Kết quả thống kê cho thấy màu sắc là thông số bên ngoài được quan tâm nhiều nhất. Vì màu sắc thông thường là kết quả đặc trưng cho trái chín, và có tương quan nhất định với các phẩm chất trái như cấu trúc, hương thơm, độ chín, chất dinh dưỡng [48], [49]. Màu sắc trái có thể được dùng để phân loại hay đánh giá chất lượng trái cho một số trường hợp cụ thể như phát hiện vết bệnh trên vỏ cam, nhận biết mức độ hư hỏng nội quả thông qua nhận dạng mức độ khiếm khuyết bên ngoài, phân loại mức độ khiếm khuyết trên quả xoài [26], [50], [51].

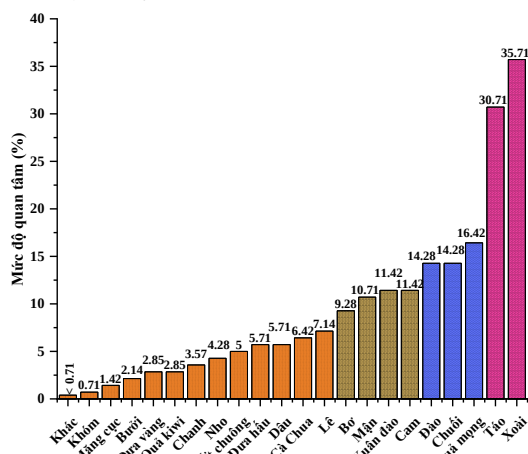
Thông số nội quả được quan tâm nhiều nhất là độ ngọt dựa vào hàm lượng chất rắn hòa tan (Soluble Solid Content, viết tắt SSC) hay tổng chất rắn hòa tan (Total Soluble Solids, viết tắt là TSS). Một số lượng lớn nghiên cứu cũng quan tâm đến hàm lượng vật chất khô (Dry Matter, viết

tất là DM) vì có mối liên hệ mật thiết với TSS [34], [38], [52]. Độ trưởng thành sinh lý của quả có thể được đánh giá thông qua DM và thường tương quan thuận với tỉ lệ thịt quả hay hàm lượng tinh bột. Đánh giá đúng độ trưởng thành sinh lý giúp thu hoạch đúng thời điểm nhờ đó giảm thiệt hại kinh tế trong trường hợp hạn chế quả chín dẫn đến giảm khả năng vận chuyển, rút ngắn thời gian lưu trữ và thời hạn sử dụng sau thu hoạch [41], [53]. Vì thế, chất lượng một số loại trái cây như xoài, kiwi có thể được đánh giá để phân loại thông qua DM [40], [45].

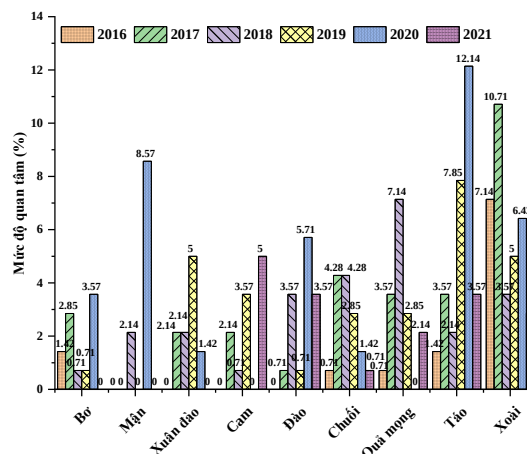
4. Đối tượng

Để định hướng cho các nghiên cứu ứng dụng phương pháp không phá hủy trong tương lai, mức độ quan tâm đối với các loại trái cây đã được phân tích và thống kê. Hình 3 biểu diễn mức độ quan tâm từ thấp đến cao tương ứng từ trái sang phải của các công bố khoa học thuộc cơ sở dữ liệu Scopus, được thống kê từ 140 bài báo trong giai đoạn 2016-2021 liên quan đến các loại quả thuộc nhóm 25 loại quả có giá trị thương mại cao nhất và phổ biến theo dữ liệu thống kê của ngân hàng dữ liệu trực tuyến của tổ chức Nông lương thực thế giới [54], [55]. Kết quả thống kê cho thấy có thể phân các loại trái cây được quan tâm nghiên cứu nhiều thành ba nhóm. Nhóm được quan tâm nhiều nhất là xoài và táo, có mức độ quan tâm tương ứng là 35,71% và 30,71%, cách xa so với nhóm thứ hai gồm quả mọng, chuối, đào với mức độ quan tâm từ 14,28 đến 16,42%. Nhóm thứ ba với mức độ quan tâm thấp hơn trong khoảng 9,24%-11,42% bao gồm cam, xuân đào, mận và bơ. Mức độ quan tâm thấp đối với các loại trái còn lại (dưới 9%). Qua đó có thể cho thấy, các công trình nghiên cứu về các loại trái này đã có thể được áp dụng, đáp ứng được phần nào nhu cầu thực tế về công nghệ phân tích không phá hủy, đặc biệt trong giai đoạn sau thu hoạch.

Hình 4 biểu diễn mức độ quan tâm theo thời gian của chín loại quả thuộc ba nhóm được quan tâm nhiều nhất. Kết quả cho thấy, mặc dù xoài có tổng mức độ quan tâm lớn nhất trong giai đoạn khảo sát, táo được quan tâm nhiều hơn trong thời gian gần đây (từ 2019). Số liệu cũng cho thấy có sự quan tâm đặc biệt đối với đào và cam và có sự quan tâm nhất định đối với chuối trong thời gian gần đây. Điều đó cho thấy, những nước có khí hậu phù hợp trồng xoài, cam và chuối như Việt Nam nên tập trung nghiên cứu công nghệ không phá hủy nhằm đánh giá chất lượng các loại trái này để có đóng góp hữu ích cho công nghệ phân tích không phá hủy và góp phần phát triển kinh tế, xã hội.



Hình 3. Mức độ quan tâm của các công trình liên quan đến các loại quả có giá trị từ 2016 đến 2021



Hình 4. Mức độ quan tâm của các công trình liên quan đến các loại quả có giá trị theo thời gian từ 2016 đến 01/06/2021. Mức độ quan tâm từng loại quả được sắp xếp tăng dần từ trái sang phải

Do sự khác biệt về giống và khu vực trồng, phẩm chất nội quả, đặc trưng bề mặt và đặc tính sinh trưởng của các loại trái cây có thể khác nhau. Vì thế, các phương pháp phân tích không phá

hủy, đặc biệt là các phương pháp dựa trên phân tích quang phổ có thể không phù hợp để áp dụng phổ quát cho nhiều trường hợp (ví dụ như khác giống cùng vùng trồng trọt, hay cùng giống khác vùng trồng trọt). Thông tin thống kê về hàm lượng vật chất khô trong Bảng 3 là một ví dụ cho thấy sự khác biệt liên quan đến mùa vụ, giống và vùng trồng đối với một số loại trái cây có giá trị kinh tế cao. Điều đó cho thấy sự cần thiết của việc đánh giá lại các phương pháp không phá hủy để đảm bảo tính khả thi và hiệu quả đối với các giống cây, khu vực trồng khác nhau thông qua việc xác định các thông số hệ thống phù hợp, đề xuất giải thuật cải tiến, hiệu chuẩn giải thuật với bộ dữ liệu đặc trưng của giống cây, khu vực trồng,... để có tính khả thi và hiệu quả trong triển khai ứng dụng.

Bảng 3. Chỉ số chất lượng nội quả của một số quả phụ thuộc nhiều yếu tố như giống, vùng trồng và mùa vụ

Loại quả và giống	Khu vực trồng/thu mua	Chỉ số chất lượng nội quả
Xoài Calypso	Bắc Úc	DM = 16,5% [56]
Xoài Kensington Pride	Bắc Úc	DM = 16,5% [56]
Xoài Calypso	Nam Úc	DM > 16,5% [56]
Xoài Kensington Pride	Nam Úc	DM > 16,5% [56]
Xoài Ataulfo	Brazil	DM = 14,6 – 16,4% [56]
Xoài Tommy Atkins	Brazil	DM = 14,0% [56]
Xoài Ataulfo	Mexico	DM = 16,9 – 20% [56]
Xoài Honey Gold	Northern Territory và Central Queensland, Úc	DM = 17,7% [40]
Xoài Keitt	Northern Territory và Central Queensland, Úc	DM = 14,9% [40]
Xoài Lady Grace	Northern Territory và Central Queensland, Úc	DM = 17,2% [40]
Xoài Lady Jane	Northern Territory và Central Queensland, Úc	DM = 14,7% [40]
Bơ Fuerte	Nam Phi	DM _{min} = 20% [57]
Bơ Hass	Nam Phi	DM _{min} = 23% [57]
Táo McIntosh	Ithaca, New York	DMC ¹ = 150,4 – 153,9 [58]
Táo Red Delicious	Ithaca, New York	DMC = 196,7 – 203,6 [58]
Táo Fuji	Ithaca, New York	DMC = 167,9 – 198,2 [58]

¹DMC: Dry Matter Content ($g\ kg^{-1}$)

5. Kết quả và bàn luận

Thông qua việc khảo sát và phân tích các công trình đánh giá chất lượng trái cây bằng phương pháp không phá hủy dựa trên cơ sở dữ liệu khoa học Scopus trong giai đoạn 2016 đến 6/2021, nghiên cứu đã giới thiệu tổng quan bốn phương pháp không phá hủy được quan tâm nhiều nhất là phương pháp dựa trên công nghệ đặc tính âm học, khứu giác điện tử, thị giác máy và quang phổ. Với xu hướng tăng nhanh về số công trình công bố trong thời gian gần đây, phân tích quang phổ có thể trở thành phương pháp được quan tâm nhiều nhất trong tương lai gần. Bên cạnh táo và xoài là hai đối tượng được quan tâm đặc biệt, nhóm trái cây có mức độ quan tâm thấp hơn cũng có thể là đối tượng nghiên cứu tiềm năng. Đặc biệt, các nghiên cứu đánh giá không phá hủy đối với xoài, chuối và cam nên được tăng cường tại các nước có khí hậu nhiệt đới như Việt Nam để nâng cao giá trị xuất khẩu các loại trái này, góp phần phát triển kinh tế - xã hội. Qua việc khảo sát hàm lượng vật chất khô đối với một số loại trái cây theo giống và khu vực trồng, nghiên cứu cũng cho thấy khả năng các thông số chất lượng nội quả có thể thay đổi tùy theo giống và khu vực trồng. Đây là cơ sở cho việc nghiên cứu phát triển hay cải tiến các phương pháp phân tích không phá hủy để phù hợp với một số loại trái cây có giá trị kinh tế cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] H. El-Mesery, H. Mao, and A. Abomohra, "Applications of Non-destructive Technologies for Agricultural and Food Products Quality Inspection," *Sensors*, vol. 19, no. 4, p. 846, Feb. 2019.
- [2] O. P. Chauhan, S. Lakshmi, A. K. Pandey, N. Ravi, N. Gopalan, and R. K. Sharma, "Non-destructive Quality Monitoring of Fresh Fruits and Vegetables," *Def. Life Sci. J.*, vol. 2, no. 2, p. 103, May 2017.
- [3] A. Wiktor *et al.*, "Acoustic emission as a tool to assess the changes induced by pulsed electric field in

- apple tissue,” *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, vol. 37, pp. 375–383, Oct. 2016.
- [4] J. Mao, Y. Yu, X. Rao, and J. Wang, “Firmness prediction and modeling by optimizing acoustic device for watermelons,” *J. Food Eng.*, vol. 168, pp. 1–6, Jan. 2016.
- [5] D. Jie and X. Wei, “Review on the recent progress of non-destructive detection technology for internal quality of watermelon,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 151, no. 15, pp. 156–164, Aug. 2018.
- [6] C. Ding, Z. Feng, D. Wang, D. Cui, and W. Li, “Acoustic vibration technology: Toward a promising fruit quality detection method,” *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 20, no. 2, pp. 1655–1680, Mar. 2021.
- [7] M. Adak and N. Yumusak, “Classification of E-Nose Aroma Data of Four Fruit Types by ABC-Based Neural Network,” *Sensors*, vol. 16, no. 3, p. 304, Feb. 2016.
- [8] X. Yang *et al.*, “Rapid and Non-Destructive Detection of Compression Damage of Yellow Peach Using an Electronic Nose and Chemometrics,” *Sensors*, vol. 20, no. 7, p. 1866, Mar. 2020.
- [9] B. Farneti *et al.*, “Development of a new phenotypic roadmap to improve strawberry aroma based on direct injection mass spectrometry,” *Acta Hortic.*, vol. 1309, no. 1309, pp. 971–978, Apr. 2021.
- [10] R. Beghi, S. Buratti, V. Giovenzana, S. Benedetti, and R. Guidetti, “Electronic nose and visible-near infrared spectroscopy in fruit and vegetable monitoring,” *Rev. Anal. Chem.*, vol. 36, no. 4, pp. 1–24, Dec. 2017.
- [11] S. Xu, H. Lu, C. Ference, and Q. Zhang, “Visible/near Infrared Reflection Spectrometer and Electronic Nose Data Fusion as an Accuracy Improvement Method for Portable Total Soluble Solid Content Detection of Orange,” *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 18, p. 3761, Sep. 2019.
- [12] S. Srivastava and S. Sadistap, “Non-destructive sensing methods for quality assessment of on-tree fruits: a review,” *J. Food Meas. Charact.*, vol. 12, no. 1, pp. 497–526, Mar. 2018.
- [13] S. Srivastava and S. Sadistap, “Data processing approaches and strategies for non-destructive fruits quality inspection and authentication: a review,” *J. Food Meas. Charact.*, vol. 12, no. 4, pp. 2758–2794, Dec. 2018.
- [14] M. Vanoli *et al.*, “Time- and spatially-resolved spectroscopy to determine the bulk optical properties of ‘Braeburn’ apples after ripening in shelf life,” *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 168, no. June, p. 111233, 2020.
- [15] P. Mishra, E. Woltering, and N. El, “Improved prediction of ‘Kent’ mango firmness during ripening by near-infrared spectroscopy supported by interval partial least square regression,” *Infrared Phys. Technol.*, vol. 110, no. June, p. 103459, 2020.
- [16] K. Kim and J. Woo, “Prediction of watermelon sweetness using a reflected sound,” *J. Korea Conver. Soc.*, vol. 11, no. 8, pp. 1–6, 2020.
- [17] M.-J. Villaseñor-Aguilar *et al.*, “A Maturity Estimation of Bell Pepper (*Capsicum annum* L.) by Artificial Vision System for Quality Control,” *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 15, p. 5097, Jul. 2020.
- [18] K. Dittakan, N. Theera-Ampornpunt, and P. Boodliam, “Non-destructive Grading of Pattavia Pineapple using Texture Analysis,” in *2018 21st International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC)*, Nov. 2018, pp. 144–149.
- [19] E. J. N. Marques, S. T. de Freitas, M. F. Pimentel, and C. Pasquini, “Rapid and non-destructive determination of quality parameters in the ‘Tommy Atkins’ mango using a novel handheld near infrared spectrometer,” *Food Chem.*, vol. 197, pp. 1207–1214, Apr. 2016.
- [20] V. Cortés, C. Ortiz, N. Aleixos, J. Blasco, S. Cubero, and P. Talens, “A new internal quality index for mango and its prediction by external visible and near-infrared reflection spectroscopy,” *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 118, pp. 148–158, Aug. 2016.
- [21] G. Yu, B. Ma, J. Chen, X. Li, Y. Li, and C. Li, “Nondestructive identification of pesticide residues on the Hami melon surface using deep feature fusion by Vis/NIR spectroscopy and 1D-CNN,” *J. Food Process Eng.*, vol. 44, no. 1, pp. 1–12, Jan. 2021.
- [22] V. Cortés, J. Blasco, N. Aleixos, S. Cubero, and P. Talens, “Visible and Near-Infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy for Fast Qualitative and Quantitative Assessment of Nectarine Quality,” *Food Bioprocess Technol.*, vol. 10, no. 10, pp. 1755–1766, Oct. 2017.
- [23] S. Jarolmasjed, C. Zúñiga Espinoza, and S. Sankaran, “Near infrared spectroscopy to predict bitter pit development in different varieties of apples,” *J. Food Meas. Charact.*, vol. 11, no. 3, pp. 987–993, Sep. 2017.
- [24] B. B. Wedding, C. Wright, S. Grauf, P. Gadek, and R. D. White, “The application of FT- NIRS for the detection of bruises and the prediction of rot susceptibility of ‘Hass’ avocado fruit,” *J. Sci. Food*

- Agric.*, vol. 99, no. 4, pp. 1880–1887, Mar. 2019.
- [25] S. K. Behera, S. Sangita, A. K. Rath, and P. K. Sethy, *Automatic Classification of Mango Using Statistical Feature and SVM*, vol. 41, Singapore: Springer Singapore, 2019.
- [26] M. J. C. Baculo and N. Marcos, “Automatic Mango Detection using Image Processing and HOG-SVM,” in *Proceedings of the 2018 VII International Conference on Network, Communication and Computing - ICNCC 2018*, 2018, pp. 211–215.
- [27] M. A. Ayllon, M. J. Cruz, J. J. Mendoza, and M. C. Tomas, “Detection of Overall Fruit Maturity of Local Fruits using Convolutional Neural Networks Through Image Processing,” in *Proceedings of the 2nd International Conference on Computing and Big Data - ICCBD 2019*, 2019, pp. 145–148.
- [28] C. A. Jaramillo-Acevedo, W. E. Choque-Valderrama, G. E. Guerrero-Álvarez, and C. A. Meneses-Escobar, “Hass avocado ripeness classification by mobile devices using digital image processing and ANN methods,” *Int. J. Food Eng.*, vol. 16, no. 12, Sep. 2020.
- [29] Z. Wang, K. Walsh, and B. Verma, “On-Tree Mango Fruit Size Estimation Using RGB-D Images,” *Sensors*, vol. 17, no. 12, p. 2738, Nov. 2017.
- [30] S. E. Adebayo, N. Hashim, K. Abdan, M. Hanafi, and K. Mollazade, “Prediction of quality attributes and ripeness classification of bananas using optical properties,” *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, vol. 212, no. 2016, pp. 171–182, Nov. 2016.
- [31] R. Temizkan, M. Atan, M. B. Büyükcın, and C. Caner, “Efficacy evaluation of ultrasound treatment on the postharvest storability of white nectarine by both physicochemical and image processing analyses,” *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 154, pp. 41–51, Aug. 2019.
- [32] Cattaneo and Stellari, “Review: NIR Spectroscopy as a Suitable Tool for the Investigation of the Horticultural Field,” *Agronomy*, vol. 9, no. 9, p. 503, Sep. 2019.
- [33] M. Manley, “Near-infrared spectroscopy and hyperspectral imaging: non-destructive analysis of biological materials,” *Chem. Soc. Rev.*, vol. 43, no. 24, pp. 8200–8214, 2014.
- [34] A. Pissard *et al.*, “Evaluation of a handheld ultra-compact NIR spectrometer for rapid and non-destructive determination of apple fruit quality,” *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 172, p. 111375, Feb. 2021.
- [35] K. R. Borba, P. C. Spricigo, D. P. Aykas, M. C. Mitsuyuki, L. A. Colnago, and M. D. Ferreira, “Non-invasive quantification of vitamin C, citric acid, and sugar in ‘Valência’ oranges using infrared spectroscopies,” *J. Food Sci. Technol.*, vol. 58, no. 2, pp. 731–738, Feb. 2021.
- [36] M. Yap, W. M. A. D. B. Fernando, C. S. Brennan, V. Jayasena, and R. Coorey, “The effects of banana ripeness on quality indices for puree production,” *LWT*, vol. 80, pp. 10–18, Jul. 2017.
- [37] N. T. I. Samamad, L. P. D. Ribeiro, M. M. de Almeida Lopes, R. Puschmann, and E. de Oliveira Silva, “Near infrared spectroscopy, a suitable tool for fast phenotyping – The case of cashew genetic improvement,” *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, vol. 238, no. February, pp. 363–368, Aug. 2018.
- [38] P. Rungpichayapichet, B. Mahayothee, M. Nagle, P. Khuwijitjaru, and J. Müller, “Robust NIRS models for non-destructive prediction of postharvest fruit ripeness and quality in mango,” *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 111, no. 1111, pp. 31–40, Jan. 2016.
- [39] A. Wendel, J. Underwood, and K. Walsh, “Maturity estimation of mangoes using hyperspectral imaging from a ground based mobile platform,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 155, no. October, pp. 298–313, Dec. 2018.
- [40] N. T. Anderson, K. B. Walsh, P. P. Subedi, and C. H. Hayes, “Achieving robustness across season, location and cultivar for a NIRS model for intact mango fruit dry matter content,” *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 168, no. June, p. 111202, Oct. 2020.
- [41] P. Mishra, J. M. Roger, F. Marini, A. Biancolillo, and D. N. Rutledge, “FRUITNIR-GUI: A graphical user interface for correcting external influences in multi-batch near infrared experiments related to fruit quality prediction,” *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 175, p. 111414, May 2021.
- [42] P. Osinenko *et al.*, “Application of non-destructive sensors and big data analysis to predict physiological storage disorders and fruit firmness in ‘Braeburn’ apples,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 183, p. 106015, Apr. 2021.
- [43] I. S. Minas, F. Blanco-Cipollone, and D. Sterle, “Accurate non-destructive prediction of peach fruit internal quality and physiological maturity with a single scan using near infrared spectroscopy,” *Food Chem.*, vol. 335, no. February 2020, p. 127626, Jan. 2021.
- [44] Kusumiyati, A. A. Munawar, and D. Suhandy, “Fast and contactless assessment of intact mango fruit quality attributes using near infrared spectroscopy (NIRS),” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol.

- 644, no. 1, p. 012028, Jan. 2021.
- [45] N. T. Anderson, K. B. Walsh, J. R. Flynn, and J. P. Walsh, "Achieving robustness across season, location and cultivar for a NIRS model for intact mango fruit dry matter content. II. Local PLS and nonlinear models," *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 171, p. 111358, Jan. 2021.
- [46] A. S. Franca and L. M. L. Nollet, *Spectroscopic Methods in Food Analysis*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017: CRC Press, 2017.
- [47] J. S. Barrera, A. Echavarría, C. Madrigal, and J. Herrera-Ramirez, "Classification of hyperspectral images of the interior of fruits and vegetables using a 2D convolutional neuronal network," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1547, no. 1, p. 012014, May 2020.
- [48] S. Munera, J. Blasco, J. M. Amigo, S. Cubero, P. Talens, and N. Aleixos, "Use of hyperspectral transmittance imaging to evaluate the internal quality of nectarines," *Biosyst. Eng.*, vol. 182, pp. 54–64, Jun. 2019.
- [49] S. S. Deulkar and S. S. Barve, "An Automated Tomato Quality Grading using Clustering based Support Vector Machine," in *2018 3rd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, Oct. 2018, pp. 1128–1133.
- [50] H. Wei and Y. Gu, "A Machine Learning Method for the Detection of Brown Core in the Chinese Pear Variety Huangguan Using a MOS-Based E-Nose," *Sensors*, vol. 20, no. 16, p. 4499, Aug. 2020.
- [51] Y. Zhang, W. S. Lee, M. Li, L. Zheng, and M. A. Ritenour, "Non-destructive recognition and classification of citrus fruit blemishes based on ant colony optimized spectral information," *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 143, pp. 119–128, Sep. 2018.
- [52] Y. Xiao *et al.*, "A comprehensive investigation of starch degradation process and identification of a transcriptional activator MabHLH6 during banana fruit ripening," *Plant Biotechnol. J.*, vol. 16, no. 1, pp. 151–164, Jan. 2018.
- [53] W. Lan, B. Jaillais, A. Leca, C. M. G. C. Renard, and S. Bureau, "A new application of NIR spectroscopy to describe and predict purees quality from the non-destructive apple measurements," *Food Chem.*, vol. 310, p. 125944, Apr. 2020.
- [54] FAO, "Major Tropical Fruits Market Review," p. 9213, 2020. [Online]. Available: <http://www.fao.org/3/ca9213en/ca9213en.pdf>. [Accessed December 25, 2020].
- [55] FAOSTAT, "Total world trade in non-traditional agricultural exports, by value - fruits," 2020. [Online]. Available: <http://www.fao.org/3/y5445e/y5445e01.htm> Total. [Accessed Dec. 25, 2020]
- [56] V. Kinhal, "Using Dry Matter as a Measure of Maturity & Quality in Mangos," p. 2020, 2019. [Online]. Available: <https://felixinstruments.com/blog/using-dry-matter-as-a-measure-of-maturity-quality-in-mangos/>. [Accessed Dec. 23, 2020].
- [57] R. J. Blakey, "Evaluation of avocado fruit maturity with a portable near-infrared spectrometer," *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 121, pp. 101–105, Nov. 2016.
- [58] Y. Zhang, J. F. Nock, Y. Al Shoffe, and C. B. Watkins, "Non-destructive prediction of soluble solids and dry matter concentrations in apples using near-infrared spectroscopy," *Acta Hortic.*, no. 1275, pp. 341–348, Mar. 2020.