748 individuals/m². In the Winter-Spring 2024 - 2025 season, the BPHs population density in those two treatments was 114 individuals/m² and 118 individuals/m², respectively. In contrast, BPH's population density in the untreated control plots reached a very high level approximately. 1,383 individuals/m² in the Summer-Autumn 2024 season and 871 individuals/m² in the Winter-Spring 2024 - 2025 season at 10 days before harvest.

Keywords: OM74, brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, *Metarhizium anisopliae*, Emamectin benzoate

Ngày nhận bài: 24/10/2025 Người phản biện: PGS.TS. Phạm Hồng Hiển, TS. Nguyễn Thế Hinh

Ngày duyệt đăng: 22/5/2026 Ngày phản biện: 28/11/2025

ĐẶC ĐIỂM, CHẤT LƯỢNG ĐẤT MẶN TRỒNG LÚA Ở AN GIANG VÀ ĐỀ XUẤT HƯỚNG SỬ DỤNG HỢP LÝ

Ngô Huy Kiên[1*], Vũ Ngọc Hùng[1], Trần Minh Tiến[2], Nguyễn Văn Bộ[3], Đoàn Doãn Tuấn[4], Trần Việt Dũng[5], Nguyễn Minh Triều[6]

TÓM TẮT

Canh tác lúa trên đất mặn đang đối mặt với nhiều thách thức liên quan đến chất lượng đất và điều kiện nước, ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và hiệu quả sản xuất. Do đó, việc đánh giá chất lượng đất mặn trồng lúa và đề xuất định hướng sử dụng đất hợp lý là cần thiết nhằm phục vụ phát triển nông nghiệp bền vững ở các vùng ven biển. Nghiên cứu này nhằm đánh giá chất lượng đất mặn trồng lúa tại tỉnh An Giang (Kiên Giang cũ) dựa trên các đặc điểm lý - hóa đất và điều kiện tự nhiên liên quan. Kết quả nghiên cứu đã xác định được bảy đơn vị chất lượng đất (DVD1-DVD7) với đặc điểm và phạm vi phân bố khác nhau. Trên cơ sở đó, đề xuất khoảng 6.470 ha đất mặn thích hợp cho canh tác lúa hai vụ kết hợp rau màu; khoảng 31.756 ha phù hợp với mô hình lúa một vụ kết hợp nuôi tôm; khoảng 8.625 ha thích hợp cho mô hình lúa - rau màu trên đất mặn lập líp; đã đưa ra một số mô hình sử dụng đất mặn trồng lúa hiệu quả và 5 nhóm giải pháp hỗ trợ sử dụng bền vững quỹ đất mặn trồng lúa trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Chất lượng đất, đất mặn, độ phì nhiêu, đánh giá đa tiêu chí

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đất mặn có 631.800 ha, chiếm 15,76% diện tích đất vùng đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) (Vũ Anh Tú, 2023), trong đó phần lớn đang được sử dụng để trồng lúa. Riêng ở tỉnh Kiên Giang trước đây (nay là tỉnh An Giang sau khi sáp nhập từ ngày 01 tháng 07 năm 2025), đất mặn có đến 58.690 ha, hiện đang trồng lúa và kết hợp lúa - thủy sản 37.159 ha, chiếm hơn 63,3% diện tích đất mặn. Các loại đất mặn chính là: đất mặn sú vẹt, đước (Mm); đất mặn nhiều (Mn); đất mặn trung bình và ít (M); đất mặn lập líp (Mv). Đây cũng là khu vực chịu tác động mạnh của xâm nhập mặn và biến đổi khí hậu, ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng đất, canh tác lúa và sinh kế của người dân.

Việc đánh giá đặc điểm, chất lượng đất mặn, xác định mức độ phù hợp với cây lúa và đề xuất mô hình sử dụng đất hợp lý là cần thiết nhằm đảm bảo sản xuất nông nghiệp bền vững, thích ứng với biến đổi khí hậu. Chất lượng đất có thể được đánh giá ở nhiều quy mô khác nhau, sử dụng chỉ số chất lượng đất (Soil Quality Index - SQI) theo khung Soil Management Assessment Framework (Andrews *et al*., 2004). Trong nghiên cứu này, kết quả SQI được phân cấp thành các mức chất lượng đất: thấp, trung bình và cao, sau đó tích hợp trong môi trường GIS để xây dựng bản đồ phân bố chất lượng đất mặn trồng lúa theo đơn vị đất đai, làm cơ sở để đề xuất hướng sử dụng đất hợp lý, nâng cao hiệu quả canh tác lúa trên đất mặn và thích ứng biến đổi khí hậu.

II. ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và nội dung nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng các tài liệu về đất mặn trồng lúa để đánh giá: đặc điểm tài nguyên đất mặn tỉnh Kiên Giang cũ (tỉnh An Giang hiện nay); thực trạng sử dụng đất mặn trồng lúa; chất lượng đất mặn trồng lúa và đề xuất sử dụng đất hợp lý.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Thu thập thông tin sơ cấp, thứ cấp và xử lý, tổng hợp số liệu, tài liệu về điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội và môi trường, tình hình sử dụng đất trồng lúa.

[1]Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp; [2]Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam; [3]Hội Khoa học Đất Việt Nam
[4]Viện Tài nguyên nước và Môi trường Đông Nam Á; [5]Viện Khoa học Thủy Lợi Việt Nam
[6]NCS Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên - Trường Đại học Cần Thơ
[*]Tác giả liên hệ, email: ngohuykien68@gmail.com

Phương pháp phân tích lý - hóa học đất: số liệu phân tích kế thừa kết quả dự án điều tra đánh giá thoái hóa đất và các chỉ tiêu và phương pháp phân tích đất theo hướng dẫn và quy định hiện hành.

Nghiên cứu áp dụng tiếp cận chỉ số chất lượng đất (Soil Quality Index - SQI) theo khung SMAF (Soil Management Assessment Framework) do Karlen và cộng sự (1997; 2008) đề xuất. Theo đó, các chỉ tiêu lý - hóa - sinh học đất được chuẩn hóa thông qua các hàm cho điểm (scoring functions), đánh giá đa tiêu chí (MCE), sau đó được tích hợp bằng phương pháp trọng số nhằm phản ánh mức độ thực hiện các chức năng đất trong điều kiện canh tác cụ thể. Do hạn chế về dữ liệu sinh học, nghiên cứu này chỉ tập trung vào các chỉ tiêu lý - hóa đất và xâm nhập mặn, có vai trò quyết định đối với sinh trưởng cây lúa. Trọng số của các chỉ tiêu được xác định bằng phương pháp Phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process - AHP) thông qua ma trận so sánh cặp, có kiểm tra chỉ số nhất quán (CR < 0,1). Chỉ số SQI được tính theo phương pháp tổng hợp có trọng số.

Nhóm chỉ tiêu về đất và nguồn nước như sau:

Chỉ tiêu	Phân cấp		Ký hiệu
Loại đất	Đất mặn trung bình và ít (M), đất mặn lập líp		G01
	Đất mặn nhiều (Mn)		G02
	Đất mặn sú vẹt đước (Mm)		G03
Xâm nhập mặn (ngưỡng mặn trong kênh rạch 4 g/L)	Không xâm nhập mặn	< 1 (tháng/năm)	SA1
	Xâm nhập mặn ít	≥ 1 - ≤ 3 (tháng/năm)	SA2
	Xâm nhập mặn trung bình	> 3 - ≤ 5 (tháng/năm)	SA3
	Xâm nhập mặn nhiều/thường xuyên	> 5 (tháng/năm)	SA4

Độ phì nhiêu của đất, các chỉ tiêu lý hóa học đất:

TT	Chỉ tiêu	Phân cấp	Đánh giá	Ký hiệu	Phương pháp	
1	Độ chua của đất (pH_{KCl})	≥ 6,0 - ≤ 7,0	Trung tính	pH1	Máy đo pH	TCVN 5979:2007
		≥ 4,0 - < 6,0	Ít chua	pH2		
		< 4,0 hoặc > 7,0	Rất chua hoặc kiềm mạnh	pH3		
2	Thành phần cơ giới	Cát, cát pha thịt, thịt pha cát	Nhẹ	TPCG1	PP. pipet	TCVN 8567:2010
		Thịt, thịt pha sét, sét pha cát	Trung bình	TPCG2		
		Sét, sét pha thịt	Nặng	TPCG3		
3	Dung trọng (g/cm^3)	< 1	Giàu chất hữu cơ	Dt1	PP. ống trụ	
		1,0 - 1,2	Đất trồng trọt tốt	Dt2		
		> 1,2	Đất bị nén	Dt3		
4	Dung tích hấp thu (CEC) (lđl/100 g đất)	< 10	Thấp	CEC1	PP. amonaxetat pH = 7	TCVN 8568:2010
		≥ 10 - < 25	Trung bình	CEC2		
		≥ 25	Cao	CEC3		
6	Nitơ tổng số (%)	< 0,08	Nghèo	N1	PP. Kjeldahl	TCVN 6498:1999
		≥ 0,08 - < 0,15	Trung bình	N2		
		≥ 0,15	Giàu	N3		
7	Phốt pho tổng số (%)	< 0,06	Nghèo	P1	PP so màu	TCVN 4052-1985
		≥ 0,06 - < 0,10	Trung bình	P2		
		≥ 0,10	Giàu	P3		
8	Kali tổng số (%)	< 1,0	Nghèo	K1	PP. quang kế ngọn lửa	TCVN 8660:2011
		≥ 1,0 - < 2,0	Trung bình	K2		
		≥ 2,0	Giàu	K3		
9	Cac bon hữu cơ tổng số (OC%)	< 1,0	Nghèo	OM1	PP. Walkley - Black	TCVN 8941:2011
		≥ 1,0 - <2,0	Trung bình	OM2		
		≥ 2,0	Giàu	OM3		

Phương pháp bản đồ và ứng dụng GIS: xử lý số liệu không gian và phi không gian từ các thông tin đã thu thập được, biên tập và xây dựng các lớp thông tin phục vụ đánh giá chất lượng đất mặn trồng lúa.

2.3. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

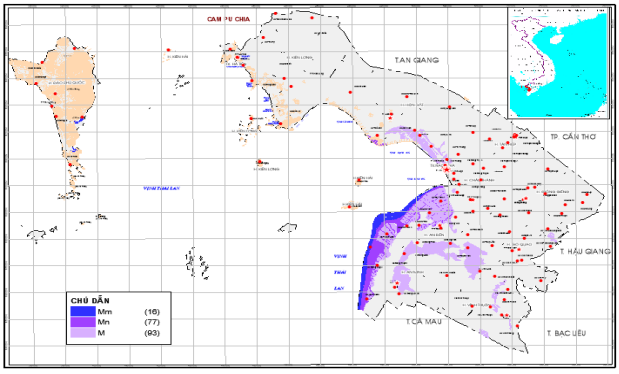
Nghiên cứu bổ sung năm 2024 kế thừa kết quả nghiên cứu đánh giá chất lượng đất của Sở Tài nguyên và Môi trường năm 2019. Địa điểm nghiên cứu tại khu vực ven Biển Tây tỉnh An Giang, gồm các xã: An Minh, Đông Hòa, Tân Thạnh, Đông Hưng, Vân Khánh (thuộc huyện An Minh, tỉnh Kiên Giang cũ); An Biên, Tây Yên, Đông Thái (huyện An Minh, tỉnh Kiên Giang cũ); Hòn Đất, Sơn Kiên, Mỹ Thuận, Bình Giang, Bình Sơn (huyện Hòn Đất, tỉnh Kiên Giang cũ); Kiên Lương, Hòn Điền, Hòn Nghệ, Sơn Hải (huyện Kiên Lương, tỉnh Kiên Giang cũ); Vĩnh Thuận, Vĩnh Phong (huyện Vĩnh Thuận, tỉnh Kiên Giang cũ) và U Minh Thượng.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Chất lượng đất mặn An Giang (vùng Kiên Giang cũ)

3.1.1. Phân loại và đặc điểm lý - hóa tính đất

Theo bản đồ đất tỉnh Kiên Giang (cũ) tỷ lệ 1/100.000 thuộc dự án "Điều tra, đánh giá chất lượng đất, tiềm năng đất đai tỉnh Kiên Giang", nhóm đất mặn (M) có 04 đơn vị đất (Soil Units): (1) đất mặn sú vẹt, đước - ký hiệu Mm; (2) đất mặn nhiều - Mn; (3) đất mặn trung bình và ít - M và đất mặn lập líp - Mv, đã được kế thừa sử dụng trong nghiên cứu này (Hình 1).



Hình 1. Bản đồ đất mặn ở Kiên Giang (nay là An Giang)

Đặc tính 4 loại đất mặn như sau:

Đất mặn sú, vẹt và đước (Mm) có diện tích 3.954 ha, tương đương 0,62% diện tích tự nhiên (DTTN). Đất có thành phần cơ giới nặng (48 - 56% sét; 5 - 10% cát); ít chua đến gần trung tính, pH_{KCl} khoảng 5,44 - 5,90. Hiện trạng sử dụng là rừng ngập mặn, có kết hợp nuôi tôm sú.

Đất mặn nhiều (Mn) có diện tích là 7.886 ha (1,24% DTTN). Thành phần cơ giới 38 - 58% sét; 10 - 14% cát; ít chua đến gần trung tính, pH_{KCl} khoảng 5,13 - 6,12; CEC trung bình khoảng 16,0 - 21,0 me/100 g đất. Hiện trạng sử dụng là nuôi tôm sú/cua, cá nước mặn là chính.

Đất mặn trung bình và ít (M) có diện tích là 37.569 ha (5,92% DTTN). Thành phần cơ giới 32 - 58% sét; 8 - 12% cát; ít chua đến trung tính, pH_{KCl} khoảng 4,02 - 6,10; CEC trung bình thấp đến khá cao, khoảng 15,0 - 21,0 me/100 g đất. Hàm lượng các bon hữu cơ (OC) và đạm tổng số (N) giàu đến rất giàu, khoảng 2,50 - 8,86% OC và 0,14 - 0,36% N; lân và kali tổng số đều đạt mức trung bình đến giàu: 0,06 - 0,19% P_2O_5 và 1,27 - 1,96% K_2O. Hiện trạng sử dụng là trồng lúa nước kết hợp nuôi trồng thủy sản nước lợ.

Đất mặn lập líp (Mv) có diện tích là 9.281 ha (1,46% DTTN). Thành phần cơ giới 37 - 57%; 2 - 4% cát; ít chua, pH_{KCl} khoảng 5,22 - 6,24; CEC trung bình đến trung bình khá, khoảng 18,0 - 19,0 me/100 g đất. OC và đạm tổng số (N) trung bình khá đến giàu, khoảng 3,80 - 4,00% OC và 0,19 - 0,27% N; lân và kali tổng số đều đạt mức trung bình đến giàu: 0,10 - 0,17% P_2O_5 và 2,05 - 2,37% K_2O. Đất mặn lập líp là loại đất có độ phì khá cao và mức độ độc thấp, chủ yếu bị ảnh hưởng bởi mặn ngầm ở độ sâu trên 80 cm, do đó ít ảnh hưởng đến sinh trưởng của cây trồng. Loại đất này phân bố chủ yếu ở địa hình cao, rất thích hợp cho việc bố trí các loại cây trồng cạn.

3.1.2. Đặc điểm thủy văn, chất lượng nước và xâm nhập mặn

a) Chế độ thủy văn dòng chảy

Vùng nghiên cứu chịu ảnh hưởng mạnh của chế độ triều Biển Tây, thủy văn sông Hậu và thủy văn nội đồng.

Thủy triều Biển Tây là chế độ nhật triều, biên độ triều từ 0,8 m đến 1 m. Hai đỉnh triều trong ngày chênh nhau khoảng 0,5 - 0,7 m. Thủy văn sông Hậu chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của lưu lượng nước ở thượng nguồn sông Mê Kông và thủy triều Biển Đông. Từ tháng 7 đến tháng 12, nước lũ từ sông Hậu đổ về hầu như không có dòng chảy ngược. Mùa khô, lượng nước thượng nguồn giảm dần, trong khi bán nhật triều ở Biển Đông hoạt động mạnh hơn, trên sông Hậu bắt đầu có dòng chảy ngược đến Châu Đốc. Biên độ triều lớn nhất tại Châu Đốc vào tháng 10 là 16 cm, tăng dần lên 101 cm vào tháng 01 và đạt đến 126 cm vào tháng 5. Thủy văn nội đồng điều tiết mức ngập và thay đổi mức độ xâm nhập mặn, độ chua phèn trong kênh rạch trong nửa đầu mùa mưa.

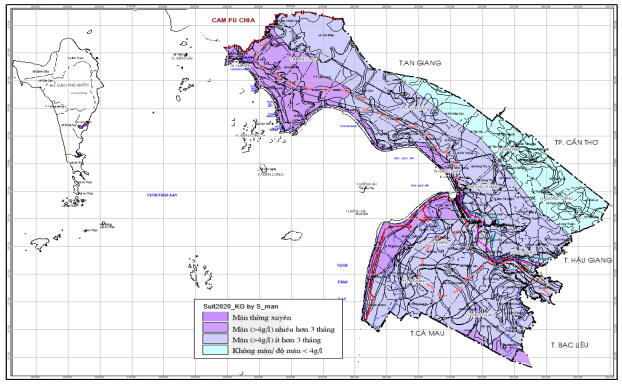
b) Xâm nhập mặn và chất lượng nước

Mặn xâm nhập chủ yếu theo 2 hướng:

Từ hướng Biển Tây, nước mặn theo sông Cái Lớn, Cái Bé, rạch Tiểu Dừa, sông Đốc và các kênh vùng An Minh, An Biên.

Từ hướng Biển Đông, nước mặn theo hướng sông Gành Hào và hệ thống các kênh, rạch vùng Quản Lộ - Phụng Hiệp, qua Tắc Thủ và kênh Chắc Băng, gây ảnh hưởng đến vùng dự án. Vào mùa kiệt, nước mặn xâm nhập vào sâu nội đồng do tác động của triều từ Biển Tây. Trên sông Cái Lớn, độ mặn 4 g/L xâm nhập vào sâu khoảng 60 - 65 km tới gần TP. Vị Thanh. Độ mặn lớn nhất xảy ra vào tháng 3 và tháng 4.

Theo bản đồ xâm nhập mặn năm 2016, gần như toàn bộ vùng U Minh Thượng, An Minh, An Biên và ven sông Cái Lớn đều chịu ảnh hưởng của độ mặn lớn hơn 25 g/L, khu vực cuối của Vùng Tây Sông Hậu chịu ảnh hưởng độ mặn 10 - 25 g/L (Hình 2).



Hình 2. Bản đồ xâm nhập mặn năm 2016 ở Kiên Giang

3.2. Hiện trạng sử dụng đất mặn Kiên Giang (trước sáp nhập)

3.2.1. Kết quả nghiên cứu các loại sử dụng đất nông nghiệp

Theo số liệu thống kê, kết hợp với điều tra thực tế về tình hình sử dụng đất mặn sản xuất nông nghiệp, xác định được 04 loại sử dụng đất: (i) chuyên lúa 02 vụ (Hè Thu - Mùa/Thu Đông); (ii) 01 vụ lúa Mùa + thủy sản (tôm sú/thẻ); (iii) nuôi trồng thủy sản (sú/thẻ, cua, cá); (iv) rừng ngập mặn (rừng phòng hộ - RPH). Hiện ở Kiên Giang (trước sáp nhập), lúa đang được trồng trên khoảng 79,82% quỹ đất mặn, chủ yếu trên đất mặn trung bình và ít.

Bảng 1. Hiệu quả sản xuất của các loại sử dụng đất (LUS)

TT	Vùng đất mặn		Hiện trạng sử dụng đất		
	Loại đất	*Diện tích (ha)*	*Loại sử dụng đất*	*Diện tích (ha)*	*Tỷ lệ (%)*
1	2	3	4	5	6 = 5/3
1	Đất mặn trung bình và ít (M)	37.569	Chuyên lúa 2 - 3 vụ (ĐX - HT/HT - MU; HT - MU + rau, màu ĐX) - LUA - NTS	6.010	16,00
			Lúa - Thủy sản (tôm sú/thẻ, cua, cá...) - LUA - NTS	31.149	82,91
			Thủy sản (tôm sú/thẻ, cua, cá…) - NTS	410	1,09
2	Đất mặn nhiều (Mn)	7.886	Thủy sản (tôm sú/thẻ, cua, cá…) - NTS	6.886	87,32
			Rừng phòng hộ - thủy sản - RPH - NTS	1.000	12,68
3	Đất mặn sú vẹt đước (Mm)	3.954	Rừng phòng hộ - RPH	3.027	76,56
			Rừng ngập mặn - tôm, cua, cá - RPH - NTS	927	23,44
4	Đất mặn lên lip (Mv)	9.281	Cây ăn quả, cây lâu năm, rau màu - CLN - CAQ - RM	2.163	23,31
			Phi nông nghiệp (PNN) (thổ cư, giao thông...) - PNN	7.118	76,69
	Tổng số	58.690		58.690	

Ghi chú: HT: vụ Hè Thu; MU: vụ Mùa; ĐX: vụ Đông Xuân; TĐ: vụ Thu Đông; RPH: rừng phòng hộ; NTS: nuôi thủy sản; CLN: cây lâm nghiệp; CAQ: cây ăn quả; RM: rau màu; CLN: cây lâu năm; Phi nông nghiệp: PNN.

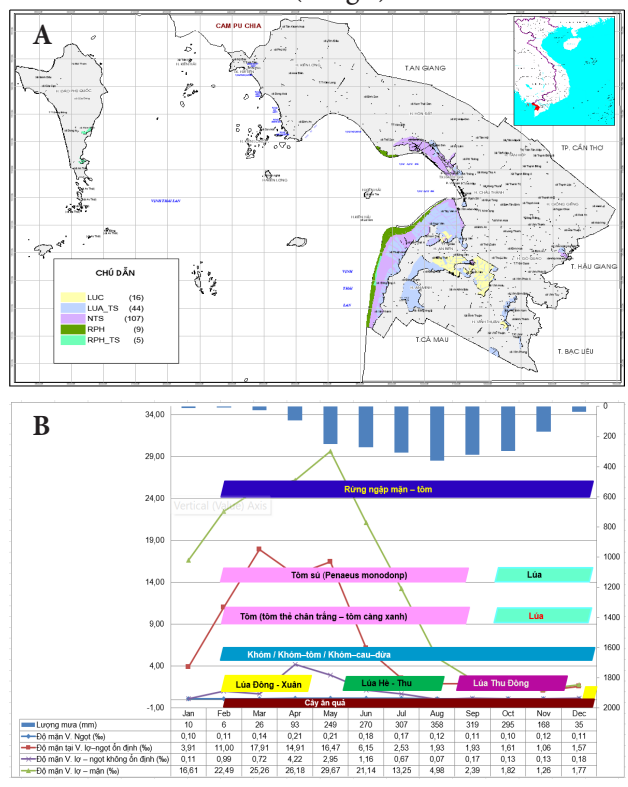
Bảng 1 và hình 3A, 3B cho thấy, đất mặn trung bình và ít (M) diện tích 37.569 ha, hiện đang sử dụng 16% cho chuyên lúa 2 - 3 vụ, 82,91% cho lúa - tôm và 1,09% cho nuôi tôm sú/thẻ. Đất mặn nhiều (Mn) có diện tích 7.886 ha, hiện đang sử dụng 87,32% cho nuôi trồng thủy sản (tôm sú/thẻ, cua, cá…), 12,68% là rừng phòng hộ kết hợp nuôi trồng thủy sản (tôm sú, cua, cá). Đất mặn sú, vẹt và đước (Mm) có diện tích 3.954 ha, hiện đang sử dụng 76,56% là rừng phòng hộ ven biển và 23,44% là rừng phòng hộ kết hợp nuôi trồng thủy sản.

3.2.2. Hiệu quả sản xuất đất mặn trồng lúa

Kết quả tính toán hiệu quả sản xuất cho thấy, mô hình 02 vụ lúa (Hè Thu - Mùa) trên đất mặn (M): tổng chi phí (2 vụ/ha/năm) khoảng 64 - 66 triệu đồng, tổng thu 85 - 87 triệu đồng, lãi thuần 21,5 - 23,5 triệu đồng với tỷ suất lợi nhuận 33,82%, ở mức thấp. Mô hình này cho thấy hiệu quả kinh tế còn hạn chế do chi phí đầu vào cao, trong khi năng suất và giá trị gia tăng không lớn, đặc biệt trong điều kiện đất mặn ảnh hưởng đến sinh trưởng và năng suất lúa.

Mô hình 01 vụ lúa - tôm sú trên đất mặn (M): tổng chi 16,57 triệu đồng/ha, tổng thu 23,5 triệu đồng/ha, lãi thuần 6,93 triệu đồng/ha, tỷ suất lợi nhuận đạt 41,82%, xếp mức trung bình. Mô hình lúa - tôm cho hiệu quả kinh tế cao hơn lúa thuần nhờ tận dụng điều kiện mặn theo mùa, giảm chi phí đầu tư và đa dạng hóa sản phẩm.

Mô hình lúa - màu trên đất mặn (M, Mv): tổng chi phí 25,00 triệu đồng/ha, tổng thu 50,00 triệu đồng/ha, lãi thuần 25,00 triệu đồng/ha, với tỷ suất lợi nhuận 100%, được phân cấp từ trung bình đến cao. Đây là mô hình có hiệu quả kinh tế cao nhất trong nhóm trồng trọt, tuy nhiên quy mô đòi hỏi điều kiện đất mặn nhẹ, kỹ thuật canh tác tốt và đầu tư lớn (Bảng 2).



Hình 3. Bản đồ hiện trạng sử dụng đất mặn ở Kiên Giang (A) và sơ đồ cơ cấu mùa vụ (B)

Bảng 2. Hiệu quả sản xuất lúa trên các loại sử dụng đất

Loại sử dụng đất			Tổng chi		Tổng thu		Lãi thuần		Tỷ suất lãi	
Số LUS	*Loại sử dụng đất (LUT)*	*Vùng đất*	*Giá trị (1.000 đ)*	*Phân cấp*	*Giá trị (1000 đ)*	*Phân cấp*	*Giá trị (1.000 đ)*	*Phân cấp*	*Tỷ suất lợi nhuận (%)*	*Phân cấp*
1	02 vụ lúa (Hè Thu - Mùa)	M	33.058	M	44.570	M	11.512	L	34,82	L
2	01 vụ lúa - tôm sú	M	16.570	L	23.500	L	6.930	L	41,82	M
3	Lúa - màu	M	25.000	L	50.000	M	25.000	M	100,00	H
4	Chuyên rau - màu	Mv	50.000	M	100.000	H	50.000	H	100,00	H

Nguồn: Đề tài "Nghiên cứu đề xuất giải pháp khoa học và công nghệ nâng cao hiệu quả quản lý khai thác công trình thủy lợi Cái Lớn - Cái Bé gắn với phát triển bền vững, 2024".

Ghi chú: Vùng đất: M (đất mặn trung bình và ít); Mv (đất mặn lập líp); Phân cấp: H (high - cao); M (medium - trung bình); L (low - thấp).

3.3. Chất lượng đất mặn trồng lúa ở Kiên Giang (cũ) và đề xuất sử dụng đất hợp lý

3.3.1. Đánh giá độ phì nhiêu đất mặn trồng lúa

Mức độ dinh dưỡng tổng số trong đất được xác định theo phương pháp đánh giá đa chỉ tiêu (MCE) của 4 chỉ tiêu dinh dưỡng tổng số. Xây dựng ma trận so sánh cặp đôi và xác định trọng số của 4 chỉ tiêu về dinh dưỡng tổng số trong đất, được xác định theo phương pháp tham khảo ý kiến chuyên gia (Bảng 3).

Bảng 3. Ma trận so sánh cặp đôi và trọng số (Wi) các chỉ tiêu dinh dưỡng tổng số

Chỉ tiêu	OM	N	P	K		Chỉ tiêu	OM	N	P	K	Wi		Vector trọng số	Vector nhất quán	Thông số	Giá trị
OM	1,00	3,29	1,86	2,09		OM	0,43	0,45	0,44	0,42	0,4312		1,727	4,0046	λ_{max}	4,004
N	0,30	1,00	0,54	0,73		N	0,13	0,13	0,12	0,15	0,1347		0,539	4,0020	n	4
P	0,54	1,85	1,00	1,13	=>	P	0,23	0,25	0,23	0,23	0,2350	<=>	0,941	4,0049	RI	0,9
K	0,48	1,36	0,89	1,00		K	0,21	0,17	0,21	0,20	0,1991		0,797	4,0032	CI	0,001
Cộng	2,321	7,501	4,285	4,950		Cộng	1,00	1,00	1,00	1,00	1,0000		CR = CI/RI (%)			0,14

Ghi chú: tính toán được $[W_{OM, WN, WP, WK}] = [0,4312; 0,1347; 0,2350; 0,1991]$.

Về điểm số các cấp của các chỉ tiêu dinh dưỡng tổng số trong đất, để đảm bảo tính nhất quán, mỗi chỉ tiêu đều có 100 điểm, được phân làm 5 cấp cách đều 20 điểm từ thấp đến cao. Tiêu chuẩn phân cấp và điểm số của các cấp chỉ tiêu được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Điểm số (Xi) của các cấp chỉ tiêu dinh dưỡng tổng số trong đất

Cấp đánh giá	OM		N		P_2O_5		K_2O	
	Giá trị (%)	*Điểm*	*Giá trị (%)*	*Điểm*	*Giá trị (%)*	*Điểm*	*Giá trị (%)*	*Điểm*
1. Rất nghèo (VL)	< 0,5	20	< 0,05	20	< 0,03	20	< 0,5	20
2. Nghèo (L)	≥ 0,5 - < 1,0	40	≥ 0,05 - < 0,08	40	≥ 0,03 - < 0,06	40	≥ 0,5 - <1,0	40
3. Trung bình (M)	≥ 1,0 - < 2,0	80	≥ 0,08 - < 0,15	80	≥ 0,06 - < 0,10	60	≥ 1,0 - < 2,0	60
4. Giàu (H)	≥ 2,0 - < 4,0	100	≥ 0,15 - < 0,20	100	≥ 0,10 - < 0,15	100	≥ 2,0 - < 3,0	100
5. Rất giàu (VH)	≥ 4,0	60	≥ 0,20	60	≥ 0,15	80	≥ 3,0	80

Điểm số tích hợp của các chỉ tiêu được xác định theo công thức sau:

$$S = \sum_{i=1}^{n} (Wi \times Xi)$$

Trong đó: S: điểm số tích hợp; Wi: trọng số của chỉ tiêu i; Xi: điểm của chỉ tiêu i (0-100); n: số chỉ tiêu.

Tương tự, tại bảng 5 thể hiện bộ chỉ tiêu xác định độ phì nhiêu của đất gồm 7 chỉ tiêu: (i) độ chua của đất, (ii) thành phần cơ giới, (iii) dung trọng, (iv) dung tích hấp thu, (v) dinh dưỡng tổng số, (vi) tổng số muối tan và (vii) lưu huỳnh tổng số. Ma trận so sánh cặp đôi của 7 chỉ tiêu về độ phì nhiêu của đất, được xác định theo phương pháp tham khảo ý kiến chuyên gia xác định trọng số của các chỉ tiêu về độ phì nhiêu của đất [WpHKCl, WTPCG, WDt, WCEC, WDD, WMts, WLts] = [0,224, 0,049, 0,033, 0,256, 0,278, 0,061, 0,099].

Bảng 5. Điểm số (Xi) của các cấp chỉ tiêu độ phì nhiêu của đất

Cấp đánh giá	pH_{KCl}		TPCG (tỷ lệ sét)		Dung trọng (Dt)		CEC		Dinh dưỡng tổng số (DD)		Tổng số muối tan (Mts)		Lưu huỳnh tổng số (Lts)	
	Giá trị	*Điểm*	*Giá trị (%)*	*Điểm*	*Giá trị (g/cm³)*	*Điểm*	*Giá trị (me/100 g đất)*	*Điểm*	*Cấp đánh giá*	*Điểm*	*Giá trị (%)*	*Điểm*	*Giá trị (%)*	*Điểm*
1. VL	< 4,0	20	< 20	40	< 0,80	40	< 5,0	20			< 0,10	100	< 0,03	100
2. L	≥ 4,0 - < 5,0	60	≥ 20 - < 30	80	≥ 0,80 - < 1,00	80	≥ 05 - < 10	40	L	30	≥ 0,10 - < 0,25	80	≥ 0,03 - < 0,06	80
3. M	≥ 5,0 - < 6,0	100	≥ 30 - < 50	100	≥ 1,00 - < 1,20	100	≥ 10 - < 25	80	M	70	≥ 0,25 - < 0,75	60	≥ 0,06 - < 0,24	60
4. H	≥ 6,0 - ≤ 7,0	80	≥ 50 - < 70	60	≥ 1,20 - < 1,40	60	≥ 25 - < 30	100	H	100	≥ 0,75 - < 1,00	40	≥ 0,24- < 0,40	40
5. VH	> 7,0	40		20	> 1,40	20	≥ 30,0	60			≥ 1,00	20	≥ 0,40	20

Ghi chú: VL = Rất thấp; L = Thấp; M = Trung bình; H = Cao; VH = Rất cao.

Phân cấp đánh giá mức độ phì nhiêu của đất theo điểm số tích hợp sau:

Cấp độ phì	Ký hiệu	Điểm tích hợp
1. Độ phì thấp	DP1	< 50
2. Độ phì trung bình	DP2	≥ 51 - < 70
3. Độ phì cao	DP3	≥ 70

Kết quả đánh giá, chồng xếp các lớp thông tin về loại đất, địa hình, xâm nhập mặn, độ phì nhiêu… cho thấy đất mặn trồng lúa có 7 tổ hợp đơn vị chất lượng đất như bảng 6.

Các đơn vị chất lượng đất mặn trồng lúa tập trung ở đất mặn trung bình và ít (G03), khá đồng nhất về các chỉ tiêu về khí hậu (lượng mưa, tổng tích ôn, khô hạn, gió), điều kiện tưới và ngập, chỉ phân biệt về địa hình trung bình (DH3) ở các DVD1, DVD2, DVD5 và địa hình thấp (DH4) ở các DVD3, DVD4, DVD6 và độ phì cao ở DVD1, DVD2, DVD7; còn lại có độ phì trung bình DP2.

Bảng 6. Các đơn vị chất lượng đất mặn trồng lúa

TT	Đơn vị CLD	Loại đất	Địa hình	Mưa	Tổng tích ôn	Khô hạn	Gió	Tưới	Xâm nhập mặn	Ngập	Độ phì	Diện tích (ha)
1	DVD1	G03	DH3	R2	T3	Kh2	Gi3	I1	SA2	F2	DP1	6.025
2	DVD2	G03	DH3	R2	T3	Kh2	Gi3	I1	SA2	F2	DP2	2.652
3	DVD3	G03	DH4	R2	T3	Kh2	Gi3	I1	SA2	F2	DP2	934
4	DVD4	G03	DH4	R2	T3	Kh2	Gi3	I1	SA3	F2	DP1	444
5	DVD5	G03	DH3	R2	T3	Kh2	Gi3	I1	SA2	F2	DP2	18.098
6	DVD6	G03	DH4	R2	T3	Kh2	Gi3	I1	SA4	F2	DP2	10.072
7	DVD7	G04	DH3	R2	T3	Kh2	Gi3	I1	SA2	F1	DP1	8.625

3.3.2. Đề xuất sử dụng đất mặn trồng lúa

a) Đề xuất quy mô sử dụng đất mặn trồng lúa

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu về độ phì, các đơn vị chất lượng đất và điều kiện nguồn nước, đồng thời căn cứ vào định hướng phát triển kinh tế - xã hội của địa phương, nghiên cứu đề xuất quy mô sử dụng đất mặn cho sản xuất lúa trên địa bàn nghiên cứu (Bảng 7).

Bảng 7. Đề xuất quy mô sử dụng đất mặn trồng lúa

TT	Sử dụng đất	Hiện trạng		Đề xuất		Biến động	Vùng đất (theo DVD)
		(ha)	*(%)*	*(ha)*	*(%)*	*(ha)*	
1	Chuyên lúa 02 vụ	7.010	14,96	6.470	13,81	-541	DVD1, DVD4
2	01 vụ lúa - tôm sú	31.525	67,29	31.756	67,78	231	DVD2, DVD3, DVD5, DVD6
3	Lúa - màu, chuyên rau - màu	8.315	17,75	8.625	18,41	310	DVD7
	Cộng	46.850	100	46.850	100	0	

Tập trung chuyên trồng lúa trên đất mặn có độ phì cao, kiểm soát xâm nhập mặn, ổn định chất lượng nguồn nước tưới mặn dưới 4% trong 6 tháng mùa khô (DVD1, DVD4), quy mô diện tích khoảng 6.470 ha, giảm 541 ha.

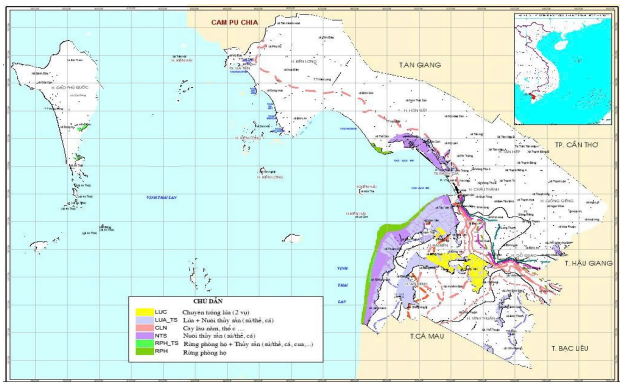
Ổn định sản xuất 1 vụ lúa + tôm sú/thẻ khoảng 31.525 ha, tăng 231 ha, chuyển từ những khu vực chuyên lúa 2 vụ nhỏ lẻ, khó kiểm soát mặn vào cao điểm mùa khô, tăng hiệu quả kinh tế sử dụng đất nhờ nuôi tôm nhiều vụ sau vụ lúa (thu tỉa thả bù).

Phát triển rau màu, lúa + rau màu, cây ăn quả trên đất mặn lập líp (DVD7), quy mô khoảng 8.315 ha, tăng 310 ha.

b) Một số mô hình sử dụng đất mặn trồng lúa hiệu quả

Chuyển đổi cơ cấu giống lúa: cơ cấu giống lúa được chuyển đổi hướng tới: (i) năng suất cao; (ii) tăng cường khả năng kháng sâu bệnh; (iii) có khả năng thích ứng với hạn mặn; (iv)nâng cao chất lượng sản phẩm gạo. Các giống lúa có ưu thế: OM18 (10 - 11%), IR 50404 (9 - 10%),

Đài Thơm 8 (9 - 10%), OM380 (8 - 9%), Nàng hoa 9 (8,5 - 9,5%), OM5451 (8 - 8,5%), OM9582 (8 - 8,5%), ST24 (7,5 - 8,5%), Jasmine 85 (7,5 - 8,5%). Xuống giống tập trung và điều chỉnh cơ cấu mùa vụ hợp lý, đảm bảo thời gian giãn cách giữa các vụ tối thiểu 15 - 20 ngày để vệ sinh đồng ruộng (Hình 4).



Hình 4. Bản đồ đề xuất sử dụng đất mặn trồng lúa

Áp dụng mô hình "1 triệu ha lúa chất lượng cao, giảm phát thải" giúp giảm chi phí đầu vào, giảm lượng giống, phân bón, thuốc bảo vệ thực vật.

Chuyên trồng lúa 2 - 3 vụ (lúa 2 vụ - rau màu): thời vụ trồng lúa, lúa - cá/tôm tuân thủ theo thông báo/dự báo của địa phương hằng năm theo vụ trồng, tránh thời điểm xuống giống vào thời gian có nguy cơ độ mặn cao nhất trong năm (tháng 3 - 4) và ngập úng do mưa, lũ, triều cường (tháng 9 - 10).

Lúa (1 vụ) - thủy sản/rau màu: mô hình lúa - tôm sú cho năng suất bình quân lúa 4,5 - 5,0 tấn/ha/vụ, tôm sú 450 - 700 kg/ha/vụ (mật độ 5 - 8 con/m^2), tỷ lệ sống khoảng 40 - 56%. Tổng chi phí nuôi phần tôm và lúa dao động 35 - 50 triệu đồng/ha. Tổng thu nhập lúa - tôm sú khoảng 140 - 145 triệu đồng/ha/năm, lợi nhuận ròng khoảng 100 - 110 triệu/ha, có thể kết hợp rau màu trên đất mặn lập líp. Rau màu trồng chính gồm rau ăn lá (xà lách, hành, hẹ, rau ăn lá), rau ăn quả (dưa leo, bầu, bí, mướp, dưa hấu), cây lấy củ (khoai môn, củ kiệu) và cây lấy quả (ớt, cà), thường được trồng tập trung ở các xã, phường Hòn Đất, Giang Thành, Tân Hiệp, Giồng Riềng và Châu Thành để cung cấp cho thị trường tết.

Vụ lúa (mùa mưa - nước ngọt); Thời gian: tháng 6 - tháng 11; giống khuyến cáo (chịu mặn - chịu phèn): OM 5451, OM 2517, OM 6976, ST 24, ST 25, Đài Thơm 8. Một số nơi dùng giống lúa đặc thù: lúa mùa địa phương. Lịch: tháng 6 (khi bắt đầu có mưa): tháo mặn, rửa phèn. Ngâm rửa 3 - 4 lần đến khi mặn < 2‰; cày trục, làm đất; tháng 7: gieo sạ lúa (thường 10 - 7 đến 25 - 7); tháng 8 - 9 - 10: chăm sóc, giữ mức nước ngọt (< 2‰); tháng 10 - 11: thu hoạch lúa (thường cuối tháng 10 đến giữa tháng 11).

Vụ tôm sú (mùa khô - nước mặn): tháng 01 - 5 (dương lịch); giai đoạn nước mặn từ 5 đến 20‰, phù hợp cho tôm sú/thẻ. Tháng 01 - 02: vét mương, diệt tạp, phơi đáy ao 7 - 10 ngày; lấy nước mặn vào ruộng (độ mặn 5 - 15‰), gây màu nước; thả giống tôm sú (PL15 - PL20); tháng 3 - 4 - 5: chăm sóc tôm, duy trì mặn ổn định; thu hoạch tôm vào tháng 4 hoặc 5 (tùy khu vực mặn đến sớm hay muộn).

c) Đề xuất một số giải pháp hỗ trợ sử dụng bền vững quỹ đất mặn trồng lúa

Cơ chế chính sách: có chính sách tạo điều kiện để người dân chuyển đổi cơ cấu cây trồng trên đất lúa, đầu tư thâm canh, tăng vụ, sử dụng giống lúa chịu mặn, năng suất. Phối hợp vận hành hệ thống thủy lợi Cái Lớn - Cái Bé kiểm soát nguồn nước, tạo điều kiện sản xuất ổn định. Đầu tư vốn cải tạo đất mặn, hình thành các vùng sản xuất tập trung, chất lượng cao.

Liên kết sản xuất - thị trường: tổ chức sản xuất theo HTX/cánh đồng lớn; liên kết doanh nghiệp bao tiêu lúa gạo, rau màu, trái cây. Xây dựng thương hiệu, truy xuất nguồn gốc, đưa nông sản lên sàn thương mại điện tử (Postmart, Voso, OCOP online).

Phát triển kết cấu hạ tầng: cải tạo đồng ruộng, cơ giới hóa; phát triển đồng bộ hạ tầng sản xuất, vận chuyển, chế biến, thương mại và dịch vụ hậu cần. Hình thành cụm cánh đồng lớn (từ 50 đến 100 ha) trồng lúa chất lượng cao, có hợp đồng bao tiêu; bố trí đường nội đồng ≥ 3 m, bờ bao đạt cao trình, chống tràn.

Ứng dụng khoa học và công nghệ, giống và kỹ thuật canh tác: khuyến cáo quy trình nuôi tôm ứng dụng công nghệ cao như mô hình nuôi tôm hai, ba giai đoạn ít thay nước hoặc tuần hoàn nước, có giải pháp xử lý, hạn chế ô nhiễm môi trường, sử dụng chip điện tử để theo dõi và kiểm soát các yếu tố môi trường.

Nâng cao năng lực nông hộ, cán bộ chuyên môn: hỗ trợ nông dân và HTX ứng dụng công nghệ cao, công nghệ số trong mô hình sản xuất (cánh đồng lớn 4.0, canh tác chính xác, thông minh). Tăng cường tập huấn, truyền thông về an toàn thực phẩm, bảo quản và chế biến. Nâng cao năng lực và trình độ cho đội ngũ cán bộ quản lý điều hành, gắn với đào tạo cán bộ chuyên môn như: khuyến nông, bảo vệ thực vật...

IV. KẾT LUẬN

Đất mặn ở An Giang (nghiên cứu trên địa bàn thuộc tỉnh Kiên Giang cũ) có 4 loại, trong đó đất được sử dụng để trồng lúa chiếm hơn 79,82% tổng diện tích đất mặn. Kết quả nghiên cứu xây dựng các lớp thông tin về chất lượng đất mặn trồng lúa đã xác định 7 đơn vị chất lượng đất đai và được mô tả cụ thể về loại đất, địa hình, khí hậu (lượng mưa, tổng tích ôn, khô hạn, gió); điều kiện tưới, xâm nhập mặn, ngập và các đặc điểm lý hóa học đất về độ phì nhiêu (7 chỉ tiêu độ phì, 4 chỉ tiêu dinh dưỡng tổng số).

Đề xuất quy mô 6.470 ha đất mặn trồng chuyên lúa 2 vụ, có thể kết hợp rau màu ở các đơn vị đất có độ phì cao; diện tích lúa 1 vụ + tôm sú/thẻ khoảng 31.756 ha; phát triển lúa + rau màu trên đất mặn lập líp quy mô khoảng 8.625 ha. Một số mô hình sử dụng đất mặn trồng lúa hiệu quả được đề xuất trên cơ sở đánh giá chất lượng đất mặn có xem xét định hướng của địa phương, cùng 5 nhóm giải pháp hỗ trợ sử dụng bền vững quỹ đất mặn trồng lúa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Vũ Anh Tú, 2023. Nghiên cứu cơ sở khoa học trong đánh giá đất phục vụ sản xuất nông nghiệp và đề xuất sử dụng hiệu quả phân bón gắn với tái cơ cấu trong lĩnh vực trồng trọt vùng đồng bằng sông Cửu Long. Đề tài cấp Bộ - Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.

Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Kiên Giang, 2019. *Điều tra, đánh giá chất lượng đất, tiềm năng đất đai tỉnh Kiên Giang*. Phân viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp, 155 trang.

Karlen D.L., Andrews S.S., Wienhold B.J., Zobeck T.M., 2008. Soil quality assessment: Past, present and future. *Electronic Journal of Integrative Biosciences*, 6 (1): 3-14.

Rahmanipour F., Marzaioli R., Bahrami H.A., Fereidouni Z., Bandarabadi S.R., 2014. Assessment of soil quality indices in agricultural lands of Qazvin Province, Iran. *Ecological Indicators*, 40: 19-26.

Rahmanipour F., Marzaioli R., Bahrami H.A., Fereidouni Z., Bandarabadi S.R., 2014. Assessment of soil quality indices using GIS and multivariate analysis. *Geoderma*, 226-227: 25-34.

Characteristics, quality of saline soils under rice cultivation in An Giang province and proposals for appropriate land-use orientations

Ngo Huy Kien, Vu Ngoc Hung, Tran Minh Tien, Nguyen Van Bo, Doan Doan Tuan, Tran Viet Dung, Nguyen Minh Trieu

Abstract

Rice cultivation on saline soils faces numerous challenges related to soil quality and water conditions, directly affecting productivity and production efficiency. Therefore, assessing the quality of saline soils used for rice cultivation and proposing rational land-use orientations are essential for sustainable agricultural development in coastal areas. This study aimed to evaluate the quality of saline soils for rice cultivation in An Giang province (formerly Kien Giang) based on soil physical-chemical characteristics and relevant natural conditions. The research results identified seven soil quality units (SQUs 1-7) with distinct characteristics and distribution ranges. Based on these findings, the study proposed: approximately 6,470 ha of saline land suitable for double-crop rice combined with upland crops; about 31,756 ha suitable for the single-crop rice-shrimp farming model; and around 8,625 ha suitable for the rice-upland crop model on raised bed saline soils. Efficient models for utilizing saline soils for rice cultivation and five groups of supporting solutions for the sustainable use of these soil resources under the context of climate change were also provided.

Keywords: Soil quality, saline soil, soil fertility, multi-criteria evaluation (MCE)

Ngày nhận bài: 15/6/2026 Người phản biện: PGS.TS. Hồ Quang Đức, TS. Bùi Huy Hiền

Ngày duyệt đăng: 03/9/2026 Ngày phản biện: 30/6/2026

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA QUÁ TRÌNH CHẾ BIẾN SẢN PHẨM BỘT HOÀ TAN TỪ CAM SÀNH (*Citrus nobilis* Blanco) HÀM YÊN, TUYÊN QUANG BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẤY BỌT

Trịnh Thị Chung[1*]

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm xác định các thông số kỹ thuật phù hợp để tạo sản phẩm bột cam hòa tan bằng phương pháp sấy tạo bọt, giúp tăng giá trị cho quả cam sành Hàm Yên, Tuyên Quang. Thí nghiệm đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ, gồm CMC (0 - 1,5% w/v), lòng trắng trứng, albumin (0,5 - 2% w/v) và nhiệt độ sấy (40 - 70°C). Hiệu quả của quá trình sấy tạo bọt được tính trên khả năng nở bọt và độ ổn định của bọt, hàm lượng polyphenol tổng, hoạt tính chống oxy hóa và hàm lượng vitamin C. Các điều kiện được chọn là 0,5% CMC, 1% albumin và nhiệt độ sấy 60°C. Sản phẩm bột cam thu được có độ ẩm 3,05%, độ hòa tan 90,11%, hàm lượng polyphenol tổng 5,50 mg GAE/g chất khô, hoạt tính chống oxy hóa tương đương 2,65 mg axit ascorbic/g chất khô và hàm lượng vitamin C đạt 13,78 mg/g chất khô. Sản phẩm có hương vị hài hòa giữa vị ngọt và chua, mùi thơm đặc trưng của cam cùng cấu trúc bột mịn, đồng nhất và không bị vón cục.

Từ khóa: Cam sành (*Citrus nobilis Blanco*), chất ổn định CMC, albumin, nhiệt độ sấy, phương pháp sấy bọt

[1]Viện Công nghệ Sinh học và Công nghệ Thực phẩm, Đại học Nông Lâm Thái Nguyên

* Tác giả liên hệ, email: trinhthichung@tuaf.edu.vn

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cam sành (*Citrus nobilis* Blanco) có nguồn gốc từ bản Mường, nổi tiếng với vị ngọt thanh và hương thơm đặc trưng, khi chín, quả có màu vàng óng, vỏ mỏng và sần nhẹ, kích thước vừa phải. Cam sành Hàm Yên được đánh giá cao hơn các giống khác nhờ hương vị và cảm quan hấp dẫn (Đào Thanh Vân & Dương Thị Nguyên, 2017).

Cam với hàm lượng nước 80 - 85% là loại quả có hàm lượng nước cao nên rất dễ bị tổn thất sau thu hoạch do dập cơ học, mất nước và nhiễm vi sinh vật. Hiện tượng được mùa, mất giá cũng làm giá cam biến động, đặc biệt đối với những nguyên liệu quả cam không đạt chuẩn thương mại như quả nhỏ hoặc quả xấu, gây khó khăn trong việc ổn định đầu ra cho sản phẩm và làm phát sinh nguồn phế phẩm, gây lãng phí. Do đó, ứng dụng công nghệ chế biến giúp đa dạng hóa sản phẩm, tối đa hóa được giá trị nông sản và hướng tới xu thế phát triển kinh tế tuần hoàn đang được áp dụng rộng rãi những năm gần đây cho các sản phẩm quả tươi như cam sành (Deng *et al.*, 2018; Reis *et al*., 2021; Michalska-Ciechanowska *et al*., 2024).

Sấy thực phẩm là quá trình sử dụng nhiệt độ cao để loại bỏ nước để kéo dài thời gian bảo quản mà vẫn giữ giá trị dinh dưỡng (Fathi *et al*., 2022), thu được thực phẩm dạng bột, giảm hàm lượng nước và ngăn ngừa sự hư hỏng không mong muốn (Colín-Cruz *et al*., 2021). Tuy nhiên, đối với một số nông sản tươi, tác nhân nhiệt độ cao có thể gây biến tính hoặc phân hủy một số chất dinh dưỡng tốt. Hiện nay, sấy bọt (foam-mat drying) là kỹ thuật tạo lớp bọt ổn định giúp tăng diện tích bề mặt, được phát triển như những giải pháp thay thế cho sản xuất đồ uống dạng bột, bảo quản các hợp chất sinh học và duy trì đặc tính của rau quả tươi, thích hợp cho sản phẩm nhạy nhiệt hoặc có độ dính cao (Chaux-Gutiérrez *et al*., 2017; Asokapandian *et al*., 2016). Một số chất tạo bọt thường dùng gồm methylcellulose, lòng trắng trứng, maltodextrin và albumin (Franco *et al*., 2016). Nghiên cứu này nhằm ứng dụng kỹ thuật sấy bọt để sản xuất bột cam sành hòa tan, với quy trình đơn giản, chi phí thấp và chất lượng sản phẩm cao hơn về cảm quan và giá trị dinh dưỡng.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Cam được mua tại Hàm Yên, Tuyên Quang. Cam được thu hoạch ở độ tuổi từ 28 đến 32 tuần, có vỏ sáng bóng và tép cam màu vàng đậm. Các nguyên liệu khác bao gồm lòng trắng trứng (từ trứng gà), albumin (99%), maltodextrin và carboxymethyl cellulose (CMC) 99% được cung cấp bởi Công ty Cổ phần Thương mại Esana, Hà Nội.

Các hóa chất khác bao gồm axit ascorbic (độ tinh khiết 99%), axit hydrochloric (độ tinh khiết 99%), axit gallic (độ tinh khiết 99%), 2,6-dichlorophenolindophenol (DCPIP, độ tinh khiết 99%), thuốc thử Folin-Ciocalteu (độ tinh khiết 99%), và 2,2-diphenyl picrylhydrazyl (DPPH, độ tinh khiết 95%) được cung cấp bởi Sigma-Aldrich.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm

Cam được rửa sạch, ép lấy nước, lọc bỏ cặn để thu nước cam nguyên chất, sau đó cô đặc đến khi thể tích còn 60% so với ban đầu. Mẫu cô đặc được bảo quản ở 4°C cho đến khi thí nghiệm.

Thí nghiệm 1: Nghiên cứu nồng độ CMC ảnh hưởng tới chất lượng bọt và chất lượng bột cam sau sấy: Lấy 100 g nước cam cô đặc phối trộn với maltodextrin (15%); các yếu tố thí nghiệm theo dõi lần lượt là CMC (0,5 - 2%), albumin 1% theo khối lượng. Hỗn hợp được khuấy tạo bọt trong 3 phút, sau đó sấy đối lưu ở 50°C trong thời gian 24h (thời gian sấy cố định với tất cả các mẫu) đến khi ẩm còn dưới 5%. Các thí nghiệm đơn nhân tố sau sẽ kế thừa kết quả của thí nghiệm trước đó làm yếu tố cố định. Sản phẩm sau sấy được tách khuôn, nghiền mịn và đóng gói chân không để bảo quản. Nồng độ CMC phù hợp sẽ được lựa chọn cho các thí nghiệm tiếp theo.

Các thí nghiệm còn lại: lấy 100 g nước cam cô đặc phối trộn với maltodextrin (15%); các yếu tố thí nghiệm theo dõi lần lượt là lòng trắng trứng (0,5 - 2%) hoặc albumin (0,5 - 2%) theo khối lượng và nhiệt độ sấy 40 - 70°C (bước nhảy 10°C).

2.2.2. Phương pháp phân tích

a) Xác định độ ẩm, độ Brix và độ hòa tan

Hàm lượng ẩm của sản phẩm được xác định theo phương pháp của Jittanit và cộng sự (2010). Giá trị độ Brix được xác định bằng khúc xạ kế ATAGO (model: PR-101α; Cat. No. 3442). Độ hòa tan được xác định theo phương pháp của Haque và cộng sự (2011).

Độ hòa tan (WAI) được tính theo công thức sau:

$$WAI = \frac{W_8}{W_i} \times 100$$

Trong đó: Ws: khối lượng chất còn lại sau sấy (g); Wi: khối lượng mẫu ban đầu (g).

b) Đánh giá độ nở bọt và độ ổn định của bọt

Độ nở bọt được xác định theo phương pháp của Franco và cộng sự (2016) được tính theo công thức sau:

$$\frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100$$

Trong đó: V_0: thể tích hỗn hợp trước khi tạo bọt (mL); V_1: thể tích hỗn hợp sau khi tạo bọt (mL).

Độ ổn định của bọt được xác định theo phương pháp của Dehghannya và cộng sự (2018). Sau khi tạo bọt, 10 mL dung dịch được cho vào phễu lọc Büchner (đường kính = 90 mm), bên trên được phủ giấy lọc. Phễu lọc sau đó được đặt lên ống đong chia độ trong 120 phút ở nhiệt độ phòng (Dehghannya *et al*., 2018).

Chỉ số ổn định của bọt được tính theo công thức (Phương trình 3):

$$\frac{V_t}{V_0} \times 100$$

Trong đó: V_t là thể tích bọt sau thời gian t (mL); V_0 là thể tích bọt ban đầu ngay sau khi đánh (mL).

c) Xác định hàm lượng polyphenol tổng số

Hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) được xác định theo phương pháp của Koczka và cộng sự (2018). Khoảng 0,2 mL dung dịch mẫu được thêm vào 1 mL thuốc thử Folin-Ciocalteu 10% (w/v). Sau đó, 0,8 mL dung dịch Na_2CO_3 7,5% (w/v) được cho vào, trộn đều và ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 40 phút. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo tại bước sóng 765 nm bằng máy đo quang phổ UV-Vis, với axit gallic được sử dụng làm chuẩn đối chiếu (Koczka *et al*., 2018). Kết quả được biểu thị dưới dạng mg tương đương axit gallic trên mỗi gram chất khô của mẫu (mg GAE/g chất khô).

d) Xác định hoạt tính chống oxy hóa

Hoạt tính chống oxy hóa được xác định theo phương pháp DPPH của Wolosiak và cộng sự (2021). Mẫu được pha loãng đến nồng độ thích hợp, sau đó 0,5 mL dung dịch mẫu được phản ứng với 1,5 mL dung dịch thuốc thử DPPH. Hỗn hợp được lắc đều và ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 30 phút, sau đó đo độ hấp thụ quang ở bước sóng 517 nm bằng máy đo phổ UV-Vis.

Ethanol được sử dụng làm mẫu trắng và vitamin C được dùng làm mẫu đối chứng dương cho thí nghiệm này (Wołosiak *et al*., 2021).

e) Xác định hàm lượng vitamin C

Hàm lượng vitamin C được xác định theo phương pháp của Manas và cộng sự (2014). Một phần mẫu (1 mL nước cam hoặc 5 g bột cam hòa tan) được hòa tan trong 20 mL dung dịch axit oxalic 4%. Hỗn hợp được khuấy trong 10 phút ở nhiệt độ phòng. Sau đó, lấy 10 mL dung dịch sau khi khuấy, thêm 10 mL dung dịch axit oxalic 4% và chuẩn độ bằng dung dịch 2,6-dichlorophenol indophenol (DCPIP) cho đến khi xuất hiện màu hồng nhạt và duy trì ổn định trong 90 giây; thể tích dung dich 2,6-dichlorophenol indophenol (DCPIP) sử dụng được ghi là V_2. Mẫu đối chứng được chuẩn độ tương tự gồm 5 mL dung dịch vitamin C (100 ppm) và 10 mL dung dịch axit oxalic 4%, với thể tích thuốc nhuộm DCPIP sử dụng là V_1.

2.2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Các dữ liệu được trình bày là kết quả trung bình của ba lần lặp lại, được phân tích bằng phép kiểm định T-student và phần mềm GraphPad 7.0.

2.3. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 01 năm 2025 đến tháng 01 năm 2026 tại Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích thành phần chất lượng của nước cam cô đặc từ quả cam Hàm Yên, Tuyên Quang

Kết quả phân tích của nước cam cô đặc được trình bày ở bảng 1, với hàm lượng polyphenol tổng số là 6,88 ± 0,45 mg axit gallic/g chất khô, hoạt tính chống oxy hóa là 5,32 ± 0,28 mg AAE/g và hàm lượng vitamin C là 16,76 ± 0,25 (mg/g). Đây là nguyên liệu được sử dụng cho các thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 1. Thành phần hoá học của nước cam cô đặc từ quả cam Hàm Yên, Tuyên Quang (trong 100 mL)

STT	Hàm lượng polyphenol tổng số (mg axit gallic/g chất khô)	Hoạt tính chống oxy hóa (mg AAE/g)	Hàm lượng vitamin C (mg/g)
Nước cam cô đặc (60%)	6,88 ± 0,45	5,32 ± 0,28	16,76 ± 0,25

3.2. Ảnh hưởng của chất ổn định CMC (carboxymethyl cellulose) tới chất lượng bọt và bột cam sành sấy

Bảng 2 cho thấy ảnh hưởng của nồng độ CMC đến độ nở và độ ổn định bọt của nước cam. Khi tăng nồng độ CMC từ 0% lên 0,5%, độ nở bọt tăng nhưng giảm rõ rệt khi đạt 1%. Mẫu chứa 0,5% CMC có độ nở bọt cao nhất với 72%, trong khi mẫu 1,5% CMC cho độ nở bọt thấp nhất (40,80% w/v). Theo Affandi và cộng sự (2017); Kandasamy và cộng sự (2014), nồng độ CMC cao làm tăng độ nhớt dung dịch, giúp tăng khả năng tạo bọt, nhưng khi vượt 0,5%, hiệu quả này không còn rõ rệt. Ngược lại, độ ổn định bọt tăng theo nồng độ CMC; mẫu 1,5% có độ ổn định cao nhất (90,90% w/v), trong khi mẫu đối chứng có độ ổn định thấp nhất (30,50% w/v). Điều này là do CMC - một polysaccharide có khối lượng phân tử lớn - giúp tăng độ bền màng bọt và duy trì cấu trúc bọt.

Bảng 2. Ảnh hưởng của nồng độ CMC đến độ nở và độ ổn định của bọt

CMC (%)	Chất lượng bọt	
	Độ nở bọt (%)	*Độ ổn định của bọt (%)*
0	19,10^a	30,50^a
0,5	72,00^b	82,60^b
1	55,61^c	88,90^c
1,5	40,80^a	90,90^c

Ghi chú: Các giá trị có mũ là chữ cái khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Ảnh hưởng của nồng độ CMC đến hàm lượng các hợp chất hoạt tính sinh học được trình bày trong bảng 3. Khi tăng nồng độ CMC từ 0% lên 0,5%, hàm lượng polyphenol tăng, nhưng khi tăng lên 1% thì hàm lượng polyphenol lại giảm. Hoạt tính chống oxy hóa cao nhất đạt tại 1,5% CMC (4,30 mg axit ascorbic/g chất khô) và hàm lượng vitamin C cao nhất ở nồng độ CMC 0,5% (13,01 mg/g) và đạt giá trị thấp nhất ở 1,5% (10,85 mg/g). Sự khác biệt này cho thấy khả năng giữ lại các hợp chất hoạt tính sinh học phụ thuộc vào tính chất của chất nền. Theo Ćorković và cộng sự (2021), tăng CMC giúp cải thiện hoạt tính chống oxy hóa trong bột anh đào chua. CMC ở mức dưới 0,5% có khả năng liên kết và tạo màng bảo vệ, hạn chế tiếp xúc của vitamin C với không khí, giúp giữ lại hàm lượng cao hơn (Marchelina *et al*., 2020). Do đó, để giữ được hàm lượng polyphenol và vitamin C cao nhất, nồng độ CMC 0,5% được chọn cho các thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 3. Ảnh hưởng của nồng độ CMC đến sự thay đổi chất lượng của bột cam sấy

CMC (%)	Chỉ tiêu đánh giá chất lượng bột cam sấy		
	Tổng hàm lượng polyphenol (mg GAE/g chất khô)	*Hoạt tính chống oxy hóa (mg AAE/g CK)*	*Tổng hàm lượng vitamin C (mg/g)*
0	0,51[a]	0,20[a]	9,90[a]
0,5	4,67[b]	2,79[b]	14,01[b]
1	4,61[b]	3,90[c]	12,25[c]
1,5	4,40[b]	4,30[d]	10,85[c]

Ghi chú: các giá trị có mũ là chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2. Ảnh hưởng của hai loại chất tạo bọt gồm lòng trắng trứng và albumin tới chất lượng của bột cam sành sấy

Kết quả bảng 4 cho thấy, độ nở bọt và độ ổn định bọt của mẫu dùng albumin cao hơn đáng kể so với lòng trắng trứng ở cùng nồng độ. Với lòng trắng trứng, độ nở bọt tăng từ 18,55% lên 39,10% khi nồng độ tăng từ 0,5% lên 2%; với albumin, tăng từ 55,65% lên 214,00%. Xu hướng tương tự được ghi nhận với độ ổn định của bọt: với lòng trắng trứng (20,10 - 59,05%), albumin (80,30 - 93,40%). Sự gia tăng nồng độ chất tạo bọt làm tăng hàm lượng protein, giúp protein hấp phụ nhiều hơn tại bề mặt khí-lỏng, giảm sức căng bề mặt, tăng khả năng giữ khí và độ bền bọt (Sadahira *et al*., 2016; Affandi *et al*., 2017). Kết quả tương đồng với nghiên cứu của Kanha và cộng sự (2022) về bột cám gạo đen. Sự khác biệt giữa hai loại chất tạo bọt chủ yếu do hàm lượng protein: lòng trắng trứng chứa khoảng 10% protein, trong khi bột albumin chứa khoảng 58%.

Bảng 4. Ảnh hưởng của loại và nồng độ chất tạo bọt đến độ nở và độ ổn định bọt của nước cam

Nồng độ chất tạo bọt (%)	Độ nở bọt (%)		Độ ổn định của bọt (%)	
	Lòng trắng trứng	*Albumin*	*Lòng trắng trứng*	*Albumin*
0,5	18,55[a]	55,65[e]	20,10[a]	80,30[e]
1	26,22[b]	107,50[f]	34,80[b]	87,02[f]
1,5	30,30[b]	156,50[g]	39,35[b]	90,50[g]
2	39,10[c]	214,00[h]	59,05[c]	93,40[h]

Ghi chú: các giá trị có chữ cái theo sau khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Nhìn chung, việc sử dụng albumin giúp giữ lại các hợp chất hoạt tính sinh học tốt hơn so với lòng trắng trứng, nhờ lượng bọt tạo ra nhiều hơn, giúp bảo vệ các hợp chất chống oxy hóa trong quá trình sấy. Albumin thường được sử dụng làm chất tạo bọt trong khoảng 1 - 5%. Tuy nhiên, khi bổ sung albumin ở nồng độ trên 1% , mặc dù việc tăng nồng độ albumin giúp cải thiện độ ổn định của bọt nhưng có thể ảnh hưởng không tốt đến cảm quan sản phẩm do xuất hiện mùi đặc trưng của lòng trắng trứng sau quá trình sấy, điều này có thể được giải thích do albumin là một loại protein động vật, nên khi sấy có thể bị phân huỷ tạo mùi sulfur (Thuy *et al*., 2022).

Bảng 5 trình bày ảnh hưởng của loại và nồng độ chất tạo bọt đến hàm lượng các hợp chất hoạt tính sinh học trong bột cam. Kết quả cho thấy sản phẩm sử dụng albumin có hàm lượng polyphenol tổng số cao hơn đáng kể so với mẫu dùng lòng trắng trứng ở cùng nồng độ. Mẫu có 1,5% albumin đạt giá trị polyphenol cao nhất (5,80 mg GAE/g chất khô), trong khi 0,5% albumin cho giá trị thấp nhất (3,00 mg GAE/g chất khô). Xu hướng tương tự được ghi nhận với hoạt tính chống oxy hóa cao nhất tại 1,5% albumin (2,75 mg axit ascorbic/g chất khô) và thấp nhất tại 2,0% (1,95 mg/g). Ngược lại, hàm lượng vitamin C giảm khi tăng nồng độ chất tạo bọt, với giá trị cao nhất ở 0,5% albumin (14,35 mg/g) và thấp nhất ở 2% (10,20 mg/g). Sự giảm này có thể do tốc độ khuếch tán vitamin C tăng khi hệ bọt trở nên ổn định hơn ở nồng độ cao, xu hướng tương tự cũng được Kadam và cộng sự (2012) ghi nhận. Từ kết quả ở bảng 4 và 5, nghiên cứu sẽ sử dụng albumin làm chất tạo bọt ở nồng độ 1% cho các thí nghiệm sau.

Bảng 5. Ảnh hưởng của loại và nồng độ chất tạo bọt đến hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học

Nồng độ chất tạo bọt (%)	Tổng hàm lượng polyphenol TPC (mg GAE/g chất khô)		Hoạt tính chống oxy hóa (mg axit ascorbic/g chất khô)		Tổng hàm lượng vitamin C (mg/g)	
	Lòng trắng trứng	*Albumin*	*Lòng trắng trứng*	*Albumin*	*Lòng trắng trứng*	*Albumin*
0,5	3,00[a]	4,01[e]	1,90[a]	2,35[e]	12,15[a]	14,35[e]
1	4,35[b]	5,05[f]	2,15[b]	2,60[f]	10,60[b]	13,20[f]
1,5	5,80[c]	4,50[g]	3,10[c]	2,75[g]	9,45[c]	11,40[g]
2	5,25[d]	4,40[h]	3,45[d]	1,95[h]	8,30[d]	10,20[h]

Ghi chú: các giá trị có chữ cái theo sau khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến chất lượng của sản phẩm bột cam sành

Trong thí nghiệm này, mẫu được sấy ở các nhiệt độ 40 - 70°C trong 24 giờ (độ ẩm < 5%). Kết quả bảng 6 cho thấy, hàm lượng polyphenol và hoạt tính chống oxy hóa tăng khi nhiệt độ sấy tăng từ 40 đến 60°C, sau đó giảm ở 70°C. Mẫu sấy ở 60°C có polyphenol (5,50 mg GAE/g chất khô) và hoạt tính chống oxy hóa (2,65 mg axit ascorbic/g chất khô) cao nhất. Hàm lượng vitamin C sai khác không có ý nghĩa ở 3 mức nhiệt độ sấy 60°C và thấp nhất ở 70°C (12,95 mg/g). Điều này được giải thích khoảng nhiệt độ sấy 40 - 60°C là nhiệt độ tối ưu để giữ vitamin C (ElGamal *et al*., 2023). Mặc dù nhiệt độ thấp hơn (40 - 50°C) có thể giúp giữ vitamin C tốt hơn ban đầu, nhưng thời gian sấy kéo dài lại làm gia tăng sự phân hủy. Đồng thời, Ramandeep Kaur và cộng sự (2020) cũng tìm ra rằng điều kiện sấy ở 60°C giúp giảm độ ẩm nhanh hơn, hạn chế sự suy giảm tiếp theo trong quá trình bảo quản và duy trì tốt các hợp chất hoạt tính sinh học. Do đó, mặc dù hàm lượng vitamin C không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa 3 mức nhiệt độ sấy, nhiệt độ 60°C được xác định là điều kiện sấy tối ưu do cho hàm lượng polyphenol tổng số và hoạt tính chống oxy hóa cao hơn. Vì vậy, 60°C được lựa chọn là nhiệt độ sấy phù hợp do giữ được nhiều hợp chất có hoạt tính sinh học nhất.

Bảng 6. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học của bột cam sành

Nhiệt độ sấy (°C)	Tổng hàm lượng polyphenol TPC (mg GAE/g chất khô)	Hoạt tính chống oxy hóa (mg axit ascorbic/g chất khô)	Tổng hàm lượng vitamin C (mg/g)
40	3,05^{a}	1,69^{a}	10,55^{a}
50	4,05^{b}	2,20^{b}	11,85^{b}
60	5,50^{c}	2,65^{c}	14,25^{c}
70	3,85^{d}	2,24^{b}	12,95^{bc}

Ghi chú: Các giá trị có số mũ chữ cái viết khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

So sánh với nước cam cô đặc ban đầu (Bảng 1), chất lượng của bột cam sấy (Bảng 6) có hàm lượng polyphenol đạt 5,50 mg GAE/g chất khô (giảm khoảng 20% so với nước cam cô đặc), hoạt tính chống oxy hóa đạt 2,65 mg axit ascorbic/g chất khô (tương đương 50% so với mẫu cô đặc), độ hòa tan đạt 90,11%. Hàm lượng vitamin C đạt 13,78 mg/g, giữ lại tương đương khoảng 85% so với hàm lượng trong nước cam cô đặc. Như vậy, sản phẩm bột giữ lại được phần lớn dưỡng chất ban đầu và có thể được ứng dụng linh hoạt, thể hiện ưu điểm vượt trội so với nước cam nguyên bản (Hình 1).

Hình 1. Trạng thái, màu sắc của bột cam sau sấy

IV. KẾT LUẬN

Các thông số phù hợp cho quá trình sản xuất bột cam hòa tan bằng phương pháp sấy bọt gồm: maltodextrin 15% (w/w), CMC 0,5% (w/w), albumin 1% (w/w) và nhiệt độ sấy 60°C. Sản phẩm thu được có độ ẩm dưới 5% (3,01%), hạt bột tơi, không dính, thuận lợi cho bảo quản. Sản phẩm có độ hòa tan đạt 90,11%; bột vẫn bảo toàn phần lớn các dưỡng chất ban đầu, đồng thời có tính ứng dụng linh hoạt hơn, qua đó thể hiện những ưu điểm vượt trội so với nước cam tươi nguyên bản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Đào Thanh Vân & Dương Thị Nguyên, 2017. Tuyển chọn cây cam sành đầu dòng tại huyện Hàm Yên, tỉnh Tuyên Quang. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 9 (82): 14-17.

Affandi N., Zzaman W., Yang T. & Easa A., 2017. Production of nigella sativa beverage powder under foam mat drying using egg albumen as a foaming agent. *Beverages*, 3 (1): 9. https://doi.org/10.3390/ beverages3010009.

Asokapandian S., Venkatachalam S., Swamy G.J. & Kuppusamy K., 2016. Optimization of foaming properties and foam mat drying of muskmelon using soy protein. *Journal of Food Process Engineering*, 39 (6): 692-701. https://doi.org/10.1111/ jfpe.12261.

Chaux-Gutiérrez A.M., Santos A.B., Granda-Restrepo D.M. & Mauro M.A., 2017. Foam mat drying of mango: Effect of processing parameters on the drying kinetic and product quality. *Drying Technology*, 35 (5): 631-641. https:// doi.org/10.1080/07373937.2016.1201486.

Colín-Cruz M.A., Pimentel-González D.J., Carrillo-Navas H., Alvarez-Ramírez J., Guadarrama-Lezama A.Y., 2019. Co-encapsulation of bioactive compounds from blackberry juice and probiotic bacteria in biopolymeric matrices. *LWT - Food Science and Technology*, 110: 94-101. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.064.

Ćorković I., Pichler A., Buljeta I., Šimunović J., Kopjar M., 2021. Carboxymethylcellulose hydrogels: Effect of its different amount on preservation of tart cherry anthocyanins and polyphenols. *Current Plant Biology*, 28: 100222. https://doi.org/10.1016/j.cpb.2021.100222.

Dehghannya J., Pourahmad M., Ghanbarzadeh B., Ghaffari H., 2018. Influence of foam thickness on production of lime juice powder during foam-mat drying: Experimental and numerical investigation. *Powder Technology*, 328: 470-484. https:// doi.org/10.1016/j.powtec.2018.01.034.

ElGamal R., Song C., Rayan A.M., Liu C., Al-Rejaie S., ElMasry G., 2023. Thermal degradation of bioactive compounds during drying process of horticultural and agronomic products: A comprehensive overview. *Agronomy*, 13: 1580. https://doi.org/10.3390/agronomy13061580.

Fathi F., Ebrahimi S., Matos L.C., Oliveira M.B., Alves R.C., 2022. Emerging drying techniques for food safety and quality: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21 (2): 1125-1160. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12898.

Franco T.S., Perussello C.A., Ellendersen L.N., Masson M.L., 2016. Effects of foam mat drying on physicochemical and microstructural properties of yacon juice powder. *LWT - Food Science and Technology*, 66: 503-513. https://doi.org/10.1016/ j.lwt.2015.11.009.

Haque E., Bhandari B.R., Gidley M.J., Deeth H.C., Whittaker A.K., 2011. Ageing-induced solubility loss in milk protein concentrate powder: Effect of protein conformational modifications and interactions with water. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91 (14): 2576-2581. https:// doi.org/10.1002/jsfa.4478.

Kadam D.M., Nangare D.D., Oberoi H.S., 2009. Influence of pre-treatments on microbial load of stored dehydrated onion slices. *International Journal of Food Science and Technology*, 44 (10): 1902-1908. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01980.x.

Kadam D.M., Kaushik P. & Kumar R., 2012. Evaluation of guava products quality. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 2 (1): 7-11. https://doi.org/10.5923/j.food.20120201.02.

Kandasamy P., Varadharaju N., Kalemullah S., Maladhi D., 2014. Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. *Journal of Food Science and Technology*, 51: 2526-2534. https://doi.org/10.1007/s13197-012-0812-y.

Kanha N., Regenstein J.M., Laokuldilok T., 2022. Optimization of process parameters for foam mat drying of black rice bran anthocyanin and comparison with spray- and freeze-dried powders. *Drying Technology*, 40 (3): 581-594. https:// doi.org/10.1080/07373937.2020.1819824.

Koczka N., Stefanovits-Bányai É., Ombódi A., 2018. Total polyphenol content and antioxidant capacity of rosehips of some *Rosa* species. *Medicines*, 5 (3): 84. https://doi.org/10.3390/ medicines5030084.

Manas D., 2014. The determination of vitamin C, total phenol and antioxidant activity of some commonly cooking spices crops used in West Bengal. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 6 (6): 66-70. https://doi.org/10.5897/IJPPB2014.0210.

Marchelina C., Sinaga H., Lubis L.M., 2020. Effect of the types and percentages of stabiliser on the quality of instant garfish condiment. *Indonesian Journal of Agricultural Research*, 3 (1): 10-22. https:// doi.org/10.32734/injar.v3i1.3615.

Michalska-Ciechanowska A., Brzezowska J., Nowicka P., Tkacz K., Turkiewicz I.P., Hendrysiak A., Oszmiański J., Andlauer W., 2024. Advantages of spray drying over freeze drying: A comparative analysis of *Lonicera caerulea* L. juice powders-matrix diversity and bioactive response. *Molecules,* 29: 3586. https://doi.org/10.3390/molecules29153586.

Jittanit W., Niti-Att S., Techanuntachaikul O., 2010. Study of spray drying of pineapple juice using maltodextrin as an adjunct. *Chiang Mai Journal of Science*, 37: 498-506.

Ramandeep Kaur, Kamaljit Kaur, Preeti Ahluwalia, 2020. Effect of drying temperatures and storage on chemical and bioactive attributes of dried tomato and sweet pepper. *LWT-Food Science and Technology*, 117(2020): 108604 (10 pages). https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108604.

Reis F.R., de Moraes A.C.S., Masson M.L., 2021. Impact of foam-mat drying on plant-based foods bioactive compounds: a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76(2): 153-160. doi: 10.1007/s11130-021-00899-3.

Sadahira M.S., Rodrigues M.I., Akhtar M., Murray B.S. & Netto F.M., 2016. Effect of egg white protein - pectin electrostatic interactions in a high sugar content system on foaming and foam rheological properties. *Food Hydrocolloids*, 58: 1-10. https:// doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.02.007.

Thuy N.M., Tien V.Q., Tuyen N.N., Giau T.N., Minh V.Q., Tai N.V., 2022. Optimization of mulberry extract foam-mat drying process parameters. *Molecules,* 27 (23): 8570. doi: 10.3390/molecules27238570.

Wołosiak R., Drużyńska B., Derewiaka D., Piecyk M., Majewska E., Ciecierska M., Worobiej E., Pakosz P., 2021. Verification of the conditions for determination of antioxidant activity by ABTS and DPPH assays - a practical approach. *Molecules*, 27 (1): 50. https://doi.org/10.3390/molecules270100.

Determination of technical parameters for processing instant orange powder product from Sanh orange (*Citrus nobilis* Blanco), Ham Yen, Tuyen Quang, using foam-mat drying

Chung Thi Trinh

Abstract

This study aims to determine the appropriate processing parameters for producing instant orange powder using foam-mat drying, thereby enhancing the value of Sanh oranges from Ham Yen, Tuyen Quang. The effects of CMC stabilizer (0 - 1.5% w/v), albumin powder (0.5 - 2% w/v), and drying temperature (40 - 70°C) were investigated. Process performance was evaluated through foam expansion, stability, and the concentration of polyphenols, antioxidant activity, and vitamin

C. The selected conditions were determined as 0.5% CMC, 1% albumin, and a drying temperature of 60°C. The resulting orange powder had moisture content of 3.05%, solubility of 90.11%, total polyphenol content of 5.50 mg GAE/g dry matter, antioxidant activity of 2.65 mg ascorbic acid/g dry matter, and vitamin C content of 13.78 mg/g dry matter. The final product exhibited a fine, uniform structure with no clumping and a pleasant sweet-sour flavor and natural orange aroma.

Keywords: *Citrus nobilis* blanco, CMC, albumin, foam-mat drying, drying temperature

Ngày nhận bài: 13/01/2026 Người phản biện: PGS.TS. Hoàng Thị Lệ Hằng, PGS.TS. Nguyễn Thị Minh Tú

Ngày duyệt đăng: 07/8/2026 Ngày phản biện: 04/02/2026

XÂY DỰNG TIÊU CHÍ LỰA CHỌN CHỦNG *Aeromonas dhakensis* LÀM CHỦNG GIỐNG ĐỂ PHÁT TRIỂN VẮC XIN BẤT HOẠT TOÀN TẾ BÀO CÓ TIỀM NĂNG BẢO HỘ CHÉO PHÒNG BỆNH XUẤT HUYẾT TRÊN CÁ TRA (*Pangasianodon hypophthalmus*)

Võ Hồng Phượng[1,2,3*], Trương Hà Minh Nhật[1,2], Nguyễn Thanh Tùng[1,2], Nguyễn Lê Phương Ngân[3], Lê Hồng Phước[3], Nguyễn Đức Hoàng[1,2]

TÓM TẮT

Bệnh xuất huyết (Motile Aeromonas Septicemia - MAS) do *Aeromonas hydrophila* và *A. dhakensis* gây ra là một trong những bệnh nguy hiểm trên cá tra. Việc lựa chọn chủng giống vi khuẩn để sản xuất vắc xin bất hoạt mang ý nghĩa quan trọng trong phòng bệnh này. Tuy nhiên, tiêu chí lựa chọn chủng có khả năng tạo bảo hộ chéo giữa hai loài để phát triển vắc xin bất hoạt toàn tế bào vẫn chưa được xác lập. Nghiên cứu này nhằm đề xuất tiêu chí lựa chọn chủng giống dựa trên sự kết hợp giữa đánh giá độc lực, phân tích hệ gen và hồ sơ protein màng ngoài, đồng thời xác nhận hiệu quả bảo hộ bằng thử nghiệm trên cá tra. Kết quả cho thấy, chủng *A. dhakensis* CXD172 thuộc nhóm chưa xác định (STNF), được lựa chọn làm chủng giống sản xuất vắc xin nhờ có hồ sơ protein màng ngoài chia sẻ với *A. hydrophila* ST251 và *A. dhakensis* ST656. Đồng thời, vắc xin bất hoạt từ chủng này cho hiệu quả bảo hộ đối với cả gây nhiễm cùng loài *A. dhakensis* AD09 và gây nhiễm khác loài *A. hydrophila* AH12, với RPS lần lượt là 80,0% và 76,92%. Nghiên cứu này cung cấp cơ sở ban đầu cho việc sàng lọc và lựa chọn chủng giống có tiềm năng phát triển vắc xin bất hoạt phòng MAS.

Từ khóa: *Aeromonas dhakensis*, *Aeromonas hydrophila*, bảo hộ chéo, bệnh xuất huyết, vắc xin

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bệnh xuất huyết (Motile Aeromonas Septicemia - MAS) là một trong những bệnh truyền nhiễm phổ biến trên cá tra nuôi thâm canh. Trước đây, *Aeromonas hydrophila* được xem là tác nhân gây bệnh cơ hội hoặc thứ cấp. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu gần đây đã chứng minh *A. hydrophila* có thể trở thành tác nhân gây bệnh tiên phát (Shahi *et al*., 2013). Cùng với sự phát triển của công nghệ giải trình tự gen, ngày càng có nhiều bằng chứng cho thấy bệnh MAS không chỉ do *A. hydrophila* gây ra mà còn có sự tham gia của *A. dhakensis*. Phân tích hệ gen của Bartie và cộng sự (2023) cho thấy *A. dhakensis* là một trong những mầm bệnh nguy hiểm nhất trong nghề nuôi cá tra tại Việt Nam. Điều này tương đồng với các báo cáo lâm sàng tại Nam Đài Loan khi *A. dhakensis* cũng được chứng minh là phổ biến và có độc lực hơn *A. hydrophila* (Chen *et al*., 2014). Như vậy, bệnh MAS được gây ra đồng thời bởi hai loài *A. hydrophila* và *A. dhakensis* đã tạo ra những thách thức đáng kể trong phát triển vắc xin phòng bệnh MAS có phổ bảo hộ đối với các chủng đại diện được sử dụng trong nghiên cứu.

Các nghiên cứu dịch tễ học phân tử cho thấy quần thể *Aeromonas* gây bệnh trên cá tra có mức độ đa dạng di truyền cao. Phân tích rep-PCR cho thấy *A. hydrophila* và *A. dhakensis* thuộc hai nhóm di truyền khác biệt, với mức độ tương đồng khoảng 66%. Điều này cho thấy có thể có sự khác biệt về thành phần protein bề mặt hoặc kháng nguyên giữa hai loài và ảnh hưởng đến hiệu quả bảo hộ chéo của vắc xin (Bartie *et al*., 2023). Tại đồng bằng sông Cửu Long, *A. dhakensis* ST656 (chiếm 43,7%) và *A. hydrophila* ST251 (chiếm 20,7%) là hai dòng chiếm ưu thế trong các ao nuôi cá tra (Truong *et al*., 2024). Tuy nhiên, tỷ lệ đáng kể các mẫu phân lập từ thủy sản (chiếm 33,3%) được phân loại là STNF (Sequence Type Not Found), phản ánh sự tồn tại của nhiều dòng mới chưa được mô tả trên cơ sở dữ liệu PubMLST (Truong *et al*., 2024). Sự đa dạng Sequence Type (ST) phản ánh sự khác biệt về di truyền của quần thể *Aeromonas*. Các chủng cùng thuộc một ST thường có mức độ tương đồng về hệ gen lõi (core genome) cao, nhưng vẫn có thể khác nhau về hệ gen phụ, bao gồm các gen liên quan đến độc lực, thành phần kháng nguyên bề mặt.

[1]Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh; [2]Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh
[3]Viện Khoa học Thủy sản Việt Nam; *Tác giả liên hệ, email: vohongphuong79@gmail.com

Đến nay, vắc xin bất hoạt toàn tế bào vẫn có vai trò quan trọng trong phòng bệnh thủy sản nhờ quy trình sản xuất đơn giản, chi phí thấp, tính an toàn cao và thuận lợi trong đăng ký lưu hành thương mại. Theo định hướng của nghiên cứu vắc xin ngược (reverse vaccinology), việc lựa chọn chủng giống không chỉ dựa trên độc lực mà còn phải xem xét khả năng biểu hiện các kháng nguyên bề mặt có tính sinh miễn dịch cao. Phân tích hệ protein của *A. hydrophila* đã xác định nhiều Outer Membrane Proteins (OMPs) bảo tồn như PilQ, TolC, BamA, OmpA và OmpK là các ứng viên đầy triển vọng cho phát triển vắc xin phổ rộng (Erickson *et al*., 2023; Zhang *et al*., 2023). Hơn nữa, ngoài các protein màng ngoài được biết đến, một số protein như OmpR, đặc biệt là protein tái tổ hợp rOmpR, có tính sinh miễn dịch mạnh và được chứng minh là có khả năng kích thích đáp ứng miễn dịch dịch thể, bảo vệ cá chống lại *A. hydrophila* (Maiti *et al*., 2020).

Do đó, chủng giống được lựa chọn cần mang các gen mã hóa protein màng (OMPs) có mức độ bảo tồn cao và đại diện cho phổ kháng nguyên của các dòng *Aeromonas* đang lưu hành. Việc kết hợp thông tin về độc lực, hệ gen và hồ sơ về các protein màng (OMPs) có thể cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn chủng giống phục vụ phát triển vắc xin bất hoạt toàn tế bào có phổ bảo hộ rộng. Tuy nhiên, đến nay vẫn chưa có nghiên cứu nào đánh giá một cách có hệ thống khả năng ứng dụng các chủng *A. dhakensis* làm chủng giống phát triển vắc xin bất hoạt toàn tế bào dựa trên sự kết hợp các đặc điểm nêu trên.

Khoảng trống khoa học trong nghiên cứu này là việc chọn chủng giống để sản xuất vắc xin theo phương pháp truyền thống trước đây có thể cho tính sinh miễn dịch tốt nhưng khả năng bảo hộ chéo không cao. Việc kết hợp thông tin về độc lực, hệ gen và hồ sơ về các protein màng (OMPs) sẽ cung cấp cơ sở khoa học chặt chẽ hơn trong chọn giống vi khuẩn dùng để sản xuất vắc xin. Giả thuyết về OMP dựa trên cơ sở rằng chủng được chọn có hồ sơ tương đồng với các chủng khác thì khả năng gây bảo hộ chéo càng cao.

Xuất phát thực tiễn trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm: (1) đánh giá sự biến thiên độc lực của các chủng *A. hydrophila* và *A. dhakensis* dựa trên giá trị LD_{50} đồng thời với sự phân bố của các gen độc lực; (2) phân tích sự hiện diện và mức độ bảo tồn của 19 protein màng ngoài của *A. hydrophila* và *A. dhakensis* nhằm nhận diện các OMP bảo tồn; (3) Tuyển chọn các chủng và đánh giá thực nghiệm khả năng bảo hộ của vắc xin bất hoạt toàn tế bào khi gây nhiễm *A. dhakensis* và *A. hydrophila*.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Chủng vi khuẩn: các chủng vi khuẩn trong nghiên cứu bao gồm 38 chủng được lưu trữ trong môi trường glycerol -80°C tại Trung tâm Nghiên cứu Môi trường và Bệnh Thủy sản miền Nam. Dữ liệu trình tự: toàn bộ 37 hệ gen dùng trong phân tích protein bề mặt bao gồm 19 chủng *A. dhakensis* ST656, 4 chủng *A. dhakensis* STNF và 14 chủng *A. hydrophila* ST251 được sử dụng trong nghiên cứu đã được công bố trước đó và được lưu trữ trên cơ sở dữ liệu European Nucleotide Archive (ENA) với mã số dự án PRJEB65955. Thông tin chi tiết về nguồn gốc, đặc điểm dịch tễ và hệ gen của các chủng được mô tả bởi Truong và cộng sự (2024). Kiểu trình tự MLST (Multilocus Sequence Typing) được xác định bằng phần mềm SRST2 phiên bản 0.2.0 theo sơ đồ MLST của chi *Aeromonas* trên cơ sở dữ liệu PubMLST. Các chủng không xác định được kiểu trình tự được ký hiệu là STNF (Sequence Type Not Found).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Phân tích protein bề mặt liên quan đến tính sinh miễn dịch

Nhóm 19 protein ứng viên được lựa chọn dựa trên các nghiên cứu trước đây về reverse vaccinology và các protein liên quan đến màng ngoài, cấu trúc bề mặt và độc lực của vi khuẩn thuộc chi *Aeromonas*. Danh sách protein bao gồm OmpA, OmpA1, OmpA2, OmpC, OmpD, OmpK, OmpTS, TolC, OmpW family, Omp48, TonB receptor, BamA, BamC, BamE, PilQ, Aha1, FlaA, FlaB và protein điều hoà OmpR.

Trình tự axit amin tham chiếu của từng protein được đối chiếu với bộ protein dự đoán của các chủng khảo sát bằng BLASTP, chỉ những hit có độ bao phủ trình tự ít nhất 80% mới được giữ lại. Đối với mỗi protein tham chiếu, hit có bit score cao nhất và E-value thấp nhất được chọn là trình tự tương đồng phù hợp nhất. Thông tin về mức độ tương đồng (%) của các protein được tổng hợp thành ma trận protein để phân tích phân cụm bằng khoảng cách Euclidean kết hợp với thuật toán Ward. D2 nhằm giảm thiểu phương sai nội cụm và tối ưu hóa sự đồng nhất giữa các chủng trong một cụm (Murtagh & Legendre, 2014).

2.2.2. Phân tích các gen liên quan đến độc lực

Các gen liên quan đến độc lực được dự đoán bằng công cụ VFanalyzer của Virulence Factor Database (VFDB). Trình tự hệ gen của từng chủng được đối chiếu với cơ sở dữ liệu các yếu tố độc lực đã được chú giải trong VFDB. Các gen dự đoán là yếu tố độc lực được tổng hợp thành ma trận hiện diện/vắng mặt để phân tích sự phân