



DOI:10.22144/ctujs.2026.168

BƯỚC ĐẦU SÀNG LỌC CÁC CHẤT CHIẾT TỪ NGUYÊN LIỆU NÔNG NGHIỆP NHƯ CƠ CHẤT PREBIOTIC CHO *Lactobacillus plantarum* LAB1.2CM TRONG PHÁT TRIỂN SYNBiotic

Huỳnh Trường Giang^{1*}, Vũ Hùng Hải¹, Hồ Diễm My^{1,2}, Đỗ Thị Thanh Hương¹ và Phan Thị Cẩm Tú¹

¹Trường Thủy sản, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

²Công ty TNHH Bình Minh Capital, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): htgiang@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 26/02/2026

Sửa bài (Revised): 09/04/2026

Duyệt đăng (Accepted): 17/06/2026

Title: Preliminary screening of agricultural-derived extracts as potential prebiotic substrates for *Lactobacillus plantarum* LAB1.2CM in synbiotic development

Author(s): Huỳnh Trường Giang^{1*}, Vũ Hùng Hải¹, Hồ Diễm My^{1,2}, Đỗ Thị Thanh Hương¹ and Phan Thị Cẩm Tú¹

Affiliation(s): ¹College of Aquaculture and Fisheries, Can Tho University, Vietnam; ²Bình Minh Capital Co., Ltd., Viet Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm sàng lọc các hỗn hợp chất chiết có hoạt tính prebiotic từ các sản phẩm nông nghiệp để hỗ trợ sự tăng trưởng của chủng lợi khuẩn *Lactobacillus plantarum* LAB1.2CM, hướng đến phát triển sản phẩm synbiotic cho nuôi trồng thủy sản. Bốn sản phẩm được chiết xuất thô từ thực vật bao gồm chuối xiêm *Musa paradisiaca* (CX-E), chuối già hương *Musa cavendishii* (CG-E), dưa hấu *Citrullus lanatus* (DH-E) và đu đủ *Carica papaya* (ĐĐ-E) được đánh giá hàm lượng carbohydrate và các đặc tính prebiotic. Kết quả cho thấy sản phẩm CX-E và CG-E có hàm lượng carbohydrate tổng trên 70%, trong khi DH-E và ĐĐ-E đạt hơn 40%. Chủng LAB1.2CM có khả năng lên men cả 4 loại sản phẩm như nguồn carbon. Đáng lưu ý, CG-E và CX-E thể hiện khả năng kích thích tăng trưởng của chủng LAB1.2CM và chỉ số prebiotic cao hơn so với các dịch chiết còn lại, trong đó CG-E cho hiệu quả nổi bật nhất. Do đó, sản phẩm CG-E được chiết xuất từ chuối già là ứng viên tiềm năng để phối hợp với lợi khuẩn LAB1.2CM trong phát triển chế phẩm synbiotic nhằm ứng dụng cho nuôi trồng thủy sản.

Từ khóa: Chất chiết prebiotic, *Lactobacillus*, probiotic, synbiotic

ABSTRACT

This study aimed to screen prebiotic potential of extracts derived from agricultural products to support the growth of *Lactobacillus plantarum* LAB1.2CM, to develop a synbiotic formulation for aquaculture applications. Four crude plant-derived extracts, including Siam banana (*Musa paradisiaca*, CX-E), Cavendish banana (*Musa cavendishii*, CG-E), watermelon (*Citrullus lanatus*, DH-E), and papaya (*Carica papaya*, ĐĐ-E), were evaluated for total carbohydrate content and prebiotic properties. The results indicated that CX-E and CG-E contained more than 70% total carbohydrate content, whereas DH-E and ĐĐ-E exhibited levels exceeding 40%. The LAB1.2CM strain was capable of utilizing all four extracts as sole carbon sources for fermentation. Notably, CG-E and CX-E significantly promoted the growth of LAB1.2CM and exhibited higher prebiotic index values compared to the other extracts tested, with CG-E demonstrating the most pronounced effect. These findings suggest that CG-E derived from Cavendish banana may represent a potential substrate for combination with LAB1.2CM in the formulation and implementation of synbiotic-based approaches in aquaculture.

Keywords: *Lactobacillus*, prebiotic extract, probiotic, synbiotic

1. GIỚI THIỆU

Lợi khuẩn *Lactobacillus* là một chi của vi khuẩn lactic (LAB) được sử dụng phổ biến trong các chế phẩm probiotic vì tính an toàn của chúng. Các tác động có lợi của *Lactobacillus* được ghi nhận thông qua nhiều cơ chế khác nhau, bao gồm tăng cường đáp ứng miễn dịch của vật chủ, khả năng bám dính và định cư trong đường ruột, ức chế vi sinh vật gây bệnh thông qua hoạt tính kháng khuẩn, cân bằng hệ vi sinh vật đường ruột, giảm cholesterol và tiềm năng phòng ngừa một số bệnh lý (Zhang et al., 2011; Huynh et al., 2018). Trong lĩnh vực nuôi trồng thủy sản, các nghiên cứu gần đây trên những đối tượng có giá trị kinh tế cao như tôm thẻ chân trắng *Litopenaeus vannamei* và cá tra *Pangasianodon hypophthalmus* đã chứng minh vai trò tích cực của các chủng *Lactobacillus* trong cải thiện tăng trưởng, tăng cường miễn dịch và nâng cao khả năng kháng bệnh (Huynh et al., 2018; Quach et al., 2025). Song song đó, theo định nghĩa của Hiệp hội Khoa học Quốc tế về Probiotics và Prebiotics (International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics), bất kỳ cơ chất nào được hệ vi sinh vật của vật chủ sử dụng một cách chọn lọc, qua đó mang lại lợi ích sức khỏe được xác định là prebiotic (Gibson et al., 2017). Synbiotic là dạng kết hợp giữa nhóm lợi khuẩn probiotic với các hợp chất prebiotic nhằm gia tăng hiệu quả hoạt động của hệ vi sinh vật đường ruột, giúp vật nuôi tiêu hóa và hấp thụ thức ăn dễ dàng hơn (Goh et al., 2022). Các sản phẩm prebiotic thương mại được sử dụng phổ biến trong nuôi trồng thủy sản bao gồm fructooligosaccharides (FOS), galactooligosaccharides (GOS), mannan oligosaccharides (MOS), β -glucan và inulin (Wee et al., 2022). Tuy nhiên, việc sử dụng các nguồn nguyên liệu này dễ khiến chi phí tăng cao và chất lượng khó kiểm soát. Để góp phần giải quyết vấn đề này, nguồn nguyên liệu nông nghiệp và phụ phẩm sau thu hoạch như vỏ trái cây, rau củ, thân rễ, rom rạ,... đang được các nhà nghiên cứu quan tâm như các nguồn tiềm năng để sản xuất prebiotic giá rẻ, giàu polysaccharide không tiêu hóa (indigestible polysaccharide). Các nguồn nguyên liệu nông nghiệp thường giàu carbohydrate và có thể chuyển hóa thành các oligosaccharide mang hoạt tính prebiotic, từ đó thúc đẩy sự phát triển của vi khuẩn có lợi như *Bifidobacterium* hay *Lactobacillus* trong hệ tiêu hóa vật nuôi, đồng thời giảm thiểu chất thải nông nghiệp và góp phần vào sự bền vững của toàn chuỗi sản xuất thực phẩm (Vazquez-Olivo et al., 2018; Ravanal et al., 2025).

Việc tận dụng nguồn nguyên liệu và phụ phẩm nông nghiệp chi phí thấp để sản xuất các hợp chất có hoạt tính prebiotic đang được xem là hướng đi tiềm năng trong phát triển sản phẩm sinh học cho nuôi trồng thủy sản hiện đại. Trong nghiên cứu trước đây, nhóm tác giả đã phân lập và tuyển chọn được chủng LAB1.2CM thuộc giống *Lactobacillus* từ ruột tôm thẻ chân trắng mang các đặc tính probiotic nổi trội. Chủng hiện được lưu giữ tại Phòng thí nghiệm Chế phẩm Sinh học Thủy sản, Trường Thủy sản, Đại học Cần Thơ. Mặc dù tiềm năng của prebiotic có nguồn gốc nông nghiệp đã được ghi nhận, các bằng chứng về tính tương thích và hiệu quả hiệp lực giữa nguồn prebiotic nội địa với các chủng probiotic bản địa vẫn còn hạn chế. Phần lớn các nghiên cứu hiện nay chủ yếu tập trung vào chế phẩm thương mại hoặc các chủng tham chiếu; trong khi đó, việc xây dựng hệ synbiotic đặc hiệu theo vật chủ và điều kiện nuôi địa phương vẫn chưa được chú trọng một cách toàn diện. Vì vậy, việc phát triển và đánh giá một sản phẩm synbiotic kết hợp chủng bản địa *L. plantarum* LAB1.2CM với prebiotic được sản xuất từ nguyên liệu nông nghiệp sẵn có là cần thiết. Cách tiếp cận này không chỉ góp phần hoàn thiện cơ sở khoa học cho định hướng synbiotic đặc hiệu theo vật chủ mà còn thúc đẩy sử dụng hiệu quả phụ phẩm nông nghiệp, giảm chi phí đầu vào và hướng tới mô hình nuôi trồng thủy sản bền vững theo nguyên tắc kinh tế tuần hoàn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Chuẩn bị vi khuẩn

Lợi khuẩn *Lactobacillus plantarum* LAB1.2CM với các đặc tính probiotic được phân lập từ ruột tôm thẻ chân trắng, thuộc bộ sưu tập giống vi khuẩn của Phòng Thí nghiệm Chế phẩm sinh học thủy sản (Trường Thủy sản, Đại học Cần Thơ). Chủng lợi khuẩn được phục hồi và nuôi tăng sinh trong canh trường MRS (HiMedia Laboratories, Ấn Độ) ở 37°C trong 48 giờ. Dung dịch tế bào vi khuẩn được ly tâm để loại bỏ phần dịch nổi và rửa với nước muối sinh lý (0,9% NaCl) ở vận tốc 3.000 vòng/phút trong 15 phút ở 4°C (Giang và ctv., 2020). Tế bào lợi khuẩn sau đó được tái huyền phù trong môi trường MRS cải tiến (*m*-MRS) để đạt giá trị OD xấp xỉ 0,5 tại bước sóng 600 nm và trữ 4°C cho các đánh giá tiếp theo (Huynh et al., 2018).

2.2. Chuẩn bị chất chiết prebiotic từ một số nguồn nguyên liệu nông nghiệp

Các loại trái cây như chuối (chuối xiêm *Musa paradisiaca* và chuối già hương *Musa cavendishii*), dưa hấu (*Citrullus lanatus*) và đu đủ (*Carica papaya*) được thu mua từ địa phương và đây là

những nguồn nguyên liệu rẻ, dễ tìm, có khả năng sử dụng trong chăn nuôi thủy sản để ly trích những hỗn hợp có hoạt tính như các prebiotic có nguồn gốc tự nhiên; sau đó, nghiên cứu sàng lọc đã được tiến hành trong quá trình phát triển synbiotic. Với chuối, phương pháp ly trích được thực hiện dựa theo mô tả bởi Boonmee and Rengpipate (2015) và Huynh et al. (2021). Cụ thể: chuối chín vàng vỏ được lột vỏ và cắt lát mỏng. Tiếp theo, 10 g chuối cắt lát được nghiền mịn trong 100 mL nước 100°C và để yên trong 10 phút. Hỗn hợp sau đó được lọc qua giấy lọc Whatman (kích cỡ lỗ lọc 11µm) để loại bỏ thành phần rắn không hòa tan. Phần dịch lọc tiếp tục được ly tâm ở tốc độ 8000 vòng/phút ở 4°C trong 10 phút. Phần dịch nổi (dịch trong) được thu nhận và tiến hành sấy đông khô bằng thiết bị BenchTop Pro 9L EG (SP Scientific, Anh) ở điều kiện nhiệt độ -80°C và áp suất 20 Pa. Phần bột thu được từ chuối sau khi ly trích được sử dụng cho thí nghiệm. Để đạt được khối lượng lớn cần thiết cho thí nghiệm (khoảng 50 g), khối lượng sản phẩm được ly trích đủ số lượng cho thí nghiệm, sau đó trữ lạnh 4°C cho đến khi thực hiện các thí nghiệm sàng lọc prebiotic tiếp theo.

Phương pháp chiết xuất từ dưa hấu và đu đủ được thực hiện theo mô tả của Hao et al. (2021). Lốp vỏ ngoài được rửa sạch bằng vòi nước trước khi cắt và tách khỏi phần thịt. Vỏ sau đó được cắt thành từng miếng nhỏ và xay nhuyễn bằng máy xay sinh tố (Panasonic MX-898). Tiếp theo, 200 mL dung dịch Ethanol (> 99,7%) được thêm vào 100 g hỗn hợp đã xay nhuyễn và ủ trong 3 ngày ở nhiệt độ phòng. Hỗn hợp sau đó được lọc lần lượt qua túi lọc thô (kích cỡ lỗ lọc 100 µm) và giấy lọc Whatman GF/C (kích cỡ lỗ lọc 1,2 µm) để tách pha rắn và pha lỏng. Phần bã rắn thu được tiếp tục ly trích lần lượt với 200 mL dung dịch 50% ethanol (trong 3 ngày), 200 mL nước cất (trong 1 giờ) và 200 mL nước cất đun sôi (trong 15 phút) ở nhiệt độ phòng. Trước khi chuyển sang dung môi tiếp theo, phần chất rắn được tách ra khỏi dịch chiết. Dịch lọc từ bốn lần chiết xuất được trộn lại với nhau và cô đặc bằng máy cô quay chân không Buchi R-300 (Thụy Sĩ) ở 150 mbar và 60 vòng/phút. Dịch cô đặc được bảo quản ở -80°C trong 24 giờ sau đó được sấy đông khô trong 48 giờ.

Các mẫu sau khi đông khô được nghiền thành bột và bảo quản - 20°C cho đến khi sử dụng. Như vậy, kết quả thu được 4 hỗn hợp ly trích từ chuối xiêm (CX-E), chuối già (CG-E), dưa hấu (DH-E) và đu đủ (ĐĐ-E) cho các đánh giá tiếp theo.

2.3. Hàm lượng carbohydrate tổng của các chất ly trích

Hàm lượng carbohydrate tổng hay còn gọi là tổng carbohydrate của bốn hỗn hợp chất chiết được đánh giá bằng phương pháp phenol-sulfuric axit (Dubois et al., 1956). Cụ thể, hỗn hợp phản ứng bao gồm 0,25 mL mẫu pha loãng (được chuẩn bị từ 1 g mẫu trong 50 mL nước cất) và 1,25 mL dung dịch axit sulfuric đậm đặc (H₂SO₄, 95%; Merck, Đức). Sau đó, thêm 0,25 mL dung dịch phenol 5% vào hỗn hợp phản ứng và đun nóng ở 100°C trong 5 phút, kế tiếp để nguội ở nhiệt độ phòng. Độ hấp thụ được đo bằng máy so màu quang phổ UV-VIS (Model 1900i, Shimadzu, Nhật) ở bước sóng 490 nm. Nước cất được xem là đối chứng âm và D-glucose được sử dụng là đối chứng dương.

2.4. Đánh giá khả năng tiêu hoá các hỗn hợp ly trích bởi chủng LAB1.2CM

Mục đích của thí nghiệm là đánh giá khả năng tiêu hóa, sử dụng những hỗn hợp chiết xuất như là nguồn carbon cho sự lên men lactic. Phương pháp thí nghiệm được tiến hành theo mô tả của Huynh et al. (2018). Cụ thể: huyền phù vi khuẩn chuẩn bị theo mô tả ở mục 2.1, được cấy lên đĩa thạch môi trường *m*-MRS có chứa 2% glucose hoặc 2% prebiotic (FOS hoặc 4 hỗn hợp ly trích) với chất chỉ thị Bromocresol purple. Khả năng sử dụng các hỗn hợp ly trích như là nguồn carbon được quan sát thông qua sự chuyển màu của môi trường xung quanh khuẩn lạc từ màu tím sang màu vàng. Quá trình ghi nhận sự thay đổi màu của môi trường thạch được thực hiện vào các thời điểm 6, 12, 24 và 48 giờ. Ngoài các hỗn hợp ly trích thì Glucose (GRM077, Himedia, Ấn Độ) cũng được thực hiện tương tự như là nghiệm thức đối chứng và sản phẩm Fructooligosachharide (FOS) thương mại (RM9582, Himedia, Ấn Độ) làm nghiệm thức tham khảo.

Bảng 1. Thành phần dinh dưỡng của môi trường *m*-MRS

Thành phần (g/100 mL)	<i>m</i> -MRS	<i>m</i> -MRS-Glucose	<i>m</i> -MRS-prebiotic
• <i>Canh trường m</i> -MRS			
Proteose peptone	1	1	1
Beef extract	1	1	1
Yeast extract	0,5	0,5	0,5
Polysorbate 80	0,1	0,1	0,1
Ammonium citrate	0,2	0,2	0,2
Magnesium sulphate	0,01	0,01	0,01
Manganese sulphate	0,005	0,005	0,005
Dipotassium phosphate	0,2	0,2	0,2
Glucose		2	
Prebiotic (FOS/các hỗn hợp chiết)			2
Nước cất	100	100	100
• <i>Môi trường thạch m</i> -MRS bao gồm các thành phần trên và bổ sung:			
Agar	1,5	1,5	1,5
Bromocresol purple	0,003	0,003	0,003

2.5. Đánh giá sự sinh trưởng của lợi khuẩn LAB1.2CM trong môi trường nuôi cấy bổ sung các hỗn hợp ly trích như nguồn carbon

Phương pháp đánh giá được thực hiện như nghiên cứu của Huynh et al. (2018) với một vài điều chỉnh như sau: hút chuyên 5 mL huyền phù lợi khuẩn LAB1.2CM vào 95 mL môi trường *m*-MRS tiệt trùng. Sau đó, dung dịch vi khuẩn được chuyển qua các ống nghiệm thủy tinh (thể tích 22 mL) chứa 15 mL từng loại canh trường bổ sung prebiotic, với tỉ lệ cấy nạp 1% và được ủ ở 37°C trong tủ ẩm CO₂ (Forma Steri-Cycle i250, Thermo Scientific, Đức). Sự phát triển của vi khuẩn được quan sát thông qua độ hấp thụ ở bước sóng 600 nm tại các thời điểm 0, 2, 4, 6, 12, 24, 36 và 48 giờ sử dụng máy so màu quang phổ UV-Vis (UV-1900i, Shimadzu, Nhật Bản). Giá trị pH cũng được theo dõi xuyên suốt quá trình lên men bằng máy đo pH để bàn Lab 865 (SI Analytics, Đức), như là một trong những chỉ tiêu gián tiếp phản ánh sự tăng trưởng và tiêu hóa chất bột đường của các hỗn hợp ly trích. Mỗi loại canh trường được đánh giá 3 lần lặp lại.

2.6. Đánh giá khả năng sử dụng các prebiotic tự nhiên bởi vi khuẩn gây bệnh trên tôm

Mục đích của thí nghiệm là đánh giá có hay không các dòng vi khuẩn gây bệnh trên tôm cũng có khả năng sử dụng sản phẩm ly trích để phát triển

sinh khối. Các hỗn hợp ly trích được đánh giá khả năng kích thích tăng trưởng của vi khuẩn *Vibrio*. Chúng vi khuẩn *Vibrio parahaemolyticus* BDB1.4v được sử dụng trong nghiên cứu là chủng gây bệnh hoại tử gan tụy cấp trên tôm được lưu trữ tại phòng thí nghiệm Chế phẩm sinh học, Trường Thủy sản, Đại học Cần Thơ (Ngân và ctv., 2021). Cụ thể, vi khuẩn được nuôi trong môi trường bao gồm VM tryptone 17 g/L, NaCl 20 g/L và K₂HPO₄ 2,5 g/L có bổ sung 2% glucose hoặc 2% prebiotic (FOS và các hỗn hợp ly trích) như là nguồn carbon ở 28±1°C (Huynh et al., 2018). Môi trường chứa Glucose và không chứa hỗn hợp ly trích (*m*-MRS) bổ sung được xem như là nghiệm thức đối chứng dương và đối chứng âm tương ứng. Sự phát triển của vi khuẩn được theo dõi thông qua giá trị OD₆₀₀ ở các thời điểm 0, 2, 4, 6, 12, 24, 36 và 48 giờ. Mỗi nghiệm thức được đánh giá 3 lần lặp lại.

2.7. Đánh giá chỉ số prebiotic của các hỗn hợp ly trích có hoạt tính prebiotic

Chỉ số prebiotic được đánh giá theo phương pháp Mazzola et al. (2015) và được bổ sung bởi Huynh et al. (2018). Chúng lợi khuẩn LAB1.2CM được nuôi tăng sinh trong môi trường *m*-MRS có bổ sung 2% glucose hoặc 2% prebiotic (FOS hoặc các hỗn hợp ly trích) như là nguồn carbon. Tốc độ tăng trưởng của chủng lợi khuẩn được đánh giá thông qua giá trị OD₆₀₀ vào lúc 0 giờ và 24 giờ; sau đó, chỉ số prebiotic được tính toán dựa theo công thức sau:

$$\text{Chỉ số prebiotic} = \frac{\text{OD}_{\text{t(LAB-Pre)}} - \text{OD}_{\text{i(LAB-Pre)}}}{\text{OD}_{\text{t(LAB-Glu)}} - \text{OD}_{\text{i(LAB-Glu)}}} - \frac{\text{OD}_{\text{t(Vibrio-Pre)}} - \text{OD}_{\text{i(Vibrio-Pre)}}}{\text{OD}_{\text{t(Vibrio-Glu)}} - \text{OD}_{\text{i(Vibrio-Glu)}}$$

Trong đó: OD_i và OD_t là giá trị OD₆₀₀ ghi nhận vào lúc 0 giờ và sau 24 giờ nuôi cấy; LAB-Pre và

LAB-Glu tương ứng với môi trường nuôi vi khuẩn *Lactobacillus* bổ sung các chất chiết (CG-E, CX-E,

DH-E và ĐĐ-E) và Glucose; Vibrio-Pre và Vibrio-Glu tương ứng với môi trường nuôi vi khuẩn *Vibrio parahaemolyticus* bổ sung các chất chiết và Glucose.

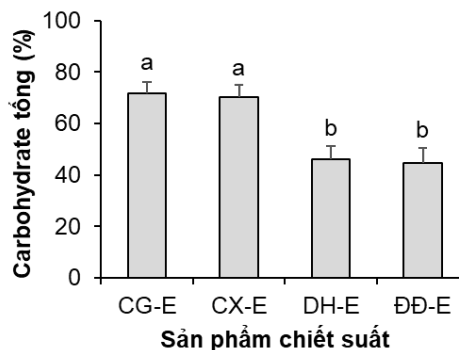
2.8. Xử lý số liệu

Các số liệu thu thập được tính giá trị trung bình, độ lệch chuẩn và phân tích ANOVA một nhân tố. Chương trình Microsoft Excel phiên bản 2016 được sử dụng để xử lý số liệu và việc so sánh thống kê các giá trị trung bình giữa các nghiệm thức được tiến hành bằng phần mềm SPSS phiên bản 20.0 ở mức ý nghĩa $p = 0,05$ bằng phép thử Tukey.

3. KẾT QUẢ

3.1. Hàm lượng carbohydrate tổng của các sản phẩm ly trích

Quá trình chiết suất thu hồi tổng cộng được 4 sản phẩm với hàm lượng carbohydrate tổng khác biệt đáng kể (Hình 1). Theo đó, các sản phẩm được ly trích từ chuối CG-E và CX-E đạt giá trị cao nhất với trung bình lần lượt là $71,7 \pm 4,5\%$ và $70,5 \pm 4,6\%$ khối lượng khô, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các nhóm sản phẩm còn lại. Trong khi đó, các sản phẩm thu hồi từ vỏ dưa hấu DH-E và vỏ đu đủ ĐĐ-E có hàm lượng thấp nhất với trung bình tương ứng $45,9 \pm 5,5$ và $44,7 \pm 5,9\%$ khối lượng khô, nhưng khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) giữa hai nhóm sản phẩm. Nhìn chung, hàm lượng carbohydrate tổng của các sản phẩm được chiết xuất từ phần thịt của chuối già và chuối xiêm chín cao hơn so với sản phẩm chiết xuất từ vỏ dưa hấu và đu đủ.

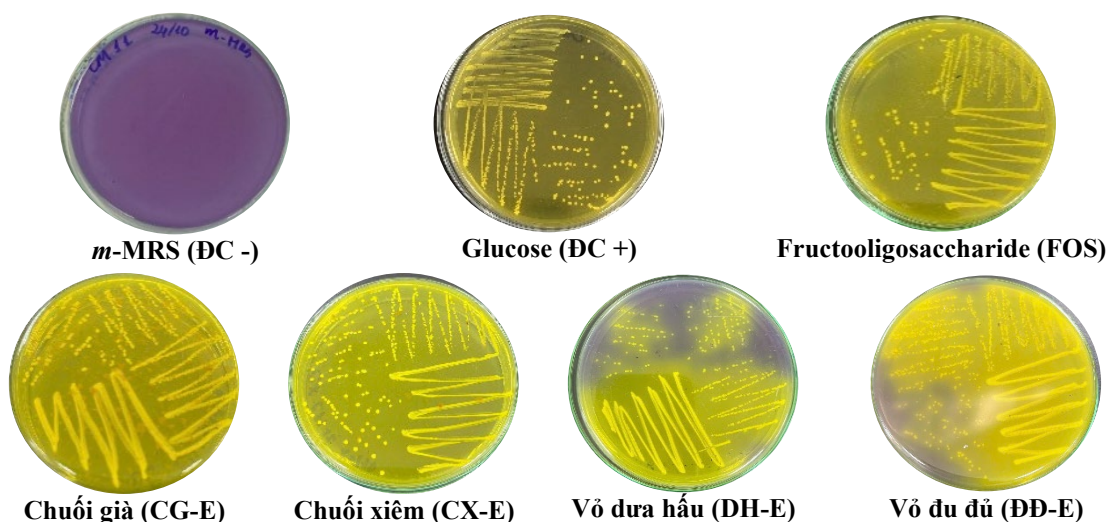


Hình 1. Hàm lượng carbohydrate tổng số của các sản phẩm chất chiết prebiotic

Ghi chú: CG-E: hỗn hợp chiết từ chuối già, CX-E hỗn hợp chiết từ chuối xiêm, DH-E: hỗn hợp chiết từ vỏ dưa hấu và ĐĐ-E hỗn hợp chiết từ vỏ đu đủ. Giá trị được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn ($n = 3$). Các cột có ký tự (a, b) giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).

3.2. Khả năng tiêu hóa các prebiotic tự nhiên bởi chủng LAB1.2CM

Sau 48 giờ lên men trên môi trường thạch bổ sung các nguồn carbon khác nhau, sự phát triển của lợi khuẩn LAB1.2CM được thể hiện thông qua sự hình thành và phát triển của các khuẩn lạc trên môi trường có bổ sung glucose, FOS hoặc bốn chất chiết với sự thay đổi màu môi trường từ tím sang vàng (Hình 2). Trong số đó, chất chiết từ các chất chiết CG-E và CX-E cho thấy thời gian phát triển của khuẩn lạc LAB1.2CM nhanh hơn so với các hỗn hợp còn lại, nhưng chậm hơn so với sản phẩm FOS trong 24 giờ đầu lên men.

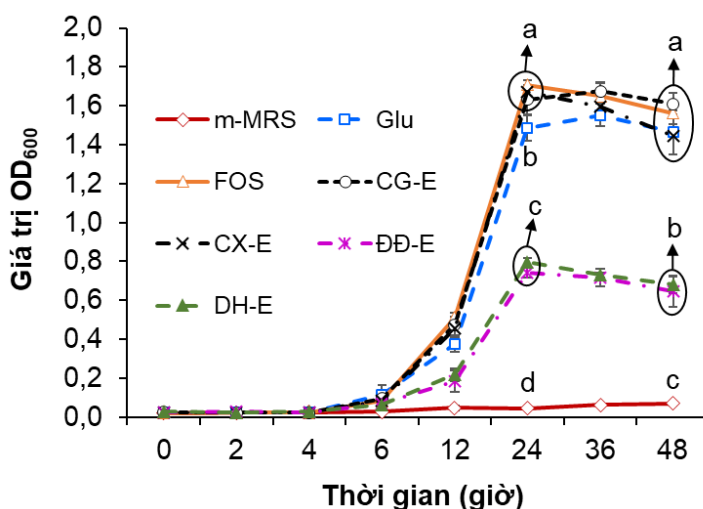


Hình 2. Khả năng sử dụng hỗn hợp chiết xuất prebiotic của chủng LAB1.2CM sau 48 giờ nuôi cấy

3.3. Đánh giá tăng trưởng của lợi khuẩn LAB1.2CM bằng các prebiotic tự nhiên như nguồn carbon thay thế

Sự hỗ trợ tăng trưởng của chủng lợi khuẩn LAB1.2CM bởi các chiết xuất prebiotic tự nhiên được thể hiện qua Hình 3. Theo đó, tốc độ tăng trưởng của lợi khuẩn nuôi trong canh trường bổ sung các nguồn carbon đều đạt pha tăng trưởng sau 24 giờ nuôi cấy. Cụ thể, giá trị OD₆₀₀ chiết xuất từ chuối già (CG-E) và chuối xiêm (CX-E) đạt trung bình lần lượt là $1,632 \pm 0,076$ và $1,67 \pm 0,033$, cao hơn và khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) so với dưa hấu (DH-E) và đu đủ (ĐĐ-E), tương ứng với trung bình $0,742 \pm 0,026$ và $0,795 \pm 0,022$. Trong khi đó, giá trị

OD₆₀₀ ghi nhận trong canh trường bổ sung FOS đạt cao nhất với trung bình $1,709 \pm 0,025$, khác biệt không có ý nghĩa ($p > 0,05$) so với chất chiết CG-E và CX-E. Ngược lại, tăng trưởng của lợi khuẩn ghi nhận trong canh trường bổ sung Glucose đạt trung bình $1,486 \pm 0,066$, thấp hơn có ý nghĩa ($p < 0,05$) so với FOS, CG-E và CX-E, nhưng cao hơn so với chất chiết DH-E và ĐĐ-E. Sau 48 giờ, tăng trưởng của lợi khuẩn LAB1.2CM trong môi trường chứa FOS, glucose và các chất chiết từ chuối tiếp tục duy trì giá trị OD₆₀₀ cao nhất và khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) so với các chất còn lại. Đồng thời, giá trị pH ghi nhận trong các môi trường bổ sung CG-E và CX-E giảm mạnh ($pH < 4$) sau 48 giờ, trong khi pH ở môi trường bổ sung DH-E và ĐĐ-E dao động 4,5 - 4,8.



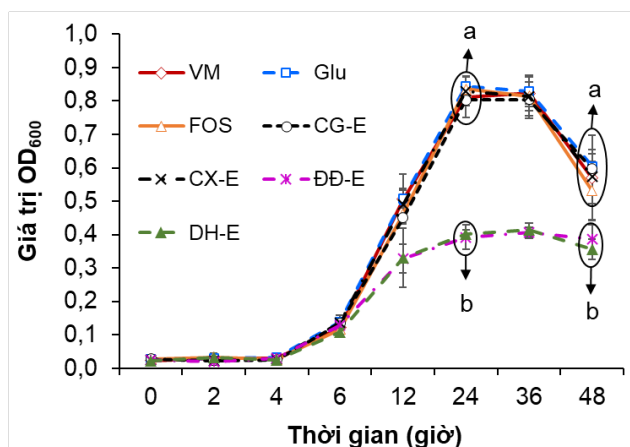
Hình 3. Tăng trưởng của lợi khuẩn LAB 1.2CM nuôi trong môi trường bổ sung các hỗn hợp chất chiết khác nhau thông qua giá trị OD

Ghi chú: m-MRS: môi trường không bổ sung carbon, Glu: D-glucose, FOS: Fructooligosaccharide, CG-E: hỗn hợp chiết từ chuối già, CX-E hỗn hợp chiết từ chuối xiêm, DH-E: hỗn hợp chiết từ vỏ dưa hấu và ĐĐ-E hỗn hợp chiết từ vỏ đu đủ. Giá trị được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn ($n=3$). Các giá trị trong cùng ngày có ký tự (a, b, c, d) giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).

3.4. Khả năng các prebiotic tự nhiên kích thích tăng trưởng của vi khuẩn *V. parahaemolyticus*

Tốc độ tăng trưởng của *V. parahaemolyticus* có xu hướng tăng theo thời gian nuôi cấy và đạt pha tăng trưởng sau 24 giờ (Hình 4). Theo đó, giá trị OD₆₀₀ của vi khuẩn đạt cao nhất trong các môi trường VM $0,812 \pm 0,062$ và các môi trường bổ sung Glucose ($0,844 \pm 0,028$) và FOS ($0,836 \pm 0,02$), nhưng khác biệt không có ý nghĩa so với canh

trường bổ sung sản phẩm CX-E ($0,829 \pm 0,018$) và CG-E ($0,803 \pm 0,018$). Ngược lại tăng trưởng của vi khuẩn ghi nhận trong môi trường chứa DH-E ($0,401 \pm 0,012$) và ĐĐ-E ($0,392 \pm 0,036$) đạt thấp nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) so với các sản phẩm còn lại. Sau 48 giờ, tăng trưởng của chủng lợi khuẩn có xu hướng giảm mạnh ở hầu hết các môi trường, với giá trị OD₆₀₀ dao động từ 0,324 đến 0,434 ở nhóm môi trường bổ sung DH-E và ĐĐ-E, trong khi ở các môi trường còn lại kết quả ghi nhận được trong khoảng 0,428 - 0,678.

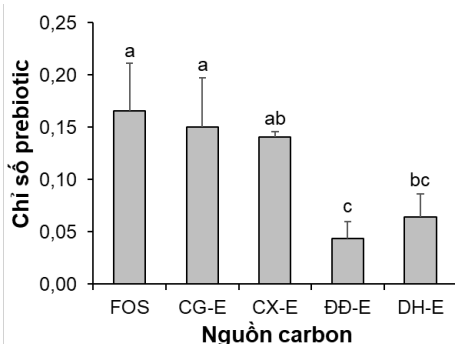


Hình 4. Tăng trưởng của *Vibrio parahaemolyticus* nuôi trong môi trường bổ sung các chất chiết xuất prebiotic khác nhau

Ghi chú: VM: môi trường không bổ sung carbon, Glu: D-glucose, FOS: Fructooligosaccharide, CG-E: hỗn hợp chiết từ chuối già, CX-E: hỗn hợp chiết từ chuối xiêm, DH-E: hỗn hợp chiết từ vỏ dưa hấu và ĐĐ-E: hỗn hợp chiết từ vỏ đu đủ. Giá trị được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn ($n=3$). Các giá trị trong cùng ngày có ký tự (a, b, c, d) giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$).

3.5. Chỉ số prebiotic của các sản phẩm chiết xuất

Kết quả cho thấy chỉ số prebiotic của sản phẩm chất chiết xuất từ chuối già CG-E và chuối xiêm CX-E đạt trung bình lần lượt là $0,15 \pm 0,047$ và $0,141 \pm 0,005$, khác biệt không có ý nghĩa ($p>0,05$) so với môi trường bổ sung FOS. Với sản phẩm chiết xuất từ dưa hấu DH-E, chỉ số prebiotic đạt trung bình $0,064 \pm 0,022$, thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa ($p<0,05$) so với chuối già CG-E và FOS, nhưng khác biệt không có ý nghĩa ($p>0,05$) so với chuối xiêm CX-E. Trong khi, sản phẩm từ chất chiết đu đủ ĐĐ-E đạt giá trị thấp nhất với trung bình $0,044 \pm 0,016$. Nhìn chung, các chất chiết từ chuối già CG-E và chuối xiêm CX-E có tiềm năng phát triển prebiotic thay thế sản phẩm thương mại FOS.



Hình 5. Chỉ số prebiotic của các chất chiết xuất

Ghi chú: FOS: Fructooligosaccharide, CG-E: hỗn hợp chiết từ chuối già, CX-E: hỗn hợp chiết từ chuối xiêm, DH-E: hỗn hợp chiết từ vỏ dưa hấu và ĐĐ-E: hỗn hợp

chiết từ vỏ đu đủ. Giá trị được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn ($n=3$). Các cột có ký tự (a, b, c) giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$).

4. THẢO LUẬN

Tiềm năng khai thác các nguồn nguyên liệu nông nghiệp có nguồn gốc thực vật bao gồm củ quả và các loại trái cây để thu nhận các hợp chất có hoạt tính sinh học nhằm thúc đẩy quá trình lên men của vi khuẩn lactic (LAB) đã được ghi nhận trong nhiều nghiên cứu trước đây (Hao et al., 2021; Huynh et al., 2021). Các nguồn nguyên liệu giàu carbohydrate, ít đạm và chất béo thường được ly trích và tinh sạch dưới dạng prebiotic nhằm hỗ trợ tăng trưởng và nâng cao tỉ lệ sống các nhóm lợi khuẩn *Lactobacillus* spp. và *Bifidobacterium* spp. trong hệ tiêu hóa của vật chủ (Zahid et al., 2021). Trong nghiên cứu hiện tại, việc thu nhận các hợp chất có tiềm năng prebiotic từ chuối, vỏ dưa hấu và đu đủ cho thấy hiệu quả hỗ trợ sinh trưởng và hoạt tính lên men của các chủng LAB1.2CM khảo sát. Hàm lượng carbohydrate tổng của các sản phẩm chuối già (CG-E) và chuối xiêm (CX-E) trong nghiên cứu khá tương đồng với báo cáo trước đây của Oyeyinka and Afolayan (2019) trên chuối tiêu *Musa sinensis* L. ($75,59 \pm 0,72\%$) và chuối già *Musa paradisiaca* L. ($66,60 \pm 0,02\%$). Ngược lại, hàm lượng carbohydrate thu hồi từ vỏ đu đủ trong nghiên cứu cao gấp hai lần so với giá trị trung bình $23,92 \pm 0,39\%$ được báo cáo bởi Gupta et al. (2020). Đối với vỏ dưa hấu *Citrullus lanatus*, Sadiq et al. (2021) ghi nhận hàm lượng carbohydrate tổng trung bình đạt $70,04 \pm 4,05\%$, cao hơn đáng kể

so với kết quả của nghiên cứu hiện tại. Sự khác biệt này có thể bắt nguồn từ bản chất và thành phần carbohydrate thu được trong các chất chiết, bao gồm sự khác nhau về tỷ lệ và cấu trúc của các oligosaccharide. Những đặc điểm này chịu ảnh hưởng bởi điều kiện tiền xử lý nguyên liệu, phương pháp ly trích, cũng như sự khác biệt về giống và độ chín của nguyên liệu (Pongmalai & Devahastin, 2019; Cano et al., 2020).

Các chất chiết xuất từ nguồn nguyên liệu tự nhiên có tiềm năng prebiotic cần chứng minh khả năng sử dụng như nguồn carbon thay thế glucose trong quá trình lên men bởi lợi khuẩn *Lactobacillus*. Trong nghiên cứu hiện tại, kết quả ghi nhận được sự phát triển của các khuẩn lạc chủng LAB1.2CM trên các môi trường bổ sung cả 4 loại chất chiết và làm chuyển màu môi trường từ tím sang vàng sau 48 giờ nuôi cấy. Hiện tượng này phản ánh quá trình sinh axit hữu cơ – sản phẩm cuối chủ yếu của quá trình chuyển hóa carbohydrate và các hợp chất có bản chất prebiotic bởi vi khuẩn lactic (LAB) – dẫn đến sự giảm pH môi trường nuôi cấy (Ningegowda & Gurudutt, 2011). Điều này cho thấy các sản phẩm chiết xuất từ chuối và vỏ dừa hấu, đủ để trong nghiên cứu hiện tại được chủng LAB1.2CM sử dụng làm nguồn carbon cho quá trình lên men lactic. Đáng chú ý, tốc độ tăng trưởng của chủng LAB1.2CM trong *in vitro* khi lên men bằng chất chiết CG-E và CX-E khác biệt không đáng kể ($p > 0,05$) so với môi trường nguồn Glucose và FOS. Kết quả này tương đồng với báo cáo trước đây của Huynh et al. (2021), khi các chất chiết từ chuối xiêm và chuối già *Musa* spp. được chứng minh có khả năng kích thích sinh trưởng của chủng *Lactobacillus* TV3.2 tương đương với nguồn Glucose. Bên cạnh đó, Hao et al. (2021) cũng ghi nhận rằng các chất chiết từ vỏ dừa hấu, dừa lê và đu đủ có khả năng kích thích sự tăng trưởng của vi khuẩn *L. rhamnosus* và *Bifidobacterium bifidum*. Theo đó, nghiệm thức bổ sung prebiotic từ vỏ dừa hấu ruột vàng và dừa lê ghi nhận mật độ vi khuẩn cao hơn so với đu đủ, đạt lần lượt 9,90 và 9,82 log CFU/g chiết xuất khô sau 48 giờ nuôi cấy.

Trong nghiên cứu này, sự hiện diện của các chất chiết trong môi trường nuôi cấy không làm gia tăng đáng kể sự phát triển của vi khuẩn *V. parahaemolyticus* so với đối chứng glucose. Cụ thể, tăng trưởng vi khuẩn ở các môi trường bổ sung chuối già CG-E và chuối xiêm CX-E tương đương với môi trường VM và môi trường bổ sung glucose, trong khi các môi trường sử dụng vỏ đu đủ ĐĐ-E và dừa hấu DH-E ghi nhận mức tăng trưởng thấp hơn. Sự khác biệt này có thể liên quan đến sự hiện diện

của các hợp chất có hoạt tính sinh học trong nguyên liệu. Theo Tsegay and Mulaw (2024), các phụ phẩm nông nghiệp như vỏ trái cây và rau củ thường chứa các hợp chất polyphenol, axit hữu cơ, carotenoid, terpenoid, hoặc các peptide kháng khuẩn (AMPs), là những thành phần có khả năng ức chế sự phát triển của vi khuẩn. Tuy nhiên, trong nghiên cứu hiện tại, thành phần hoạt chất của hỗn hợp ly trích khảo sát chưa được làm rõ, nên khó xác định được cơ chế ức chế đối với *V. parahaemolyticus*. Tuy vậy, việc sử dụng các chất chiết không làm gia tăng đáng kể mật độ vi khuẩn *V. parahaemolyticus* đã bước đầu cho thấy tiềm năng chọn lọc đối với lợi khuẩn *L. plantarum* LAB1.2CM trong môi trường nuôi cấy. Đặc điểm này là một tiêu chí quan trọng trong đánh giá tiềm năng prebiotic, vì các hợp chất prebiotic lý tưởng cần được chuyển hóa ưu tiên bởi lợi khuẩn mà không kích thích sự tăng trưởng của vi sinh vật gây bệnh. Theo Huebner et al. (2007), chỉ số prebiotic phản ánh mức độ mà một cơ chất oligosaccharide có thể thúc đẩy sự phát triển chọn lọc của lợi khuẩn so với các vi khuẩn khác như hại khuẩn, đồng thời so sánh với glucose như nguồn carbon. Một hợp chất carbohydrate được xem là có chỉ số prebiotic dương khi được vi khuẩn có lợi sử dụng hiệu quả tương đương glucose và không kích thích vi khuẩn gây bệnh; ngược lại, chỉ số âm khi cơ chất hỗ trợ tăng trưởng của các dòng lợi khuẩn như *Lactobacillus* spp. và *Bifidobacterium* spp. có giới hạn hoặc hỗ trợ sự phát triển của vi khuẩn gây bệnh. Đáng chú ý, cả 4 sản phẩm chiết xuất trong nghiên cứu đều cho chỉ số prebiotic dương, đặc biệt là chất chiết từ chuối già CG-E với kết quả khác biệt không ý nghĩa ($p > 0,05$) so với sản phẩm prebiotic thương mại FOS. Kết quả nghiên cứu gần đây của Bhagwat et al. (2025) đã ghi nhận rằng một số nguyên liệu có nguồn gốc thực vật thể hiện tiềm năng phát triển prebiotic, được chứng minh thông qua chỉ số prebiotic dương khi đánh giá trên các chủng *Lactobacillus* spp.; trong đó, chuối và đu đủ chín được báo cáo là những cơ chất cho hiệu quả kích thích tăng trưởng đáng kể. Quả chuối xanh (chưa chín) chứa khoảng 60 – 80% tổng carbohydrate ở dạng không tiêu hóa được (như tinh bột kháng, cellulose, hemicellulose và lignin), là những hợp chất có đặc tính prebiotic (Sarawong et al., 2013). Một phần các carbohydrate không tiêu hóa này đóng vai trò là nguồn cơ chất cho vi khuẩn probiotic, chẳng hạn như *Lactobacillus* spp. (Powthong et al., 2020). Ngược lại, khi chuối chín thì thành phần carbohydrate có hoạt tính prebiotic chủ yếu dưới dạng fructooligosaccharide và inulin, là những hợp chất có khả năng kích thích sự phát triển của các vi khuẩn có lợi như *Bifidobacterium* và *Lactobacillus*

(Pongmalai & Devahastin, 2019). Tuy nhiên, quá trình đánh giá khả năng kích thích tăng trưởng của prebiotic đối với lợi khuẩn còn nhiều giới hạn trong nghiên cứu, vì sự tương tác giữa prebiotic có tính chọn lọc lên hệ vi sinh vật bản địa trong hệ tiêu hóa của vật nuôi (Kolida & Gibson, 2011).

Nhìn chung, các cơ chất từ nguyên liệu nông nghiệp cho thấy khả năng hỗ trợ sự phát triển của chủng vi khuẩn có lợi (LAB1.2CM), đồng thời không làm gia tăng đáng kể mật độ vi khuẩn *V. parahaemolyticus* so với đối chứng. Kết quả này cho thấy các cơ chất có tiềm năng đóng vai trò như nguồn prebiotic, góp phần duy trì cân bằng hệ vi sinh và hỗ trợ kiểm soát vi khuẩn gây bệnh trong điều kiện nuôi trồng thủy sản. Việc tận dụng phụ phẩm nông nghiệp như vỏ trái cây cũng mở ra hướng tiếp cận hiệu quả về chi phí và nâng cao giá trị sử dụng nguồn nguyên liệu. Tuy nhiên, các kết quả hiện tại mới dừng ở điều kiện *in vitro*, do đó cần có các nghiên cứu *in vivo* để xác nhận hiệu quả trên vật nuôi. Đồng thời, cơ chế tác động cần được làm rõ thông qua việc phân tích thành phần và cấu trúc hóa học của các chất chiết, cũng như đánh giá các sản phẩm chuyển hóa chính trong quá trình lên men. Những dữ liệu này sẽ cung cấp cơ sở khoa học cho việc phát triển các chế phẩm prebiotic hoặc synbiotic ứng dụng trên đối tượng nuôi thương phẩm, đặc biệt là tôm nước lợ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bhagwat, P., Soni, H., Singh, G., Tandon, S., Kumar, V., Lale, S. K., Narasimhaji, C. V., Mathapati, S., Srikanth, N., & Acharya, R. (2025). Prebiotic potential of selected plants, fruits, vegetables and herbs – An in-vitro study. *Food and Humanity*, 5, 100678.
<https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100678>
- Boonmee, R., & Rengpipat, S. (2015). Effects of *Musa* (ABB group) prebiotic and *Bacillus subtilis* S11 probiotic on growth and disease resistance of cultivated Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Maejo International Journal of Science & Technology*, 9(3), 370-381.
- Cano, M. E., García-Martin, A., Morales, P. C., Wojtusik, M., Santos, V. E., Kovensky, J., & Ladero, M. (2020). Production of Oligosaccharides from Agrofood Wastes. *Fermentation*, 6(1), 31.
<https://doi.org/10.3390/fermentation6010031>
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.
<https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
- Giang, H. T., Uyên, N. H. N., Hải, V. H., Ngân, P. T. T., & Út, V. N. (2020). Đánh giá hoạt tính của vi khuẩn *Lactobacillus* từ ruột tôm thẻ chân trắng có tiềm năng probiotic để bổ sung vào thức ăn tôm. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 56(1), 102-111.
<https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2020.012>
- Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., Scott, K., Stanton, C., Swanson, K. S., Cani, P. D., Verbeke, K., & Reid, G. (2017). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 14(8), 491-502.
<https://doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>
- Goh, J. X. H., Tan, T.-H. L., Law, W.-F. J., Ser, H.-L., Khaw, K.-Y., Letchumanan, V., Lee, L.-H., & Goh, B.-H. (2022). Harnessing the

5. KẾT LUẬN

Trong bốn sản phẩm chiết xuất từ nguồn nguyên liệu hữu cơ bao gồm chuối già (CG-E), chuối xiêm (CX-E), vỏ dưa hấu (DH-E) và vỏ đu đủ (ĐĐ-E), các chất chiết từ chuối (CG-E và CX-E) cho thấy hàm lượng carbohydrate tổng cao nhất. Chủng lợi khuẩn LAB1.2CM có khả năng sử dụng cả bốn loại sản phẩm chiết xuất làm nguồn carbon thay thế cho glucose trong quá trình lên men. Đáng lưu ý, sản phẩm được chiết xuất từ chuối già (CG-E) và chuối xiêm (CX-E) kích thích sự tăng trưởng của lợi khuẩn *Lactobacillus* và chỉ số prebiotic cao hơn so với các chất chiết xuất còn lại, đặc biệt là sản phẩm CG-E. Do đó, việc chiết xuất từ chuối già CG-E được khuyến nghị là nguồn cơ chất phù hợp hơn để kết hợp với LAB1.2CM nhằm tạo ra một hỗn hợp synbiotic ứng dụng cho nghiên cứu thực nghiệm trong nuôi thủy sản.

LỜI CẢM ƠN

Đề tài được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo thuộc nhiệm vụ Khoa học Công nghệ cấp Bộ “Nghiên cứu phát triển synbiotic từ các probiotic và prebiotic có nguồn gốc tự nhiên nhằm cải thiện enzyme tiêu hóa, tăng trưởng, miễn dịch và sức đề kháng của tôm thẻ chân trắng *Litopenaeus vannamei* ở Đồng bằng sông Cửu Long” (Mã số đề tài: B2024-TCT-03). Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn em Lê Huỳnh Như đã hỗ trợ trong quá trình thí nghiệm.

- potentialities of probiotics, prebiotics, synbiotics, paraprobiotics, and postbiotics for shrimp farming. *Reviews in Aquaculture*, 14, 1478–1557. <https://doi.org/10.1111/raq.12659>
- Gupta, E., Mishra, N., Shiekh, P. M., Gupta, K., & Singh, P. (2020). Fruit peels: a strong natural source of antioxidant and prebiotics. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 12(5), 134–143. <https://doi.org/10.34302/crpjfst/2020.12.5.10>
- Hao, C. L., Esah, E. M., Tajarudin, H. A., Akter, B., & Salleh, R. M. (2021). Effect of potential prebiotics from selected fruits peel on the growth of probiotics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(6), e15581. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15581>
- Huebner, J., Wehling, R. L., & Hutkins, R. W. (2007). Functional activity of commercial prebiotics. *International Dairy Journal*, 17(7), 770–775. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.10.006>
- Huynh, T. G., Chi, C. C., Nguyen, T. P., Tran, T. T. H., Cheng, A. A., & Liu, C. H. (2018). Effects of synbiotic containing *Lactobacillus plantarum* 7-40 and galactooligosaccharide on the growth performance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*, 46, 2416–2428. <https://doi.org/10.1111/are.13701>
- Huynh, T. G., Vu, H. H., Phan, T. C. T., Pham, T. T. N., & Vu, N. U. (2021). Screening utilization of different natural prebiotic extracts by probiotic *Lactobacillus* sp. for development of synbiotic for aquaculture uses. *CTU Journal of Innovation and Sustainable Development*, 13(Special issue: Aquaculture and Fisheries), 96–105. <https://doi.org/10.22144/ctu.jen.2021.022>
- Kolida, S., & Gibson, G. R. (2011). Synbiotics in health and disease. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2, 373–393. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022510-133739>
- Mazzola, G., Aloisio, I., Biavati, B., & Di Gioia, D. (2015). Development of a synbiotic product for newborns and infants. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2), 727–734. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.033>
- Ngân, P. T. T., Hải, V. H., Út, V. N., & Giang, H. T. (2021). Phân lập và tuyển chọn một số chủng xạ khuẩn có khả năng phân hủy chất hữu cơ và kháng khuẩn ứng dụng trong nuôi trồng thủy sản. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 57(CĐ Thủy Sản), 99–106. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2021.069>
- Ningegowda, M. A., & Gurudutt, P. S. (2011). In vitro fermentation of prebiotics by *Lactobacillus plantarum* CFR 2194: selectivity, viability and effect of metabolites on β -glucuronidase activity. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(3), 901–908. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0887-z>
- Oyeyinka, B. O., & Afolayan, A. J. (2019). Comparative evaluation of the nutritive, mineral, and antinutritive composition of *Musa sinensis* L. (Banana) and *Musa paradisiaca* L. (Plantain) fruit compartments. *Plants*, 8(12), 598. <https://doi.org/10.3390/plants8120598>
- Pongmalai, P., & Devahastin, S. (2019). Profiles of prebiotic fructooligosaccharides, inulin and sugars as well as physicochemical properties of banana and its snacks as affected by ripening stage and applied drying methods. *Drying Technology*, 38(5–6), 724–734. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1700517>
- Powthong, P., Jantrapanukorn, B., Suntornthiticharoen, P., & Laophatanalert, K. (2020). Study of prebiotic properties of selected banana species in Thailand. *Journal of food science and technology*, 57, 2490–2500. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04284-x>
- Quach, V. C. T., Tu, T. D., Nguyen, B. T., & Nguyen, P. T. (2025). Antifungal activity of lactic acid bacteria from *Pangasius* catfish culture in the Mekong Delta, Vietnam. *Veterinary Integrative Sciences*, 23, 1–18. <https://doi.org/10.12982/VIS.2025.025>
- Ravanal, M. C., Contador, C. A., Wong, W., Zhang, Q., Roman-Benn, A., Ah-Hen, K. S., Ulloa, P. E., & Lam, H. (2025). Probiotics in animal nutrition: Harnessing agro-industrial waste for improved gut health and performance. *Animal Nutrition*, 21, 179–192. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2024.11.025>
- Sadiq, I. S., Saminu, M. Y., Zainab, L., Adeleye, A. O., Sanni, L. E., & Dandalma, Z. A. (2021). Proximate analysis and phytochemical screening of watermelon (*Citrullus lanatus*) pulp, peels and seeds. *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(4a), 174–182. <https://doi.org/10.4314/dujopas.v7i4a.18>
- Sarawong, C., Schoenlechner, R., Sekiguchi, K., Berghofer, E., & Ng, P. K. (2013). Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. *Food Chemistry*, 143, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.081>
- Tsegay, Z. T., & Mulaw, G. (2024). Antimicrobial Activities and Mode of Action of Bioactive Substances from Vegetable and Fruit Byproducts as a Current Option for Valorization. *Waste and Biomass Valorization*, 16(1), 1–28. <https://doi.org/10.1007/s12649-024-02587-0>
- Vazquez-Olivo, G., Gutiérrez-Grijalva, E. P., & Heredia, J. B. (2018). Prebiotic compounds from

- agro-industrial by-products. *Journal of Food Biochemistry*, 43(6), e12711.
<https://doi.org/10.1111/jfbc.12711>
- Wee, W., Hamid, N. K. A., Mat, K., Khalif, R. I. a. R., Rusli, N. D., Rahman, M. M., Kabir, M. A., & Wei, L. S. (2022). The effects of mixed prebiotics in aquaculture: A review. *Aquaculture and Fisheries*, 9(1), 28–34.
<https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.02.005>
- Zahid, H. F., Ranadheera, C. S., Fang, Z., & Ajlouni, S. (2021). Utilization of mango, apple and banana fruit peels as prebiotics and functional ingredients. *Agriculture*, 11(7), 584.
<https://doi.org/10.3390/agriculture11070584>
- Zhang, Q., Tan, B., Mai, K., Zhang, W., Ma, H., Ai, Q., Wang, X., & Liufu, Z. (2011). Dietary administration of *Bacillus* (*B. licheniformis* and *B. subtilis*) and isomaltooligosaccharide influences the intestinal microflora, immunological parameters and resistance against *Vibrio alginolyticus* in shrimp, *Penaeus japonicus* (Decapoda: Penaeidae). *Aquaculture Research*, 42(7), 943-952.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02677.x>