

XÁC ĐỊNH ĐIỀU KIỆN TIỀN XỬ LÝ BẰNG PECTINASE ĐỐI VỚI DỊCH ÉP THANH LONG RUỘT ĐỎ PHỤC VỤ QUÁ TRÌNH CÔ ĐẶC BẰNG CÔNG NGHỆ MÀNG

Đặng Thảo Yên Linh^{1*}, Nguyễn Văn Tuyền¹, Chu Xuân Quang¹, Nguyễn Ngọc Diệp¹,
Đoàn Hoàng Linh¹, Nguyễn Thị Mai Linh¹, Nguyễn Đức Dũng²

*Tác giả liên hệ, Email: dangthaoyenlinh@gmail.com. ORCID: 0009-0008-3705-5191

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 03/03/2026

Ngày phản biện đánh giá: 25/05/2026

Ngày bài báo được duyệt đăng: 25/06/2026

DOI: 10.59266/houjs.2026.1308

Tóm tắt: Nghiên cứu xác định điều kiện tiền xử lý enzyme cho dịch ép thanh long ruột đỏ trước lọc/cô đặc màng. Thí nghiệm gồm xác định chất lượng dịch quả nguyên liệu, chọn loại enzyme, khảo sát nồng độ pectinase và điều kiện nhiệt độ-thời gian. Dịch quả có TSS $14,00 \pm 1,00$ °Brix, pH $5,06 \pm 0,12$, acid tổng số $1,04 \pm 0,06\%$ cùng vitamin C, betacyanin, polyphenol và flavonoid. Pectinase 0,10% làm tăng hiệu suất thu hồi lên $58,67 \pm 0,76\%$, cao hơn đối chứng $38,90 \pm 2,33\%$, và phù hợp hơn tổ hợp pectinase-cellulase. Nồng độ 0,08% cho hiệu suất cao nhất $76,06 \pm 0,26\%$ nhưng độ nhớt, độ đục còn cao. Xét đồng thời hiệu suất, độ nhớt, độ đục, TSS và hợp chất sinh học, điều kiện pectinase 0,08% ở 35 °C trong 60 phút được lựa chọn để chuẩn bị dịch cho lọc/cô đặc màng.

Từ khóa: công nghệ màng, cô đặc nước quả, pectinase, thanh long ruột đỏ, xử lý enzyme

I. Đặt vấn đề

Thanh long ruột đỏ là nguyên liệu có giá trị dinh dưỡng và công nghệ do phần thịt quả chứa betacyanin, hợp chất phenolic, polysaccharide và một số nhóm chất có liên quan đến hoạt tính chống oxy hóa (Attar S và cộng sự, 2022). Trong chế biến nước quả, pectin và polysaccharide hòa tan có thể làm tăng độ nhớt, duy trì độ đục, giảm thoát dịch khi ép/lọc do tạo hệ keo hoặc gel trong thịt quả nghiền (Nguyễn Thị Hạnh, 2023).

Cô đặc bằng công nghệ màng được quan tâm trong chế biến nước quả thanh long ruột đỏ vì quá trình có thể vận hành ở nhiệt độ thấp, hạn chế một phần tổn thất do gia nhiệt và phù hợp với sản phẩm chứa hợp chất nhạy nhiệt (Bhattacharjee và cộng sự, 2017; Conidi và cộng sự, 2020). Tuy nhiên, hiệu quả cô đặc màng phụ thuộc mạnh vào đặc tính dịch cấp. Độ nhớt cao, độ đục lớn, chất rắn lơ lửng còn nhiều có thể làm tăng trở lực lọc, thúc đẩy phân cực nồng độ, hình thành lớp

¹ Viện Phát triển công nghệ tiên tiến, Viện Đổi mới sáng tạo Quốc gia, Hà Nội, Việt Nam

² Sinh viên khoa Công nghệ thực phẩm, Học viện Nông nghiệp Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam

tắc nghẽn trên bề mặt màng và làm giảm năng suất dòng thấm. Hiện chưa có một ngưỡng tiêu chuẩn chung áp dụng cho mọi loại dịch quả trước cô đặc màng, vì yêu cầu đầu vào còn phụ thuộc vào loại màng, cấu hình mô đun, chế độ dòng chảy và mục tiêu sản phẩm. Do đó, trong các nghiên cứu tiền xử lý, độ nhớt, độ đục, hiệu suất thu hồi và khả năng duy trì hợp chất sinh học thường được sử dụng như các chỉ tiêu kỹ thuật để đánh giá mức độ phù hợp của dịch đầu vào cho công đoạn màng.

Tiền xử lý bằng enzyme là giải pháp phù hợp để cải thiện đặc tính dịch quả trước quá trình lọc/cô đặc. Pectinase thủy phân pectin, giảm liên kết polysaccharide, hỗ trợ tách dịch, giảm độ nhớt và cải thiện khả năng lọc (Garg và cộng sự, 2016; Haile và cộng sự, 2022; Sharma và cộng sự, 2017). Về bản chất, pectinase thương mại thường gồm polygalacturonase, pectin lyase và pectin methylesterase; endo-pectinase giúp giảm nhanh độ nhớt, còn các hoạt tính khác góp phần làm trong dịch. Cellulase có thể phân giải cellulose và mạng cellulose-hemicellulose-pectin, nhưng cũng có thể làm tăng hạt keo hoặc polysaccharide hòa tan, bất lợi cho dịch đưa vào màng (Quang và cộng sự, 2020). Tuy nhiên, việc bổ sung cellulase không phải luôn có lợi cho dịch dùng cho màng, vì quá trình phân giải thành tế bào quá mạnh có thể làm tăng hạt keo hoặc polysaccharide hòa tan trong pha dịch.

Hiệu quả xử lý enzyme phụ thuộc vào loại enzyme, nồng độ, nhiệt độ, thời gian và pH của nền dịch (Tapre & Jain, 2014). Đối với dịch ép thanh long ruột đỏ dùng cho cô đặc bằng màng, tiền xử lý cần tăng hiệu suất thu hồi nhưng vẫn kiểm soát độ nhớt, độ đục và hợp chất sinh học.

Nghiên cứu này nhằm xác định điều kiện tiền xử lý pectinase phù hợp để chuẩn bị dịch đầu vào cho lọc/cô đặc màng.

II. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu, hóa chất và thiết bị

Thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) giống Đài Loan được thu mua tháng 12/2025 tại Ba Vì, Hà Nội. Quả được chọn ở giai đoạn chín thương mại, vỏ và ruột đỏ đặc trưng, nguyên vẹn, không dập nát/sâu bệnh, khối lượng 350-450 g/quả và TSS 12-15 °Brix, phù hợp yêu cầu chung về quả thanh long thương mại (Codex Alimentarius Commission, 2011). Quả được bảo quản ở 10-15 °C, RH 85-95% và dùng trong một tuần.

Enzyme pectinase và cellulase dạng bột do Công ty Cổ phần Thương mại ESANA cung cấp. Pectinase có hàm lượng công bố 99%, hoạt tính tối thiểu 60.000 U/g, pH hoạt động 3,0-5,0 và pH tối ưu 3,5-4,0; cellulase có hàm lượng công bố 99%, hoạt tính 100.000 U/g. Enzyme được dùng để phân giải pectin, cellulose và polysaccharide thành tế bào.

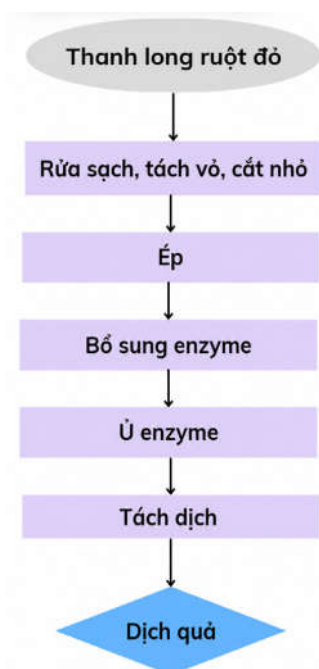
Các hóa chất phân tích gồm natri hydroxide, phenolphthalein, acid oxalic, acid metaphosphoric, 2,6-dichlorophenolindophenol, Folin-Ciocalteu, natri carbonate, nhôm chloride, natri nitrite, methanol, ethanol; acid gallic và quercetin dùng làm chất chuẩn cho polyphenol và flavonoid. Hóa chất đạt cấp phân tích; acid gallic và quercetin đạt cấp chuẩn phân tích/HPLC, do Merck (Đức) và Sigma-Aldrich (Mỹ) cung cấp. Nước cất hai lần dùng pha hóa chất, pha loãng mẫu và tráng rửa dụng cụ.

Thiết bị chính gồm cân phân tích Sartorius Entris II BCE224i-1S (Đức), máy ép Philips HR1863 (Trung Quốc), bể ớn nhiệt Memmert WNB14 (Đức), khúc xạ kế Atago PAL-1 (Nhật Bản), máy đo pH Mettler Toledo SevenCompact S220 (Thụy Sĩ), UV-Vis Shimadzu UV-1800 (Nhật Bản), nhớt kế Brookfield DV2T (Mỹ) và máy đo độ đục Hanna HI98703 (Romania). Thiết bị được kiểm tra/hiệu chuẩn theo quy định phòng thí nghiệm.

2.2. Phương pháp xử lý enzyme

Quy trình xử lý enzyme được trình bày ở Hình 1. Thanh long được rửa sạch, tách vỏ, cắt nhỏ và chuẩn bị theo cùng quy trình để thu khối dịch đồng nhất. Enzyme được bổ sung theo nồng độ khảo sát, khuấy đều, sau đó ủ ở nhiệt độ và thời gian xác định trong pH tự nhiên nhằm phân giải pectin và một phần polysaccharide thành tế bào.

Sau ủ enzyme, mẫu được tách dịch bằng lọc qua vải sạch. Tất cả nghiệm thức dùng cùng loại vải lọc và điều kiện thao tác để hạn chế sai số.



Hình 1. Quy trình xử lý enzyme

2.3. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Các thí nghiệm được bố trí tuần tự để xác định điều kiện tiền xử lý cho dịch thanh long ruột đỏ trước cô đặc màng. Chỉ tiêu theo dõi gồm độ nhớt, độ đục, hiệu suất thu hồi, TSS, pH, acid tổng số, vitamin C, betacyanin, polyphenol và flavonoid tổng số. Mỗi thí nghiệm lặp lại 3 lần.

Thí nghiệm 1: Phân tích chất lượng dịch quả nguyên liệu qua TSS, pH, acid tổng số, vitamin C, betacyanin, polyphenol và flavonoid tổng số.

Thí nghiệm 2: Chọn loại enzyme với mẫu 50 mL, xử lý 40 °C trong 60 phút, pH tự nhiên. Các nghiệm thức gồm CT0: không enzyme; CT1: pectinase 0,10%; CT2: pectinase 0,10% + cellulase 0,05%.

Thí nghiệm 3: Xác định nồng độ pectinase thích hợp trong cùng điều kiện 40 °C trong 60 phút. Các nghiệm thức gồm CT3: 0,04%; CT4: 0,06%; CT5: 0,08%; CT6: 0,10%; CT7: 0,12%.

Thí nghiệm 4: Khảo sát nhiệt độ-thời gian với pectinase 0,08% gồm 35, 40, 45 °C và 45, 60, 75 phút tương ứng CT8-CT16.

Điều kiện phù hợp được lựa chọn dựa trên hiệu suất thu hồi, độ nhớt, độ đục, TSS và khả năng duy trì các hợp chất sinh học của dịch thanh long ruột đỏ.

2.4. Phương pháp phân tích

Tổng chất rắn hòa tan (total soluble solids, TSS) được xác định bằng khúc xạ kế theo TCVN 4414:1987; pH theo TCVN 10035:2013; acid tổng số bằng chuẩn độ, biểu thị theo % acid citric theo TCVN 4589:1988; vitamin C theo TCVN 11168:2015, biểu thị mg/100 mL dịch quả.

Hàm lượng betacyanin đo UV-Vis tại 538 nm, tính theo hệ số hấp thụ

mol và biểu thị mg/L dịch quả (Herbach và cộng sự, 2006; Stintzing và cộng sự, 2003). Polyphenol tổng số được xác định bằng Folin-Ciocalteu theo TCVN 9745-1:2013, biểu thị mg GAE/L (GAE: gallic acid equivalent). Flavonoid tổng số được xác định bằng phản ứng tạo phức $AlCl_3$ tại 510 nm, biểu thị mg QE/L (QE: quercetin equivalent) (Zhishen và cộng sự, 1999).

Độ nhớt của dịch quả được xác định bằng nhớt kế Brookfield và biểu thị theo mPa.s. Độ đục được xác định bằng máy đo độ đục Hanna HI98703 và biểu thị theo NTU (nephelometric turbidity unit).

Hiệu suất thu hồi dịch quả được xác định bằng công thức:

$$H = \frac{m_2}{m_1} \times 100\%$$

Bảng 1. Kết quả xác định các thành phần trong dịch thanh long ruột đỏ nguyên liệu

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả đo
1	TSS	°Brix	14,00 ± 1,00
2	pH	-	5,06 ± 0,12
3	Acid tổng số	% acid citric	1,04 ± 0,06
4	Vitamin C	mg/100 mL	16,63 ± 0,37
5	Betacyanin	mg/L	230,00 ± 10,00
6	Polyphenol tổng số	mg GAE/L	173,78 ± 5,57
7	Flavonoid tổng số	mg QE/L	312,84 ± 10,75

Ghi chú: Số liệu là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn của 3 lần lặp phân tích. GAE: acid gallic tương đương; QE: quercetin tương đương.

Kết quả ở bảng 1 cho thấy dịch quả thanh long ruột đỏ nguyên liệu có tổng chất rắn hòa tan đạt 14,00 ± 1,00 °Brix, pH 5,06 ± 0,12 và acid tổng số 1,04 ± 0,06% acid citric. Các chỉ tiêu này phản ánh đặc tính ban đầu của dịch quả trước xử lý enzyme và được dùng làm cơ sở đối chiếu với các mẫu sau tiền xử lý. So với một số công bố trên thanh long ruột đỏ, sự khác biệt về TSS, pH và acid tổng số có thể liên quan đến giống, độ chín, vùng trồng và phương pháp phân tích (Lande và cộng sự, 2024).

Trong đó: H: Hiệu suất thu hồi dịch quả (%); m_1 : Khối lượng dịch quả ban đầu (g); m_2 : Khối lượng dịch quả thu được sau khi xử lý enzyme (g)

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu từ 3 lần lặp được trình bày dạng trung bình ± độ lệch chuẩn. Khác biệt giữa nghiệm thức được đánh giá bằng one-way ANOVA và Tukey HSD ở $p < 0,05$.

III. Kết quả và thảo luận

3.1. Xác định chất lượng dịch quả thanh long ruột đỏ nguyên liệu

Việc xác định thành phần ban đầu của nguyên liệu giúp đánh giá chất lượng dịch quả trước xử lý enzyme và làm cơ sở đối chiếu sự biến đổi sau tiền xử lý. Kết quả được trình bày ở bảng 1.

Dịch quả nguyên liệu có vitamin C đạt 16,63 ± 0,37 mg/100 mL, betacyanin đạt 230,00 ± 10,00 mg/L, polyphenol tổng số đạt 173,78 ± 5,57 mg GAE/L và flavonoid tổng số đạt 312,84 ± 10,75 mg QE/L. Các chỉ tiêu này cho thấy dịch quả có chứa nhóm hợp chất liên quan đến màu sắc và hoạt tính sinh học. Tuy nhiên, khi so sánh polyphenol và flavonoid giữa các nghiên cứu cần xét đến nền mẫu, phương pháp chiết, chất chuẩn, hệ số pha loãng và cách biểu thị đơn vị. Vì vậy, các chỉ

tiêu này chủ yếu được sử dụng để theo dõi sự biến đổi giữa các nghiệm thức trong cùng điều kiện phân tích. Sự hiện diện của betacyanin, polysaccharide hòa tan và hệ keo là cơ sở để khảo sát tiền xử lý enzyme nhằm cải thiện hiệu suất thu hồi, độ nhớt, độ đục và chất lượng dịch trước quá trình lọc/cô đặc bằng công nghệ màng (Alam và cộng sự, 2023; Attar S và cộng sự, 2022;

Bhattacharjee và cộng sự, 2017; Conidi và cộng sự, 2020).

3.2. Ảnh hưởng của loại enzyme đến chất lượng dịch ép thanh long ruột đỏ

Thí nghiệm được thực hiện nhằm so sánh ảnh hưởng của pectinase và tổ hợp pectinase - cellulase đến chất lượng dịch ép thanh long ruột đỏ. Kết quả được trình bày ở Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả đo các chỉ tiêu nước quả khi xử lý bằng các loại enzyme khác nhau

Chỉ tiêu	CT0	CT1	CT2
Độ nhớt (mPa·s)	3,42 ± 0,15 ^a	3,44 ± 0,58 ^a	3,43 ± 0,41 ^a
Độ đục (NTU)	424,67 ± 55,81 ^a	352,67 ± 40,92 ^a	433,67 ± 55,59 ^a
Hiệu suất thu hồi dịch (%)	38,90 ± 2,33 ^b	58,67 ± 0,76 ^a	44,26 ± 4,77 ^b
TSS (°Brix)	14,00 ± 1,00 ^a	12,67 ± 0,58 ^a	12,33 ± 0,58 ^a
pH	5,05 ± 0,12 ^a	5,21 ± 0,19 ^a	5,13 ± 0,10 ^a
Vitamin C (mg/100 mL)	15,96 ± 0,79 ^c	26,43 ± 2,33 ^b	35,17 ± 2,68 ^a
Acid tổng số (% acid citric)	1,06 ± 0,04 ^a	1,12 ± 0,07 ^a	1,00 ± 0,05 ^a
Betacyanin (mg/L)	154,31 ± 3,71 ^a	156,21 ± 7,67 ^a	153,98 ± 5,12 ^a
Polyphenol tổng số (mg GAE/L)	172,56 ± 1,62 ^a	175,55 ± 2,89 ^a	175,14 ± 5,49 ^a
Flavonoid tổng số (mg QE/L)	311,81 ± 10,13 ^a	316,62 ± 15,90 ^a	316,84 ± 14,57 ^a

Ghi chú: CT0: không bổ sung enzyme; CT1: pectinase 0,10%; CT2: pectinase 0,10% kết hợp cellulase 0,05%. Số liệu là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (n = 3). Trong cùng một hàng, các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo Tukey HSD ở p < 0,05.

Theo bảng 2, pectinase 0,10% làm tăng hiệu suất thu hồi lên 58,67 ± 0,76%, cao hơn CT0 và CT2 có ý nghĩa thống kê (p < 0,05). Độ đục của CT1 có xu hướng thấp hơn đối chứng nhưng chưa khác biệt có ý nghĩa. Như vậy, lợi ích chính của pectinase ở bước này là hỗ trợ tách dịch; hiệu quả làm trong cần tiếp tục đánh giá ở các điều kiện khác.

CT2 không cải thiện hiệu suất thu hồi so với CT1. Cellulase có thể làm tăng giải phóng mảnh tế bào, hạt keo hoặc polysaccharide hòa tan, không thuận lợi cho dịch đưa vào màng. Betacyanin, polyphenol và flavonoid không khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức, cho

thấy xử lý enzyme trong điều kiện khảo sát chưa làm biến đổi rõ các nhóm này. vitamin C khác biệt giữa các nghiệm thức nhưng cần diễn giải thận trọng do nhạy với nền mẫu, oxy hóa và điều kiện phân tích. Trên cơ sở hiệu suất thu hồi và xu hướng giảm độ đục, CT1 được lựa chọn cho thí nghiệm khảo sát nồng độ pectinase.

3.3. Ảnh hưởng của nồng độ pectinase đến chất lượng dịch ép thanh long ruột đỏ

Pectinase được khảo sát ở 5 nồng độ 0,04-0,12% trong cùng điều kiện 40 °C, 60 phút, pH tự nhiên và quy trình tách dịch giống nhau. Kết quả trình bày ở Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả đo các chỉ tiêu với nồng độ pectinase khác nhau

Chỉ tiêu	CT3	CT4	CT5	CT6	CT7
Độ nhớt (mPa.s)	$3,10 \pm 0,08^b$	$3,45 \pm 0,21^b$	$4,65 \pm 0,08^a$	$3,44 \pm 0,58^b$	$3,18 \pm 0,06^b$
Độ đục (NTU)	$462,00 \pm 4,00^b$	$586,00 \pm 3,00^a$	$635,00 \pm 3,00^a$	$352,67 \pm 40,92^c$	$607,00 \pm 4,00^a$
Hiệu suất thu hồi dịch (%)	$69,09 \pm 0,25^c$	$68,75 \pm 0,23^c$	$76,06 \pm 0,26^a$	$58,67 \pm 0,76^d$	$71,75 \pm 0,26^b$
TSS (°Brix)	$12,00 \pm 0,10^a$	$12,00 \pm 0,10^a$	$11,00 \pm 0,10^b$	$12,67 \pm 0,58^a$	$11,00 \pm 0,10^b$
pH	$5,37 \pm 0,02^a$	$5,34 \pm 0,02^a$	$5,37 \pm 0,02^a$	$5,21 \pm 0,19^a$	$5,29 \pm 0,02^a$
Vitamin C (mg/100 mL)	$14,23 \pm 0,73^b$	$15,63 \pm 0,95^b$	$14,58 \pm 1,14^b$	$26,43 \pm 2,33^a$	$14,93 \pm 2,14^b$
Acid tổng số (% acid citric)	$1,09 \pm 0,01^{ab}$	$1,07 \pm 0,01^{ab}$	$1,09 \pm 0,01^{ab}$	$1,12 \pm 0,07^a$	$1,02 \pm 0,01^b$
Betacyanin (mg/L)	$157,85 \pm 1,35^b$	$173,80 \pm 1,80^a$	$177,65 \pm 1,45^a$	$156,21 \pm 7,67^b$	$182,60 \pm 1,70^a$
Polyphenol tổng số (mg GAE/L)	$177,75 \pm 0,85^a$	$175,85 \pm 0,85^a$	$176,40 \pm 0,70^a$	$175,55 \pm 2,89^a$	$176,70 \pm 0,80^a$
Flavonoid tổng số (mg QE/L)	$391,59 \pm 3,61^b$	$302,41 \pm 2,69^c$	$253,19 \pm 2,31^d$	$316,62 \pm 15,90^c$	$538,95 \pm 4,85^a$

Ghi chú: CT3, CT4, CT5, CT6 và CT7 lần lượt tương ứng với nồng độ pectinase 0,04%; 0,06%; 0,08%; 0,10% và 0,12%. Số liệu là giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn ($n = 3$). Trong cùng một hàng, các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo Tukey HSD ở $p < 0,05$.

Kết quả ở bảng 3 cho thấy nồng độ pectinase ảnh hưởng có ý nghĩa đến hiệu suất thu hồi dịch. CT5, tương ứng pectinase 0,08%, đạt hiệu suất cao nhất $76,06 \pm 0,26\%$ và khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$). Khi nồng độ tăng từ 0,04% lên 0,08%, hiệu suất thu hồi tăng; tuy nhiên, khi tăng lên 0,10%, hiệu suất giảm. Xu hướng này cho thấy tăng nồng độ enzyme không luôn làm tăng hiệu quả thu hồi, do hiệu quả thủy phân còn phụ thuộc vào cơ chất pectin sẵn có, trạng thái hệ keo và mức giải phóng các thành phần hòa tan từ mô quả.

Mối quan hệ giữa hiệu suất, độ nhớt và độ đục không tuyến tính. CT5 có hiệu suất cao nhất nhưng độ nhớt, độ đục cũng cao nhất; CT6 có độ đục thấp nhất nhưng hiệu suất thấp. Ở giai đoạn tách dịch thô, enzyme có thể làm mềm mô và giải phóng nhiều pha dịch hơn, đồng thời kéo theo polysaccharide hòa tan, hạt keo và mảnh tế bào nhỏ. Vì vậy, hiệu suất thu hồi cao không đồng nghĩa với dịch phù hợp nhất cho quá trình màng.

TSS, pH và acid tổng số biến động trong phạm vi hẹp, cho thấy pectinase chủ yếu tác động lên cấu trúc polysaccharide và hệ keo hơn là hệ acid-base của dịch quả. Polyphenol tổng số không khác biệt có ý nghĩa, trong khi flavonoid biến động mạnh, có thể do Folin-Ciocalteu phản ánh tổng chất khử/phenolic theo acid gallic, còn phương pháp flavonoid dựa trên tạo phức $AlCl_3$ và nhạy với phân nhóm flavonoid, nên mẫu. CT6 có vitamin C cao nhất nhưng hiệu suất thấp. Do đó, CT5 được dùng cho thí nghiệm tiếp theo; độ nhớt, độ đục cao là cơ sở khảo sát nhiệt độ-thời gian để cải thiện dịch đầu vào.

3.4. Xác định nhiệt độ và thời gian xử lý enzyme thích hợp

Thí nghiệm khảo sát 9 tổ hợp nhiệt độ-thời gian với pectinase 0,08% nhằm xác định điều kiện xử lý phù hợp; kết quả trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ - thời gian xử lý đến các chỉ tiêu chất lượng của dịch quả

Chỉ tiêu	CT8	CT9	CT10	CT11	CT12	CT13	CT14	CT15	CT16
Độ nhớt (mPa.s)	2,21 ± 0,03 ^f	2,56 ± 0,04 ^e	2,65 ± 0,05 ^e	2,34 ± 0,04 ^f	4,65 ± 0,08 ^c	4,32 ± 0,06 ^d	4,89 ± 0,07 ^b	4,84 ± 0,05 ^b	5,52 ± 0,07 ^a
Độ đục (NTU)	82,50 ± 1,35 ^e	115,87 ± 1,80 ^d	169,20 ± 2,71 ^c	289,70 ± 4,06 ^b	635,00 ± 3,00 ^a	42,73 ± 0,90 ^g	54,99 ± 1,17 ^f	26,85 ± 1,10 ^h	54,09 ± 1,26 ^f
Hiệu suất thu hồi dịch (%)	61,60 ± 0,38 ^d	67,45 ± 0,32 ^b	57,06 ± 0,46 ^f	58,39 ± 0,42 ^{eh}	76,06 ± 0,26 ^a	45,38 ± 0,25 ^g	57,73 ± 0,40 th	58,87 ± 0,35 ^e	66,23 ± 0,43 ^c
TSS (°Brix)	10,01 ± 0,09 ^f	12,49 ± 0,09 ^a	10,99 ± 0,09 ^d	12,01 ± 0,09 ^b	11,00 ± 0,10 ^d	11,49 ± 0,09 ^c	10,01 ± 0,09 ^f	9,99 ± 0,09 ^f	10,31 ± 0,09 ^e
pH	5,32 ± 0,02 ^b	5,25 ± 0,03 ^c	5,47 ± 0,02 ^a	5,35 ± 0,03 ^b	5,37 ± 0,02 ^b	5,05 ± 0,02 ^d	5,06 ± 0,01 ^d	5,06 ± 0,01 ^d	5,05 ± 0,02 ^d
Vitamin C (mg/100 mL)	12,80 ± 0,20 ^c	14,14 ± 0,16 ^b	17,28 ± 0,24 ^a	14,19 ± 0,22 ^b	14,58 ± 1,14 ^b	12,35 ± 0,15 ^c	14,84 ± 0,23 ^b	14,18 ± 0,19 ^b	12,43 ± 0,17 ^c
Acid tổng số (% acid citric)	1,05 ± 0,01 ^{ab}	1,02 ± 0,02 ^b	1,07 ± 0,01 ^{ac}	1,05 ± 0,02 ^{ab}	1,09 ± 0,01 ^a	1,09 ± 0,01 ^a	1,01 ± 0,01 ^b	1,04 ± 0,01 ^{bc}	1,05 ± 0,02 ^{ab}
Betacyanin (mg/L)	116,76 ± 2,16 ^f	168,17 ± 1,71 ^c	119,21 ± 1,89 ^f	142,09 ± 2,53 ^e	177,65 ± 1,45 ^b	166,82 ± 2,25 ^c	186,25 ± 2,71 ^a	120,03 ± 1,80 ^f	154,39 ± 2,16 ^d
Polyphenol tổng số (mg GAE/L)	173,34 ± 1,22 ^{bd}	176,23 ± 0,99 ^{ad}	172,82 ± 1,13 ^{be}	175,28 ± 1,08 ^{ade}	176,40 ± 0,70 ^a	173,32 ± 0,95 ^{be}	171,44 ± 0,86 ^{bc}	169,53 ± 1,04 ^c	176,37 ± 1,08 ^a
Flavonoid tổng số (mg QE/L)	388,22 ± 7,67 ^b	332,29 ± 5,86 ^c	287,40 ± 6,49 ^c	472,69 ± 8,12 ^a	253,19 ± 2,31 ^f	382,87 ± 6,67 ^b	258,20 ± 6,13 ^f	244,01 ± 5,32 ^f	312,53 ± 6,76 ^d

Ghi chú: CT8-CT16 là các nghiệm thức xử lý pectinase 0,08% ở các tổ hợp nhiệt độ - thời gian khác nhau: CT8: 35 °C - 45 phút; CT9: 35 °C - 60 phút; CT10: 35 °C - 75 phút; CT11: 40 °C - 45 phút; CT12: 40 °C - 60 phút; CT13: 40 °C - 75 phút; CT14: 45 °C - 45 phút; CT15: 45 °C - 60 phút; CT16: 45 °C - 75 phút. Số liệu là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (n = 3). Trong cùng một hàng, các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo Tukey HSD ở $p < 0,05$.

Kết quả ở bảng 4 cho thấy nhiệt độ và thời gian xử lý làm thay đổi có ý nghĩa các chỉ tiêu công nghệ. CT12 đạt hiệu suất thu hồi cao nhất, $76,06 \pm 0,26\%$, nhưng đồng thời có độ nhớt $4,65 \pm 0,08$ mPa.s và độ đục $635,00 \pm 3,00$ NTU, cao hơn nhiều so với nhóm xử lý ở 35 °C. Điều này cho thấy điều kiện cho hiệu suất thu hồi cao nhất không nhất thiết là điều kiện phù hợp nhất cho dịch đầu vào của công nghệ màng. Với quá trình màng, độ nhớt và độ đục cao làm tăng trở lực lọc, tải chất rắn và nguy cơ tắc nghẽn, từ đó có thể làm giảm năng suất dòng thấm (Bhattacharjee và cộng sự, 2017; Conidi và cộng sự, 2020).

Trong nhóm 35 °C, CT9 xử lý trong 60 phút đạt hiệu suất $67,45 \pm 0,32\%$, cao hơn CT8 và CT10; đồng thời có độ nhớt $2,56 \pm 0,04$ mPa.s và TSS cao nhất $12,49 \pm 0,09$ °Brix. Độ đục của CT9 cao hơn CT8 nhưng thấp hơn đáng kể so với các nghiệm thức 40 °C trong 45-60 phút và thấp hơn CT5 ở thí nghiệm nồng độ. Một số nghiệm thức ở 45 °C có độ đục thấp, đặc biệt CT15, nhưng độ nhớt cao hoặc hiệu suất thu hồi không thuận lợi. Do không có ngưỡng tiêu chuẩn chung cho mọi dịch quả trước cô đặc màng, việc lựa chọn điều kiện xử lý trong nghiên cứu này dựa trên sự cân bằng giữa hiệu suất thu hồi, độ nhớt, độ đục và chất lượng dịch quả trong phạm vi khảo sát.

Bảng 4 cũng cho thấy các hợp chất sinh học biến động khác nhau theo nhiệt độ và thời gian. Vitamin C đạt cao nhất ở CT10, betacyanin đạt cao nhất ở CT14, trong khi flavonoid tổng số đạt cao nhất ở CT11. Tuy nhiên, các nghiệm thức này không đồng thời có ưu thế về hiệu suất thu hồi, độ nhớt và độ đục. Polyphenol tổng số biến động ở mức hẹp hơn so với flavonoid, phù hợp với nhận xét rằng flavonoid là một nhóm con của polyphenol nhưng được xác định bằng phản ứng tạo phức riêng và có thể nhạy hơn với nền mẫu. Vì vậy, CT9, tương ứng với xử lý pectinase 0,08% ở 35 °C trong 60 phút, được lựa chọn là điều kiện phù hợp hơn trong phạm vi khảo sát do đạt cân bằng giữa hiệu suất thu hồi, độ nhớt thấp, TSS cao và khả năng duy trì betacyanin cũng như polyphenol tổng số.

IV. Kết luận và kiến nghị

Kết quả cho thấy xử lý enzyme ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi, đặc tính vật lý và một số hợp chất sinh học của dịch thanh long ruột đỏ. Pectinase phù hợp hơn tổ hợp pectinase-cellulase do tăng hiệu suất thu hồi và không làm thay đổi có ý nghĩa betacyanin, polyphenol, flavonoid. Nồng độ 0,08% cho hiệu suất cao nhất nhưng làm tăng độ nhớt, độ đục, nên cần điều chỉnh điều kiện xử lý. Xét đồng thời hiệu suất thu hồi, độ nhớt, độ đục, TSS và hợp chất sinh học, pectinase 0,08% ở 35 °C trong 60 phút được chọn cho tiền xử lý trước lọc/cô đặc màng. Cần nghiên cứu tiếp ảnh hưởng của dịch sau xử lý đến năng suất dòng thấm, tắc nghẽn, bảo toàn hợp chất sinh học và tối ưu hóa đồng thời nồng độ enzyme, nhiệt độ, thời gian, pH bằng mô hình thống kê.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ nhiệm vụ khoa học và công nghệ theo Nghị định thư Việt Nam - Italy “Nghiên cứu phát triển công nghệ và thiết bị sản xuất nước thanh long ruột đỏ cô đặc chất lượng cao ứng dụng kỹ thuật lọc màng tích hợp”, mã số NĐT/ITA/24/10.

Tài liệu tham khảo

- Attar Ş, H., Gündeşli, M. A., Urün, I., Kafkas, S., Kafkas, N. E., Ercisli, S., Ge, C., Mlcek, J., & Adamkova, A. (2022). Nutritional Analysis of Red-Purple and White-Fleshed Pitaya (Hylocereus) Species. *Molecules*, 27(3). <https://doi.org/10.3390/molecules27030808>
- Bhattacharjee, C., Saxena, V. K., & Dutta, S. (2017). Fruit juice processing using membrane technology: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 43, 136-153. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.002>
- Conidi, C., Castro-Muñoz, R., & Cassano, A. (2020). Membrane-Based Operations in the Fruit Juice Processing Industry: A Review. *Beverages*, 6(1), 18. <https://www.mdpi.com/2306-5710/6/1/18>
- Codex Alimentarius Commission. (2011). Standard for pitahayas (CXS 237-2003). FAO/WHO.
- Garg, G., Singh, A., Kaur, A., Singh, R., Kaur, J., & Mahajan, R. (2016). Microbial pectinases: an ecofriendly tool of nature for industries. *3 Biotech*, 6(1), 47. <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0371-4>
- Haile, S., Masi, C., & Tafesse, M. (2022). Isolation and characterization of pectinase-producing bacteria (*Serratia marcescens*) from avocado peel waste for juice clarification. *BMC Microbiology*, 22(1), 145. <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02536-8>

- Nguyễn Thị Hạnh, V. T. T. N. V. H. (2023). Ảnh hưởng của xử lý enzyme pectinase đến hiệu suất thu hồi dịch quả thanh long ruột đỏ trồng ở Vĩnh Phúc. *Bản B của Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, 65(9). [https://doi.org/10.31276/VJST.65\(9\).69-72](https://doi.org/10.31276/VJST.65(9).69-72)
- Quang, B. H., Như, L. T., Tòng, M. T., & Ngọc, D. D. T. (2020). Nghiên cứu điều kiện thủy phân dịch quả thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) và thử nghiệm lên men rượu. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 56(3), 86-92. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2020.057>
- Sharma, H. P., Patel, H., & Sugandha. (2017). Enzymatic added extraction and clarification of fruit juices-A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57(6), 1215-1227. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.977434>
- Tapre, A., & Jain, R. K. (2014). Pectinases: Enzymes for fruit processing industry. *International Food Research Journal*, 21, 447-453.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555-559. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)

DETERMINATION OF PECTINASE PRETREATMENT CONDITIONS FOR RED DRAGON FRUIT JUICE PRIOR TO MEMBRANE CONCENTRATION

Dang Thao Yen Linh¹, Nguyen Van Tuyen¹, Chu Xuan Quang¹, Nguyen Ngoc Diep¹,
Doan Hoang Linh¹, Nguyen Thi Mai Linh¹, Nguyen Duc Dung²

Abstract: *This study determined suitable enzyme pretreatment conditions for red dragon fruit juice before membrane filtration/concentration. Experiments included raw juice characterization, enzyme selection, pectinase concentration screening, and temperature-time evaluation. The raw juice had 14.00 ± 1.00 °Brix TSS, pH 5.06 ± 0.12 and $1.04 \pm 0.06\%$ total acidity, and contained vitamin C, betacyanin, polyphenols and flavonoids. Pectinase was more suitable than the pectinase-cellulase combination because it improved juice recovery while maintaining major bioactive compounds. Pectinase 0.08% gave the highest recovery within the tested range, but viscosity and turbidity remained high. Considering recovery, viscosity, turbidity, TSS and bioactive retention, treatment with 0.08% pectinase at 35 °C for 60 min was selected within the investigated range. These findings support juice preparation for subsequent membrane filtration/concentration.*

Keywords: *enzyme treatment, fruit juice concentration, membrane technology, pectinase, red dragon fruit*

¹ National Academy for Advanced Technology and Innovation, Hanoi, Vietnam

² Faculty of Food Science and Technology - Vietnam National University of Agriculture, Hanoi, Vietnam