# Ảnh hưởng của xử lý enzyme pectinase đến hiệu suất thu hồi dịch quả thanh long ruột đỏ trồng ở Vĩnh Phúc

**Nguyễn Thị Hạnh*, Vũ Thu Trang, Nguyễn Văn Hưng**

*Viện Công nghệ Sinh học và Công nghệ Thực phẩm, Đại học Bách khoa Hà Nội*

Ngày nhận bài 24/5/2022; ngày chuyển phản biện 27/5/2022; ngày nhận phản biện 15/6/2022; ngày chấp nhận đăng 20/6/2022

***Tóm tắt:***

**Thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) là cây trồng phổ biến và mang lại lợi ích to lớn của tỉnh Vĩnh Phúc trong những năm gần đây. Ngoài phục vụ nhu cầu ăn tươi, quả thanh long còn được chế biến để tạo ra các sản phẩm đa dạng trên thị trường. Mục đích của nghiên cứu là xác định một số thông số công nghệ cơ bản nhằm nâng cao hiệu suất thu hồi dịch quả thanh long để chế biến các sản phẩm tiếp theo. Trong quả thanh long, pectin (một chất keo tự nhiên để giữ thành tế bào cũng như các tế bào lại với nhau) có hàm lượng khá lớn, làm thịt quả có độ nhớt cao, ảnh hưởng đến quá trình trích ly dịch quả. Nghiên cứu đã sử dụng enzyme pectinase để thuỷ phân pectin nhằm giảm độ nhớt, nâng cao hiệu suất thu hồi dịch quả. Kết quả cho thấy, khi xử lý dịch quả thanh long bằng chế phẩm enzyme Pectinex Ultra SP-L với nồng độ 0,6 g/kg dịch quả, thời gian 80 phút cho hiệu suất thu hồi dịch đạt 77,56%.**

***Từ khóa:*** **enzyme pectinase, hiệu suất thu hồi, Lập Thạch, pectin, thanh long ruột đỏ.**

***Chỉ số phân loại:*** **4.6**

## Đặt vấn đề

Thanh long là cây trồng bản địa có nguồn gốc từ Mexico và Nam Mỹ. Thanh long ruột đỏ tiềm năng đã trở thành cây trồng mũi nhọn ở nhiều vùng lãnh thổ vì giá trị dinh dưỡng cũng như giá trị kinh tế to lớn mà nó mang lại [1]. Thanh long ruột đỏ còn được chú ý bởi các hợp chất chống ôxy hóa, hợp chất kháng sinh và những hợp chất tiềm năng chống lại các bệnh trên cơ thể người. Một số nghiên cứu còn cho thấy khả năng hạn chế phân tán tế bào u ác tính và chống ung thư của nhiều hợp chất tồn tại trong thanh long ruột đỏ [2].

Pectin là thành phần có nhiều trong thanh long ruột đỏ, gây khó khăn cho quá trình chế biến nước quả, cụ thể là trong quá trình ép và lọc, dẫn đến hiệu suất trích ly dịch quả thấp, dịch quả nhớt và đục nhiều. Lý do là pectin có tính chất tạo gel, khi quả có nhiều pectin thì khối thịt quả nghiền sẽ có trạng thái keo, dẫn đến hiệu suất thu hồi dịch quả không cao. Vì vậy, trong quá trình chế biến nước quả người ta thường tìm cách thuỷ phân pectin trước, sau đó lọc rồi cô đặc [3].

Nghiên cứu này nhằm xác định thành phần dinh dưỡng của thanh long ruột đỏ trồng tại Lập Thạch, tỉnh Vĩnh Phúc và các điều kiện công nghệ xử lý enzyme pectinase bổ sung trong quá trình thu nhận dịch quả đến hiệu suất thu hồi dịch quả, từ đó nâng cao giá trị kinh tế và cảm quan cho các sản phẩm chế biến từ thanh long ruột đỏ trồng tại địa phương này nói riêng, ở Việt Nam nói chung.

## Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

### *Nguyên liệu*

Thanh long ruột đỏ được thu hái từ huyện Lập Thạch, tỉnh Vĩnh Phúc vào tháng 3-4 (vụ hè) và tháng 9-10 (vụ đông) năm 2018. Quả được vận chuyển về phòng thí nghiệm ngay sau khi thu hái, bảo quản ở 4°C không quá 3 ngày cho các thí nghiệm tiếp theo [4]; dịch quả được chuẩn bị dựa trên quy trình của K.M. Herbach và cs (2007) [5] như sau: Chọn những quả thanh long chín đều, không hư hỏng, dập nát, rửa sạch, để ráo. Tiến hành bóc vỏ, lấy phần thịt quả. Chà thịt quả bằng máy chà để loại hạt và thu dịch quả.

Enzyme pectinase: Sử dụng enzyme thương mại Pectinex Ultra SP-L có nguồn gốc từ nấm mốc *Aspergillus niger* do Hãng Novo (Thụy Sỹ) cung cấp. Chế phẩm dạng bột được bảo quản ở nhiệt độ 4°C. Thành phần chính của chế phẩm enzyme là polygalacturonase, pectinesterase và pectin transeliminase với độ hoạt động là 26.000 PG/ml (hoạt động của polygalacturonase trên ml). Hiệu quả chế phẩm enzyme đạt được là do hoạt động của polygalacturonase trong việc tách chuỗi pectin và hoạt động của pectinesterase trong quá trình thủy phân các nhóm methyl este của phân tử pectin. Điều kiện phản ứng tối ưu của enzyme là pH 3,5-6,0 và nhiệt độ dưới 50°C.

### *Phương pháp nghiên cứu*

*Khảo sát một số chỉ tiêu lý hoá của nguyên liệu:* Quả thanh long sau khi vận chuyển về phòng thí nghiệm được xác định một số chỉ tiêu vật lý như: khối lượng, kích thước, màu sắc vỏ quả đồng thời xác định tỷ lệ vỏ quả, thịt quả, dịch quả so với tổng khối lượng quả. Dịch quả sau khi ép được xác định một số chỉ tiêu vật lý như: độ ẩm, chất khô hòa tan tổng số, đường tổng số, đường khử, protein, vitamin C, betacyanin, độ pH và độ nhớt.

*Khảo sát ảnh hưởng của xử lý enzyme pectinase đến hiệu suất thu hồi dịch quả:*

Ảnh hưởng của nồng độ enzyme pectinase đến hiệu suất thu hồi dịch quả: Dịch quả được điều chỉnh về 13°Bx bằng dung dịch siro đường saccarose 65°Bx và điều chỉnh pH về 4,5 bằng axit

*Tác giả liên hệ: Email: hanh.nguyenthi@hust.edu.vn

# Effects of enzyme pectinase treatment on obtaining optimum red dragon juice production yield from Vinh Phuc province

**Thi Hanh Nguyen*, Thu Trang Vu, Van Hung Nguyen**

*School of Biotechnology and Food Technology, Hanoi University of Science and Technology*

Received 24 May 2022; revised 15 June 2022; accepted 20 June 2022

***Abstract:***

**Red dragon (*Hylocereus polyrhizus*) has been one of the main cash crops of Vinh Phuc province in recent years. In addition to its consumption as a fresh fruit, dragon can be processed into a variety of commercial products. This research aims to determine basic parameters to obtain the optimum dragon juice production yield for further processing procedures. Pectin ("natural glue" acts as a binding agent for the structure of cell walls as well as most plant cells) in dragon, has a great effect on juice extraction due to its capacity to increase flesh viscosity. The method applied in this study is using enzyme pectinase to reduce viscosity and increase the juice production yield. The results showed that the treatment of red dragon with enzyme Pectinex Ultra SP-L with a concentration of 0.6 g/kg in 80 minutes and a production yield of 77.56%.**

***Keywords:*** **enzyme pectinase, Lap Thach, pectin, production yield, red dragon.**

***Classification number:*** **4.6**

malic thực phẩm, tiến hành bổ sung enzyme pectinase với các nồng độ: 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 và 1,0 g/kg dịch quả trong thời gian 60 phút ở nhiệt độ môi trường (28-32°C). Mỗi thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Theo dõi các chỉ tiêu: độ nhớt, hàm lượng chất khô hòa tan tổng số, pH và hiệu suất thu hồi của dịch quả.

Ảnh hưởng của thời gian xử lý enzyme pectinase đến hiệu suất thu hồi dịch quả: Dịch quả được điều chỉnh về $13^0$Bx và lượng enzyme bổ sung theo kết quả của thí nghiệm trên. Khảo sát ở 2 giá trị pH là 4,5 và 5. Theo dõi các chỉ tiêu tiêu độ nhớt, hàm lượng chất khô hòa tan, pH và hiệu suất thu hồi dịch quả trong thời gian: 0, 20, 40, 60, 80, 100 phút. Mỗi thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

*Phương pháp phân tích:* Hiệu suất thu hồi dịch quả được tính theo công thức sau:

$$\text{Hiệu suất thu hồi (\%)} = \frac{m}{m_0} \times 100$$

trong đó: m: khối lượng dịch quả thu được (g); $m_0$: khối lượng dịch quả ban đầu (g).

Độ nhớt của dịch quả được đo bằng máy đo độ nhớt Brookfield DV2T.

pH của dịch được đo bằng máy đo pH FP20 - Standard kit (Mettler Toledo).

Xác định hàm lượng chất khô hòa tan tổng số ($^0$Bx) bằng khúc xạ kế Atago Model PAL-α (Code 3840).

Hàm lượng chất khô tổng số được xác định theo phương pháp sấy đến khối lượng không đổi, protein xác định theo phương pháp Kjeldahl, đường tổng số xác định bằng phương pháp thủy phân bằng axit, đường khử xác định bằng phương pháp Graxianop; hàm lượng vitamin C xác định bằng chất chỉ thị 2,6-diclophenolindophenol [6].

## Kết quả và bàn luận

### *Khảo sát một số chỉ tiêu của nguyên liệu*

Tiến hành đánh giá một số chỉ tiêu hoá lý và hoá học của nguyên liệu. Kết quả thu được thể hiện ở bảng 1 và 2.

**Bảng 1. Một số chỉ tiêu hoá lý của quả thanh long ruột đỏ.**

| Chỉ tiêu | | Giá trị |
|---|---|---|
| Khối lượng trung bình quả (g) | | 382,22±0,18 |
| Kích thước (cm) | L (length) | 12,88±0,1 |
| | D (diameter) | 9,05±0,13 |
| Độ nhớt (cP) | 152,6±4,24 | 151,3±1,09 |
| pH | 4,80±0,12 | 4,72±0,02 |
| Màu sắc vỏ quả | L (lightness) | 16,65±0,83 |
| | a (green-red) | 23,89±0,23 |
| | b (blue-yellow) | 4,61±0,17 |
| Thành phần quả (tính trên đơn vị 1 kg nguyên liệu): | | |
| Vỏ quả (%) | | 34,48±0,01 |
| Thịt quả (chứa hạt) (%) | | 65,52±0,01 |
| Dịch quả (% tính theo thịt quả) | | 96,88±0,01 |

**Bảng 2. Thành phần hóa học của quả thanh long ruột đỏ tính theo 100 g thịt quả tươi.**

| Chỉ tiêu | Hàm lượng mùa hè | Hàm lượng mùa đông |
|---|---|---|
| Độ ẩm (%) | 87,33±0,04 | 85,05±1,14 |
| Đường tổng số (g) | 9,95±0,05 | 9,60±0,01 |
| Đường khử (g) | 8,42±0.56 | 8,12±0,01 |
| Protein (g) | 1,64±0,01 | 1,12±0,01 |
| Vitamin C (mg) | 8,40±0,20 | 8,10±0,10 |
| Chất khô hòa tan (Bx) | 13,20±0,20 | 12,60±0,40 |
| Betacyanin (mg) | 36,81±1.86 | 32,70±0,19 |

Nhìn chung theo mùa, độ ẩm của thanh long ruột đỏ Vĩnh Phúc thay đổi không đáng kể. Hàm lượng đường tổng, đường khử cũng không có sự khác biệt rõ rệt, điều này cho thấy chất lượng của quả thanh long ruột đỏ Vĩnh Phúc tương đối ổn định theo các mùa trong năm.

Thanh long ruột đỏ Vĩnh Phúc có hàm lượng vitamin C khá cao (8,4 mg/100 g thịt quả nhưng nhìn chung vẫn thấp hơn thanh long ruột trắng (9,85 mg/100 g) và thấp hơn so với những loại quả khác: táo (25,75-77,00 mg/100g), cam (8,87-67,36 mg/100 g) [7].

Hàm lượng betacyanin trong quả thanh long ruột đỏ Vĩnh Phúc cao nhất vào mùa hè (36,81 mg/100 g thịt quả tươi). Betacyanin

đang ngày càng được chú ý bởi hoạt tính sinh học và có thể sử dụng như một phụ gia tạo màu đỏ đến đỏ tím trong thực phẩm Trong y học nó được sử dụng như một chất có khả năng chống ôxy hóa nên được sử dụng để chống lão hóa, hạn chế sự suy giảm sức đề kháng, có tác dụng làm bền thành mạch, chống viêm, hạn chế sự phát triển của các tế bào ung thư, tác dụng chống các tia phóng xạ [8]. Kết quả về hàm lượng betacyanin trong thanh long ruột đỏ cũng tương đồng với nghiên cứu của Vũ Thu Trang và cs (2020) [9]. Nhóm tác giả này cũng đã nghiên cứu đến sự ổn định chất màu betacyanin trong nước ép thịt quả, hướng tới ứng dụng chế biến các sản phẩm từ thanh long ruột đỏ Vĩnh Phúc.

Các chỉ tiêu khác cũng tương tự với nghiên cứu của Đào Văn Tấn và cs (2014) [10] trên thanh long ruột đỏ Vĩnh Phúc: quả thông thường trung bình nặng 333,3±20,7 g, đường kính 7,2±0,5 cm, chiều cao 10,3±0,7 cm; hàm lượng nước chiếm 84,5±0,3%; hàm lượng đường khử là 86,2±7,6 mg/g; pH trung bình là 4,28±0,6; hàm lượng betacyanin trong ruột quả chiếm 35,95±3,49 mg/100 g khối lượng tịnh. Ngoài ra, thanh long ruột đỏ còn chứa lượng lớn các nguyên tố khoáng $Na^+$, $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$ và đặc biệt là $K^+$. Trong khi đó, thanh long ruột trắng có cân nặng trung bình 466,0±59,9 g, dài 12,2±0,7 cm, đường kính 7,4±0,6 cm, lớn hơn nhiều so với thanh long ruột đỏ. Hàm lượng vitamin C là 10,3±2,6 mg/l [10].

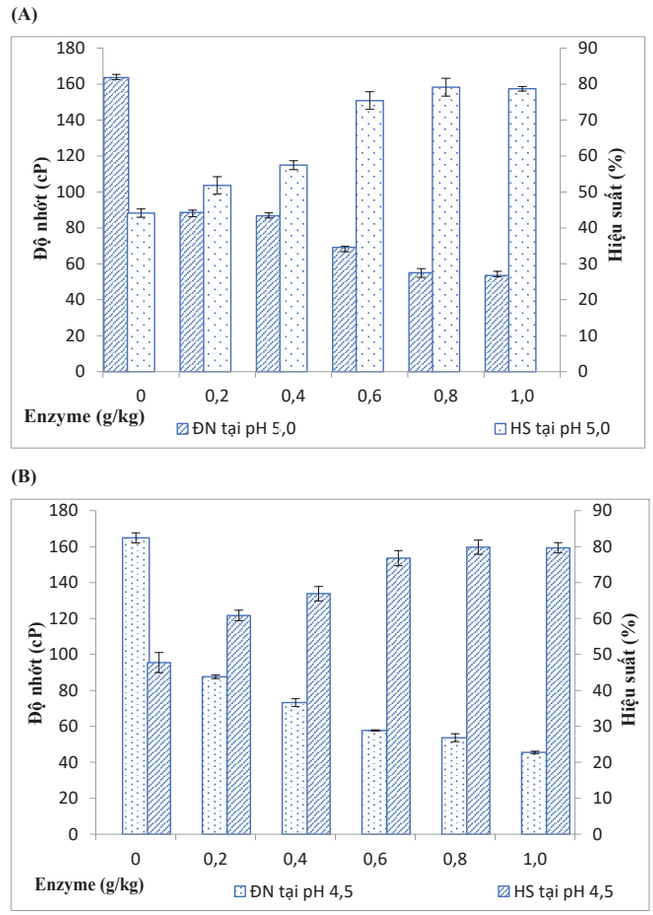
***Ảnh hưởng của nồng độ enzyme pectinase đến hiệu suất thu hồi dịch quả***

Kết quả hình 1 cho thấy, khi tăng nồng độ enzyme, hiệu suất thu hồi dịch tăng dần, độ nhớt dịch giảm dần, sự khác nhau có ý nghĩa ($p<0,05$) đối với bổ sung nồng độ 0,2, 0,4 và 0,6 g enzyme/kg dịch quả so với nhau và so với mẫu kiểm chứng. Khi tăng nồng độ enzyme lên 0,8 và 1,0 g/kg dịch quả, độ nhớt tiếp tục giảm, hiệu suất thu hồi dịch tăng nhưng không có sự khác biệt ý nghĩa với nhau và với khi sử dụng enzyme nồng độ 0,6 g/kg. Do đó, chọn nồng độ enzyme thích hợp để xử lý dịch quả là 0,6 g/kg cho các thí nghiệm tiếp theo.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, sự sai khác về hiệu suất thu hồi dịch cũng như sự giảm độ nhớt của dịch quả khi bổ sung enzyme ở pH 4,5 và 5,0 là không có ý nghĩa. Do đó, có thể rút ra kết luận trong khoảng pH của dịch quả thanh long 4,5-5,0 enzyme pectinase hoạt động tốt và không có sự khác biệt thống kê.

Sự giảm độ nhớt và tăng hiệu suất thu hồi dịch được giải thích do enzyme pectinase đã làm suy thoái thành của tế bào thực vật dẫn đến việc giải phóng dễ dàng hơn các thành phần có trong tế bào. Độ đục trong dịch lọc chủ yếu là do sự hiện diện của các polysaccarit như pectin, hemicelluloses và tinh bột. Hơn nữa, pectin có thể liên kết với các polyme thực vật và các mảnh vụn của tế bào tạo thành mạng (có cấu trúc phân tử giống như sợi), gây khó khăn cho quá trình xử lý lọc [11]. Do đó, sử dụng enzyme pectinase là một cách hiệu quả để làm keo tụ phức hợp protein - pectin và tăng hiệu suất thu hồi dịch quả sau khi lọc.

Giá trị pH của dịch lọc giảm nhẹ nghĩa là hàm lượng axit chuẩn độ cũng tăng trong dịch lọc được xử lý enzyme. Sự gia tăng này có thể do hình thành axit galacturonic và axit polygalacturonic hòa



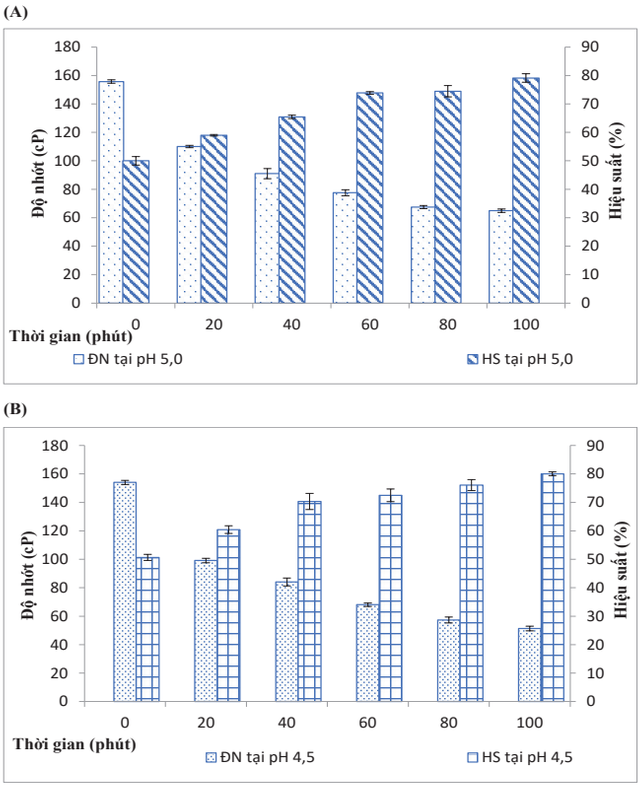

**Hình 1. Ảnh hưởng của nồng độ enzyme pectinase đến hiệu suất thu hồi dịch quả thanh long ruột đỏ Vĩnh Phúc tại pH 5,0 (A) và pH 4,5 (B).**

tan trong quá trình thủy phân pectin bởi pectinase. Hàm lượng axit chuẩn độ trong thanh long ruột đỏ nằm trong khoảng 0,58-0,77%. Hàm lượng axit chuẩn độ cho các loại dịch quả khác như quả lồng đèn là 1,0%, lê 0,3%, cam 0,8%, dứa 1,1% và mận 2,2% [12].

Đối với nước thanh long ruột đỏ, không có sự gia tăng đáng kể về chất khô tổng số hòa tan sau khi xử lý enzyme.

***Ảnh hưởng của thời gian xử lý enzyme pectinase đến hiệu suất thu hồi dịch quả***

Thời gian xử lý enzyme ảnh hưởng rõ rệt đến sự giảm độ nhớt của dịch quả thanh long ruột đỏ trên cả 2 giá trị pH khảo sát là 4,5 và 5,0. Cụ thể, khi tăng thời gian xử lý enzyme hiệu suất thu hồi dịch quả tăng dần, độ nhớt giảm dần. Sự khác biệt về độ nhớt, hiệu suất thu hồi dịch quả theo các giá trị thời gian khác nhau là hoàn toàn có ý nghĩa ($p<0,05$). Tuy nhiên, thời gian xử lý enzyme càng tăng cũng ghi nhận sự suy giảm của betacyanin - một hợp chất có nhiều hoạt tính sinh học quý giá. Do vậy, chọn thời gian cho quá trình enzyme hoạt động là 80 phút cho hiệu suất thu hồi dịch đạt 75,77%, độ nhớt giảm 58,62% tại pH 5,0; tại pH 4,5, hiệu suất thu hồi đạt 77,56%, độ nhớt giảm 62,81%.




**Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian xử lý enzyme pectinase đến hiệu suất thu hồi dịch quả thanh long ruột đỏ Vĩnh Phúc tại pH 5,0 (A) và pH 4,5 (B).**

Chế phẩm thương mại enzyme Pectinex Ultra SP-L được sử dụng nhằm mục đích giảm độ nhớt dịch quả, qua đó nâng cao hiệu suất thu hồi dịch. Khảo sát chế độ xử lý enzyme cho kết quả: nồng độ enzyme sử dụng là 0,6 g/kg dịch quả, thời gian xử lý 80 phút, nhiệt độ 28-32°c cho hiệu suất thu hồi cao nhất đạt 77,56%. Một số chỉ tiêu chính của dịch quả sau khi xử lý enzyme được thể hiện ở bảng 3.

**Bảng 3. Một số chỉ tiêu chính của dịch quả sau khi xử lý enzyme pectinase.**

| Chỉ tiêu | Giá trị |
|---|---|
| Chất khô hòa tan (Bx) | 13,0±0,2 |
| pH | 4,5±0,10 |
| Betacyanin (mg) | 35,83±0,55 |
| Vitamin C (mg) | 6,33±0,18 |

Kết quả sau xử lý dịch quả bằng enzyme pectinase, những thành phần cơ bản không thay đổi nhiều so với nguyên liệu ban đầu như hàm lượng chất khô hoà tan, hàm lượng betacyanin. Hàm lượng vitamin C và giá trị pH có giảm không đáng kể.

Nghiên cứu của N.A.A. Rahman và cs (2010) [12] cũng đã đưa ra điều kiện tối ưu cho quá trình xử lý enzyme trên thanh long ruột đỏ là: nồng độ enzyme 0,1%, nhiệt độ 40°C, thời gian 45 phút đối với chế phẩm enzyme Pectinex Ultra SP-L; nồng độ enzyme 0,09%, nhiệt độ 46°C, thời gian 82 phút đối với chế phẩm enzyme Pectinex CLEAR. Hiệu suất thu hồi dịch đối với chế phẩm Pectinex Ultra SP-L là 83,2 và 92,38% khi sử dụng Pectinex CLEAR.

## Kết luận

Thanh long ruột đỏ trồng ở Lập Thạch, tỉnh Vĩnh Phúc có hàm lượng dinh dưỡng cao và cân đối, chứa nhiều hợp chất có hoạt tính sinh học cao như vitamin C và betacyanin. Kết quả nghiên cứu cho thấy, để nâng cao hiệu suất thu hồi dịch quả thanh long cần sử dụng enzyme pectinase với nồng độ và thời gian phù hợp. Khi xử lý dịch quả thanh long bằng chế phẩm enzyme Pectinex Ultra SP-L với nồng độ 0,6 g/kg dịch quả, thời gian 80 phút cho hiệu suất thu hồi dịch đạt 77,56%. Kết quả này sẽ là tiền đề cho việc đa dạng hoá các sản phẩm có giá trị kinh tế từ quả thanh long ruột đỏ Lập Thạch, Vĩnh Phúc.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] O.P.S. Rebecca, A.N. Boyce, S. Chandran (2010), "Pigment indentification and antioxidant properties of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*)", *African Journal of Biotechnology*, **9(10)**, pp.1450-1454, DOI: 10.5897/AJB09.1603.

[2] N.S. Ramli, R. Asmah (2014), "Variability in nutritional composition and phytochemical properties of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) from Malaysia and Australia", *International Food Research Journal*, **21(4)**, pp.1689-1697.

[3] Nguyễn Đức Lượng (2010), *Công nghệ enzyme*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh, 532tr.

[4] Y.M. Wong, L.F. Siow (2015), "Effects of heat, pH, antioxidant, agitation and light on betacyanin stability using red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) juice and concentrate as models", *J. Food Sci. Technol.*, **52(5)**, pp.3086-3092, DOI: 10.1007/s13197-014-1362-2.

[5] K.M. Herbach, C. Maier, F. Stintzing, et al. (2007), "Effectsof processing and storage on juice colour and betacyanin stability of purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) juice", *European Food Research Technology*, **224(5)**, pp.649-658, DOI: 10.1007/s00217-006-0354-5.

[6] Lê Thanh Mai (2009), *Các phương pháp phân tích ngành công nghệ lên men*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 336tr.

[7] F. Shahidi, C. Alasalvar (2016), *Handbook of Functional Beverages and Human Health*, Natraceutical Science And Technology, 866pp.

[8] Hernawati, N.A Setiawan, R. Shintawati, et al. (2018), "The role of red dragon fruit peel (*Hylocereus polyrhizus*) to improvement blood lipid levels of hyperlipidaemia male mice", *Journal of Physics Conference Series*, **1013**, 5pp, DOI: 10.1088/1742-6596/1013/1/012167.

[9] Vũ Thu Trang, Nguyễn Thị Thảo Nguyên, Nguyễn Văn Hưng và cs (2020), "Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố công nghệ tới sự ổn định của betacyanin trong nước quả thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) Lập Thạch, Vĩnh Phúc", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, **140**, tr.71-76.

[10] Đào Văn Tấn, Phạm Thị Thúy Hằng (2014), "Định lượng một số thành phần dinh dưỡng, khoáng trong quả thanh long ruột trắng (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose) và thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus* (Web.) Britton & Rose) trồng tại xã Vân Trục, huyện Lập Thạch, tỉnh Vĩnh Phúc", *Tạp chí Khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội*, **30(1S)**, tr.181-188.

[11] G. Garg, A. Singh, A Kaur, et al. (2016), "Microbial pectinases : An ecofriendly tool of nature for industries", *National Library of Medicine,* **6(1)**, DOI: 10.1007/s13205-016-0371-4.

[12] N.A.A. Rahman, S.M.M Kamal, F.S. Taip (2010), "Impact of two commercial enzymes application on some physicochemical properties of red pitaya juices", *Journal - The Institution of Engineers, Malaysia*, **71(4)**, pp.25-31.