

NGHIÊN CỨU TÁCH VÀ TẠO CHẾ PHẨM BROMELAIN TỪ PHẾ PHỤ PHẨM DỨA

Extraction and Formulation of Bromelain from Ananas By-Products

Lại Thị Ngọc Hà

Khoa Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT

Hoạt lực protease trong các phần của quả dứa được xác định theo phương pháp Anson cải tiến. Chồi ngọn là phần có hoạt lực protease cao nhất được sử dụng để tách enzyme bromelain. Ảnh hưởng của nồng độ cồn đến hiệu suất thu hồi cũng như độ sạch của kết tủa bromelain được xác định. Quy trình tạo chế phẩm bromelain từ chồi ngọn dứa ở quy mô phòng thí nghiệm được xây dựng: kết tủa bằng cồn ở nồng độ 80%v/v sau đó đông khô trong 3 giờ. Bromelain thu được dưới dạng bột màu trắng ngà có độ ẩm 10% và hoạt lực protease 72,48 U/g. Một số đặc tính của bromelain chồi ngọn cũng được xác định như nhiệt độ tối ưu (55°C), pH tối ưu (6,5) và enzyme này kém bền nhiệt.

Từ khóa: Bromelain, dứa, tách chiết.

SUMMARY

The proteolysis activity in different parts of bananas fruit was examined using modified Anson test. The highest proteolysis activity was found in the bud and this was used for the extraction of bromelain. The extraction was done in 80% v/v alcohol and then lyophilized within duration of 3 hours. We obtained the bromelain powder with the moisture of 10% and the proteolysis activity of 72.48 U/g. Pineapple bromelain showed optimal temperature (55°C), optimal pH (6.5) and low thermostability.

Key words: Bromelain, ananas, extraction.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bromelain là một hỗn hợp protease thiol có trong thực vật họ *Bromeliaceae* trong đó có cây dứa (*Ananas comosus*) (Hebbar et al., 2008). Chúng bao gồm stem bromelain (EC 3.4.22.32) có chủ yếu trong cuống và fruit bromelain (EC 3.4.22.33) có chủ yếu trong quả. Hai proteinase nữa có trong cuống nhưng với hàm lượng nhỏ là ananain comosain (Andrew et al., 1990). Bromelain có nhiều tác dụng trong y học và trong chế biến thực phẩm. Trong y học, bromelain được sử dụng để làm giảm đau nhanh sau phẫu thuật, giảm đau đối với các trường hợp viêm khớp, viêm đa khớp, giảm thời gian tan các vết bầm tím và chống viêm. Bromelain còn có khả năng chống đông tụ các tiểu cầu, làm giảm nguy cơ đột quỵ đối với các bệnh nhân tim mạch, tăng khả năng hấp thụ các loại

thuốc đặc biệt là các thuốc kháng sinh như amoxicilline hay tetracycline và kiểm soát sự phát triển của các tế bào ung thư (NUTRANEWS, 3/2005; Rabelo et al., 2004). Trong công nghiệp thực phẩm, bromelain được sử dụng để làm mềm thịt; thủy phân gan bò; để đông tụ sữa; phá đục bia; thủy phân protein gluten trong sản xuất bánh mì làm khối bột nhào mềm dẻo hơn, tăng hương và chất lượng bánh (Lê Thanh Mai và Nguyễn Kiều Hùng, 2005; Rabelo et al., 2004; Đặng Thị Thu và cộng sự, 2004; Lê Ngọc Tú, 2004).

Bromelain có mặt trong phế phụ phẩm của dứa như lõi, chồi, vỏ và lá. Phần phế phụ phẩm này chiếm một tỷ lệ lớn của lượng dứa nguyên liệu đưa vào chế biến, khoảng 70% (Nguyễn Bá Mùi, 2002). Trên thế giới nhiều công trình nghiên cứu đã tiến hành chiết

tách, tinh sạch bromelain từ phế phụ phẩm bằng nhiều cách khác nhau như kết tủa bằng amôn sulfat, sắc ký trao đổi ion, đông khô, sấy phun (Devakate et al., 2008; Evens, 2006); tách bằng dùng màng ái lực cố định kim loại - immobilized metal affinity membranes (Huali Nie et al., 2008), chiết hai pha lỏng - lỏng (Ravindra et al., 2008), nhiều chế phẩm thương mại đã ra đời. Tuy nhiên, ở Việt Nam, một đất nước nhiệt đới có sản lượng dứa lớn, việc tách bromelain từ phế phụ phẩm tạo chế phẩm thương mại ứng dụng trong công nghiệp thực phẩm chưa nhiều.

Xuất phát từ tình hình thực tế trên, chúng tôi sơ bộ xây dựng quy trình thu nhận và tạo chế phẩm bromelain thô dạng bột ứng dụng trong công nghiệp thực phẩm. Công việc này một mặt làm tăng giá trị kinh tế của cây dứa, mặt khác góp phần bảo vệ môi trường. Một số đặc tính (cơ chất đặc hiệu, nhiệt độ tối ưu, pH tối ưu, độ bền nhiệt, pH) của bromelain dứa cũng được xác định.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và hóa chất

Sử dụng dứa Queen mua tại chợ Trâu Quỳ, Gia Lâm, Hà Nội. Hóa chất sử dụng gồm có: Folin Ciocalteu của Sigma; casein, peptone, cao nấm men, acid trichloacetic (TCA), albumin trứng gà, tyrozin chuẩn, kali - natri tartrat và acid octo - boric của Trung Quốc.

Một số thiết bị sử dụng: ly tâm lạnh (Hermle Z400K, Đức), máy đo quang phổ (Cintra 10e CBS UV, Úc), xác định độ ẩm nhanh (KCRN - NRS120 - 3, Đức), thiết bị đông khô (Modulyo - D, Mỹ).

2.2. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại phòng thí nghiệm thuộc Bộ môn Hóa sinh - Công nghệ sinh học thực phẩm, Khoa Công nghệ thực phẩm, Đại học Nông nghiệp Hà Nội từ tháng 1 đến tháng 5 năm 2008.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Xác định hoạt lực protease bằng phương pháp Anson cải tiến (Đặng Thị Thu và cộng sự, 1997)

Phương pháp dựa trên sự thủy phân protein casein bằng enzyme có trong dịch nghiên cứu rồi tiếp đó làm vô hoạt enzyme và kết tủa protein chưa bị thủy phân bằng dung dịch acid trichloroacetic. Định lượng sản phẩm được tạo thành trong phản ứng thủy phân bằng phản ứng màu với thuốc thử folin. Dựa vào đồ thị chuẩn của tyrosin để tính lượng sản phẩm do enzyme xúc tác tạo nên.

Đơn vị hoạt độ protease là lượng enzyme trong thời gian 1 phút ở 30°C chuyển hoá được một lượng casein tương đương một micromol tyrosine thành dạng không bị kết tủa bởi acid trichloacetic. Một mol tyrosin bằng 0,181 mg.

2.3.2. Xác định hàm lượng protein bằng phương pháp Lowry (Đặng Thị Thu và cộng sự, 1997)

Phương pháp dựa trên phản ứng tạo màu giữa protein và thuốc thử folin. Cường độ màu của hỗn hợp phản ứng ở bước sóng 750 nm tỷ lệ thuận với nồng độ protein trong một phạm vi nhất định. Biết được mật độ quang của dung dịch protein nghiên cứu với thuốc thử folin, dựa trên đường chuẩn của protein tinh khiết là albumin trứng với thuốc thử này tính được hàm lượng protein của mẫu nghiên cứu.

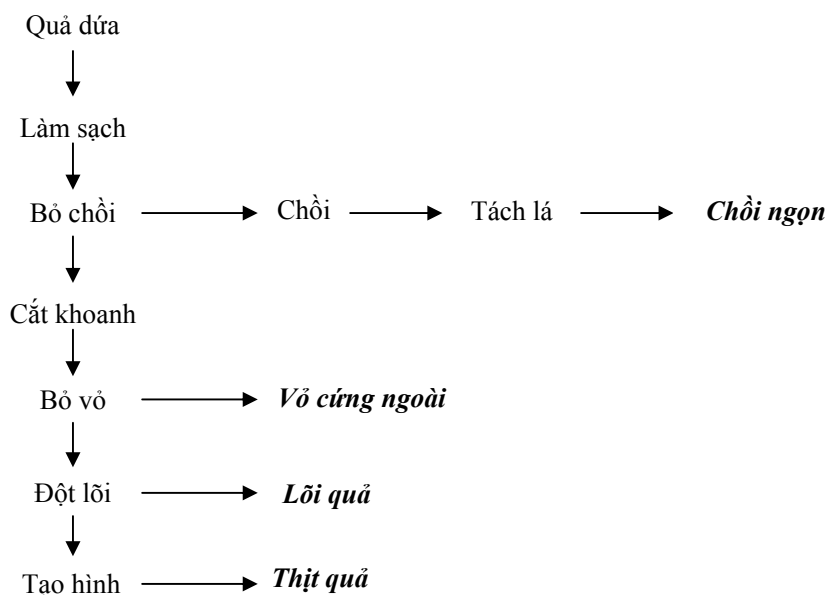
2.3.3. Phương pháp xử lý số liệu

Các thí nghiệm lặp lại 3 lần. Số liệu được xử lý trên phần mềm Excel và Minitab 14.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tỷ lệ khối lượng, hàm lượng chất khô tổng số và hoạt lực protease từng phần của quả dứa

Quả dứa được phân chia thành các phần khác nhau theo hình 1. Khối lượng, hàm lượng chất khô tổng số, hoạt lực protease của các phần được xác định kết quả trình bày ở bảng 1.



Hình 1. Sơ đồ chia các phần của quả dừa

Bảng 1. Tỷ lệ khối lượng, hàm lượng chất khô tổng số và hoạt lực protease các phần quả dừa

Bộ phận	Tỷ lệ khối lượng (%)	Chất khô tổng số (%)	Hoạt lực protease (U/g)
Chồi ngon	2,11	10,37	0,6170 ^a
Vỏ	51,94	13,12	0,4236 ^b
Lõi quả	4,16	11,30	0,2804 ^c
Thịt quả	28,86	14,70	0,2238 ^d
Lá	12,93		

Ghi chú: Trong cùng một cột, số liệu kèm chữ, những số có chữ khác nhau là khác nhau ở mức ý nghĩa 5%.

Bảng 2. Ảnh hưởng của nồng độ ethanol đến hiệu suất thu hồi và hoạt lực riêng của bromelain

STT	Nồng độ cồn (% v/v)	Hoạt lực (U/ml)	Hàm lượng protein (mg/ml)	Hiệu suất thu hồi (%)	Hoạt lực riêng.10 ⁻³ (U/mg protein)
1	0	0,6085	2,7891	100,00	218,17
2	50	0,1784	1,8042	29,32 ^a	98,89 ^a
3	60	0,3081	2,4132	50,63 ^b	127,68 ^b
4	70	0,4247	2,2492	69,80 ^c	188,84 ^c
5	80	0,4645	1,9481	76,33 ^d	238,42 ^d
6	90	0,3280	1,6739	53,89 ^e	195,96 ^e

Ghi chú: Trong cùng một cột, số liệu kèm chữ, những số có chữ khác nhau là khác nhau ở mức ý nghĩa 5%.

Bảng 1 cho thấy, phần thịt quả dùng trong chế biến chỉ chiếm 28,86%, còn lại là phế phụ phẩm. Trong các phế phụ phẩm thì phần vỏ chiếm khối lượng lớn nhất (51,94%), phần lá xanh bên ngoài chồi cũng chiếm khối lượng đáng kể (12,93%), tiếp đến là lõi (4,16%) và chồi ngọn (2,11%). Lá dứa rất cứng và có gai, thích hợp cho quá trình ủ chua làm thức ăn gia súc hoặc làm phân bón. Vỏ quả, lõi, chồi ngọn là những phụ phẩm lớn của công nghiệp chế biến dứa. So với lá, chúng mềm hơn và có thể được tận dụng để tách enzyme bromelain.

Enzyme bromelain có trong tất cả các phần của quả dứa với hoạt lực khác nhau. Hoạt lực protease trong phần chồi ngọn và vỏ quả là cao nhất (hoạt lực protease ở chồi ngọn cao gấp 2,20 lần so với hoạt lực trong lõi quả và gấp 2,76 lần so với thịt quả). Nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước cho kết quả tương tự. Ravindra et al. (2008) khi chiết bromelain từ lõi quả, chồi ngọn, vỏ và cuống quả bằng nước và đệm phosphate cũng thu được hoạt lực protease cao nhất ở phần chồi ngọn rồi đến vỏ quả. Đặng Thị Thu (2004) khẳng định bromelain thu nhận chủ yếu từ chồi và vỏ dứa. Đinh Thị Tình (2007) khi khảo sát hoạt lực protease trong các phần của quả dứa cũng cho kết quả tương tự. Như vậy, phần phế phụ phẩm có thể sử dụng để tách bromelain cho hiệu quả cao là vỏ quả và chồi ngọn. Tuy nhiên, trong hai loại phế phụ phẩm này, vỏ quả hiện đang được tận dụng để làm nước dứa ép, nước dứa cô đặc hoặc rượu vang. Do đó, phần phế phẩm thích hợp nhất cho tách chiết thu bromelain là chồi ngọn. Chúng tôi sử dụng phần chồi ngọn dứa làm nguyên liệu cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.2. Xây dựng quy trình tạo chế phẩm bromelain kỹ thuật dạng bột từ chồi ngọn dứa quy mô phòng thí nghiệm

3.2.1. Ảnh hưởng của nồng độ ethanol đến hiệu suất thu hồi và hoạt độ riêng của bromelain

Ethanol là một trong những dung môi hữu cơ thường sử dụng nhất trong việc kết tủa protein và thu hồi enzyme. Ethanol ở nồng độ cao háo nước, làm mất lớp vỏ hydrat của phân tử protein – enzyme và làm protein kết tủa. Tiến hành thu dịch chồi ngọn và kết

tủa bromelain bằng cồn. Phần kết tủa được hòa tan trở lại vào nước. Hoạt lực protease và hàm lượng protein của dịch hòa tan được xác định. Dựa trên đó, hiệu suất thu hồi và hoạt lực riêng của dịch hòa tan kết tủa được tính toán (Bảng 2).

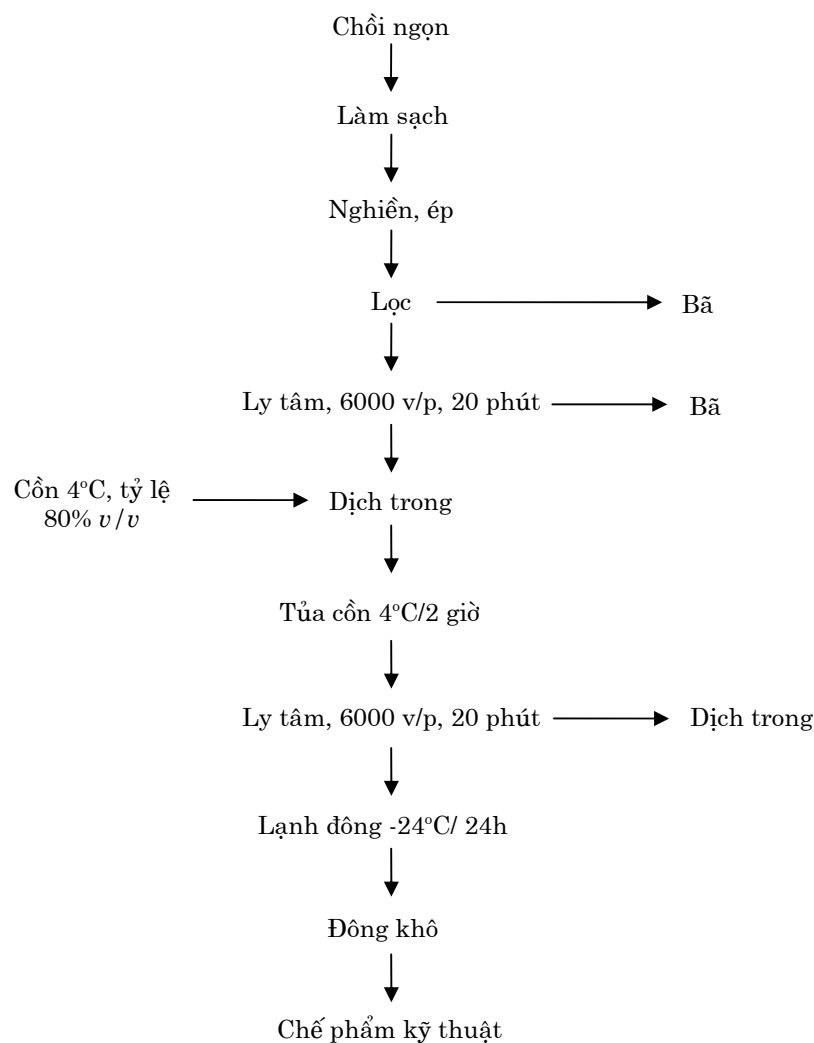
Kết quả thí nghiệm cho thấy, khi nồng độ cồn tăng từ 50% v/v - 80% v/v, hiệu suất thu hồi và hoạt lực riêng tăng. Sau đó, khi nồng độ cồn tăng từ 80% v/v - 90% v/v, hiệu suất thu hồi và hoạt lực riêng giảm. Tại nồng độ cồn 80% v/v hiệu suất thu hồi và hoạt lực riêng đạt cao nhất 76,33% và 0,2384 U/mg protein.

Khi so sánh với dịch nước dứa ban đầu, hoạt độ riêng của các kết tủa tại nồng độ cồn 50, 60, 70% v/v thấp hơn, điều này cho thấy chỉ có một phần nhỏ bromelain trong dịch dứa ban đầu được kết tủa, các protein còn lại trong kết tủa là các protein tạp. Ở phần kết tủa tại nồng độ cồn 80% v/v, hoạt lực riêng có cao hơn so với dịch enzyme ban đầu tuy nhiên sự chênh lệch không nhiều. Như vậy, trong kết tủa ở nồng độ cồn 80% v/v cũng còn một số protein tạp có trong dịch chiết dứa. Nếu để tạo một chế phẩm thật tinh sạch áp dụng trong y học, dược học hay trong phân tích thực phẩm, việc áp dụng một số kỹ thuật để nâng cao độ tinh sạch của chế phẩm như kết tủa phân đoạn hay sắc ký ái lực hay siêu lọc là cần thiết. Tuy nhiên, trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi tạm dừng ở việc thu nhận chế phẩm enzyme kỹ thuật áp dụng trong chế biến thực phẩm thì việc thu kết tủa tại nồng độ cồn 80%v/v là thích hợp. Kết tủa này sau đó có thể được hòa tan tạo dịch bromelain đặc hay sấy phun hoặc đông khô để tạo chế phẩm dạng bột khô.

Trong số ba cách tạo chế phẩm kể trên thì việc đông khô chế phẩm là phương án tốt nhất vì nhiều lý do. Hale et al. (2005) nghiên cứu độ bền của bromelain từ dứa đã chỉ ra rằng, chế phẩm bromelain đặc hơn có hoạt tính bị giảm chậm hơn so với chế phẩm loãng. Các tác giả cũng gợi ý rằng chế phẩm dạng khô có độ bền cao hơn chế phẩm dạng lỏng. Để tạo chế phẩm khô, theo Devakate và cộng sự (2008), việc sấy phun cho hiệu suất thu hồi thấp hơn so với đông khô kết tủa (73% so với 96%).

Bảng 3. Sự biến đổi một số chỉ tiêu của chế phẩm trước và sau đông khô

	Trước kết tủa	Trước đông khô	Sau đông khô
Khối lượng (g)	100,00	5,43	0,54
Độ ẩm (%)	10,37	90,97	10,00
Hoạt lực protease (U/g)	0,617	8,39	72,48
Hiệu suất thu hồi (%)		73,84	63,43



Hình 2. Quy trình tạo chế phẩm bromelain kỹ thuật từ chổi ngọn dứa

3.2.2. Làm khô kết tủa bằng đông khô

Tiến hành kết tủa dịch ép chồi ngọn bằng cồn ở nồng độ 80% thể tích. Phần kết tủa thu được được xác định khối lượng, hoạt lực và độ ẩm, sau đó đem đông khô đến độ ẩm 10% để tạo chế phẩm kỹ thuật. Thời gian đông khô là 3 giờ. Chế phẩm kỹ thuật được xác định khối lượng, hoạt lực, hàm lượng protein.

Từ 100 g chồi ngọn ban đầu sau khi thu dịch, kết tủa bằng cồn ở nồng độ 80% v/v và đông khô trong 3 giờ thu được 0,54 g chế phẩm kỹ thuật có độ ẩm 10% và hoạt lực protease 72,48 U/g chế phẩm. Hiệu suất thu hồi của quá trình là 63,43% (Bảng 3). So với enzyme thu được sau khi kết tủa bằng cồn, hoạt lực protease trong chế phẩm đã tăng lên 8,64 lần.

3.2.3. Quy trình thu chế phẩm bromelain từ chồi ngọn dứa

Từ những kết quả trên, quy trình tạo chế phẩm bromelain kỹ thuật được đưa ra ở quy mô phòng thí nghiệm từ chồi ngọn dứa (Hình 2).

Quy trình trên đây cho phép tạo chế phẩm bromelain ở dạng bột màu trắng ngà ứng dụng được trong công nghiệp chế biến thực phẩm. Trong chế phẩm này vẫn còn nhiều tạp chất. Để tạo được chế phẩm có độ tinh khiết cao hơn, việc làm sạch chế phẩm trước đông khô là cần thiết. Có thể dùng sắc ký ái lực, phân tách lỏng - lỏng, kết tủa phân đoạn hoặc siêu lọc để làm sạch. Công việc này sẽ được thực hiện trong phạm vi một nghiên cứu khác.

3.3. Một số đặc tính của bromelain chồi ngọn dứa

Để việc sử dụng chế phẩm bromelain trong công nghiệp thực phẩm được thuận tiện, việc xác định một số đặc tính của enzyme thu được là cần thiết. Cơ chất đặc

hiệu, nhiệt độ tối ưu, pH tối ưu và độ bền nhiệt của enzyme được nghiên cứu.

3.3.1. Cơ chất đặc hiệu

Hoạt lực protease của bromelain chồi ngọn được đo bằng phương pháp Anson cải tiến với các cơ chất: casein (2%), dịch chiết nấm men (2%), dịch peptone (2%). Tiến hành phản ứng trong điều kiện nhiệt độ 30°C và pH = 7.

Kết quả thí nghiệm cho thấy enzyme bromelain đều xúc tác thủy phân cả 3 cơ chất thí nghiệm nhưng mức độ thủy phân khác nhau. Casein bị thủy phân mạnh nhất sau đó đến peptone, thấp nhất là cao nấm men (Bảng 4). Kết quả này cho thấy bromelain từ dứa có thể được sử dụng trong việc làm mềm thịt; làm tăng giá trị của các loại thịt có phẩm cấp thấp như các loại thịt có nhiều gân; làm đồng nhất hàm lượng protein trong các loại thịt mà protein phân bố không đều; sử dụng trong sản xuất các loại nước chấm từ phụ phẩm của chế biến thịt. Bromelain thủy phân cao nấm men yếu, do vậy enzyme này ít có khả năng ứng dụng trong sản xuất dịch aminoacid từ sinh khối nấm men như men sữa trong sản xuất bia.

3.3.2. Nhiệt độ tối ưu

Nhiệt độ là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hoạt lực của enzyme. Mỗi enzyme có một khoảng nhiệt độ hoạt động xác định. Khoảng nhiệt độ này có thể cao hay thấp phụ thuộc từng loại enzyme. Trong khoảng giới hạn có một giá trị nhiệt độ mà tại đó hoạt độ của enzyme là cao nhất. Việc xác định được nhiệt độ tối ưu của enzyme là cần thiết để thực hiện các phản ứng đạt hiệu quả cao nhất.

Thí nghiệm xác định nhiệt độ tối ưu được tiến hành trên cơ chất casein, môi trường phản ứng có pH = 7 và nhiệt độ phản ứng thay đổi từ 45 - 65°C. Kết quả thể hiện trong bảng 5.

Bảng 4. Ảnh hưởng của cơ chất đến hoạt lực protease của chế phẩm

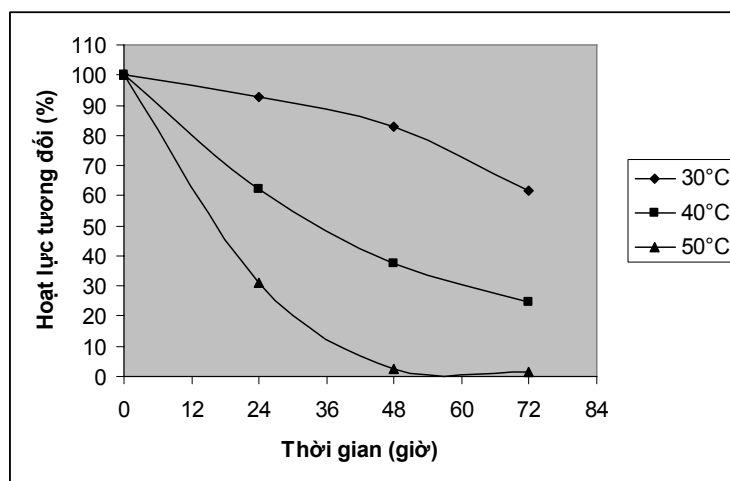
Cơ chất	Hoạt lực (U/ml)
Casein	0,4848 ^a
Pepton	0,2335 ^b
Cao nấm men	0,0944 ^c

Ghi chú: Số liệu kèm chữ, những số có chữ khác nhau là khác nhau ở mức ý nghĩa 5%.

Bảng 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hoạt lực của bromelain

Nhiệt độ (°C)	Hoạt lực (U/ml)
45	0,5213 ^a
50	0,5439 ^b
55	0,6070 ^c
60	0,4425 ^d
65	0,3466 ^e

Ghi chú: Số liệu kèm chữ, những số có chữ khác nhau là khác nhau ở mức ý nghĩa 5%.



Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến độ bền của bromelain

Bảng 6. Ảnh hưởng của pH đến hoạt lực của bromelain

pH	Hoạt lực (U/ml)
5,5	0,2252 ^a
6,0	0,4216 ^b
6,5	0,5219 ^c
7,0	0,4741 ^d
7,5	0,4350 ^b

Ghi chú: Số liệu kèm chữ, những số có chữ khác nhau là khác nhau ở mức ý nghĩa 5%.

Kết quả đã cho thấy nhiệt độ có ảnh hưởng đến hoạt động của bromelain. Khi nhiệt độ thay đổi từ 45 - 55°C, nhiệt độ tăng thì hoạt lực enzyme tăng, khi nhiệt độ tiếp tục tăng thì hoạt lực enzyme giảm. Nhiệt độ cao đã làm biến tính phân tử protein - enzyme và làm vận tốc phản ứng giảm. Enzyme thể hiện hoạt lực lớn nhất tại mức nhiệt độ là 55°C. Vậy nhiệt độ tối thích cho hoạt động của bromelain từ chồi ngọn dứa là 55°C.

3.3.3. Độ bền nhiệt

Bromelain chồi ngọn được ủ ở các mức nhiệt độ 30°C, 40°C, 50°C, trong môi trường nước cất có pH = 6,8, thời gian ủ là 72 giờ. Trong thời gian ủ, hoạt lực của bromelain giảm theo thời gian nhưng mức giảm là khác nhau tùy thuộc vào nhiệt độ ủ. ở nhiệt độ 30°C, hoạt lực enzyme giảm chậm, sau 72 giờ hoạt lực vẫn còn 61,79% so với ban đầu. ở nhiệt độ 40 và 50°C, hoạt lực giảm nhanh, sau 72 giờ, hoạt lực chỉ còn 1,33% ở 50°C và 24,59% ở 40°C (Hình 3).

Như vậy, enzyme bromelain là enzyme không chịu nhiệt và mức độ giảm hoạt tính phụ thuộc nhiệt độ tồn trữ.

3.3.4. pH tối ưu

pH môi trường phản ứng ảnh hưởng lớn đến hoạt động xúc tác của enzyme vì nó ảnh hưởng đến mức độ ion hóa cơ chất, mức độ ion hóa enzyme, do đó ảnh hưởng đến sự tạo phức hợp enzyme - cơ chất. Ngoài ra, pH còn ảnh hưởng đến độ bền phân tử protein - enzyme. Để tìm ra pH tối ưu cho hoạt động xúc tác của bromelain, chúng tôi tiến hành phản ứng ở pH từ 5,5 đến 7,5. Kết quả thể hiện trong bảng 6.

Kết quả cho thấy, pH có ảnh hưởng lớn đến hoạt lực của enzyme. Khi pH tăng từ 5,5 đến 6,5, hoạt lực protease tăng; khi pH tăng từ 6,5 đến 7,5, hoạt lực protease giảm. Như vậy, pH tối ưu cho hoạt động xúc tác của bromelain là 6,5.

4. KẾT LUẬN

Enzyme bromelain có trong tất cả các phần của quả dứa, nhưng tập trung nhiều nhất trong chồi ngọn. Có thể tạo chế phẩm bromelain kỹ thuật từ chồi ngọn dứa ở quy mô phòng thí nghiệm bằng cách kết tủa dịch chồi ngọn ở nồng độ cồn 80% v/v sau đó đông khô kết tủa trong 3 giờ. Quy trình trên cho sản phẩm bromelain ở dạng bột khô màu trắng ngà, độ ẩm 10% và hoạt lực là 72,48 U/g. Hiệu suất thu hồi của quá trình đạt 63,43%. Bromelain chồi ngọn dứa có nhiệt độ tối ưu là 55°C, pH tối ưu 6,5, kém chịu nhiệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Devakate R.V., V.V. Patil, S.S. Waje, B.N. Thorat (2009). Purification and drying of bromelain. Separation and Purification Technology, 64, p. 259–264. Accepted 28 September 2008.
- Evens M. (2006). Extraction et formulation de la bromelain d'ananas. Travail de fin d'études DEA. Université catholique de Louvain.
- Guangxi Nanning Javelly Biological Products Co., Lts (2008). Bromelain. Truy cập 15/12/2008.
- Hale L. P., Paula K. G., Chau T. T., Cindy L. J. (2005). Proteinase activity and stability of natural bromelain preparations. International Immunopharmacology, 5, p. 783–793.
- Hebbbar H. U., B. Sumana, K.S.M.S. Raghavarao (2008). Use of reverse micellar systems for the extraction and purification of bromelain from pineapple wastes. Bioresource Technology, 99, p. 4896–4902.
- Huali Nie, Shubai Li, Yuting Zhou, Tianxiang Chen, Zhiyan He, Sainan Su, Haitao Zhang, Yong Xue, Limin Zhu (2008). Purification of bromelain using immobilized metal affinity membranes. Abstracts / Journal of Biotechnology 136S, S402–S459.

- Nguyễn Bá Mùi (2002). Nghiên cứu phụ phẩm dứa ử chua làm thức ăn gia súc. Luận án tiến sĩ nông nghiệp, Trường Đại học Nông nghiệp, Hà Nội.
- Lê Thanh Mai, Nguyễn Kiều Hùng (2005). Khảo sát khả năng làm mềm thịt của enzym bromelain thu được từ phần phế liệu dứa- chồi ngọn. Đề tài nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Mở Tp. Hồ Chí Minh.
- Nutranews (2005). La bromélane, une enzyme protéolytique aux propriétés multiples. . Truy cập 15/3/2008.
- Rowan A. D., D. J. Buttlet and A. J. Barrett (1990). The cysteine proteinases of the pineapple plant. *Biochem. J.* 266, p.869-875.
- Rabelo A.P.B., E.B. Tambourgi, A. Pessoa Jr. (2004). Bromelain partitioning in two-phase aqueous systems containing PEO–PPO–PEO block copolymers, *J. Chromatogr.*, B 807, p. 61–68.
- Ravindra B. B., N.K. Rastogi, K.S.M.S. Raghavara (2008). Liquid–liquid extraction of bromelain and polyphenol oxidase using aqueous two-phase system. *Chemical Engineering and Processing*, 47, p. 83–89.
- Đinh Thị Tình (2007). Xác định hoạt lực và tách sơ bộ enzyme bromelain từ phụ phẩm dứa. Khoa luận tốt nghiệp đại học, Trường Đại học Nông nghiệp, Hà Nội.
- Đặng Thị Thu, Nguyễn Thị Xuân Sâm, Tô Kim Anh (1997). Thí nghiệm Hóa sinh công nghiệp. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, tr. 19-20, 73-78.
- PGS. TS. Đặng Thị Thu, PGS. Lê Ngọc Tú, TS. Tô Kim Anh, PGS. TS. Phạm Thu Thủy, TS. Nguyễn Thị Xuân Sâm (2005). Công nghệ enzyme. NXB. Khoa học và kỹ thuật, tr. 16, tr. 230-231.
- Lê Ngọc Tú (2004). Hóa sinh công nghiệp. NXB. Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.