

TÁCH CÁC PHÂN ĐOẠN CHITOSAN CHIẾU XẠ BẰNG MÀNG SIÊU LỌC VÀ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CHÚNG TRONG HOÀN TẤT VẢI BÔNG

Lưu Thị Tho¹*, Nguyễn Văn Thông², Vũ Thị Hồng Khanh³, Trần Minh Quỳnh⁴

¹Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp

²Viện Dệt May

³Viện Dệt May - Da giày và Thời trang, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

⁴Trung tâm chiếu xạ Hà Nội

Đến Tòa soạn 12-9-2013

Abstract

Three kind of Vietnamese chitosans with the same deacetylation degrees of about 75% and viscosity average molecular weights are 69.000, 187.000 and 345.000Da, respectively, were produced from shrimp shells and cuttle-bone at the MTV chitosan company (Kien Giang). These chitosans were irradiated at 25, 50, 75, 100, 200 and 500 kGy under Cobalt-60 gamma source at Hanoi Irradiation Center in order to prepare a series of chitosan segments with wide distribution of molecular weights. Different chitosan samples of the predetermined average molecular weight from 3,000 to 50.000Da were separated from the irradiated chitosans by ultrafiltration with series of filter membranes (Centriprep devices). Molecular properties of the fragmented chitosans were analysed with gel permeation chromatography, Fourier transfer infra red spectrometry, and the results suggested that principal characteristics of chitosan were not affected by gamma irradiation, even its deacetylation degrees was increased. Solubility of the fragmented chitosans were much improved by radiation processing, and the chitosans having molecular weights below 5.000Da were water-soluble polymers, which can easily apply as the auxiliary agent in textile.

Keywords: Fragmentation, chitosan, molecular weight, deacetylation degrees, gamma irradiation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chitin và chitosan đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau, từ công nghiệp thực phẩm, y tế, mỹ phẩm, dược phẩm cho đến các lĩnh vực công nông nghiệp khác [1-3]. Mặc dù chitosan hòa tan khá tốt trong các dung dịch axit loãng, song lại rất khó hòa tan trong nước thậm chí ở nồng độ rất thấp, làm ảnh hưởng đáng kể đến khả năng ứng dụng thực tiễn của nó, đặc biệt là khi ứng dụng chúng làm vật liệu trợ dệt trong quá trình hoàn tất sợi vải [4]. Tuy nhiên, các oligo-chitosan có khối lượng phân tử thấp có thể hòa tan trong nước ở mức độ nhất định. Các oligo này có thể đạt được bằng cách thủy phân trong dung dịch axit, phân hủy enzyme hay cắt mạch bằng phương pháp vật lý gồm chiếu xạ vi sóng, chùm điện tử, bức xạ gamma. Trong đó, bức xạ gamma đã được chứng minh là công cụ hiệu quả trong việc phân hủy không chỉ đối với chitosan mà nhiều loại polyme loại phân hủy khác, trong khi không làm ảnh hưởng đến đặc tính hóa lý và hoạt tính sinh học của polyme ban đầu [5]. Trong những nghiên cứu trước, chúng tôi đã chỉ ra

khối lượng phân tử trung bình nhất của chitosan giảm nhanh khi chiếu xạ, tuy nhiên sản phẩm chitosan cắt mạch có phân bố khối lượng phân tử khá rộng và chỉ một phần rất nhỏ có thể hòa tan trong nước [6-8]. Để thu được các phân đoạn chitosan có khối lượng phân tử đồng nhất, chitosan chiếu xạ được tách phân đoạn theo các giới hạn khối lượng phân tử khác nhau.

Nhiều kỹ thuật đã được áp dụng để tách chiết các phân đoạn polyme có kích thước phân tử khác nhau như kết tủa, khuếch tán, lắng lọc, sắc ký... trong đó kết tủa và lọc ly tâm là hiệu quả nhất đối với chitosan vì độ nhớt cao của nó. Trong khi kết tủa đòi hỏi phải sử dụng một số hệ dung môi khác nhau cho từng phân đoạn và khó có thể tách biệt chính xác theo khối lượng phân tử, kỹ thuật siêu lọc lại đòi hỏi phải sử dụng các loại màng lọc có kích thước nhất định. Trong nghiên cứu này, các ống lọc ly tâm Centriprep với giới hạn khối lượng phân tử quy định (Nominal Molecular Weight Limits) là 3, 10, 30 và 50 kDa được ký hiệu là YM3, YM5, YM10, và YM50 tương ứng được sử dụng để tách các phân đoạn chitosan trong khoảng khối lượng phân tử dưới 50.000 Da.

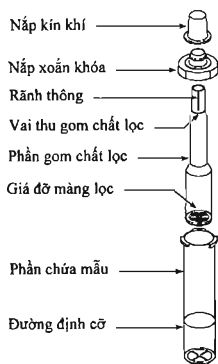
Bên cạnh đó ống lọc UF-4 có giới hạn khối lượng phân tử (Molecular Weight Cut-Off) MWCO 5000 Da cũng được sử dụng để tách phân đoạn có khối lượng phân tử trong khoảng 3 đến 10 kDa.

Sau khi tách phân đoạn, các đặc tính cơ bản của chitosan phân đoạn gồm khối lượng phân tử, phân bố khối lượng phân tử, mức độ deacetyl hóa và tính tan trong nước của chúng được xác định để đánh giá khả năng ứng dụng của chúng làm chất trợ dệt.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Nguyên vật liệu

Ba loại chitosan (CTS1, CTS2 và CTS3) nguồn gốc vỏ tôm và xương mực có mức độ deacetyl hóa khoảng 75 % và khối lượng phân tử trung bình nhất tương ứng là 69, 187 và 345 kDa như xác định trong nghiên cứu trước [6] đã được mua từ công ty MTV chitosan Việt Nam (Kiên Giang). Axit Acetic (glacial), ethanol (99,5 %) được mua từ công ty hóa chất DeaJung (Gyeonggi, Hàn Quốc). Kali bromua, natri acetat và amonium acetat được mua từ hãng Merck (Đức).



Hình 1: Cấu tạo dụng cụ lọc mẫu Centriprep

Dụng cụ lọc ly tâm Centriprep được mua từ công ty Nihon Milipore Ltd, (Nhật Bản). Ống lọc phân đoạn Concentrator với MWCO 5000 được mua từ hãng Life Science Products Inc., (Hoa Kỳ). Cấu trúc của các dụng cụ lọc ly tâm này được trình bày trên hình 1. Đây là loại ống ly tâm có nắp khóa chịu được lực ly tâm cực đại đến 3000 g, trang bị màng siêu lọc có kích thước khác nhau dùng làm giàu và

khử muối các mẫu sinh học có thể tích từ 2 đến 15 ml. Chúng cũng được sử dụng cho các ứng dụng lọc và tách các polyme, nhất là các polyme sinh học mà không làm ảnh hưởng đến hoạt tính của chúng.

2.2. Phương pháp chiếu xạ và tách các phân đoạn chitosan có trọng lượng phân tử khác nhau

Chitosan đã được đóng vào các túi PE, mỗi túi khoảng 100 g và được chiếu xạ trên nguồn chiếu gamma với dải liều chiếu 25, 50, 75, 100, 200 và 500 kGy như trong nghiên cứu trước. Một số mẫu chitosan chiếu xạ liều cao được sử dụng làm nguyên liệu đầu để tách các phân đoạn chitosan.

Đầu tiên, chitosan chiếu xạ được hòa tan hoàn toàn trong axit axetic 0,2 M thành dung dịch 5 %. Sau đó 15 ml dung dịch này được đưa vào ống lọc ly tâm YM-50, ly tâm với tốc độ 1000xg trong khoảng 20 phút trên máy ly tâm Centrifuge (Hoa Kỳ) để tách phân đoạn chitosan có khối lượng phân tử lớn hơn 50.000 Da, được ký hiệu là PD1. Dung dịch thu được tiếp tục được lọc ly tâm với ống lọc YM-30, thu được dung dịch chứa chitosan có khối lượng phân tử giới hạn trong khoảng $3 \sim 5 \times 10^4$ Da, ký hiệu là PD2. Tiếp tục quá trình như vậy thu được các dung dịch chitosan PD3, PD4, PD5 và PD6 có khoảng khối lượng phân tử $1 \sim 3 \times 10^4$; $5 \sim 10 \times 10^3$; $3 \sim 5 \times 10^3$ và $< 3 \times 10^3$ Da tương ứng.

Các dung dịch chitosan được làm giàu và kết tủa trong ethanol. Rửa sạch vài lần bằng nước cất và sấy khô đến khối lượng không đổi trong tủ sấy chân không (Shellab, Vương quốc Anh) ở 60 °C trong 24 giờ để thu được các mẫu chitosan phân đoạn. Tỷ lệ các phân đoạn thu được từ cùng loại chitosan chiếu xạ được xác định để đánh giá hiệu quả tách.

2.3. Đặc trưng của các phân đoạn chitosan

Các đặc tính phân tử của các mẫu chitosan phân đoạn được xác định bằng hệ sắc ký thẩm thấu (GPC-SEC, Aligent, Hoa Kỳ) trang bị các detector độ nhớt, tán xạ ánh sáng, từ ngoại và khúc xạ với chỉ số khúc xạ 1,331. Mẫu chitosan được hòa tan trong dung môi hỗn hợp gồm axit acetic 0,2 M và natri axetat 0,1 M thành dung dịch có nồng độ 2 mg/mL, lọc qua màng lọc kích thước 0,22 μ m trước khi bơm vào sắc ký. Hỗn hợp dung môi này cũng được sử dụng làm pha động trong quá trình chạy sắc ký, tốc độ dòng được đặt là 1 ml/phút cho tất cả các mẫu phân tích. Phân bố khối lượng phân tử của chitosan được ghi lại trên sắc đồ, và được xử lý bằng phần mềm phân tích phổ ASTRA để xác định khối lượng phân tử trung bình và chỉ số đa phân tán của nó. Sắc đồ cũng chỉ rõ phân bố khối lượng phân tử của mẫu do.

Cấu trúc phân tử của chitosan phân đoạn cũng được phân tích bằng phổ hồng ngoại chuyển hóa Furrier (FT-IR, Perkin Elmer Spectrum 2000, Anh quốc). Chitosan sau khi sấy khô được trộn đều với KBr và ép thành mẫu có dạng đĩa mỏng. Mẫu được đặt vào giá để mẫu và phổ hồng ngoại được ghi lại sau khi đã loại bỏ nhiễu tín hiệu gây ra do không khí. Diện tích các đỉnh phổ được xác định bằng phần mềm phân tích phổ IR Spectrum 2.0. Mức độ deacetyl hóa của mẫu được tính theo công thức:

$$DD = 100 - \frac{S_{1650}}{S_{3450}} \times a$$

Trong đó S_{1650} và S_{3450} là diện tích các đỉnh phổ tại số sóng 3450 và 1650 cm^{-1} đặc trưng cho các nhóm chức -OH và -COCH₃ trong phân tử chitosan, và a là hệ số thực nghiệm. Hệ số thực nghiệm này phụ thuộc vào loại thiết bị phân tích và phương pháp áp dụng. Trong nghiên cứu này, hệ số thực nghiệm được tính bằng 115 [6].

Khả năng tan của các phân đoạn chitosan được xác định thông qua thời gian hòa tan tính theo phút của 1 g mẫu chitosan trong 100 ml nước hoặc các dung dịch axit axetic loãng.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiệu quả tách các phân đoạn chitosan bằng màng siêu lọc

Các phân đoạn chitosan khác nhau được tách ra từ chitosan chiếu xạ liều trên 100 kGy. Tỷ lệ các phân đoạn khác nhau được xác định dựa vào tổng lượng chitosan chiếu xạ trước khi tách và khối lượng chitosan phân đoạn thu được sau khi sấy khô. Hiệu quả tách cũng được tính theo tỷ lệ phần trăm tổng lượng chitosan thu được sau quá trình tách. Bảng 1 trình bày lượng chitosan phân đoạn thu được và hiệu quả tách phân đoạn từ các mẫu chitosan chiếu xạ khác nhau.

Bảng 1: Tỷ lệ các phân đoạn tách được từ các mẫu chitosan chiếu xạ khác nhau

Mẫu chitosan phân đoạn	Hàm lượng chitosan (%) thu được sau khi tách phân đoạn từ			
	CTS1-100 kGy	CTS2-100 kGy	CTS2-200 kGy	CTS3-200 kGy
PD1	22,22	1,78	0,37	0,12
PD2	44,04	11,94	1,56	0,87
PD3	9,76	48,76	3,49	1,32
PD4	2,56	23,13	23,35	15,09
PD5	1,62	2,31	57,57	31,82
PD6	13,78	7,27	9,28	45,71
Hiệu quả tách	93,98	95,19	95,62	94,93

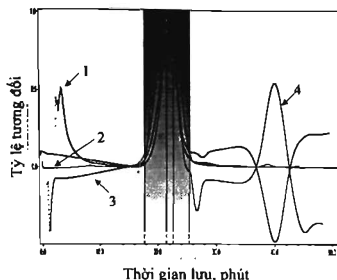
Có thể nhận thấy rằng mỗi mẫu chitosan chiếu xạ đều chứa tất cả các phân đoạn, nhưng với hàm lượng khác nhau rất lớn phụ thuộc vào nguồn gốc ban đầu và liều chiếu sử dụng. Trong khi các phân đoạn khối lượng phân tử trên 10^4 Da được tách ra chủ yếu từ chitosan nguồn gốc vò tôm chiếu xạ, các phân đoạn có khối lượng phân tử thấp hơn được tách ra từ chitosan nguồn gốc mai mực, là loại có khối lượng phân tử thấp hơn rất nhiều. Điều này hoàn toàn phù hợp, do khối lượng phân tử trung bình của CTS1 chiếu xạ liều 500 kGy vào khoảng $1,4 \times 10^4$ Da như chỉ ra trong nghiên cứu trước, cao hơn giới hạn khối lượng phân tử của phân đoạn PD3. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này chúng tôi chỉ sử dụng các loại chitosan chiếu xạ liều thấp dưới 200 kGy do liều chiếu cao là không mong muốn vì lý do kinh tế. Kết quả bảng 1 cũng cho thấy hiệu quả tách phân đoạn đạt được khá cao (khoảng 95 %), nghĩa là chỉ 5 % lượng mẫu đã bị mất đi trong các quá trình hòa tan, kết tủa và rửa mẫu.

Như vậy, kỹ thuật tách bằng màng siêu lọc là phương pháp hiệu quả cao, và có thể thu được nhiều phân đoạn khác nhau trong cùng quá trình tách. Hơn nữa, quá trình tách được thực hiện tuần tự qua các màng lọc có giới hạn khối lượng phân tử gần nhau nên mẫu chitosan phân đoạn đạt được có độ đồng nhất cao. Điều này có thể kiểm chứng thông qua sắc đồ phân bố khối lượng phân tử của chitosan phân đoạn được tiến hành tiếp sau. Tuy nhiên, do quá trình tách phân đoạn gồm nhiều bước, tiêu tốn thời gian và nguyên vật liệu, nên cần phải đánh giá về hiệu quả kinh tế khi ứng dụng trong thực tiễn.

Nghiên cứu về ảnh hưởng của xử lý chiếu xạ và việc tách lọc đến đặc tính của các phân đoạn chitosan khác nhau, chúng tôi chỉ sử dụng các phân đoạn tách được từ chitosan nguồn gốc vò tôm CTS2 có khối lượng phân tử trung bình khoảng 187.000 Da, chiếu xạ liều 100 kGy, vì hàm lượng các phân đoạn đạt được đều phù hợp cho các phân tích tiếp theo. Hơn nữa, việc lựa chọn cùng loại chitosan ban đầu giúp việc so sánh trở nên chính xác hơn.

3.2. Đặc tính phân tử của phân đoạn chitosan

Đặc tính phân tử của chitosan đã được xác định bằng sắc ký thẩm thấu GPC-SEC. Sau khi bơm mẫu, tốc độ rửa giải của polyme được ghi lại theo thời gian. Hình 2 thể hiện sắc đồ của mẫu chitosan điển hình. Có thể thấy rõ sự sai khác về đáng điệu các đường cong ghi được, tuy các đỉnh và độ rộng phổ, nghĩa là khối lượng phân tử cực đại và phân bố của mẫu khác biệt không đáng kể. Như vậy, việc sử dụng nhiều detector đồng thời giúp làm tăng tính chính xác của giá trị khối lượng phân tử trung bình và phân bố khối lượng phân tử của mẫu.



Hình 2: Sắc đồ của chitosan ghi được với các detector khác nhau: (1) tán xạ ánh sáng, (2) từ ngoại, (3) độ nhớt và (4) chỉ số khúc xạ

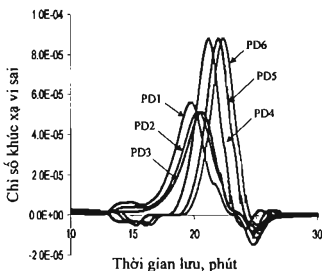
Các phân đoạn chitosan khác nhau đã được hòa tan cùng nồng độ 1 mg/ml và đặc tính phân tử được phân tích bằng sắc ký thẩm thấu với cùng điều kiện. Giá trị khối lượng phân tử trung bình số (M_n), khối lượng phân tử trung bình khối (M_w), tỷ số đa phân tán (PDI) của các phân đoạn chitosan đã được xác định thông qua phân mềm phân tích sắc đồ ASTR, và kết quả được trình bày trên bảng 2.

Bảng 2: Thông số phân tử của các phân đoạn chitosan tách được

Mẫu chitosan	M_n , 10^3 Da	M_w , 10^3 Da	PDI
PD1	46,9	81,14	1,73
PD2	30,46	47,52	1,56
PD3	18,66	28,37	1,52
PD4	6,72	9,61	1,43
PD5	4,04	5,25	1,30
PD6	2,83	3,91	1,38

Kết quả bảng 2 cho thấy, các sản phẩm chitosan phân đoạn có chỉ số đa phân tán thấp hơn nhiều so với cả chitosan ban đầu và chitosan chiếu xạ, chứng tỏ các phân đoạn chitosan tách được bao gồm các phân tử có kích thước tương đối đồng đều. Khối lượng phân tử trung bình của tất cả các phân đoạn đều nằm trong khoảng giới hạn của ống lọc sử dụng để tách mẫu. Kết quả này là hoàn toàn phù hợp do chỉ những phân tử polyme có kích thước nhỏ hơn giới hạn của màng lọc mới có thể đi qua. Trong nghiên cứu này, chúng tôi cũng áp dụng phương pháp tán xạ ánh sáng để xác định tỷ số khúc xạ dn/dc của các mẫu chitosan phân đoạn, giúp hiệu chỉnh sắc đồ ghi được của detector chỉ số khúc xạ và kết quả tính khối lượng phân tử trung bình.

Bảng 2 cũng chỉ ra chỉ số đa phân đoạn của mẫu chitosan giảm xuống theo khối lượng trung bình của nó, mặc dù chỉ số này tăng lên chút ít ở mẫu phân đoạn có khối lượng phân tử thấp nhất (PD6). Điều này có thể là do mẫu PD6 bao gồm tất cả các phân tử chitosan có kích thước phân tử dưới 3000 Da thu được sau kết tủa, vì nghiên cứu này chỉ sử dụng màng lọc có giới hạn khối lượng phân tử lớn hơn.



Hình 3: Phân bố khối lượng phân tử của các phân đoạn chitosan khác nhau (PD1; PD2; PD3; PD4; PD5; PD6)

Phân bố khối lượng phân tử của các phân đoạn chitosan khác nhau được trình bày trên hình 3. Có thể thấy rõ các phân đoạn polyme có kích thước phân tử lớn hơn sẽ rửa giải sớm hơn. Hình 3 cũng cho thấy độ rộng phân bố khối lượng phân tử giảm dần theo kích thước các phân đoạn. Kết quả này lần nữa chứng tỏ các phân đoạn khối lượng phân tử thấp hơn gồm những phân tử chitosan có kích thước đồng đều hơn.

3.3. Mức độ deacetyl hóa của chitosan phân đoạn

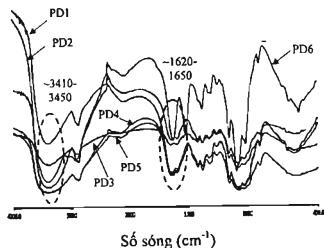
Mức độ deacetyl hóa của chitosan phân đoạn được xác định thông qua phổ hồng ngoại của nó.

Hình 4 thể hiện phổ hồng ngoại chuyển hóa Furrier (FT-IR) của tất cả các phân đoạn chitosan thu được.

Các đỉnh phổ đặc trưng cho các nhóm chức của chitosan đều được ghi nhận trên phổ đồ FT-IR của bất kỳ phân đoạn chitosan nào, chứng tỏ cấu trúc hóa học của chitosan hoàn toàn không bị ảnh hưởng bởi chiếu xạ và tách phân đoạn.

Ngoài đỉnh phổ lớn nhất trong khoảng 3410-3450 cm^{-1} đặc trưng cho nhóm hydroxyl OH^+ , có thể thấy rõ các đỉnh phổ tại 1630, 1530, 1380 cm^{-1} , đặc trưng cho giao động uốn của các nhóm chức C=O

của amide bậc I, N-H của nhóm amin và amide bậc II, biến dạng đối xứng của nhóm CH_3 trong cấu trúc của các phân đoạn chitosan. Các dao động giãn của liên kết C—O—C bất đối xứng (liên kết glucoside) và C—N cũng xuất hiện tại khoảng 1150 cm^{-1} . Từ diện tích các đỉnh phổ đặc trưng cho các nhóm chức C=O và —OH của phân tử chitosan tại khoảng $3410\text{--}3450$ và $1620\text{--}1650\text{ cm}^{-1}$, mức độ deacetyl hóa của các phân đoạn chitosan đã được xác định và kết quả cho thấy không có sự khác biệt đáng kể về mức độ deacetyl hóa giữa các mẫu chitosan, mặc dù giá trị tính được đối với phân đoạn chitosan cao hơn một chút so với chitosan ban đầu trước khi chiếu xạ.



Hình 4: Phổ hồng ngoại chuyển hóa Fourier của các phân đoạn chitosan khác nhau (PD1; PD2; PD3; PD4; PD5; PD6)

3.4. Tính tan của chitosan phân đoạn

Khả năng hòa tan trong nước và các dung dịch axit axetic loãng của các phân đoạn chitosan được xác định theo thời gian tan ở nhiệt độ phòng và kết quả được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3: Thời gian tan trong nước và axit axetic loãng của các mẫu chitosan phân đoạn tính theo phút

Mẫu chitosan	Nồng độ dung môi axit axetic, %						
	0	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	5,0
PD1	Ins	Ins	Ins	200	90	60	50
PD2	Ins	Ins	210	165	70	40	35
PD3	Ins	300	150	60	30	17	15
PD4	8	7	6	5	5	4	4
PD5	5	5	4	4	3	2	2
PD6	4	3	3	3	2	2	1

Ins: Không tan (insoluble).

Có thể thấy tất cả các mẫu chitosan đều tan trong dung dịch axit axetic có nồng độ trên $0,5\%$. Ở nồng độ axit thấp hơn, mẫu phân đoạn PD1 và PD2 gần như không tan, trong khi PD3 tan rất chậm, điều này chứng tỏ các loại chitosan có khối lượng phân tử cao trên 10.000 Da rất khó tan trong axit axetic loãng. Các phân đoạn chitosan có kích thước nhỏ hơn, PD4, PD5 và PD6 không những hòa tan hoàn toàn trong dung dịch axit mà còn có thể tan trong nước với tốc độ khác nhau. Như vậy, có thể khẳng định các phân đoạn chitosan có kích thước phân tử dưới 5.000 Da có thể hòa tan hoàn toàn trong nước, trong thời gian ngắn (dưới 5 phút). Điều này giúp cho các phân đoạn chitosan này có thể dùng trong các ứng dụng đòi hỏi phải hòa tan cao như làm chất kích thích sinh trưởng thực vật, chất gia tăng khả năng miễn dịch, ứng dụng trong nông nghiệp, hay các chất trợ dệt trong quá trình hoàn tất vải bông [9].

4. KẾT LUẬN

Các loại chitosan có khối lượng phân tử thấp có thể được tạo ra từ chitosan thương mại bằng phương pháp chiếu xạ cắt mạch. Kỹ thuật tách phân đoạn dùng màng lọc ly tâm đã chứng tỏ là phương pháp hiệu quả trong việc tạo ra các phân đoạn chitosan có khoảng phân bố khối lượng phân tử đồng đều phù hợp cho mục đích ứng dụng thực tiễn. Cấu trúc hóa học của chitosan phân đoạn không bị ảnh hưởng bởi quá trình xử lý chiếu xạ và tách lọc, giúp duy trì các đặc tính hóa lý cũng như hoạt tính sinh học của nó. Tính tan của chitosan tăng lên sau khi chiếu xạ, thậm chí các phân đoạn chitosan có khối lượng phân tử trung bình dưới 10.000 Da có thể tan hoàn toàn trong nước, giúp tăng khả năng ứng dụng thực tiễn của chúng.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn Viện Dệt may và Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội (Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam) là các đơn vị chủ trì và hợp tác thực hiện đề tài cấp Nhà nước: Nghiên cứu ứng dụng Công nghệ chiếu xạ tia gamma trong ngành dệt, mã số đề tài: 06/HĐ-ĐT2010/ĐVPX, đã tạo điều kiện thuận lợi để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. M. Ravi Kuma. *A review of chitin and chitosan applications*, Reactive and Functional Polymers, 46(1), 1-27 (2000).
2. Muzzarelli RAA, Peter MG. Eds. *Chitin Handbook*. European Chitin Society. ISBN 88-86889-01-1, Italy (1997).
3. Sevda Senel, Susan J. McClure. *Potential applications*

- of chitosan in veterinary medicine*, Advanced Drug Delivery Reviews, 56, 1467-1480 (2004).
4. Achwal WB. *Chitosan and its derivatives for textile finishing*, Colourage, 50(8), 52-76 (2003).
 5. Choi. WS, Ahn. KJ, Lee DW, Byun MW, Park HJ. *Preparation of chitosan oligomers by irradiation*, Polym Deg Stab., 78, 533-538 (2002).
 6. Luu Thị Tho, Nguyễn Văn Thông, Trần Minh Quỳnh, Vũ Thị Hồng Khanh. *Ảnh hưởng của xử lý chiếu xạ gamma đến trọng lượng phân tử của chitosan*, Tạp chí Hóa học, 51(4), 424-429 (2013).
 7. WF. Steven. *Production of chitin and chitosan: Refinement and sustainability of chemical and biological processing*, In: Chitin and chitosan in life science, Kodansha Scientific Ltd., Tokyo, 293-300 (2001).
 8. Nguyễn Duy Lâm, Trần Minh Quỳnh, Trần Băng Diệp và CS. *Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Bộ "Nghiên cứu cải tiến tính năng và chế tạo mới vật liệu làm màng bao từ chitosan bằng xử lý chiếu xạ để bảo quản quả tươi và hạt giống"*, Bộ Khoa học Công nghệ (2003).
 9. Simona Strnad, Olivera Sauper, Anita Jazbec and Karin Stana-Kleinschek. *Influence of Chemical Modification on Sorption and Mechanical Properties of Cotton Fibers Treated with Chitosan*. Textile Research Journal, 78(5), 390-397 (2008).

Liên hệ: Luu Thị Tho

Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp
456 Minh Khai, Hai Bà Trưng, Hà Nội
Email: luuthitho279@yahoo.com.vn
Điện thoại: 0988278230.