

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**



**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
NGÀNH CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM**

**ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ ẨM ĐẾN TÍNH NĂNG
CÔNG NGHỆ CỦA TINH BỘT KHOAI TÂY BIẾN
TÍNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP CHIẾU XẠ SỬ DỤNG
CHÙM TIA ELECTRON BEAM**

**GVHD: NGUYỄN ĐẶNG MỸ DUYÊN
SVTH: HUỖNH THỊ KIỀU DIỄM
MSSV: 13116015**



Tp. Hồ Chí Minh, tháng 08/2017

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
KHOA CÔNG NGHỆ HÓA HỌC VÀ THỰC PHẨM
BỘ MÔN CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM



KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP

MÃ SỐ: 2017- 13116015

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ ẨM ĐẾN TÍNH NĂNG
CÔNG NGHỆ CỦA TINH BỘT KHOAI TÂY
BIẾN TÍNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP CHIẾU XẠ
SỬ DỤNG CHÙM TIA ELECTRON BEAM

GVHD: Th.S NGUYỄN ĐẶNG MỸ DUYÊN

SVTH: HUỖNH THỊ KIỀU DIỄM

MSSV: 13116015

THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH – 08/2017

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

KHOA CÔNG NGHỆ HÓA HỌC VÀ THỰC PHẨM

BỘ MÔN CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM

NHIỆM VỤ KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP

Họ và tên sinh viên: Huỳnh Thị Kiều Diễm

Ngành: Công nghệ Thực phẩm

1. Tên khóa luận: Ảnh hưởng của độ ẩm đến tính năng công nghệ của tinh bột khoai tây biến tính bằng phương pháp chiếu xạ sử dụng chùm tia electron beam.

2. Nhiệm vụ của khóa luận: Nghiên cứu sự thay đổi về màu sắc, tính acid, tính chất cấu trúc gel, độ tách nước và độ truyền suốt trong suốt chu kỳ 5 ngày khi bảo quản lạnh, độ hòa tan và độ trương nở, độ nhớt đo bằng máy nhớt kế Brookfield của tinh bột khoai tây với các mức độ ẩm khác nhau khi chiếu xạ electron beam.

3. Ngày giao nhiệm vụ khóa luận: 06/02/2017

4. Ngày hoàn thành khóa luận: 31/07/2017

5. Họ tên người hướng dẫn: Th.S Nguyễn Đặng Mỹ Duyên

Phản hướng dẫn: toàn bộ khóa luận

Nội dung và yêu cầu khóa luận tốt nghiệp đã được thông qua bởi

Trưởng Bộ môn Công nghệ Thực phẩm

Tp.HCM, ngày tháng năm 2017

Trưởng Bộ môn

(Ký và ghi rõ họ tên)

Người hướng dẫn chính

(Ký và ghi rõ họ tên)

LỜI CẢM ƠN

Con xin chân thành cảm ơn ba mẹ, người thân đã nuôi dưỡng, giáo dục và động viên con trong suốt thời gian qua. Tôi xin gửi lòng biết ơn chân thành đến:

- Ban giám hiệu Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Thành phố Hồ Chí Minh
- Quý thầy cô trong khoa Công nghệ Hóa học và Thực phẩm, trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Thành phố Hồ Chí Minh

Đã hỗ trợ và tạo điều kiện thuận lợi cho tôi trong suốt quá trình học tập và hoàn thành đề tài. Tôi xin chân thành biết ơn Th.s Nguyễn Đặng Mỹ Duyên đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ, giành nhiều thời gian và công sức để truyền đạt kiến thức quý báu, tạo mọi điều kiện cho tôi hoàn thành tốt đồ án tốt nghiệp này.

Tôi xin chân thành cảm ơn:

- Các anh chị ở Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ
- Thầy cô ở Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

Đã nhiệt tình và tạo điều kiện cho tôi hoàn thành đồ án này.

Chân thành cảm ơn các bạn lớp Công nghệ thực phẩm 13 đã luôn động viên, giúp đỡ tôi trong suốt thời gian thực hiện đề tài.

Tôi xin chân thành cảm ơn bạn Đoàn Trang, Quốc Việt và Hoàng Hải lớp Công nghệ thực phẩm 15 đã tận tình phụ giúp tôi trong suốt thời gian thực hiện đề tài.

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan toàn bộ nội dung được trình bày trong khóa luận tốt nghiệp là do chính tôi thực hiện. Tôi xin cam đoan các nội dung được tham khảo trong khóa luận tốt nghiệp đã được trích dẫn chính xác và đầy đủ theo qui định.

Ngày 31 tháng 07 năm 2017

Ký tên

MỤC LỤC

NHIỆM VỤ KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP	ii
LỜI CAM ĐOAN	iv
MỤC LỤC	v
DANH MỤC HÌNH.....	vii
DANH MỤC BẢNG BIỂU	viii
DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT	ix
TÓM TẮT KHÓA LUẬN	x
ĐẶT VẤN ĐỀ	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN TÀI LIỆU.....	3
1.1. Tổng quan về tinh bột	3
1.1.1. Thành phần hóa học của tinh bột.....	3
1.1.2. Cấu trúc hạt tinh bột.....	5
1.1.3. Tính năng công nghệ của tinh bột.....	8
1.1.4. Những cải thiện của tinh bột được biến tính.....	9
1.2. Biến tính tinh bột bằng chiếu xạ	10
1.2.1. Liều chiếu xạ an toàn và một số qui định của Việt Nam và thế giới về chiếu xạ	10
1.2.2. Cơ chế biến tính tinh bột bằng chiếu xạ	11
1.2.3. Một số công trình nghiên cứu về biến tính tinh bột bằng chiếu xạ.....	13
CHƯƠNG 2: VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP	15
2.1. Vật liệu	15
2.2. Phương pháp nghiên cứu.....	15
2.2.1. Phương pháp chỉnh ẩm trước khi xử lí EB	15
2.2.2. Xử lí electron beam.....	16
2.2.3. Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến màu của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB	16
2.2.4. Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến acid tự do (FA) của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB	17
2.2.5. Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến độ hòa tan và khả năng trương nở của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB	17

2.2.6.	Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến độ nhớt Brookfield của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB	18
2.2.7.	Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến độ truyền suốt của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB	18
2.2.8.	Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến khả năng tách nước của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB	18
2.2.9.	Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến tính chất cấu trúc gel của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB.....	19
2.2.10.	Xử lý số liệu thống kê	19
CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ VÀ BIỆN LUẬN		20
3.1.	Ảnh hưởng của độ ẩm đến màu sắc tinh bột khoai tây chiếu xạ EB.....	20
3.2.	Ảnh hưởng của độ ẩm đến acid tự do của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB	21
3.3.	Ảnh hưởng của độ ẩm đến độ hòa tan và độ trương nở của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB.....	22
3.4.	Ảnh hưởng của độ ẩm đến độ nhớt Brookfield của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB.	23
3.5.	Ảnh hưởng của độ ẩm đến độ truyền suốt của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB	24
3.6.	Ảnh hưởng của độ ẩm đến độ tách nước của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB	25
3.7.	Ảnh hưởng của độ ẩm đến tính chất cấu trúc gel của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB	26
CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN		28
TÀI LIỆU THAM KHẢO		29
PHỤ LỤC		38

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1 (a) Cấu trúc cơ bản của đơn vị glucose, (b) amylose và (c) amylopectin theo Pérez và Bertoft (2010) nhưng được thay đổi theo Meireles và cộng sự (2015).....	4
Hình 1.2 Cấu trúc hạt tinh bột.....	7
Hình 1.3 Sự tạo thành gốc tự do khi chiếu xạ.....	12
Hình 3.1 Sự thay đổi của độ nhớt các mẫu tinh bột đo bằng máy nhớt kế Brookfield.....	23
Hình 3.2 Sự thay đổi của độ truyền suốt theo chu kì 5 ngày của tinh bột khoai tây	24
Hình 3.3 Sự thay đổi của độ tách nước theo chu kì 5 ngày của tinh bột khoai tây.....	25

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.2 Một số công trình nghiên cứu về chiếu xạ tinh bột bằng ion	14
Bảng 2.1 Các chỉ tiêu chất lượng của tinh bột khoai tây nguyên liệu	15
Bảng 2.2 Các thông số chính của thiết bị chiếu xạ	16
Bảng 3.1 Các thông số màu của các mẫu tinh bột khoai tây	20
Bảng 3.2 Tính chất của tinh bột khoai tây ở các mức độ ẩm khác nhau	21
Bảng 3.3 Tính chất cấu trúc gel tinh bột khoai tây	26

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

1. EB: electron beam.
2. C: mẫu tinh bột đối chứng.
3. FA: acid tự do.
4. SB: độ hòa tan.
5. SP: độ trương nở.

TÓM TẮT KHÓA LUẬN

Chiếu xạ electron beam là một trong những công nghệ có thể làm thay đổi cấu trúc và tính chất của tinh bột. Nghiên cứu này khảo sát ảnh hưởng của độ ẩm các mẫu tinh bột đem chiếu xạ đến tính năng công nghệ của tinh bột khoai tây chiếu xạ. Độ ẩm của mẫu tinh bột khoai tây trong nghiên cứu này được điều chỉnh ở các mức 11,74, 14,84, 17,51, 19,24 và 28,94 (w/w). Các mẫu tinh bột được chiếu xạ ở mức liều chiếu 5 kGy. Màu sắc, acid tự do, độ hòa tan và độ trương nở, độ nhớt, độ truyền suốt, độ tách nước và tính chất cấu trúc gel tinh bột được nghiên cứu để làm sáng tỏ sự ảnh hưởng của độ ẩm đến tính năng công nghệ của tinh bột khi chiếu xạ electron beam. Kết quả nghiên cứu cho thấy các mẫu tinh bột với các độ ẩm khác nhau có xu hướng bị gãy mạch do sự phân tách các liên kết glycoside dưới tác dụng của chiếu xạ electron beam. Do đó, độ acid tự do, độ hoà tan, độ nhớt và độ truyền suốt mẫu tinh bột chiếu xạ cao hơn và độ trương nở thấp hơn so với mẫu tinh bột tự nhiên và có xu hướng tăng khi độ ẩm thấp. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, xử lý electron beam làm tăng độ thoái hóa của tinh bột và thoái hóa diễn ra càng mạnh mẽ khi ở độ ẩm càng thấp, thể hiện qua sự tăng độ tách nước của mẫu tinh bột chiếu xạ. Các thông số về cấu trúc gel tinh bột như độ cứng, độ cố kết, độ đàn hồi, gumminess và chewiness của mẫu tinh bột chiếu xạ cao hơn so với mẫu tinh bột tự nhiên và có xu hướng tăng khi độ ẩm thấp.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Tinh bột tự nhiên được tìm thấy rất phổ biến trong các bộ phận như rễ, lá, củ, quả... của một số loài thực vật và tảo (Preiss, 2004). Tinh bột tự nhiên được sử dụng làm thành phần chính trong nhiều sản phẩm thực phẩm như mì, bánh snack, nước sốt, sản phẩm ngũ cốc, sản phẩm bánh truyền thống Việt Nam... Ngoài ra, tinh bột tự nhiên còn sử dụng được như một nguyên liệu phụ trong các lĩnh vực dược phẩm, mỹ phẩm, dệt may... (Pimpa và cộng sự, 2007). Các ứng dụng khác nhau đòi hỏi những đặc tính về hóa lý, cơ lý, độ tiêu hóa... khác nhau của tinh bột. Tinh bột sử dụng trong các sản phẩm nước sốt phải đảm bảo tính lưu biến trong quá trình bảo quản. Trong các sản phẩm bánh truyền thống Việt Nam, gel tinh bột tạo thành phải có độ trong và độ dai phù hợp với thị hiếu của người tiêu dùng. Hoặc trong các sản phẩm lạnh đông, gel tinh bột không bị thoái hóa qua các chu kỳ lạnh- rã đông... Tuy nhiên, không phải bất kỳ loại tinh bột tự nhiên cũng có khả năng đáp ứng những yêu cầu trên. Việc sử dụng tinh bột tự nhiên còn bị giới hạn bởi các đặc tính vật lý và hóa học của chúng (Pimpa và cộng sự, 2007). Một số hạn chế của tinh bột tự nhiên như có ứng suất cắt thấp, khả năng chịu nhiệt kém, dễ bị thoái hóa khi bảo quản lạnh... Ngoài ra, tinh bột tự nhiên không có khả năng tan trong nước lạnh; hồ tinh bột có độ nhớt quá cao cũng làm cho việc ứng dụng tinh bột tự nhiên bị hạn chế (Pimpa và cộng sự, 2007). Mặt khác, sự cải tiến công nghệ sản xuất và sự phát triển liên tục các sản phẩm mới đặt ra những yêu cầu nghiêm ngặt hơn đối với các đặc tính của tinh bột. Như vậy, việc biến đổi các đặc tính của tinh bột để nhận được loại tinh bột có những tính năng đáp ứng yêu cầu là một làm quan trọng và cần thiết.

Trong năm năm qua, việc biến tính tinh bột bằng electron beam được báo cáo là tạo ra những thay đổi về hóa lý và cấu trúc, chẳng hạn như tăng khả năng hòa tan và acid tự do, giảm khả năng trương nở, tính chất của hồ tinh bột, nhớt, trọng lượng phân tử và mức độ trùng hợp (Kamal và cộng sự, 2007; Nemțanu và cộng sự, 2007; Nemțanu và Brasoveanu, 2010; Pimpa và cộng sự, 2007; Shishonok và cộng sự, 2007). Biến tính tinh bột bằng electron beam nhanh chóng, chi phí thấp và thân thiện môi trường mà không có bất kỳ chất gây ô nhiễm, chất xúc tác hay tạo ra sản phẩm dư thừa không mong muốn (Nemțanu và Brasoveanu, 2010). Do đó, việc sử dụng tinh bột biến tính bằng chiếu xạ tia điện tử có thể mang đến các cơ hội để phát triển các sản phẩm, làm giảm chi phí chế biến sản phẩm hay tăng thời hạn sử dụng sản phẩm (Nemțanu và cộng sự, 2013).

Độ ẩm là một trong những yếu tố đến quá trình chiếu xạ tinh bột (Sokhey và Hana, 1993). Đề tài “Ảnh hưởng của độ ẩm đến tính công nghệ của tinh bột khoai tây biến tính bằng phương pháp chiếu xạ sử dụng chùm tia electron beam” được thực hiện nhằm nghiên cứu về ảnh hưởng của độ ẩm trong tinh bột khi chiếu xạ đến tính năng công nghệ của tinh bột trong ứng dụng thực phẩm.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN TÀI LIỆU

1.1. Tổng quan về tinh bột

1.1.1. Thành phần hóa học của tinh bột

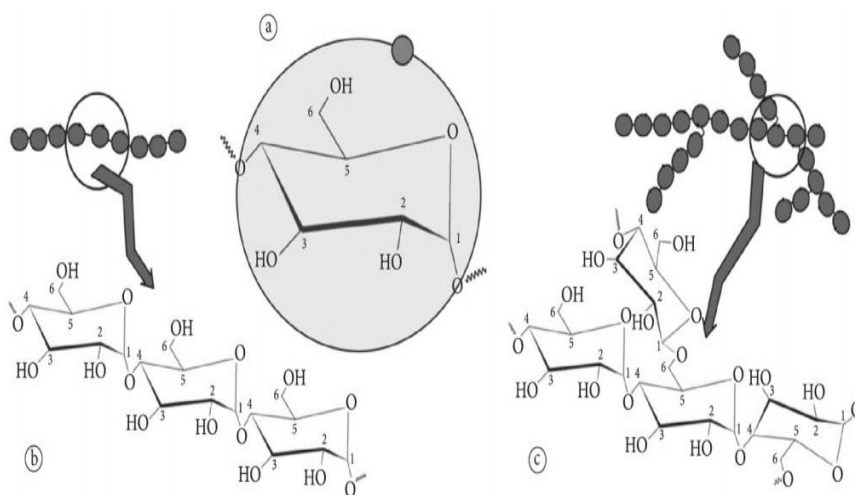
Tinh bột là nguồn carbohydrate chính trong bữa ăn hàng ngày của con người (Ratnayake và Jackson, 2008). Chúng được tìm thấy trong bộ phận của một số loài thực vật: hạt ngũ cốc, rễ, củ, thân, lá, hạt, trái cây và phần hoa (Ingrid và Martine, 2009).

Tinh bột xuất hiện dưới dạng các hạt rời rạc có cấu trúc tinh thể và lưỡng chiết khi quan sát dưới ánh sáng phân cực, có kích thước từ dưới 1 μm đến hơn 100 μm (A.M. Smith và C. Martin, 1993; Costas G. Biliaderis, 1988; Andréa C. Bertolini, 2010). Kích thước, hình dạng, hình thái học, thành phần và cấu trúc siêu phân tử của hạt tinh bột phụ thuộc vào nguồn gốc thực vật (Andréa C. Bertolini, 2010). Độ ẩm của tinh bột khoảng 10- 12% (ngũ cốc) và khoảng 14- 18% (một vài loại củ và rễ) (Richard F. Tester và cộng sự, 2004).

Tinh bột gồm 2 loại α - glucan: amylose và amylopectin, chiếm khoảng 98- 99% khối lượng khô (Jaroslav Blazek, 2008). Tỷ lệ của hai loại polysaccharide tùy thuộc vào nguồn gốc của tinh bột (Richard F. Tester và cộng sự, 2004). Amylose và amylopectin là không đồng nhất, được thể hiện ở sự phân bố của cấu trúc và kích thước phân tử (Costas G. Biliaderis, 1988).

Amylose chiếm 20- 30% trọng lượng của hầu hết tinh bột và phần lớn bao gồm các chuỗi mạch thẳng của các gốc α - D- glucopyranose được liên kết với nhau bằng liên kết α - 1, 4 (Keiji Kainuma, 1988). Trung bình amylose có khoảng 500- 6000 đơn vị glucose được phân bố trong 1 đến 20 chuỗi. Amylose có khối lượng phân tử khoảng 105- 106 (A. Bule'ón, 1998). Mức độ polymer hóa (DP) của mỗi chuỗi trung bình: 500 (Luis Arturo Bello-Perez và cộng sự, 2010). Mặc dù, amylose được định nghĩa là các phân tử không phân nhánh nhưng có một vài điểm phân nhánh được phát hiện trong amylose (Luis Arturo Bello-Perez và cộng sự, 2010). Hầu hết amylose bao gồm trung bình 3- 5 chuỗi trên một phân tử. Amylose của bắp chứa các phân tử phân nhánh ít hơn 5 chuỗi, còn lúa mì, khoai lang 14- 17 chuỗi, trong khi gạo, hạt dẻ, kuzu, nagaimo và lily 8- 11 chuỗi (Yasuhito Takeda, Susumu Hizukuri, 1987). Hàm lượng amylose có thể khác nhau trong cùng một nguồn thực vật do sự khác nhau về nguồn gốc địa lý và điều kiện canh tác (Cunxu Wei, 2014). Số lượng amylose có trong hạt ảnh hưởng đáng kể đến tính chất lí hóa và chức năng của tinh bột (Meireles, 2015).

Amylopectin là một thành phần chính của tinh bột. Chuỗi amylopectin tương đối ngắn, có cấu trúc phân nhánh cao (Alison M. Smith, 1995). Amylopectin được hình thành thông qua các chuỗi đơn vị α -D-glucopyranose được liên kết với nhau chủ yếu bằng liên kết 1, 4 nhưng có 5- 6% là liên kết 1, 6 tại các điểm nhánh. Amylopectin có khối lượng phân tử tương đối lớn, từ 10^7 - 10^9 (A. Bule'ón, 1998). Có ba loại phân tử amylopectin khác nhau về kích thước: lớn, trung bình và nhỏ. Loại lớn là chủ yếu, trung bình và nhỏ khác nhau về số lượng trong cùng một loại thực vật. Mức độ polymer hóa trung bình của ba loại lần lượt là 13400- 26500; 4400- 8400; 700-2100 đơn vị glucose (Yasuhito Takeda, Susumu Hizukuri, 1987). Các chuỗi đơn vị của amylopectin ngắn hơn so với amylose (Khongsak Srikaeo, 2016). Trong hạt tinh bột, phân tử amylopectin được sắp xếp hướng tâm với các gốc tự do, đầu khử hướng ra ngoài (Alison M. Smith, 1995). Cấu tạo của phân tử amylose và amylopectin được thể hiện ở hình 1.1.



Hình 1.1 (a) Cấu trúc cơ bản của đơn vị glucose, (b) amylose và (c) amylopectin theo Pérez và Bertoft (2010) nhưng được thay đổi theo Meireles và cộng sự (2015)

Ngoài các thành phần trên, hạt tinh bột có chứa một lượng nhỏ các thành phần nhỏ khác, chẳng hạn như protein, lipid, pentosan và khoáng chất (ví dụ: phospho, silica, canxi, kali, magie và natri) (Baldwin, 2001).

Lipid có thể chiếm tới 1,5% trọng lượng khô của hạt tinh bột (Delcour, 2010). Lipid bên trong hạt tinh bột được gọi là lipid tinh bột (Morrison, 1981). Chúng chủ yếu là monoacyllipid (một fatty acid trên mỗi phân tử) (Morrison 1988). Tinh bột ngũ cốc chứa lipid tích hợp dưới dạng lysophospholipid (LPL) và acid béo tự do (FFA); có liên kết với amylose. LPL có thể chiếm đến 2% khối lượng tinh bột (trong tinh bột ngũ cốc hàm lượng

amylose cao) (Richard F. Tester và cộng sự, 2004). Ngoài ra, lipid còn tồn tại trên bề mặt tinh bột được gọi là lipid bề mặt. Lipid xuất hiện trên bề mặt tinh bột được bắt nguồn từ lipid phi tinh bột hoặc tự do (Morrison 1988); hoặc liên kết với protein gắn chặt trên bề mặt hạt tinh bột (Morrison và cộng sự, 1984). Một phần mảnh amylose trong hạt chứa lipid tồn tại như phức amylose- lipid; ở đó chuỗi fatty acid giữ một lõi kỵ nước nằm trong amylose đơn xoắn (Ipsita Roy và cộng sự, 2015). Số lượng chính xác của lipid liên kết với tinh bột phụ thuộc vào nguồn gốc thực vật của tinh bột và mức độ tinh chế trong quá trình chiết xuất (Baldwin, 2001). Trong các tinh bột thương mại, tinh bột ngũ cốc (lúa mì, bắp, lúa mạch, gạo) chứa nhiều lipid (0,6- 1%) hơn tinh bột củ (khoai tây, 0,05%), tinh bột rễ (khoai mì, 0,1%), tinh bột đậu (ít hơn 0,6%) (Appelqvist và Debet, 1997).

Tinh bột tinh khiết chứa ít hơn 0,6% protein (Richard F. Tester và cộng sự, 2004). Cũng giống như lipid, số lượng chính xác của protein liên kết với tinh bột phụ thuộc vào nguồn gốc thực vật của tinh bột và mức độ tinh chế trong quá trình chiết xuất (Baldwin, 2001). Protein liên kết với hạt tinh bột hầu hết là enzyme tổng hợp tinh bột và các protein bề mặt (Andrew S. Ross, 2012). Protein xuất hiện trong hạt tinh bột là do enzyme tham gia vào tổng hợp tinh bột bị mắc kẹt trong quá trình phát triển hạt tinh bột (Appelqvist và Debet, 1997). Protein trong hạt tinh bột tương đối nhỏ (0,1- 0,3%) (Baldwin, 2001). Chúng có khối lượng phân tử 50- 150 kDa cao hơn protein bề mặt (15- 30 kDa) (Kuchel và cộng sự, 2010). Trong các tinh bột thương mại hàm lượng protein 0,25- 0,6% đối với tinh bột ngũ cốc, 0,06% tinh bột khoai tây và 0,1% tinh bột khoai mì (Appelqvist và Debet, 1997).

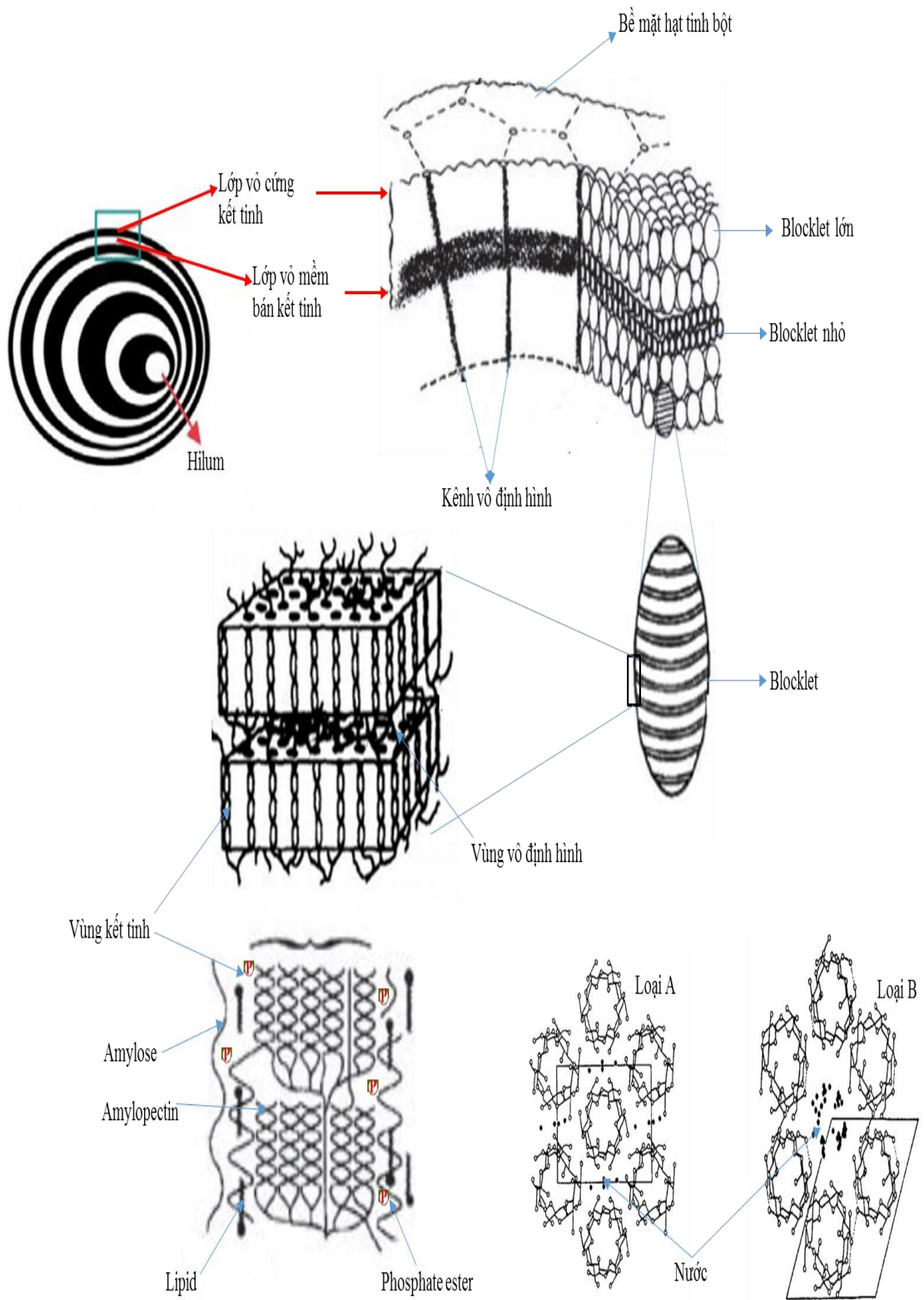
Tinh bột chứa một lượng nhỏ (< 0,4%) khoáng chất (canxi, magie, phospho, kali, natri) (Richard F. Tester và cộng sự, 2004). Trong số này, phospho trong tinh bột đóng vai trò quan trọng trong tính chất chức năng của tinh bột (Kasemsuwan, 1996). Ví dụ, monoester phosphate trong tinh bột khoai tây giải thích cho độ trong, độ nhớt cao, nhiệt độ hồ hóa thấp và tốc độ thoái hóa chậm (Schoch, 1942). Monoester phosphate tìm thấy trong tinh bột với ba dạng chính: monophosphate ester, phospholipid và phosphate vô cơ (Meireles và cộng sự, 2015).

1.1.2. Cấu trúc hạt tinh bột

Hạt tinh bột có cấu trúc rất phức tạp. Sự phức tạp này được xây dựng dựa trên sự khác nhau về thành phần của chúng (α - glucan, độ ẩm, lipid, protein và phosphoryl hóa), cấu trúc thành phần và sự khác nhau giữa vùng vô định hình và vùng kết tinh (Meireles và cộng sự, 2015). Hình thái học của hạt khác nhau giữa các hình dạng như: oval, elip, cầu, hình hạt

đậu. Sự khác nhau này phụ thuộc vào nguồn gốc thực vật (A. Buleón, 1998). Hạt bao gồm các lớp đồng tâm (gọi là vòng sinh trưởng) của các vùng vô định hình và bán kết tinh, vòng sinh trưởng được đặt cách nhau khoảng cách 100 nm trở lên. Khoảng cách có thể khác nhau và phụ thuộc vào vị trí trong hạt (Donald, 2004). Bề mặt hạt không mịn nhưng được đặc trưng bởi các chuỗi nhô ra (Lineback, 1986). Các chuỗi này là các đầu của chuỗi amylose và những cụm amylopectin (Baldwin, 1997). Ở mức thấp nhất của cấu tạo hạt, hạt bao gồm lớp vỏ kết tinh cứng xen kẽ lớp bán kết tinh và trung tâm hạt gọi là hilum (rốn hạt) (Luis Arturo Bello-Perez và cộng sự, 2010). Khi ra bề mặt hạt, các lớp vỏ này mỏng hơn do diện tích bề mặt tăng nhưng tốc độ tăng trưởng không đổi. Ở mức cao hơn, cho thấy một cấu trúc với tên gọi là “blocklet” (Luis Arturo Bello-Perez và cộng sự, 2010). Blocklet có dạng hình cầu và có cấu trúc bất đối xứng (Morris và cộng sự, 2003; Baldwin, 1998). Blocklet có 2 loại, lớn (blocklet bình thường) và nhỏ (blocklet khiếm khuyết) trong cùng một tinh bột và là đơn vị cơ bản cấu trúc nên hạt tinh bột. Các blocklet bình thường tạo ra lớp vỏ cứng còn blocklet khiếm khuyết tạo ra các lớp vỏ mềm (Hanjun Tang và cộng sự, 2006). Blocklet liên kết với các kênh vô định hình và kích thước blocklet trong lớp bán kết tinh nhỏ hơn trong lớp kết tinh. Blocklet bao gồm các phiến kết tinh và vô định hình xen kẽ nhau (Luis Arturo Bello-Perez và cộng sự, 2010). Các điểm nhánh trong phân tử amylopectin không được phân bố ngẫu nhiên mà dọc theo phân tử. Chúng được nhóm lại và các đoạn tuyến tính đan vào nhau hình thành phiến kết tinh mỏng (~5 nm) (Oostergetel và Bruggen, 1993). Phiến vô định hình do amylose và các chuỗi nhánh của amylopectin hình thành nên (Srikaeo, 2016; Lauro và cộng sự, 2000). Trong cấu trúc blocklet, lipid liên kết với amylose tạo phức ổn định cấu trúc blocklet (Gallant và cộng sự, 1992). Góc phosphate tồn tại trên bề mặt của các blocklet để tăng tính ưa nước (Hanjun Tang và cộng sự, 2006). Cấu trúc hạt tinh bột được thể hiện trong hình 1.2 (Luis Arturo Bello-Perez và cộng sự, 2010).

Theo một số nghiên cứu, tinh bột được phân loại thành A, B, C và V. Trong hình dạng hạt tinh bột tự nhiên, loại A chủ yếu liên quan đến tinh bột ngũ cốc, loại B thường thu được từ tinh bột củ. Loại C là một hỗn hợp cả hai loại A và B, ví dụ tinh bột các loại đậu. Sự hình thành loại V là kết quả của amylose tạo phức với các chất khác như acid béo tự do, chất nhũ hóa, butanol và iodine (Cheetham và Tao, 1998).



Hình 1.2 Cấu trúc hạt tinh bột

1.1.3. Tính năng công nghệ của tinh bột

Tinh bột được sử dụng chủ yếu trong ngành thực phẩm và công nghiệp giấy, với 57% sản lượng tinh bột tiêu thụ trong ngành thực phẩm và 43% trong lĩnh vực phi thực phẩm. Trong ngành công nghiệp thực phẩm, xu hướng chính trong ứng dụng tinh bột là sản xuất syrup, thêm vào trong công thức chế biến các loại thực phẩm và sản xuất nước sốt khác (Andréa C. Bertolini, 2010). Ngoài ra, tinh bột có nhiều công dụng như chất làm đặc thực phẩm dạng lỏng như soups, nước chấm và custard, chất kết dính nước, ổn định nhũ tương và chất tạo gel. Trong tính năng công nghệ, quá trình hồ hóa và thoái hóa tính chất chức năng quan trọng cho quá trình chế biến thực phẩm, tiêu hóa và ứng dụng trong công nghiệp (Wang và cộng sự, 2016). Sự hồ hóa tinh bột là một hiện tượng quan trọng xảy ra trong chế biến thực phẩm (Biliaderis, 1980). Quá trình hồ hóa và thoái hóa có tính quyết định đến chất lượng, khả năng chấp nhận, dinh dưỡng và shelf- life của thực phẩm giàu tinh bột (Biliaderis, 1991).

1.1.3.1. Hiện tượng hồ hóa của tinh bột

Hạt tinh bột không tan trong nước lạnh do liên kết hydro giữ các chuỗi tinh bột với nhau (Jiménez, 2012). Tuy nhiên, khi tinh bột được gia nhiệt trong nước, cấu trúc kết tinh bị phá vỡ và phân tử nước tương tác với các nhóm hydroxyl của amylose và amylopectin, tạo thành một phân tử tan của tinh bột (Hoover, 2001).

Hiện tượng hồ hóa của tinh bột được định nghĩa là sự phá hủy trật tự phân tử trong hạt tinh bột thể hiện qua sự thay đổi không thuận nghịch ở các tính chất như trương nở hạt, nóng chảy tinh thể tự nhiên, mất sự lưỡng chiết và tăng sự hòa tan tinh bột. Điểm bắt đầu của quá trình hồ hóa và phạm vi xảy ra được điều chỉnh bởi nồng độ tinh bột, phương pháp quan sát, loại tinh bột và tính không đồng nhất trong hạt (David và cộng sự, 1999). Quá trình hồ hóa bắt đầu ở hilum và lan nhanh ra phía ngoài cùng. Hồ hóa xảy ra ban đầu ở vùng vô định hình, do liên kết hydro ở trong khu vực này yếu. Quá trình sau đó mở rộng đến vùng kết tinh (Meireles, 2015). Hiện tượng hồ hóa làm tinh bột chuyển đổi từ dạng bán tinh thể (tương đối khó tiêu hóa) thành dạng vô định hình (dễ tiêu hóa) (Tester và Debon, 2000). Huyền phù tinh bột được gia nhiệt trong nước dư hoặc dung môi khác có thể hình thành liên kết hydro (amoni lỏng, formamide, formic acid, HCl và dimehyl sulfoxide) và ở nhiệt độ cao (65- 100°C phụ thuộc vào loại tinh bột) gây ra quá trình hồ hóa. Quá trình hồ hóa bị ảnh hưởng bởi loại dung môi và tỷ lệ tinh bột/ dung môi (Jiménez, 2012).

Quá trình hồ hóa của tinh bột được kích thích bởi nhiều quá trình chế biến thực phẩm như sự ép đùn của các sản phẩm ngũ cốc, quá trình nướng của bánh mì, bánh ngọt cũng như nấu các loại nước sốt (Schirmer và cộng sự, 2015).

1.1.3.2. Hiện tượng thoái hóa của tinh bột

Hiện tượng thoái hóa tinh bột có thể ảnh hưởng đến chất lượng của một vài sản phẩm ép đùn như bún gạo. Sự thoái hóa tinh bột làm giảm chất lượng sản phẩm, ảnh hưởng sâu sắc đến tính chất dinh dưỡng và rút ngắn thời hạn sử dụng sản phẩm. Hiện tượng này đã thu hút nhiều sự quan tâm trong ngành công nghiệp thực phẩm. Một số công nghệ được sử dụng để kiểm soát sự thoái hóa tinh bột như: biến tính sinh học, hóa học và vật lí (Fu và cộng sự, 2014).

Hạt tinh bột khi được gia nhiệt trong nước dư trên nhiệt độ hồ hóa, trải qua sự trương nở không thuận nghịch dẫn đến sự thoát amylose ra khỏi hạt tinh bột. Trong nồng độ tinh bột cao, huyền phù này sẽ hình thành gel đàn hồi khi làm lạnh. Sự tương tác phân tử (liên kết hydro giữa các chuỗi tinh bột) xảy ra sau khi làm lạnh được gọi là thoái hóa tinh bột. Sự tương tác này phụ thuộc vào nhiệt độ và thời gian (Hoover, 2001). Hiện tượng thoái hóa diễn ra trong hai giai đoạn: (i) giai đoạn đầu tiên và là giai đoạn xảy ra nhanh nhất là sự hình thành vùng kết tinh từ amylose bị thoái hóa, (ii) giai đoạn hai liên quan đến sự hình thành cấu trúc có trật tự của amylopectin (Liu, 2005). Ban đầu, hàm lượng amylose có ảnh hưởng mạnh đến quá trình thoái hóa, số lượng lớn amylose có liên quan mạnh đến xu hướng của thoái hóa (Meireles, 2015). Thoái hóa amylopectin xảy ra trong thời gian lâu hơn amylose; có lẽ do cấu trúc phân nhánh của amylopectin (Miles và cộng sự, 1985). Trong suốt quá trình thoái hóa, amylose hình thành liên kết xoắn kép của 40- 70 đơn vị glucose (Jane và Robyt, 1984); trong khi vùng kết tinh amylopectin xảy ra bởi sự liên kết của các nhánh ngắn ngoài cùng (Colonna và cộng sự, 1987).

1.1.4. Những cải thiện của tinh bột được biến tính

Tinh bột có ảnh hưởng đến tính chất đặc trưng của thực phẩm, và thường được thêm vào như thành phần chức năng trong nhiều sản phẩm. Đối với một số ứng dụng của tinh bột tự nhiên có thể thấy các tính chất không mong muốn như độ bền thấp, phân hủy nhiệt cao, thoái hóa tách nước (Andréa C. Bertolini, 2010). Như vậy, để cải thiện các tính chất không mong muốn của tinh bột, việc thay đổi tính chất tinh bột là cần thiết (H. Fredriksson và cộng sự, 1998). Tinh bột được biến tính hóa học hoặc vật lí hoặc cả hai để làm nổi bật đặc tính

của chúng, làm giảm những tính chất không mong muốn và thêm những thuộc tính mới như sau (Kerry C. Huber và James N. BeMiller, 2010):

- Khả năng hoạt động như chất nhũ hóa.
- Khả năng bao gói.
- Tích điện trên phân tử tinh bột (tích điện âm hoặc dương).
- Ổn định trong nước lạnh.
- Đặc tính khi nấu (mức độ bẻ gãy, mức độ thoái hóa, nhiệt độ tạo gel, độ nhớt).
- Độ tiêu hóa.
- Hình thành film.
- Khả năng chảy.
- Tương tác với chất khác.
- Đặc tính paste và gel (độ dính, độ trong, độ ổn định lạnh đông, cấu trúc gel, tốc độ và mức độ tách nước, thoái hóa, độ bóng, độ nhớt).
- Độ hòa tan trong nước nóng và nhiệt độ phòng.
- Độ ổn định trong môi trường có nồng độ muối cao.
- Khả năng chịu nước của lớp màng (khả năng kháng nước và giữ nước).

1.2. Biến tính tinh bột bằng chiếu xạ

1.2.1. Liều chiếu xạ an toàn và một số qui định của Việt Nam và thế giới về chiếu xạ

Năm 1980, *Joint Expert Committee* đã được yêu cầu đánh giá mức độ an toàn của thực phẩm chiếu xạ đối với liều chiếu trên 10 kGy. Nhưng trên thực tế là các tổ chức thế giới và Codex giới hạn liều chiếu đến 10 kGy. Nếu sử dụng liều trên 10 kGy chất độc có thể phát hiện và giá trị dinh dưỡng bị ảnh hưởng. Vào cùng thời điểm, *Joint Expert Committee* cho thấy liều chiếu 10 kGy không đủ để làm giảm hoặc loại bỏ vi sinh vật gây bệnh.

Năm 1997, *FAO/IAEA/WHO expert committee* bước đầu tiên hướng đến xây dựng niềm tin người tiêu dùng về thực phẩm chiếu xạ bằng cách khuyến cáo rằng thực phẩm chiếu xạ với liều chiếu 10 kGy hoàn toàn an toàn cho người tiêu dùng.

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành một số thí nghiệm đối với liều chiếu trên 10 kGy và thu được kết quả khả quan. Sự phát triển tốt được quan sát trong các loài động vật khác nhau được cho ăn thức ăn chiếu xạ ở liều chiếu trên 70 kGy cho thấy rằng chúng không bị ảnh hưởng bởi sự chiếu xạ. Thông qua các thí nghiệm này thì *Joint Expert Committee* đã công bố kết quả rằng liều chiếu trên 10 kGy được xem như an toàn và không có vấn đề về dinh dưỡng (WHO, 1999).

Ở Hà Lan, cho phép liều chiếu trung bình 75 kGy để chiếu xạ thực phẩm cho bệnh nhân bị suy giảm miễn dịch. Một vài nước như Vương Quốc Anh cho phép chiếu xạ thức ăn kiêng của bệnh viện nhưng chưa giới hạn liều chiếu. Nam Phi cho phép chiếu xạ thịt với liều tối thiểu 45 kGy. (WHO, 1999).

Ở Việt Nam, qui định về thực phẩm chiếu xạ được căn cứ theo quyết định của Bộ trưởng Bộ Y tế số 3616/2004/QĐ-BYT ban hành ngày 14-10-2004. Quy định về nguồn bức xạ, liều hấp thụ tối đa và bao bì thực phẩm chiếu xạ như sau: (i) “Chùm electron được phát ra từ các máy phát làm việc ở mức năng lượng nhỏ hơn hoặc bằng 10 MeV”, (ii) ngũ cốc và các sản phẩm bột nghiền từ ngũ cốc, đậu hạt, hạt có dầu, hoa quả khô có liều hấp thụ tối đa từ 0,25- 5 kGy đối với các mục đích chiếu xạ khác nhau, với liều 5 kGy được sử dụng để giảm nhiễm bẩn vi sinh vật có trong thực phẩm, (iii) Trên bao bì của thực phẩm đã chiếu xạ ngoài những thông tin bắt buộc theo quy định của pháp luật về ghi nhãn thực phẩm phải có dòng chữ: "Thực phẩm chiếu xạ" hoặc dán nhãn hiệu nhận biết thực phẩm chiếu xạ (Bộ Y Tế, 2004).

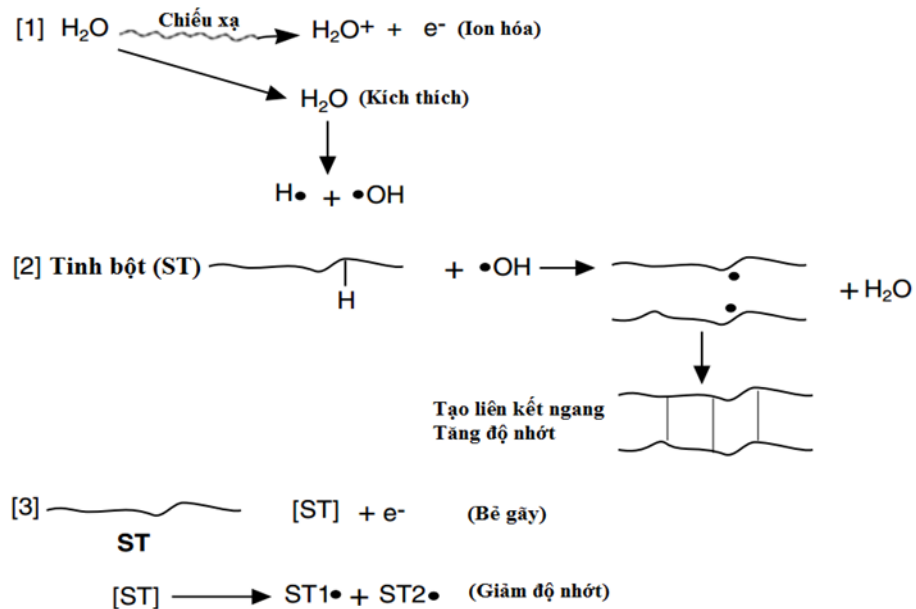
1.2.2. Cơ chế biến tính tinh bột bằng chiếu xạ

Hầu hết các kỹ thuật biến tính thông thường (xử lý acid hoặc enzyme) thường phức tạp và tốn nhiều thời gian. Chiếu xạ hiện nay đang được làm nổi bật với nhiều ưu điểm: chi phí thấp và thân thiện với môi trường khi dùng để thay đổi đặc điểm vật lý, hóa học và sinh học của một sản phẩm (Bhat và Karim, 2009). Chiếu xạ thực phẩm và nông sản đã được công nhận là một trong những phương pháp đáng tin cậy và an toàn nhất, bảo quản thực phẩm và nông sản để duy trì và cải thiện chất lượng vệ sinh và giá trị dinh dưỡng (Sridhar và cộng sự, 2007; Diehl, 2002).

Trong vật lý, thuật ngữ “chiếu xạ” được định nghĩa là sự phát xạ của các sóng điện từ (theo lý thuyết trường cổ điển) hoặc photon (theo lý thuyết hạt) cũng như sự phát xạ của các hạt: α , β , neutron, proton và hạt nhân. Bức xạ ion va vào các chất, nó ion hóa và kích thích các nguyên tử và phân tử trong chất. Hoạt động ion hóa (loại bỏ electron từ vỏ electron của nguyên tử hay phân tử) kèm theo sự xuất hiện của hai ion tích điện trái dấu: ion tích điện dương (nguyên tử hoặc phân tử mất electron) và ion tích điện âm (nguyên tử hay phân tử chứa electron). Trạng thái kích thích của nguyên tử trong phân tử được hình thành dưới tác động của bức xạ ion, làm cho electron chuyển từ orbital cơ bản đến kích thích (Sharpatyi, 2006a). Trong trường hợp chiếu xạ polysaccharide, các ảnh hưởng cơ bản của chiếu xạ như sau: (i) sự phá vỡ và hình thành liên kết ngang trong đại phân tử của mono- và disaccharide,

(ii) sự hình thành các nhóm khử và carboxylic mới, đơn vị deoxy và deoxy keto trong thành phần đại phân tử (Sharpatyi, 2006b).

Đối với các gốc tự do hình thành sau chiếu xạ có hai loại: (i) gốc tự do sơ cấp được hình thành khi chiếu xạ là kết quả của sự tương tác giữa đại phân tử và gốc $\cdot\text{OH}$, $\cdot\text{H}$ và \bar{e} , (ii) gốc tự do thứ cấp hầu như được hình thành nhờ sự chuyển hóa của các gốc tự do sơ cấp bằng phản ứng dehydrate hóa và đồng phân hóa với sự phá vỡ liên kết C-O và C-C. Số lượng gốc tự do trong chiếu xạ polysaccharide phụ thuộc vào nguồn gốc polymer, cụ thể hơn là tỷ lệ giữa vùng vô định hình và kết tinh trong mẫu và hàm lượng nước được hấp thụ trong mẫu (Sharpatyi, 2006b). Các gốc tự do có khả năng làm thay đổi phân tử và phân mảnh tinh bột. Cấu trúc hạt không bị thiệt hại ở liều chiếu thấp, nhưng có thể bị thiệt hại nặng ở liều chiếu cao (100 kGy) (Sokhey và Hanna, 1993). Các sản phẩm cuối cùng hình thành sau chiếu xạ tinh bột: aldehyde, keton, CO, CO₂, H₂, formic acid, alcohol, ester và các acid (Sharpatyi, 2006b). Hình 1.3 cho thấy sự tạo thành các gốc tự do trong phân tử tinh bột (amylopectin) sau khi tiếp xúc với các tia chiếu xạ.



Hình 1.3 Sự tạo thành gốc tự do khi chiếu xạ (Bhat và Karim, 2009)

Sharpatyi (2006) đã báo cáo rằng độ ẩm của tinh bột ảnh hưởng đến quá trình chiếu xạ. Nhưng đến nay, vẫn chưa có công trình nghiên cứu hoàn chỉnh nào về khảo sát ảnh hưởng của độ ẩm đến tinh năng công nghệ của tinh bột mà chỉ dừng lại ở việc khảo sát ảnh hưởng của độ ẩm ban đầu gạo chiếu xạ đến khả năng dehydrate hóa theo nghiên cứu của Yu và Wang (2005).

1.2.3. Một số công trình nghiên cứu về biến tính tinh bột bằng chiếu xạ

Trước đây, có rất nhiều công trình đã tiến hành nghiên cứu về biến tính tinh bột bằng chiếu xạ. Các công trình này chủ yếu khảo sát sự ảnh hưởng của chiếu xạ bằng các tia ion đến cấu trúc, hình thái học, tính chất hóa lí và tính năng công nghệ của tinh bột. Sau đây là một số công trình nghiên cứu về chiếu xạ tinh bột.

Ảnh hưởng của bức xạ gamma (0, 2, 5, 10, 20, 30, và 50 kGy) trên các thông số chất lượng của đậu chickpea Úc đã được nghiên cứu bởi Graham và cộng sự, 2002. Bằng cách sử dụng kính hiển vi điện tử quét để quan sát cấu trúc hạt tinh bột, kết quả nghiên cứu cho thấy không có sự khác biệt đáng kể về kích thước của các hạt tinh bột đối chứng và hạt tinh bột chiếu xạ.

Năm 2001, Kerf và cộng sự đã đánh giá tính chất phân rã của các sản phẩm tinh bột ngô và khoai tây chiếu xạ bởi tia X và electron beam với các liều chiếu 0, 10, 15, và 100 kGy trong các viên thuốc chứa alpha- lactose monohydrate. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng với sự gia tăng liều chiếu xạ, khả năng hòa tan trong nước của tinh bột tăng lên và khả năng phòng nở của tinh bột giảm xuống. Quá trình chiếu xạ đã gây ra sự phân mảnh của amylopectin, làm cho các phân tử trở nên nhỏ hơn, trọng lượng phân tử giảm xuống và dễ sáp nhập với các phân tử amylose. Do đó, khả năng phòng nở giảm xuống. Nhìn chung, kết quả nghiên cứu cho thấy có sự tăng đáng kể thời gian phân rã của thuốc khi được chiếu xạ với electron beam.

Năm 2002, Wu và cộng sự đã khảo sát ảnh hưởng của bức xạ gamma trên cấu trúc tinh bột hạt giàu amylose với liều chiếu 1 kGy. Kết quả nghiên cứu cho thấy hình dạng của hạt tinh bột đã phần nào bị biến dạng bởi phóng xạ gamma. Nghiên cứu này tiếp tục hỗ trợ quan điểm cho rằng phóng xạ gamma có khả năng phân hủy tinh bột thông qua sự phân tách các phân tử lớn thành các mảnh nhỏ hơn.

Năm 2002, Cies'la và Eliasson đã tiến hành nghiên cứu tỉ mỉ về sự khác biệt giữa quá trình hồ hóa, sự thoái hóa, và quá trình chuyển đổi phức amylose-lipid giữa tinh bột lúa mì chiếu xạ và không chiếu xạ. Các tác giả đã quan sát được những thay đổi cấu trúc xảy ra trong các polysaccharide của tinh bột lúa mì chiếu xạ. Họ cũng quan sát sự thay đổi của enthalpy, nhiệt độ hồ hóa và quá trình chuyển đổi phức amylose- lipid. Sự thoái hóa đã được ghi nhận trong các mẫu gel tinh bột chiếu xạ sau 5 ngày lưu trữ ở nhiệt độ phòng. Quá trình này đã không được quan sát thấy trong trường hợp của gel tinh bột không được chiếu xạ với

cùng nồng độ chất khô. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, quá trình thoái hóa không có bất kỳ ảnh hưởng đến phức amylose-lipid ở cả các mẫu chiếu xạ và chưa chiếu xạ.

Năm 2005, Bao và cộng sự đã tiến hành nghiên cứu về ảnh hưởng của chiếu xạ gamma lên cấu trúc của bột gạo của tinh bột gạo. Kết quả nghiên cứu cho thấy trọng lượng phân tử và bán kính quán tính của amylopectin bị giảm đi. Sự phân mảnh của amylopectin xảy ra trong vùng vô định hình chứ không xảy ra trong vùng tinh thể của tinh bột. Điều này làm giảm đi bán kính hồi chuyển của amylopectin. Các tác giả cũng lưu ý rằng chiếu xạ gamma có thể gây nên sự phân mảnh hoặc sự tạo thành liên kết ngang trong chuỗi tinh bột.

Ngoài ra còn một số công trình nghiên cứu được thể hiện trong bảng 1.2 với các loại tinh bột từ các nguồn gốc thực vật khác nhau và sử dụng đa dạng về liều chiếu.

Bảng 1.2 Một số công trình nghiên cứu về chiếu xạ tinh bột bằng ion

Xử lí chiếu xạ	Loại tinh bột	Liều chiếu (kGy)/ bước sóng (nm)	Tác giả
Electron Beam (kGy)	Bắp	10- 20	M. R. Nemțanu và cộng sự, 2013
	Khoai tây	110, 220, 330, 440	Shishonok và cộng sự, 2007
	Cao lương	10, 15, 20, 25, 30	Pimpa và cộng sự, 2007
Gamma (kGy)	<i>Amorphophallus paeoniifolius</i>	5, 10, 15, 20, 25	Haripriya và cộng sự, 2015
	Grain amaranth	2, 4, 6, 8, 10	Corke và cộng sự, 2009
	Gạo	0, 5, 10, 20	Gani và cộng sự, 2014
	Lúa mì	0, 0,6, 1.5, 2.4, 2	Jun Wang và Yong Yu, 2009
	Khoai tây	0,01, 0,05, 0,1, 0,5	Singh và cộng sự, 2011
	Bắp	1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500	Ying Ma và cộng sự, 2012
	Cao lương	6, 10, 25	Othman và cộng sự, 2015
UV (nm)	Khoai mì	280- 420, 310- 330, 254	Sriroth và cộng sự, 2005
	Bắp	>250	Fiedorowicz và cộng sự, 1999

CHƯƠNG 2: VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu

Trong luận văn này, chúng tôi sử dụng tinh bột khoai tây (POTATO STARCH) của công ty ROQUETTE Freres, Pháp.

Bảng 2.1 Các chỉ tiêu chất lượng của tinh bột khoai tây nguyên liệu

Chỉ tiêu	Thông số*	Hàm lượng
Cảm quan	Dạng bột, màu trắng, không có mùi lạ	Tuân thủ
Độ ẩm	<20,0	19,2
Protein (% trên chất khô)	<2,0	0,07
Carbonhydrat (% w/w DB)	72,00 <	
Tro (%w/wDB)	<0,10	0,11
SO ₂ (PPM)	0	0
pH	4,50-7,00	6,4

*Nhà sản xuất cung cấp

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp chỉnh ẩm trước khi xử lý EB

Tinh bột khoai tây (19,2%; w/w) được sấy đối lưu ở 45°C trong 24 giờ để đạt độ ẩm cân bằng và xác định lại độ ẩm sau cùng. Sau đó tiến hành chỉnh ẩm bằng cách bổ sung nước cất đã khử khí để đạt được 5 mức độ ẩm trong khoảng từ 12- 30%.

Lượng nước cần thêm vào mẫu tinh bột được tính toán dựa trên sự bảo toàn về hàm lượng chất khô trước và sau hiệu chỉnh:

$$m_{tbk1} = m_{tbk2} \quad (2.1)$$

$$m \times (100 - W_1) = (m + m_n) \times (100 - W_2) \quad (2.2)$$

$$m_n = m \times \frac{W_2 - W_1}{100 - W_2} \quad (2.3)$$

Trong đó:

m_{tbk1} : khối lượng chất khô của tinh bột trước khi hiệu chỉnh ẩm (g)

m_{tbk2} : khối lượng chất khô của tinh bột sau khi hiệu chỉnh ẩm (g)

m : khối lượng của mẫu tinh bột ban đầu trước khi hiệu chỉnh ẩm (g)

W_1 : độ ẩm ban đầu của nguyên liệu (%), $W_1 = 11,74\%$

W_2 : độ ẩm cần hiệu chỉnh của mẫu tinh bột trước khi xử lý EB (%)

m_n : Khối lượng nước thêm vào để đạt được (g)

Tinh bột sau khi điều chỉnh độ ẩm được bảo quản trong bao bì chân không với 2 kg. Các mẫu được bảo quản trong 24 giờ ở nhiệt độ phòng để cân bằng ẩm và sau đó được đem đi xử lý EB.

2.2.2. Xử lý electron beam

Sử dụng các kí hiệu C, EB 11,74, EB 14,84, EB 17,51, EB 19,24, EB 28,94 lần lượt là mẫu control (không xử lý EB) có độ ẩm 11,74% và các mẫu xử lý EB có độ ẩm 11,74, 14,84, 17,51, 19,24 và 28,94%. Mẫu tinh bột đã chuẩn bị trước được xử lý bằng thiết bị UELR- 10- 15S2 (Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ, Linh Trung, Thủ Đức).

Bảng 2.2 Các thông số chính của thiết bị chiếu xạ

Năng lượng, MeV	10
Công suất đỉnh, kW	15
Cường độ dòng, mA	0,15
Tần số, Hz	12,5-300
Chiều dài quét, mm, max	600
Tổng công suất, kW	110
Độ đồng đều liều theo chiều quét, %	+/-5
Độ ổn định năng lượng, %	+/-2,5
Độ ổn định công suất, %	+/-2,5

*Trung tâm cung cấp

Các mẫu tinh bột EB 11,74, EB 14,84, EB 17,51, EB 19,24, EB 28,94 được xử lý ở liều 5 kGy.

2.2.3. Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến màu của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB

Màu của các mẫu tinh bột được xác định bằng cách sử dụng colorimeter (CR- 400 Chroma Meter của Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ, Linh Trung, Thủ Đức) bao gồm các tham số L (thể hiện độ sáng từ 0 (đen) đến 100 (trắng)), a biểu thị màu đỏ (+ a) đến màu lục (- a), b biểu thị màu vàng (+ b) đến màu lam (- b) (Pimpa và cộng sự, 2007).

Dựa vào tổng sự khác biệt màu sắc ΔE để đánh giá sự khác biệt màu sắc giữa các mẫu và được tính theo công thức (2.8) (Wrolstad và Smith, 2010).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2.4)$$

Trong đó: $\Delta L = L^*_{\text{mẫu}} - L^*_{\text{Standard}}$

$\Delta a = a^*_{\text{mẫu}} - a^*_{\text{Standard}}$

$\Delta b = b^*_{\text{mẫu}} - b^*_{\text{Standard}}$

Với các khoảng ΔE để đánh giá sự khác biệt về màu sắc giữa các mẫu như sau (Mokrzycki và Tatol, 2011):

- $0 < \Delta E < 1$ – người quan sát không nhận thấy sự khác biệt,
- $1 < \Delta E < 2$ – chỉ có người quan sát có kinh nghiệm mới có thể nhận thấy sự khác biệt,
- $2 < \Delta E < 3,5$ – người quan sát không có kinh nghiệm cũng có thể nhận thấy sự khác biệt,
- $3,5 < \Delta E < 5$ – sự khác biệt rõ ràng về màu sắc được nhận thấy,
- $5 < \Delta E$ – người quan sát nhận thấy hai màu khác nhau.

Độ trắng của mẫu được tính theo công thức trong hệ thống màu Hunter (Choudhury, 2015):

$$WI = L - 3b \quad (2.5)$$

2.2.4. Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến acid tự do (FA) của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB

FA định nghĩa là số ml dung dịch NaOH 0,1 M dùng để trung hòa độ acid của 100 g tinh bột (Nemțanu và cộng sự, 2013).

FA được xác định theo phương pháp của Sokhey và Chinnaswamy (1993). Huyền phù tinh bột được chuẩn bị bằng cách hòa tan 1 g tinh bột khoai tây vào 10 ml nước cất và khuấy liên tục trong 2- 10 phút. FA được xác định bằng cách chuẩn độ huyền phù tinh bột với dung dịch NaOH 0,023N và được tính theo công thức:

$$FA = \frac{V \times 0,023}{0,1} \times 100 \quad (2.6)$$

Trong đó: V: thể tích NaOH 0,023N dùng để chuẩn độ dung dịch huyền phù tinh bột

FA: lượng acid tự do trong mẫu tinh bột.

2.2.5. Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến độ hòa tan và khả năng trương nở của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB

Độ hòa tan và khả năng trương nở được xác định theo phương pháp của Leach, McCowen, and Schoch (1959) nhưng được biến đổi theo S.M.A. Razavi và cộng sự (2015).

Huyền phù tinh bột 1 % được chuẩn bị trong ống ly tâm và được gia nhiệt trong bể điều nhiệt ở 60°C trong 30 phút cách 5 phút lắc một lần. Sau đó làm nguội về nhiệt độ phòng và ly tâm ở chế độ 2400 xg trong 20 phút. Phần nổi sau khi ly tâm được đem sấy đối lưu ở 105°C cho đến khi khối lượng không đổi và phần cặn được cân khối lượng.

$$SB (\%) = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (2.7)$$

$$SP = \frac{m_3}{m_1 - m_2} \quad (2.8)$$

Trong đó: m_1 : khối lượng tinh bột ban đầu.

m_2 : khối lượng phần nổi sau sấy.

m_3 : khối lượng phần cặn.

SB: độ hòa tan.

SP: độ trương nở.

2.2.6. Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến độ nhớt Brookfield của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB

Độ nhớt được xác định theo phương pháp của Kang và cộng sự (1999) và có một số biến đổi. Huyền phù tinh bột (10 %) được đun cách thủy trong 10 phút ở 95°C. Các mẫu tinh bột được ổn định ở 50°C, độ nhớt ban đầu được đo bằng thiết bị đo độ nhớt Brookfield Viscometer (Brookfield Viscometer LVF) và tiếp tục tiến hành đo độ nhớt trong 5 h theo chu kỳ 1 h.

2.2.7. Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến độ truyền suốt của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB

Độ truyền suốt được thực hiện theo phương pháp của Wani và cộng sự (2010) nhưng có một số thay đổi. Huyền phù tinh bột (1%) được đun cách thủy và khuấy liên tục ở 95°C trong 30 phút. Dịch tinh bột sau đó được làm nguội ở 30°C trong 1 giờ. Các mẫu được lưu trữ trong 5 ngày ở 4°C và độ truyền suốt được xác định bằng cách đo độ hấp thụ ở bước sóng 640 nm sau mỗi 24 h.

2.2.8. Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến khả năng tách nước của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB

Độ tách nước được thực hiện theo phương pháp của Singh và cộng sự (2004) nhưng có một số thay đổi theo Gani và cộng sự (2014). Huyền phù tinh bột 5 % được chuẩn bị bằng cách hòa tan 0,25 g tinh bột vào 5 ml nước cất trong ống ly tâm. Huyền phù được đun cách thủy và lắc đều trong 30 phút ở 95°C và sau đó được làm nguội về nhiệt độ phòng. Sau khi

làm nguội, các ống ly tâm được cân khối lượng và tiến hành lạnh đông ở $-10,5^{\circ}\text{C}$ trong 48 h. Sau 48 h mẫu tiếp tục được lạnh đông trong 5 ngày ở $-10,5^{\circ}\text{C}$ và sau mỗi chu kỳ 24 h độ tách nước được xác định bằng cách rã đông mẫu ở 40°C trong 1,5 h, sau đó tiến hành ly tâm mẫu ở chế độ 1500 xg trong 30 phút. Mỗi thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

$$\% \text{ Độ tách nước} = \frac{W_n}{W} \times 100 \quad (2.9)$$

W_n : khối lượng nước tách ra sau ly tâm.

W : khối lượng của gel tinh bột trong ống ly tâm.

2.2.9. Khảo sát ảnh hưởng độ ẩm đến tính chất cấu trúc gel của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB

Huyền phù tinh bột 10 % được gia nhiệt trong nước nóng ở 90°C trong 15 phút. Gel được chuyển qua khuôn hình thang có chiều cao 1,5 cm, cạnh đáy nhỏ 1 cm và cạnh đáy lớn 1,5 cm. Sau đó gel được bảo quản ở 4°C trong 24 h (Singh và cộng sự, 2010). Cấu trúc gel được xác định bằng máy thử nghiệm sức bền cơ lý thực phẩm vạn năng: Instron, USA tại trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh, quận Gò Vấp. Khối gel được đo bằng đầu dò đường kính 3 cm với độ nén xuống 3 mm và vận tốc nén 1 mm/s. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần và các thông số cấu trúc như độ cứng, độ cố kết, độ dính, độ đàn hồi, chewiness và gumminess hiển thị trên máy tính.

2.2.10. Xử lý số liệu thống kê

Tất cả các số liệu trong mỗi thí nghiệm đều được lặp lại 3 lần và được xử lý ANOVA một yếu tố với kiểm định đa khoảng Duncan (Duncan's Multiple Range Test) bằng phần mềm SPSS 22 (SPSS Institute Inc., Cary, NC, USA) để đánh giá sự khác biệt có ý nghĩa đáng kể giữa các giá trị trung bình với mức ý nghĩa thống kê $p \leq 0,05$. Kết quả xử lý được trình bày dưới dạng: giá trị trung bình \pm độ lệch chuẩn của 3 lần lặp.

CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ VÀ BIỆN LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của độ ẩm đến màu sắc tinh bột khoai tây chiếu xạ EB

Bảng 3.1 Các thông số màu của các mẫu tinh bột khoai tây

Mẫu	Giá trị màu sắc				
	L^*	a^*	b^*	ΔE	WI
C	96,69 ± 0,02 ^a	-0,14 ± 0,02 ^a	2,43 ± 0,08 ^a		89,39 ± 0,23 ^a
EB 11,74	95,85 ± 1,16 ^a	-0,56 ± 0,06 ^b	6,18 ± 0,03 ^b	3,86	77,31 ± 1,16 ^b
EB 14,84	96,89 ± 0,77 ^a	-0,53 ± 0,04 ^{bc}	5,48 ± 0,03 ^c	3,08	80,45 ± 0,70 ^c
EB 17,51	96,59 ± 1,05 ^a	-0,46 ± 0,06 ^c	5,04 ± 0,23 ^d	2,63	81,46 ± 1,65 ^c
EB 19,24	96,72 ± 0,35 ^a	-0,46 ± 0,06 ^c	4,97 ± 0,45 ^d	2,55	81,82 ± 1,62 ^c
EB 28,94	96,47 ± 1,01 ^a	-0,35 ± 0,04 ^d	3,61 ± 0,06 ^e	1,22	85,64 ± 0,84 ^d

*Các giá trị thể hiện giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các giá trị trong cùng một cột khác nhau biểu thị sự khác biệt về màu sắc có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của độ ẩm đến màu sắc tinh bột khoai tây chiếu xạ EB được thể hiện trên bảng 3.1. Kết quả nghiên cứu cho thấy màu sắc của các mẫu tinh bột trước và sau khi xử lý EB có sự thay đổi. Chỉ số độ sáng L^* giữa các mẫu tinh bột tự nhiên và tinh bột chiếu xạ EB không có sự khác biệt. Giá trị a^* và b^* của các mẫu tinh bột chiếu xạ EB cao hơn so với mẫu tinh bột tự nhiên. Điều này cho thấy màu của tinh bột sau chiếu xạ EB chuyển sang màu vàng và đỏ. Sự thay đổi màu sắc của tinh bột được giải thích là do phản ứng caramel của monosaccharide thu được do sự bẻ gãy polysaccharide dưới tác dụng của EB. EB có khả năng thủy phân liên kết hóa học, do đó phá vỡ phần lớn phân tử của tinh bột thành các đoạn nhỏ hơn như dextrin, đường và acid. Các phân tử nhỏ này có thể tích điện hoặc không tích điện như gốc tự do (Greenwood và cộng sự, 1963). Điều này làm cho tinh bột khi xử lý chiếu xạ EB có màu vàng (Kang và cộng sự, 1999). Ngoài ra, giá trị b^* tăng còn do quá trình oxi hóa phenolic thành melanoidin hoặc phản ứng Maillard giữa các nhóm carboxyl và nhóm amin được gây ra bởi chiếu xạ (Wootton và cộng sự, 1988).

Kết quả nghiên cứu này tương đồng với nghiên cứu của Pimpa và cộng sự (2007) trên tinh bột cao lương khi xử lý chiếu xạ EB ở liều chiếu 10- 30 kGy về giá trị a^* và b^* . Kết quả nghiên cứu có sự khác biệt so với nghiên cứu của Wani và cộng sự (2015). Wani và cộng sự (2015) đã báo cáo rằng giá trị a^* trong mẫu tinh bột tự nhiên cao nhất và giảm dần khi tăng liều chiếu trong khi giá trị b^* tăng với chiếu xạ gamma ở tinh bột củ Arrowhead (0- 15 kGy). Sự khác nhau này có thể là do kỹ thuật chiếu xạ và loại tinh bột sử dụng khác nhau (Pimpa và cộng sự, 2007).

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, giá trị a^* và b^* của tinh bột có xu hướng giảm dần khi tăng độ ẩm của mẫu tinh bột đem chiếu xạ; trong khi đó độ trắng Hunter có xu hướng ngược lại. Điều này cho thấy với độ ẩm càng thấp thì mức độ bẻ gãy mạch polysaccharide tạo ra monosaccharide càng nhiều.

Tổng sự khác biệt về màu sắc ΔE theo Mokrzycki và Tatol (2011) của các mẫu tinh bột chiếu xạ EB có sự giảm dần theo độ ẩm so với mẫu C. Sự thay đổi này có thể phân biệt rõ ràng đối với độ ẩm càng thấp. Đối với mẫu EB 11,74, $\Delta E = 3,86 > 3,5$ cho thấy sự khác biệt rõ ràng về màu sắc. Còn đối với các mẫu EB 14,84, EB 17,51, EB 19,24 lớn hơn 2 nhưng nhỏ hơn 3,5 nên người quan sát không có kinh nghiệm cũng có thể nhận thấy sự khác biệt này. Mẫu EB 28,94 lớn hơn 1 nhưng nhỏ hơn 2 nên người quan sát có kinh nghiệm mới có thể nhìn thấy sự khác biệt. Điều này chứng minh rằng, đối với các mức độ ẩm trong nghiên cứu này, dường như có thể nhận biết sự thay đổi màu sắc có thể nhận biết bằng mắt thường.

3.2. Ảnh hưởng của độ ẩm đến acid tự do của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB

Bảng 3.2 Tính chất của tinh bột khoai tây ở các mức độ ẩm khác nhau*

Mẫu	FA	SB (%)	SP (w/w)
C	4,41 ± 0 ^a	6,30 ± 0,30 ^a	15,02 ± 0,45 ^a
EB 11,74	8,82 ± 0 ^b	11,83 ± 0,49 ^b	13,97 ± 0,66 ^b
EB 14,84	7,72 ± 0 ^c	10,87 ± 0,45 ^c	13,72 ± 0,56 ^{bc}
EB 17,51	6,62 ± 0 ^d	10,50 ± 0,30 ^{cd}	12,87 ± 0,64 ^{cd}
EB 19,24	6,25 ± 0,64 ^d	9,97 ± 0,25 ^d	12,16 ± 0,39 ^d
EB 28,94	5,15 ± 0 ^e	7,27 ± 0,15 ^e	9,27 ± 0,24 ^e

*Các giá trị thể hiện giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các giá trị trong cùng một cột khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$).

Giá trị FA của tinh bột khoai tây tự nhiên và chiếu xạ được thể hiện trong bảng 3.2. Kết quả nghiên cứu cho thấy FA của tinh bột chiếu xạ EB cao hơn so với tinh bột tự nhiên. Sự tăng giá trị FA của tinh bột chiếu xạ được giải thích là do sự phá vỡ phân tử tinh bột và hình thành nhóm COOH (Sokhey và Chinnaswamy, 1993) dẫn đến sự hình thành các acid sau chiếu xạ như acid formic, acetic, pyruvic và glucuronic. Trong đó, sự hình thành acid formic có thể là do sự phân cắt liên kết α - glycol trong các đơn vị glucose cuối mạch (Ghali và cộng sự, 1979). Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Nemțanu và cộng sự, 2013 chiếu xạ EB trên tinh bột bắp; Pimpa và cộng sự, 2007 chiếu xạ EB trên tinh bột cao lương.

Giá trị FA ở bảng 3.2 cũng cho thấy ở mức độ ẩm càng cao giá trị FA càng thấp. Điều này cho thấy, ở mức độ ẩm càng cao thì các gốc tự do tạo ra càng ít. Theo Raffi và Agnel (1983) khi bổ sung một lượng nước dư thừa vào tinh bột được đem đi chiếu xạ dẫn

đến sự biến mất của các gốc tự do. Hiện tượng này được giải thích là do nước có thể phá vỡ liên kết hydro trong tinh bột và xâm nhập vào các gốc tự do đại phân tử vùng lân cận. Từ đó dẫn đến sự di chuyển vị trí của các gốc tự do có kích thước nhỏ hơn. Các gốc tự do nhỏ này có thể chấm dứt sự tồn tại của các gốc tự do khác hoặc chuyển sang vị trí khác trên polymer (Henderson và Rudin, 1981). Độ ẩm của tinh bột chiếu xạ có mối quan hệ tỷ lệ nghịch với việc tạo thành carbonyl (Raffi và cộng sự, 1981). Như vậy, độ ẩm là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến sự ổn định của các gốc tự do (Sokhey và Hanna, 1993).

3.3. Ảnh hưởng của độ ẩm đến độ hòa tan và độ trương nở của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB

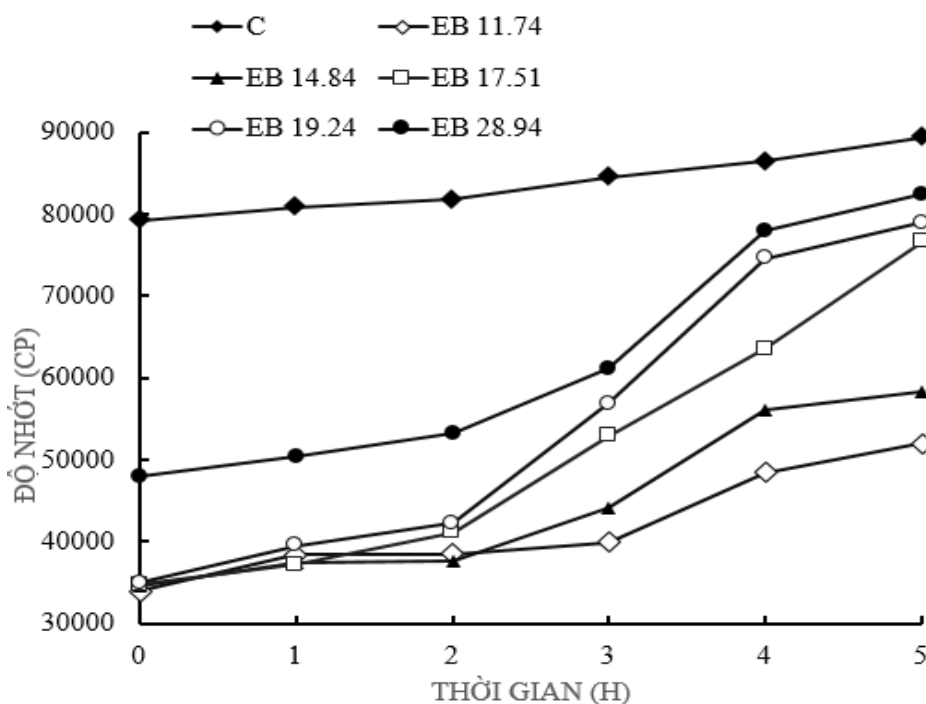
Bảng 3.2 thể hiện giá trị độ hòa tan và độ trương nở của tinh bột tự nhiên và tinh bột chiếu xạ. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ hòa tan của các mẫu tinh bột chiếu xạ EB cao hơn so với mẫu tinh bột C. Sự gia tăng độ hòa tan khi chiếu xạ là do sự tăng lên của các phân tử nhỏ như monosaccharide. Do đó, các phân tử tinh bột chiếu xạ có khả năng hydrate hóa cao hơn so với phân tử tinh bột tự nhiên (Haripriya và cộng sự, 2015). Ngoài ra, chiếu xạ làm giảm liên kết hydro giữa các chuỗi trong phân tử tinh bột và làm tăng liên kết hydro với nước, làm tăng độ hòa tan của tinh bột chiếu xạ (Ying Ma và cộng sự, 2012). Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Pimpa và cộng sự, 2007 chiếu xạ EB trên tinh bột cao lương và một số nghiên cứu về các loại tinh bột khác khi chiếu xạ gamma (Haripriya và cộng sự, 2015; Masoodi và cộng sự, 2012).

Kết quả nghiên cứu thể hiện ở bảng 3.2 cũng cho thấy khi tăng độ ẩm, độ hòa tan của các mẫu tinh bột chiếu xạ EB giảm. Sokhey và Hanna (1993) giải thích xu hướng này là do khi tăng độ ẩm của các mẫu tinh bột chiếu xạ thì mức độ depolymer giảm nên làm độ hòa tan giảm.

Độ trương nở của tinh bột phụ thuộc vào khả năng giữ nước của phân tử tinh bột thông qua liên kết hydro (Gani và cộng sự, 2012). Sự trương nở của hạt tinh bột bắt đầu ở vùng ít tổ chức, vô định hình và liên tinh thể của hạt (Pimpa và cộng sự, 2007). Tỷ lệ amylopectin chịu trách nhiệm trong khả năng trương nở của tinh bột (Tester và Morrison, 1990). Khi gia nhiệt làm tháo hoặc phân ly của vùng xoắn kép và phá vỡ cấu trúc kết tinh amylopectin. Các chuỗi được giải phóng của amylopectin trở nên ngậm nước và trương nở hạt (Pimpa và cộng sự, 2007). Điều này có thể là do khi chiếu xạ làm phân cắt chuỗi amylose và amylopectin trong phân tử tinh bột tạo ra các dextrin không thể liên kết với nước để trương nở, cho nên làm giảm khả năng trương nở của tinh bột (Othman và cộng sự, 2015).

Khi độ ẩm càng thấp, độ trương nở của tinh bột chiếu xạ càng tăng, có thể là do ở mức độ ẩm thấp sự phân cắt các phân tử amylopectin diễn ra mạnh mẽ. Như vậy, độ trương nở của tinh bột trong nước nóng tăng khi tinh bột có độ ẩm càng thấp.

3.4. Ảnh hưởng của độ ẩm đến độ nhớt Brookfield của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB

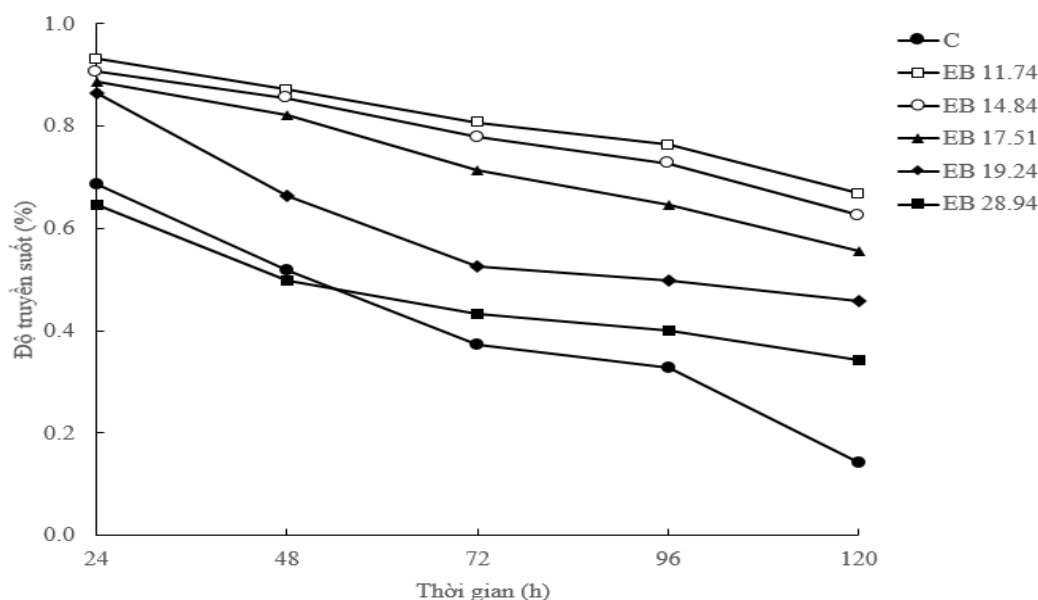


Hình 3.1 Sự thay đổi của độ nhớt các mẫu tinh bột đo bằng máy nhớt kế Brookfield

Hình 3.1 thể hiện sự thay đổi của độ nhớt ở mẫu tinh bột C và các mẫu tinh bột chiếu xạ EB. Kết quả cho thấy độ nhớt của mẫu tinh bột C cao hơn các mẫu tinh bột chiếu xạ EB. Độ nhớt giảm khi chiếu xạ là do sự hình thành các gốc tự do và sự bẻ gãy các liên kết glucosidic (Mestres và cộng sự, 2001). Độ nhớt không ổn định và tăng theo thời gian (Kang và cộng sự, 1999). Điều này là do quá trình thoái hóa tinh bột làm tăng độ nhớt và hình thành gel của tinh bột theo thời gian (Zhang và cộng sự, 2016).

Kết quả nghiên cứu ở hình 3.1 cũng cho thấy khi độ ẩm tăng của các mẫu tinh bột EB thì độ nhớt cũng tăng dần theo thời gian lưu trữ mẫu. Điều này chứng tỏ rằng ở độ ẩm càng thấp thì sự bẻ gãy các liên kết glucosidic tạo thành các phân tử nhỏ hơn càng nhiều. Độ nhớt các mẫu tăng dần trong 6 tiếng lưu trữ cùng một nhiệt độ. Ở mức 0 giờ, các mẫu EB 11,74, EB 14,84, EB 17,51, EB 19,24 không có sự khác biệt về độ nhớt, còn mẫu EB 28,94 có sự khác biệt đáng kể so với các mẫu còn lại. Ở mức 5 giờ, có sự khác biệt độ nhớt rõ ràng, độ nhớt của các mẫu EB 17,51, EB 19,24 và EB 28,94 tiến gần với giá trị của mẫu C.

3.5. Ảnh hưởng của độ ẩm đến độ truyền suốt của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB



Hình 3.2 Sự thay đổi của độ truyền suốt theo chu kỳ 5 ngày của tinh bột khoai tây

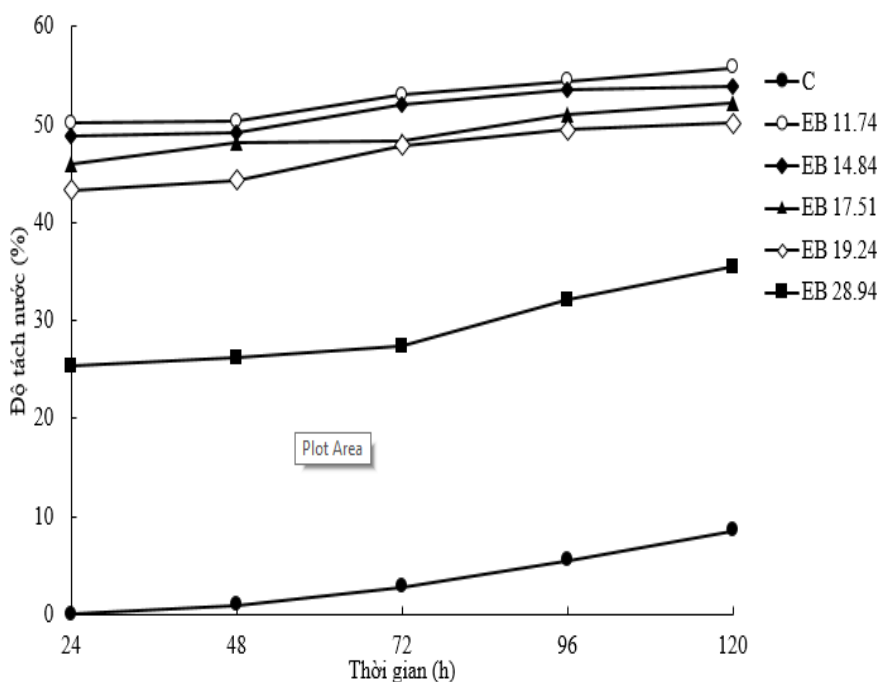
Độ trong của hồ tinh bột là một trong những tính chất chức năng quan trọng của tinh bột trong một số sản phẩm thực phẩm (Masoodi và cộng sự, 2012). Độ truyền suốt của tinh bột càng cao cho thấy hồ tinh bột càng trong (Wani và cộng sự, 2013). Ảnh hưởng của việc lưu trữ lạnh đến độ truyền suốt của gel tinh bột chiếu xạ với các độ ẩm khác nhau và tinh bột tự nhiên được biểu diễn trong hình 3.2. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ truyền suốt của các mẫu tinh bột EB cao hơn mẫu C. Điều này có thể là do sự bẽ gãy hoặc sự thủy phân của phân tử tinh bột và sự hình thành các đoạn phân tử nhỏ hơn (Wani và cộng sự, 2013). Ngoài ra, sự tăng độ truyền suốt của hồ tinh bột có thể là do sự xuất hiện của các nhóm carboxyl liên kết với phân tử nước bởi liên kết hydro. Điều này tương quan với sự tăng tính acid cũng như tăng nhóm carboxyl của dung dịch tinh bột chiếu xạ (Singh và cộng sự, 2006). Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy độ truyền suốt tăng dần theo chiều giảm độ ẩm của tinh bột. Vì vậy, với độ ẩm càng thấp thì sự bẽ gãy mạch tinh bột hình thành các đoạn phân tử nhỏ hơn càng nhiều.

Kết quả cũng cho thấy độ truyền suốt của gel tinh bột giảm đáng kể được quan sát trong 5 ngày lưu trữ lạnh. Sự giảm độ truyền suốt của paste tinh bột là kết quả của sự thoái hóa tinh bột khi tăng thời gian lưu trữ (Masoodi và cộng sự, 2012). Thêm vào đó, mức độ giảm của các phân tử phân nhánh, sự phân hủy của phân tử tinh bột và chiều dài chuỗi amylose/ amylopectin sau chiếu xạ cũng làm giảm độ truyền suốt (Haripriya và cộng sự,

2015). Ngoài ra, việc giảm độ truyền suốt còn do sự tái kết hợp và tái kết tinh chậm của amylopectin (Gani và cộng sự, 2013). Sự tái cấu tạo của các phân tử amylose cũng làm giảm độ truyền suốt của paste tinh bột (Haripriya và cộng sự, 2015).

Sự khác biệt về độ truyền suốt diễn ra rõ ràng ở các mẫu tinh bột. Tuy nhiên, các mẫu C, EB 11,74, EB 14,84, EB 17,51 từ 72- 120 h độ truyền suốt giảm đáng kể so với các mẫu còn lại. Từ đây có thể luận rằng, độ truyền suốt của dung dịch hồ tinh bột được cải thiện khi chiếu xạ.

3.6. Ảnh hưởng của độ ẩm đến độ tách nước của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB



Hình 3.3 Sự thay đổi của độ tách nước theo chu kì 5 ngày của tinh bột khoai tây

Độ tách nước là một chỉ số cho mức độ thoái hóa tinh bột ở nhiệt độ thấp. Đây là một tính chất không mong muốn cả thực phẩm và ứng dụng phi thực phẩm (Gani và cộng sự, 2014). Độ tách nước của tinh bột tự nhiên và tinh bột chiếu xạ EB được thể hiện trong hình 3.3. Kết quả cho thấy sau 5 ngày lưu trữ lạnh, độ tách nước của các mẫu tinh bột tăng dần nhưng sự khác biệt không quá rõ ràng. Sự tăng phần trăm tách nước theo thời gian lưu trữ là do sự tương tác giữa các chuỗi amylose và amylopectin thoát ra khỏi hạt tinh bột làm co gel (Wani và cộng sự, 2010), dẫn đến sự tăng lên của các vùng nổi và giải phóng nước (Hoover và Perera, 1999). Ngoài ra, lượng nước bị tách ra có thể là do sự tăng liên kết hydro liên phân tử và nội phân tử do sự tương tác giữa các chuỗi tinh bột (amylose- amylose, amylose-

amylopectin và amylopectin- amylopectin) trong suốt thời gian lưu trữ lạnh (Hoover và cộng sự, 1997).

Kết quả nghiên cứu cho thấy sau 5 ngày lưu trữ lạnh, mẫu có độ ẩm càng thấp độ tách nước càng cao. Điều này cho thấy, ở độ ẩm càng thấp sự phân cắt mạch nhánh thành các mạch ngắn diễn ra mạnh mẽ và sự thoái diễn ra mạnh.

3.7. Ảnh hưởng của độ ẩm đến tính chất cấu trúc gel của tinh bột khoai tây chiếu xạ EB

Bảng 3.3 Tính chất cấu trúc gel tinh bột khoai tây*

Mẫu	Độ cứng	Độ cố kết	Độ đàn hồi	Chewiness	Gumminess
C	0,4533± 0,0153 ^a	0,9946± 0,0034 ^a	2,7133± 0,1286 ^a	1,1653±0,0906 ^a	0,4290± 0,0121 ^a
EB 11,74	0,9233± 0,0462 ^b	0,9993± 0,0130 ^a	4,2900± 0,2287 ^c	3,5467± 0,0476 ^b	0,8670± 0,0348 ^b
EB 14,84	0,9100± 0,1039 ^b	0,9908± 0,0087 ^a	4,0967± 0,1332 ^{bc}	3,5147± 0,3488 ^b	0,8287± 0,0848 ^b
EB 17,51	0,8933± 0,0321 ^b	0,9916± 0,0044 ^a	3,8600± 0,1852 ^b	3,0057± 0,3209 ^b	0,8077± 0,0361 ^b
EB 19,24	0,8500± 0,0624 ^b	0,9919± 0,0021 ^a	3,7133± 0,2419 ^b	3,1050± 0,3145 ^b	0,8030± 0,0482 ^b
EB 28,94	0,8467± 0,0351 ^b	1,0034± 0,0024 ^b	3,7600± 0,2488 ^b	3,1263± 0,4827 ^b	0,8183± 0,0404 ^b

*Các giá trị thể hiện giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các giá trị trong cùng một cột khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê (p< 0,05).

Các thông số về tính chất cấu trúc gel tinh bột tự nhiên và tinh bột EB được thể hiện ở bảng 3.3. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ cứng, độ đàn hồi, chewiness, gumminess của tinh bột chiếu xạ cao hơn mẫu C. Tuy nhiên, sự thay đổi này không có sự khác biệt đáng kể khi xử lý thống kê ở mức ý nghĩa 5 %.

Độ cứng của gel là do sự thoái hóa của gel tinh bột, có liên quan đến độ tách nước và kết tinh của amylopectin, làm gel cứng hơn (Miles và cộng sự, 1985). Ngoài ra, khi chiếu xạ làm phân cắt cấu trúc amylopectin và tạo thành nhiều đoạn nhỏ hơn, sau đó chúng kết hợp lại với nhau làm tăng độ cứng (Sung và cộng sự, 2008). Theo Solomonsson và Sundberg (1994) cho rằng hàm lượng amylose cao và chuỗi amylopectin dài hơn cũng có thể làm tăng độ cứng hơn. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, độ ẩm tinh bột chiếu xạ càng thấp thì gel tinh bột cứng hơn. Điều này có thể là do, ở độ ẩm thấp sự phân cắt cấu trúc amylopectin thành nhiều đoạn nhỏ diễn ra mạnh mẽ. Ngoài ra khi chiếu xạ, ở các mức độ ẩm thấp, hiện tượng thoái quá của tinh bột nhanh hơn dẫn đến gel tinh bột trở nên cứng hơn.

Trong sự mô tả TPA, chewiness được định nghĩa là năng lượng cần thiết để nghiền nát một sản phẩm thực phẩm rắn (Bourne, 2002). Thông số chewiness bằng tích của độ cứng, độ cố kết và độ đàn hồi. Chewiness chịu ảnh hưởng bởi sự thay đổi của một trong ba thông số trên (Ross, 2006). Kết quả nghiên cứu cho thấy, độ cố kết không có sự khác biệt

giữa mẫu C và mẫu EB. Theo chiều tăng độ ẩm, độ cứng và độ đàn hồi không giảm. Vì vậy, chewiness thay đổi dựa trên độ cứng và độ đàn hồi của gel tinh bột nên chewiness cũng giảm theo chiều tăng độ ẩm tinh bột.

Gumminess là năng lượng cần thiết để làm phân rã thực phẩm bán rắn thành trạng thái sẵn sàng để nuốt. Thông số gumminess bằng tích của độ cứng và độ cố kết (Bourne, 2002). Kết quả nghiên cứu cho thấy, độ cố kết không có sự khác biệt giữa các mẫu C và EB. Nên gumminess bị ảnh hưởng bởi độ cứng. Vì vậy, gumminess giảm khi tăng độ ẩm tinh bột.

CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN

Độ ẩm ảnh hưởng đến tính năng công nghệ của tinh bột khoai tây biến tính bằng chiếu xạ EB. Kết quả nghiên cứu cho thấy các mẫu tinh bột với các độ ẩm khác nhau có xu hướng bị gãy mạch do sự phân tách các liên kết glycoside dưới tác dụng của chiếu xạ electron beam. Điều này thể hiện ở các chỉ số acid tự do, độ hòa tan, độ truyền suốt, độ tách nước và các thông số tính chất cấu trúc gel tinh bột của mẫu tinh bột chiếu xạ cao hơn và độ nhớt và độ trương nở thấp hơn so với tinh bột tự nhiên. Đối với độ ẩm của tinh bột càng cao các tính chất trên có xu hướng càng thấp. Trong nghiên cứu này, dựa vào độ nhớt, độ truyền suốt và độ tách nước có thể kết luận rằng chiếu xạ làm tăng mức độ thoái hóa và thoái hóa diễn ra mạnh mẽ hơn khi ở các mức độ ẩm càng thấp.

Nghiên cứu chỉ bước đầu nghiên cứu ảnh hưởng của độ ẩm đến tính năng công nghệ của tinh bột khoai tây biến tính bằng EB nên cần nhiều nghiên cứu chuyên sâu hơn để lý giải thêm và mở rộng hơn. Vì vậy, nên cần có nhiều nghiên cứu về độ ẩm trên nhiều loại tinh bột (loại A, B, C) chiếu xạ; khảo sát với các mức nồng độ tinh bột khác nhau để đo cấu trúc gel tinh bột; khảo sát nhiệt độ khi đo độ hòa tan và trương nở của tinh bột; khảo sát sự thay đổi của tính chất tinh bột trên độ ẩm ở các mức liều chiếu khác nhau; khảo sát độ truyền suốt của tinh bột ở các điều kiện nhiệt độ khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- A. Buleón et al. 1998. Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules* 23: 85–112.
- A. M. Donald. 2004. Understanding starch structure and functionality. In: *Starch in Food Structure, Function and Applications* (A-C. Eliasson). Woodhead Publishing Limited publishing. Pp: 156- 184.
- A. S. Sokhey., R. Chinnaswamy. 1993. Chemical and Molecular Properties of Irradiated Starch Extrudates. *Cereal Chem.* 70(3): 260- 268.
- A.M. Smith., C. Martin. 1993. Starch biosynthesis and the potential for its manipulation. In: *Biosynthesis and Manipulation of Plant Products* (Don Grierson B.Sc., Ph.D., C.Biol., F.I.Biol). Chapman & Hall publishing. Pp: 1- 44.
- Adil Gani et al. 2012. Characterization of rice starches extracted from Indian cultivars. *Food Science and Technology International* 19 (2): 143- 152.
- Adil Gani et al. 2013. Characterization of Lotus Stem (*Nelumbo nucifera*) Starches Purified From Three Lakes of India. *Journal Of Aquatic Food Product Technology* 22: 605- 618.
- Adil Gani et al. 2014. Effect of gamma irradiation on the physicochemical properties of alkali-extracted rice starch. *Radiation Physics and Chemistry* 99: 37–44.
- Alberto Jiménez et al. 2012. Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. *Food Bioprocess Technol* 5: 2058- 2076.
- Alex M. Henderson và Alfred Rudin. 1981. ESR Study of the Effects of Water, Methanol, and Ethanol on Gamma-Irradiation of Starch. *Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition* 19: 1721- 1732.
- Alison M. Smith et al. 1995. What Controls the Amount and Structure of Starch in Storage Organs?. *Plant Physiol.* 107: 673-677.
- Andréa C. Bertolini. 2010. Trends in starch applications. In: *Starches: characterization, properties, and applications* (Andréa C. Bertolini). Taylor and Francis Group publishing. Pp: 1-19.
- Andrew S. Ross. 2006. Instrumental Measurement of Physical Properties of Cooked Asian Wheat Flour Noodles. *Cereal Chem.* 83(1):42- 51.
- Andrew S. Ross. 2012. Starch in Foods. In: *Food Carbohydrate Chemistry, First Edition* (Ronald E. Wrolstad). John Wiley & Sons, Inc publishing. Pp: 108- 131.

- Ann-Christine Salomonsson., Birgitta Sundberg. 1994. Amylose Content and Chain Profile of Amylopectin from Normal, High Amylose and Waxy Barleys. *Starch/Starke* 46 (9): 325- 328.
- Asad Mohammad Amini., Seyed Mohammad Ali Razavi., Seyed Ali Mortazavi. 2015. Morphological, physicochemical, and viscoelastic properties of sonicated corn starch. *Carbohydrate Polymers* 122: 282–292.
- Bao J et al. 2005. Characterization of physical properties of flour and starch obtained from gamma irradiated white rice. *Starch/Starke* 57: 480- 487.
- Benchamaporn Pimpa et al. 2007. Effect of electron beam irradiation on physicochemical properties of sago starch. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 29 (3): 759- 768.
- Bhat R., Karim A.A. 2009. Impact of radiation processing on starch. *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety* 8: 44- 58.
- Bộ Y Tế. Ngày 14 tháng 10 năm 2004. QUYẾT ĐỊNH Về việc ban hành “Quy định vệ sinh an toàn đối với thực phẩm bảo quản bằng phương pháp chiếu xạ”, số 3616/2004/QĐ-BYT.
- Bourne M. C. 2002. Principles of Objective Texture Measurement. In: Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement (Bourne M. C.). Academic Press publishing. Pp: 107- 187.
- C. G. Biliaderis et al. 1980. Starch Gelatinization Phenomena Studied By Differential Scanning Calorimetry. *Journal Of Food Science* 45: 1669- 1674.
- C. G. Biliaderis. 1991. The structure and interactions of starch with food constituents. *J. Physiol. Pharmacol.* 69: 66- 78.
- C. Mestres et al. 2001. Free radical formation in UV- and gamma-irradiated cassava starch. *Carbohydrate Polymers* 44: 269- 271.
- C. Perera., R. Hoover. 1999. Influence of hydroxypropylation on retrogradation properties of native, defatted and heat-moisture treated potato starches. *Food Chemistry* 64: 361- 375.
- Cies’la K., Eliasson A-C. 2002. Influence of gamma radiation on potato starch gelatinization studied by differential scanning calorimetry. *Radiation Physics and Chemistry* 64 (2): 137- 148.

- Costas G. Biliaderis. 1988. Structures and Phase Transitions of Starch Polymers. In: Polysaccharide Association Structures in Food (Reginald Walter). Marcel Dekker publishing. Pp: 57- 168.
- Cunxu Wei et al. 2014. Comparison of starches isolated from three different *Trapa* species. *Food Hydrocolloids* 37: 174- 181.
- D. J. Gallant., B. Bouchet., A. Buléon., S. Pérez. 1992. Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. *European Journal of Clinical Nutrition* 46: 3- 16.
- David J. T., William A.A. 1999. CHAPTER 3: Gelatinization, Pasting, and Retrogradation. In: Starches (David J. T., William A.A). AACC Intl. PRESS publishing. Pp: 25-30.
- David R. Lineback. 1986. Current Concepts of Starch Structure and Its Impact on Properties. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* 33 (1): 80– 88.
- F.A. Masoodi et al. 2012. Modification of bean starch by γ -irradiation: Effect on functional and morphological properties. *LWT- Food Science and Technology* 49: 162- 169.
- Gerrit T. Oostergetel., Ernst F.J. van Bruggen. 1993. The crystalline domains in potato starch granules are arranged in a helical fashion. *Carbohydrate Polymers* 21: 7-12.
- Graham JA et al. 2002. Effects of gamma irradiation on physical and chemical properties of chickpeas (*Cicer arietinum*). *J Sci Food Agric* 82:1599- 1605.
- Greenwood. C. T. et al. 1963. The irradiation of the starch Part I: The properties of potato starch and its components after irradiation with high energy electron. *Die Starke* 15: 444- 448.
- H. Fredriksson et al. 1998. The influence of amylose and amylopectin characteristics on gelatinization and retrogradation properties of different starches. *Carbohydrate Polymer* 35: 119- 134.
- Hanjun Tang, Toshio Mitsunaga, Yukio Kawamura. 2006. Molecular arrangement in blocklets and starch granule architecture. *Carbohydrate Polymers* 63: 555–560.
- Harold Corke et al. 2009. Effect of gamma irradiation on the thermal and rheological properties of grain amaranth starch. *Radiation Physics and Chemistry* 78: 954- 960.
- I. D. Evans., D. R. Haisman. 1979. Rheology Of Gelatinised Starch Suspensions. *Journal of Texture Studies* 10: 347- 370.
- Idrees Ahmed Wani et al. 2013. Effect of gamma irradiation on physicochemical properties of broad bean (*Vicia faba* L.) starch. *LWT- Food Science and Technology* 54: 63- 72.

- Idrees Ahmed Wani et al. 2015. Physicochemical properties of native and γ - irradiated wild arrowhead (*Sagittaria sagittifolia* L.) tuber starch. *International Journal of Biological Macromolecules* 77: 360- 368.
- Idress A. Wani et al. 2010. Physico-chemical properties of starches from Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. *International Journal of Food Science and Technology* 45: 2176- 2185.
- Il-Jun Kang et al. 1999. Production of modified starches by gamma irradiation. *Radiation Physics and Chemistry* 54: 425- 430.
- Ingrid A. M. Appelqvist., Martine R. M. Debet. 1997. Starch- Biopolymer Interactions- A Review. *Food Reviews International* 13(2): 163-224.
- Ingrid A. M. Appelqvist., Martine R. M. Debet. 2009. Starch biopolymer interactions- a review. *Food Reviews International* 13 (2): 163- 224.
- Ipsita Roy et al. 2015. Production, Chemistry and Properties of Biopolymers in Food Science. In: *Functional Polymers in Food Science* (G. Cirillo, U. Gianfranco Spizzirri, and F. Iemma (eds.)). Scrivener Publishing. Pp: 95- 125.
- J. Raffi et al. 1981. Gamma Radiolysis of Starches Derived from Different Foodstuffs: Part 1. Study of Some Induced Carbonyl Derivatives. *Starch/Starke* 33 (6): 188- 192.
- J.F. Diehl. 2002. Food irradiation- past, present and future. *Radiation Physics and Chemistry* 63: 211- 215.
- Jacques J. Raffi và Jean-Pierre L. Agnel. 1983. Influence of the Physical Structure of Irradiated Starches on Their Electron Spin Resonance Spectra Kinetics. *J. Phys. Chem.* 87: 2369- 2373.
- Jan A. Delcour et al. 2010. Fate of Starch in Food Processing: From Raw Materials to Final Food Products. *Annual Review of Food Science and Technology* 1: 87–111.
- Jaroslav Blazek. 2008. Role Of Amylose In Structurefunction Relationship In Starches From Australian Wheat Varieties. Pp: 1- 222.
- Jaspreet Singh et al. 2006. Physico-chemical and morphological characteristics of New Zealand Taewa (*Maori potato*) starches. *Carbohydrate Polymers* 64: 569- 581.
- Jay-Lin Jane., John F. Robyt. 1984. Structure studies of amylose-v complexes and retrograded amylose by action of alpha amylases, and a new method for preparing amyloextrins. *Carbohydrate Research* 132: 105- 118.

- John W. Donovan. 1979. Phase Transitions of the Starch-Water System. *Biopolymers* 18: 263- 275.
- Joint FAO /IAEA/WHO Expert Committee. 1977. Wholesomeness of Irradiated Foods. *Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome*. Pp: 1- 44.
- Jun Wang., Yong Yu. 2009. Effect of gamma-ray irradiation on the physicochemical properties of flour and starch granule structure for wheat. *International Journal of Food Science and Technology* 44: 674- 680.
- K. Sriroth et al. 2005. Molecular properties of cassava starch modified with different UV irradiations to enhance baking expansion. *Carbohydrate Polymers* 61: 80- 87.
- Kamal et al. 2007. Controlling of degradation effects in radiation processing of starch. *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry* 44(8):865- 875.
- Kandikere R. Sridhar et al. 2007. Effect of ionizing radiation on antinutritional features of velvet bean seeds (*Mucuna pruriens*). *Food Chemistry* 103: 860- 866.
- Kawaljit Singh Sandhu., Narpinder Singh., Maninder Kaur. 2004. Characteristics of the different corn types and their grain fractions: physicochemical, thermal, morphological, and rheological properties of starches. *Journal of Food Engineering* 64: 119–127.
- Keiji Kainuma. 1988. Structure and Chemistry of the Starch Granule. In: *The Biochemistry Of Plants* (Jack Preiss). Academic Press, Inc publishing. Pp: 141- 180.
- Kerf MD et al. 2001. Characterization and disintegration properties of irradiated starch. *Int J Pharm* 221: 69- 76.
- Kerry C. Huber., James N. BeMiller. 2010. Modified starch Chemistry and properties. In: *Starches: characterization, properties, and applications* (Andréa C. Bertolini). Taylor and Francis Group publishing. Pp: 145- 183.
- Khongsak Srikaeo. 2016. Starch: Introduction and Structure–Property Relationships. In: *Starch-based Blends, Composites and Nanocomposites* (Visakh P. M., Long Yu). The Royal Society of Chemistry publishing. Pp: 17- 52.
- Leach, H. W., McCowen, L. D., & Schoch, T. J. 1959. Structure of the starch granule. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chemistry* 36: 534–544.

- Luis Arturo Bello-Perez et al. 2010. Starch macromolecular structure. In: Starches: characterization, properties, and applications (Andréa C. Bertolini). Taylor and Francis Group publishing. Pp: 33- 53.
- M. Braşoveanu., M. R. Nemţanu., D. Duţă. 2013. Electron-Beam Processed Corn Starch: Evaluation Of Physicochemical And Structural Properties And Technicaleconomic Aspects Of The Processing. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 30 (04): 847 – 856.
- M. V. Shishonok et al. 2007. Structure and Properties of Electron-Beam Irradiated Potato Starch. *High Energy Chemistry* 41 (6): 425- 429.
- M. Wootton et al. 1988. The Effect of γ -irradiation on the Quality of Australian Rice. *Journal Of Cereal Science* 7: 309- 315.
- M.G. Sajilata., Rekha S. Singhal., Pushpa R. Kulkarni. 2006. Resistant Starch- A Review. *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety* 5: 1-17.
- M.R. Nemtanu et al. 2007. Electron beam technology for modifying the functional properties of maize starch. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 580: 795- 798.
- Maciej Fiedorowicz et al. 1999. Molecular Distribution and Pasting Properties of UV-Irradiated Corn Starches. *Starch/Stärke* 51 (4): 126- 131.
- Markus Schirmer., Mario Jekle., Thomas Becker. 2015. Starch gelatinization and its complexity for analysis. *Starch/Stärke* 67: 30- 41.
- Meireles et al. 2015. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Sci. Technol Campinas* 35(2): 215-236.
- Mervyn J. Miles et al. 1985. The Roles Of Amylose And Amylopectin In The Gelation And Retrogradation Of Starch. *Carbohydrate Research* 135: 271- 281.
- Mokrzycki W.S., Tatol M. 2011. Colour difference ΔE - A survey. *Machine Graphics and Vision* 20 (4): 383- 411.
- Narpinder Singh et al. 2011. Effects of gamma-irradiation on the morphological, structural, thermal and rheological properties of potato starches. *Carbohydrate Polymers* 83: 1521- 1528.
- Nemtanu, M. R., Brasoveanu, M. 2010. Aspects regarding the rheological behavior of wheat starch treated with accelerated electron beam. *Romanian Journal of Physics* 55(1-2): 111- 117.

- Norman W.H. Cheetham., Leping Tao. 1998. Variation in crystalline type with amylose content in maize starch granules: an X-ray powder diffraction study. *Carbohydrate Polymers* 36: 277- 284.
- P. M. Baldwin., J. Adler., M. C. Davies., C. D. Melia. 1998. High Resolution Imaging of Starch Granule Surfaces by Atomic Force Microscopy. *Journal of Cereal Science* 27: 255- 265.
- P.M. Baldwin., M C. Davies., C.D. Melia. 1997. Starch granule surface imaging using low-voltage scanning electron microscopy and atomic force microscopy. *International Journal of Biological Macromolecules* 21: 103- 107.
- Paul Colonna et al. 1987. The Gelation And Crystallisation Of Amylopectin. *Carbohydrate Research* 162: 277- 293.
- Paul M. Baldwin. 2001. Starch Granule-Associated Proteins and Polypeptides: A Review. *Starch/Stärke* 53: 475–503.
- Philip W. Kuchel et al. 2010. Digestion of starch: In vivo and in vitro kinetic models used to characterise oligosaccharide or glucose release. *Carbohydrate Polymers* 80: 599- 617.
- Preiss J. 2004. Plant starch synthesis. In: *Starch in Food: Structure, function and application* (Eliasson A.). Woodhead Publishing. Pp: 18- 71.
- Qiang Liu. 2005. Understanding starches and their role in foods. In: *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications* (Steve W. Cui). Taylor & Francis Group, LLC publishing. Pp: 309-355.
- R. Hoover. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers* 45: 253- 267.
- R.Hoover et al. 1997. Physicochemical characterization of mung bean starch. *Food Hydrocolloids* 11 (4): 401- 408.
- Richard F. Tester., John Karkalas., Xin Qi. 2004. Starch- composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science* 39: 151–165.
- Richard F. Tester., Ste´phane J.J. Debon. 2000. Annealing of starch- a review. *International Journal of Biological Macromolecules* 27: 1- 12.
- Richard F. Tester., William R. Morrison. 1990. Swelling and Gelatinization of Cereal Starches. I. Effects of Amylopectin, Amylose, and Lipids. *Cereal Chem.* 67(6): 551- 557.

- Ronald E. Wrolstad., Daniel E. Smith. 2010. Color Analysis. In: Food Analysis (S.S. Nielsen). Springer Science+Business Media, LLC publishing. Pp: 573- 586.
- Serge Pe´rez và Eric Bertoft. 2010. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: A comprehensive review. *Starch/Sta¨rke* 62: 389–420.
- Shujun Wang et al. 2016. Retrogradation enthalpy does not always reflect the retrogradation behavior of gelatinized starch. *Scientific Reports*.
- Sokhey A. S., Hana M. A. 1993. Properties of irradiated starches. *Food Structure* 12: 397-410.
- Sundaramoorthy HariPriya et al. 2015. Effect of γ -irradiation on structure and physico-chemical properties of *Amorphophallus paeoniifolius* starch. *International Journal of Biological Macromolecules* 79: 309- 315.
- Thomas John Schoch. 1942. Fractionation of Starch by Selective Precipitation with Butanol. *J. Am. Chem. Soc.* 64 (12): 2957–2961.
- Tunyawat Kasemsuwan., Jay-Lin Jane. 1996. Quantitative Method for the Survey of Starch Phosphate Derivatives and Starch Phospholipids by ^{31}P Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. *Cereal Chem.* 73(6):702-707.
- V. A. Sharpatyi. 2006a. Radiation chemistry. Basic concepts of radiation chemistry. In: Radiation chemistry of biopolymers (Sharpatyi V. A). Taylor & Francis Group, LLC publishing. Pp: 1-13.
- V. A. Sharpatyi. 2006b. Radiation chemistry of polysaccharides. In: Radiation chemistry of biopolymers (Sharpatyi V. A). Taylor & Francis Group, LLC publishing. Pp: 124-218.
- Victor J. Morris et al. 2003. Atomic force microscopy of pea starch granules: granule architecture of wild-type parent, r and rb single mutants, and the rrb double mutant. *Carbohydrate Research* 338: 2135- 2147.
- W. R. Morrison., Glasgow (Scotland). 1981. Starch Lipids: A Reappraisal. *Starch/Starke* 33 Nr. 12 S. 408-410.
- W.S. Ratnayake., D.S Jackson. 2008. Thermal Behavior of Resistant Starches RS2, RS3, and RS4. *Journal of Food Science* 73: 356- 366.
- Wen-Chieh Sung et al. 2008. Effects of storage and gamma irradiation on (japonica) waxy rice. *Radiation Physics and Chemistry* 77: 92- 97.

- WHO. 1999. High-Dose Irradiation: Wholesomeness of Food Irradiated with Doses above 10 kGy. WHO Technical Report Series 890. World Health Organization ([http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO TRS 890 \(part1\).pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_890_(part1).pdf)).
- William R. Morrison et al. 1984. A Relationship Between the Amylose and Lipid Contents of Starches from Diploid Cereals. *Journal of Cereal Science* 2: 257-271.
- William R. Morrison. 1988. Lipids in Cereal Starches: A Review. *Journal of Cereal Science* 8: 1-15.
- Wu et al. 2002. Effect of gamma irradiation on starch viscosity and physicochemical properties of different rice. *Radiation Physics and Chemistry* 65 (1): 79- 86.
- Xiu Zhang et al. 2016. Retrogradation enthalpy does not always reflect the retrogradation behavior of gelatinized starch. *Scientific Reports* 6 (20965) 1- 10.
- Y. Ghali et al. 1979. Modification of Corn Starch and Fine Flour by Acid and Gamma Irradiation: Part 1. Chemical Investigation of the Modified Products. *Starch/Starke* 31 (10): 325- 328.
- Y. Yu., J. Wang. 2005. Effect of γ - irradiation pre-treatment on drying characteristics and qualities of rice. *Radiation Physics and Chemistry* 74: 378- 383.
- Yasuhito Takeda., Susumu Hizukuri. 1987. Structures of branched molecules of amyloses of various origins, and molar fractions of branched and unbranched molecules. *Carbohydrate Research* 165: 139-145.
- Ying Ma et al. 2012. Modifications of structure and physicochemical properties of maize starch by γ -irradiation treatments. *LWT- Food Science and Technology* 46: 156- 163.
- Zainon Othman et al. 2015. Physicochemical and thermal properties of gamma-irradiated sago (*Metroxylon sagu*) starch. *Radiation Physics and Chemistry* 109: 48- 53.
- Zhen Fu et al. 2014. Effect of food additives on starch retrogradation: A review. *Starch/Stärke* 66: 1- 10.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Số liệu và kết quả xử lý ANOVA màu sắc của mẫu C và các mẫu EB

Thông số L:

Mẫu	C	EB 11,74	EB 14,84	EB 17,51	EB 19,24	EB 28,94
L	96,7	96,03	97,5	97,16	96,46	96,95
	96,69	94,61	96,03	95,38	96,59	95,31
	96,67	96,9	97,14	97,22	97,12	97,15
L trung bình	96,69	95,85	96,89	96,59	96,72	96,47
Độ lệch chuẩn L	0,02	1,16	0,77	1,05	0,35	1,01

Duncan^a

Mẫu	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	95.8467
5	3	96.4700
3	3	96.5867
0	3	96.6867
4	3	96.7233
2	3	96.8900
Sig.		.190

Thông số a:

Mẫu	C	EB 11,74	EB 14,84	EB 17,51	EB 19,24	EB 28,94
a	-0,14	-0,51	-0,51	-0,43	-0,49	-0,35
	-0,12	-0,63	-0,57	-0,53	-0,5	-0,39
	-0,16	-0,54	-0,5	-0,43	-0,4	-0,32
a trung bình	-0,14	-0,56	-0,53	-0,46	-0,46	-0,35
Độ lệch chuẩn a	0,02	0,06	0,04	0,06	0,06	0,04

Duncan^a

Mẫu	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1	3	-.5600			
2	3	-.5267	-.5267		
4	3		-.4633		
3	3		-.4633		
5	3			-.3533	
0	3				-.1400
Sig.		.403	.143	1.000	1.000

Thông số b:

Mẫu	C	EB 11,74	EB 14,84	EB 17,51	EB 19,24	EB 28,94
b	2,48	6,21	5,51	5,09	5,49	3,66
	2,48	6,17	5,46	5,25	4,73	3,54
	2,34	6,16	5,47	4,79	4,68	3,63
b trung bình	2,43	6,18	5,48	5,04	4,97	3,61
Độ lệch chuẩn b	0,08	0,03	0,03	0,23	0,45	0,06

Duncan^a

Mẫu	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	3	2.4333				
5	3		3.6100			
4	3			4.9667		
3	3			5.0433		
2	3				5.4800	
1	3					6.1800
Sig.		1.000	1.000	.667	1.000	1.000

Trong đó: Mẫu 0: Mẫu C

Mẫu 3: EB 17,51

Mẫu 1: EB 11,74

Mẫu 4: EB 19,24

Mẫu 2: EB 14,84

Mẫu 5: EB 28,94

Phụ lục 2. Số liệu và kết quả xử lý ANOVA acid tự do của mẫu C và các mẫu EB

Mẫu	Thể tích NaOH	Thể tích NaOH hiệu chỉnh	FA	FA trung bình	Độ lệch chuẩn
C	0,2	0,191815	4,411751	4,41	0,00
	0,2	0,191815	4,411751		
	0,2	0,191815	4,411751		
EB 11,74	0,4	0,38363	8,823501	8,82	0,00
	0,4	0,38363	8,823501		
	0,4	0,38363	8,823501		
EB 14,84	0,35	0,335677	7,720564	7,72	0,00
	0,35	0,335677	7,720564		
	0,35	0,335677	7,720564		
EB 17,51	0,3	0,287723	6,617626	6,62	0,00
	0,3	0,287723	6,617626		
	0,3	0,287723	6,617626		
EB 19,24	0,3	0,287723	6,617626	6,25	0,64
	0,3	0,287723	6,617626		
	0,25	0,239769	5,514688		
EB 28,94	0,25	0,239769	5,514688	5,51	0,00
	0,25	0,239769	5,514688		
	0,25	0,239769	5,514688		

Mẫu	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	
Duncan ^a	0	3	4.4117506				
	5	3		5.5146883			
	4	3			6.2499800		
	3	3			6.6176259		
	2	3				7.7205636	
	1	3					8.8235012
Sig.			1.000	1.000	.109	1.000	1.000

Trong đó: Mẫu 0: Mẫu C

Mẫu 3: EB 17,51

Mẫu 1: EB 11,74

Mẫu 4: EB 19,24

Mẫu 2: EB 14,84

Mẫu 5: EB 28,94

Phụ lục 3. Số liệu và kết quả xử lý ANOVA độ hòa tan và độ trương nở của các mẫu tinh bột

	Khối lượng chất rắn hòa tan	Khối lượng cặn	SB (%)	SB trung bình	Độ lệch chuẩn SB	SP (w/w)	SP trung bình	Độ lệch chuẩn SP
Control	0,0063	1,3683	6,3	6,3	0,3	14,60298826	15,0194358	0,45193
	0,006	1,4058	6			14,95531915		
	0,0066	1,4477	6,6			15,5		
EB 11,74	0,0124	1,2594	12,4	11,83333333	0,493288286	14,37671233	13,96561347	0,657933
	0,0115	1,1688	11,5			13,20677966		
	0,0116	1,2653	11,6			14,31334842		
EB 14,84	0,0104	1,1741	10,4	10,86666667	0,450924975	13,10379464	13,7178772	0,55947
	0,0109	1,2651	10,9			14,1986532		
	0,0113	1,2286	11,3			13,85118377		
EB 17,51	0,0108	1,1147	10,8	10,5	0,3	12,49663677	12,87334816	0,635184
	0,0102	1,124	10,2			12,51670379		
	0,0105	1,2178	10,5			13,60670391		
EB 19,24	0,0097	1,1147	9,7	9,966666667	0,251661148	12,34440753	12,15681191	0,386158
	0,01	1,1172	10			12,41333333		
	0,0102	1,0518	10,2			11,71269488		
EB 28,94	0,0074	0,8492	7,4	7,266666667	0,152752523	9,17062635	9,269320811	0,239699

	0,0071	0,8449	7,1			9,094725511		
	0,0073	0,8846	7,3			9,542610572		

Độ hòa tan:

Mẫu	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	
Duncan ^a	0	3	6.3000				
	5	3		7.2667			
	4	3			9.9667		
	3	3			10.5000	10.5000	
	2	3				10.8667	
	1	3					11.8333
Sig.			1.000	1.000	.083	.217	1.000

Độ trương nở:

Mẫu	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	
Duncan ^a	5	3	9.2693				
	4	3		12.1568			
	3	3		12.8733	12.8733		
	2	3			13.7179	13.7179	
	1	3				13.9656	
	0	3					15.0194
Sig.			1.000	.111	.065	.563	1.000

Trong đó: Mẫu 0: Mẫu C

Mẫu 1: EB 11,74

Mẫu 3: EB 17,51

Mẫu 4: EB 19,24

Mẫu 2: EB 14,84

Mẫu 5: EB 28,94

Phụ lục 4. Số liệu và kết quả xử lý ANOVA độ nhớt của các mẫu tinh bột

Giờ	Control			EB 11,74			EB 14,84		
		Trung bình	STD		Trung bình	STD		Trung bình	STD
0	73887	79217,33	5560,24	35186	33922,67	1551,45	31587	34521,00	2610,80
	78783			32191			36588		
	84982			34391			35388		
1	80183	80783,00	4131,80	38192	38391,67	3104,32	36992	37325,33	3112,42
	76984			41591			40591		
	85182			35392			34393		
2	81183	81782,67	2357,41	36992	38458,67	1285,82	36192	37591,33	2777,34
	84382			38992			40790		
	79783			39392			35792		
3	83582	84515,33	1973,15	41191	39924,67	1300,77	43791	44057,33	1418,38
	86782			39991			42791		
	83182			38592			45590		
4	86382	86382,00	4999,00	50989	48436,33	2961,08	54192	56123,67	1699,47
	81383			45190			56790		
	91381			49130			57389		
5	89788	89368,00	363,84	46390	51922,00	4816,87	59190	58323,00	1026,87
	89167			54188			58590		
	89149			55188			57189		

Giờ	EB 17,51			EB 19,24			EB 28,94		
		Trung bình	STD		Trung bình	STD		Trung bình	STD
0	32789	34719,33	1697,63	34993	34924,67	2900,10	47390	47856,67	2926,04
	35389			31991			50988		
	35980			37790			45192		
1	38994	37126,33	3233,16	37792	39525,00	2500,09	45391	50323,00	4898,84
	38992			42391			55188		
	33393			38392			50390		
2	37393	41124,67	3605,88	37792	42191,00	3938,58	48490	53289,00	5184,56
	41391			43391			52589		
	44590			45390			58788		
3	49992	52858,00	2714,46	58192	56792,00	2252,20	59969	61114,33	1339,34
	55390			54194			60787		
	53192			57990			62587		
4	62819	63500,67	1205,01	74388	74522,67	231,52	75584	77983,33	2077,88
	64892			74790			79183		
	62791			74390			79183		
5	77390	76590,00	3273,16	78395	78924,00	1100,40	82783	82449,67	1526,54
	72991			80189			80784		
	79389			78188			83782		

Time	0	1	2	3	4	5
Control	79217,33±5560,24 ^a	80783±4131,80 ^a	81782,67±2357,41 ^a	84515,33±1973,15 ^{ab}	86382±4999 ^{ab}	89368,00±363,84 ^b
EB 11,74	33922,67±1551,45 ^c	38391,67±3104,32 ^{cd}	38458,67±1285,82 ^{cd}	39924,67±1300,77 ^d	48436,33±2961,08 ^e	51922,00±4816,87 ^e
EB 14,84	34521,00±2610,80 ^{fc}	37325,33±3112,42 ^{fc}	37591,33±2777,34 ^{fc}	44057,33±1418,38 ^g	56123,67±1699,47 ^h	58323,00±1026,87 ^h
EB 17,51	34719,33±1697,63 ^{ic}	37126,33±3233,16 ^{ijc}	41124,67±3605,88 ^{jc}	52858,00±2714,46 ^k	63500,67±1205,01 ^l	76590,00±3273,16 ^m
EB 19,24	34924,67±2900,10 ^{nc}	39525,00±2500,09 ^{oc}	42191,00±3938,58 ^{oc}	56792,00±2252,20 ^p	74522,67±231,52 ^q	78924,00±1100,40 ^{rm}
EB 28,94	47856±2926,04 ^s	50323,00±4898,84 ^s	53289,00±5184,56 ^s	61114,33±1339,34 ^t	77983,33±2077,88 ^{uq}	82449,67±1526,54 ^{ur}

(Các giá trị thể hiện giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các giá trị trong cùng một cột khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$))

Phụ lục 5. Số liệu và kết quả xử lý ANOVA độ truyền suốt của các mẫu tinh bột

Giờ	Control				EB 11,74				EB 14,84			
	Abs	T	Average T	STD	Abs	T	Average T	STD	Abs	T	Average T	STD
24	0,1654	0,6833	0,6855	0,0019	0,0307	0,9318	0,9315	0,0009	0,0411	0,9097	0,9069	0,0036
	0,1633	0,6866			0,0313	0,9305			0,0419	0,9080		
	0,1633	0,6866			0,0305	0,9322			0,0444	0,9028		
48	0,2868	0,5167	0,5178	0,0013	0,0593	0,8724	0,8718	0,0015	0,0654	0,8602	0,8555	0,0040
	0,2861	0,5175			0,0604	0,8702			0,0689	0,8533		
	0,2847	0,5192			0,0590	0,8730			0,0690	0,8531		
72	0,4252	0,3757	0,3726	0,0028	0,0924	0,8084	0,8079	0,0012	0,1064	0,7827	0,7789	0,0049
	0,4295	0,3720			0,0934	0,8065			0,1076	0,7805		
	0,4315	0,3703			0,0922	0,8087			0,1116	0,7734		
96	0,4848	0,3275	0,3265	0,0024	0,1150	0,7674	0,7635	0,0051	0,1346	0,7335	0,7267	0,0061
	0,4898	0,3237			0,1205	0,7577			0,1398	0,7248		
	0,4838	0,3282			0,1161	0,7654			0,1416	0,7218		
120	0,8514	0,1408	0,1415	0,0011	0,1741	0,6697	0,6680	0,0034	0,2072	0,6206	0,6252	0,0043
	0,8453	0,1428			0,1778	0,6640			0,2012	0,6292		
	0,8513	0,1408			0,1738	0,6702			0,2036	0,6257		

Giờ	EB 17,51				EB 19,24				EB 28,94			
	Abs	T	Average T	STD	Abs	T	Average T	STD	Abs	T	Average T	STD
24	0,0523	0,8865	0,8857	0,0019	0,0626	0,8658	0,8639	0,0016	0,1862	0,6513	0,6465	0,0043
	0,0521	0,8870			0,0639	0,8632			0,1904	0,6451		
	0,0538	0,8835			0,0641	0,8628			0,1917	0,6431		
48	0,0849	0,8224	0,8210	0,0013	0,1761	0,6667	0,6630	0,0035	0,2992	0,5021	0,4977	0,0046
	0,0862	0,8200			0,1807	0,6596			0,3027	0,4981		
	0,0858	0,8207			0,1786	0,6628			0,3072	0,4929		
72	0,1457	0,7150	0,7139	0,0039	0,2790	0,5260	0,5267	0,0019	0,3625	0,4340	0,4319	0,0026
	0,1444	0,7171			0,2766	0,5289			0,3675	0,4290		
	0,1490	0,7096			0,2796	0,5253			0,3638	0,4327		
96	0,1882	0,6483	0,6458	0,0039	0,3064	0,4939	0,4988	0,0071	0,3985	0,3995	0,4006	0,0028
	0,1886	0,6477			0,2951	0,5069			0,3996	0,3985		
	0,1929	0,6414			0,3049	0,4956			0,3938	0,4038		
120	0,2579	0,5522	0,5568	0,0046	0,3426	0,4544	0,4576	0,0030	0,4643	0,3433	0,3426	0,0006
	0,2543	0,5568			0,3369	0,4604			0,4653	0,3425		
	0,2507	0,5614			0,3392	0,4579			0,4659	0,3421		

Ngày	1	2	3	4	5
Control	0,6855±0,0019 ^a	0,5178±0,0013 ^b	0,3726±0,0028 ^c	0,3265±0,0024 ^d	0,1415±0,0011 ^e
EB 11,74	0,9315±0,0009 ^f	0,8718±0,0015 ^g	0,8079±0,0012 ^h	0,7635±0,0051 ⁱ	0,6680±0,0034 ^k
EB 14,84	0,9069±0,0036 ^j	0,8555±0,0040 ^l	0,7789±0,0049 ^m	0,7267±0,0031 ⁿ	0,6252±0,0043 ^o
EB 17,51	0,8857±0,0019 ^p	0,8210±0,0013 ^q	0,7139±0,0039 ^r	0,6458±0,0039 ^s	0,5568±0,0046 ^t
EB 19,24	0,8639±0,0016 ^u	0,6630±0,0035 ^k	0,5267±0,0019 ^v	0,4988±0,0071 ^w	0,4576±0,0030 ^x
EB 28,94	0,6465±0,0043 ^s	0,4977±0,0046 ^w	0,4319±0,0026 ^y	0,4006±0,0028 ^z	0,3426±0,0006 ^u

(Các giá trị thể hiện giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các giá trị trong cùng một cột khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$))

Phụ lục 6. Số liệu và kết quả xử lí ANOVA độ tách nước của các mẫu tinh bột

Giờ	Control				EB 11,74				EB 14,84			
	Nước	Độ tách nước %	Trung bình	STD	Nước	Độ tách nước %	Trung bình	STD	Nước	Độ tách nước %	Trung bình	STD
24	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,6706	50,8686	50,1378	0,7492	2,6170	49,8476	48,8222	0,9430
	0,0000	0,0000			2,6341	50,1733			2,5529	48,6267		
	0,0000	0,0000			2,5920	49,3714			2,5196	47,9924		
48	0,0480	0,9143	0,9206	0,0669	2,6565	50,6000	50,3010	0,9036	2,5756	49,0590	49,1581	0,0931
	0,0520	0,9905			2,5875	49,2857			2,5815	49,1714		
	0,0450	0,8571			2,6784	51,0171			2,5853	49,2438		
72	0,1540	2,9333	2,8229	0,1235	2,7539	52,4552	52,9479	1,1206	2,7432	52,2514	52,0432	0,2897
	0,1412	2,6895			2,8471	54,2305			2,7387	52,1657		
	0,1494	2,8457			2,7383	52,1581			2,7149	51,7124		
96	0,3053	5,8152	5,5225	0,2711	2,7551	52,4781	54,4216	2,3334	2,8029	53,3886	53,5321	0,1260
	0,2772	5,2800			2,9930	57,0095			2,8131	53,5829		
	0,2873	5,4724			2,8233	53,7771			2,8153	53,6248		
120	0,4435	8,4476	8,5530	0,0989	2,9605	56,3905	55,7987	0,8853	2,8125	53,5714	53,8260	0,3878
	0,4538	8,6438			2,8760	54,7810			2,8158	53,6343		
	0,4498	8,5676			2,9518	56,2248			2,8493	54,2724		

Giờ	EB 17,51				EB 19,24				EB 28,94			
	Nước	Độ tách nước %	Trung bình	STD	Nước	Độ tách nước %	Trung bình	STD	Nước	Độ tách nước %	Trung bình	STD
24	2,4801	47,2400	45,8667	1,3869	2,2759	43,3505	43,3067	0,4198	1,2916	24,6019	25,3479	0,8657
	2,4094	45,8933			2,2944	43,7029			1,3806	26,2971		
	2,3345	44,4667			2,2505	42,8667			1,3201	25,1448		
48	2,4403	46,4819	48,1270	1,5717	2,3106	44,0114	44,3067	0,5837	1,4501	27,6210	26,2571	1,3833
	2,5350	48,2857			2,3614	44,9790			1,3049	24,8552		
	2,6047	49,6133			2,3063	43,9295			1,3805	26,2952		
72	2,5209	48,0171	48,3797	0,5413	2,5855	49,2476	47,8063	1,7236	1,4271	27,1829	27,4235	0,3606
	2,5726	49,0019			2,4096	45,8971			1,4615	27,8381		
	2,5263	48,1200			2,5344	48,2743			1,4306	27,2495		
96	2,6501	50,4781	51,0190	0,5229	2,6170	49,8476	49,4571	1,3138	1,6908	32,2057	32,1892	0,0925
	2,7049	51,5219			2,6529	50,5314			1,6847	32,0895		
	2,6805	51,0571			2,5196	47,9924			1,6943	32,2724		
120	2,7265	51,9333	52,2203	0,5884	2,6932	51,2990	50,1130	2,2976	1,8564	35,3600	35,4343	0,5873
	2,7211	51,8305			2,4919	47,4648			1,8316	34,8876		
	2,7771	52,8971			2,7077	51,5752			1,8929	36,0552		

Ngày	1	2	3	4	5
Control	0±0 ^a	0,9206±0,0669 ^b	2,8229±0,1235 ^c	5,5225±0,2711 ^d	8,5530±0,0989 ^e
EB 11,74	53,1378±0,7492 ^f	50,3010±0,9036 ^f	52,9479±1,1206 ^g	54,4216±2,3334 ^{gh}	55,7987±0,8853 ^h
EB 14,84	48,8222±0,9430 ^{if}	49,1581±0,0931 ^{if}	52,0432±0,2897 ^{ig}	53,5321±0,1260 ^{kg}	53,8260±0,3878 ^{kn}
EB 17,51	45,8667±1,3869 ^l	48,1270±1,5717 ^{mi}	48,3797±0,5413 ^m	51,0190±0,5229 ^{np}	52,2203±0,5884 ⁿ
EB 19,24	43,3067±0,4198 ^o	44,3067±0,5837 ^o	47,8063±1,7236 ^{pm}	49,4571±1,3138 ^p	50,1130±2,2976 ^p
EB 28,94	25,3479±0,8657 ^q	26,2571±1,3833 ^{qr}	27,4235±0,3606 ^r	32,1892±0,0925 ^s	35,4343±0,5873 ^t

(Các giá trị thể hiện giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các giá trị trong cùng một cột khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$))

Phụ lục 7. Số liệu và kết quả xử lý ANOVA tính chất cấu trúc gel của các mẫu

Sample	Độ cứng	Độ cứng trung bình	STD Độ cứng	Độ cố kết	Độ cố kết trung bình	STD Độ cố kết	Độ đàn hồi	Độ đàn hồi trung bình	STD Độ đàn hồi	Gum	Gum trung bình	STD Gum	Chew	Chew trung bình	STD Chew
Control	0,44	0,4533	0,0153	0,99645	0,9946	0,0034	2,62	2,7133	0,1286	0,418	0,4290	0,0121	1,093	1,1653	0,0906
	0,45			0,99067			2,66			0,427			1,136		
	0,47			0,99678			2,86			0,442			1,267		
EB 11,74	0,95	0,9233	0,0462	0,98788	0,9993	0,0130	4,55	4,2900	0,2287	0,872	0,8670	0,0348	3,512	3,5467	0,0476
	0,95			0,99658			4,2			0,899			3,601		
	0,87			1,01341			4,12			0,83			3,527		
EB 14,84	0,97	0,9100	0,1039	0,99208	0,9908	0,0087	4,03	4,0967	0,1332	0,883	0,8287	0,0848	3,882	3,5147	0,3488
	0,97			0,98148			4,01			0,872			3,474		
	0,79			0,99869			4,25			0,731			3,188		
EB 17,51	0,93	0,8933	0,0321	0,99303	0,9916	0,0044	3,87	3,8600	0,1852	0,847	0,8077	0,0361	3,308	3,0057	0,3209
	0,88			0,99501			4,04			0,8			3,04		
	0,87			0,98661			3,67			0,776			2,669		
EB 19,24	0,9	0,8500	0,0624	0,99078	0,9919	0,0021	3,9	3,7133	0,2419	0,838	0,8030	0,0482	3,244	3,1050	0,3145
	0,87			0,99059			3,8			0,823			3,326		
	0,78			0,99437			3,44			0,748			2,745		
EB 28,94	0,88	0,8467	0,0351	1,00569	1,0034	0,0024	3,71	3,7600	0,2488	0,853	0,8183	0,0404	3,274	3,1263	0,4827
	0,85			1,00367			4,03			0,828			3,518		
	0,81			1,00092			3,54			0,774			2,587		

Độ cứng:

	Mẫu	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan ^a	0	3	.453333	
	5	3		.846667
	4	3		.850000
	3	3		.893333
	2	3		.910000
	1	3		.923333
	Sig.		1.000	.157

Độ cố kết:

	Mẫu	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan ^a	2	3	.990750
	3	3	.991550
	4	3	.991913
	0	3	.994633
	1	3	.999290
	5	3	1.003427
	Sig.		.065

Độ đàn hồi:

	Mẫu	N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Duncan ^a	0	3	2.713333		
	4	3		3.713333	
	5	3		3.760000	
	3	3		3.860000	
	2	3		4.096667	4.096667
	1	3			4.290000
	Sig.		1.000	.050	.261

Chewiness:

Mẫu	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Duncan ^a 0	3	1.165333	
3	3		3.005667
4	3		3.105000
5	3		3.126333
2	3		3.514667
1	3		3.546667
Sig.		1.000	.072

Trong đó: Mẫu 0: Mẫu C
Mẫu 1: EB 11,74

Mẫu 3: EB 17,51
Mẫu 4: EB 19,24

Gumminess:

Mẫu	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Duncan ^a 0	3	.429000	
4	3		.803000
3	3		.807667
5	3		.818333
2	3		.828667
1	3		.867000
Sig.		1.000	.161

Mẫu 2: EB 14,84
Mẫu 5: EB 28,94

