BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP.HCM**
**KHOA CÔNG NGHỆ HÓA HỌC VÀ THỰC PHẨM**

**KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP**
**NGÀNH CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM**

# ẢNH HƯỞNG CỦA ARGON - PLASMA LÊN SỰ THAY ĐỔI CẤU TRÚC VÀ TÍNH CHẤT HÓA LÝ CỦA MALTODEXTRIN

**GVHD: TS. TRỊNH KHÁNH SƠN**
**SVTH: ĐINH NGỌC LOAN**
**MSSV: 12116043**

SKL004411

**Tp. Hồ Chí Minh, tháng 07/2016**

**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**:** 2016-12116043

# ẢNH HƯỞNG CỦA ARGON-PLASMA LÊN SỰ THAY ĐỔI CẤU TRÚC VÀ TÍNH CHẤT HÓA LÝ CỦA MALTODEXTRIN

**GVHD: TS. TRỊNH KHÁNH SƠN**

**SVTH: ĐINH NGỌC LOAN**

**MSSV: 12116043**

**THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH – 07/2016**

**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**:** 2016-12116043

# ẢNH HƯỞNG CỦA ARGON-PLASMA LÊN SỰ THAY ĐỔI CẤU TRÚC VÀ TÍNH CHẤT HÓA LÝ CỦA MALTODEXTRIN

**GVHD: TS. TRỊNH KHÁNH SƠN**

**SVTH: ĐINH NGỌC LOAN**

**MSSV: 12116043**

**THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH – 07/2016**

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:** Đinh Ngọc Loan

**Ngành:** Công nghệ Thực phẩm

1. **Tên khóa luận:** Ảnh hưởng của Argon-plasma lên sự thay đổi cấu trúc của maltodextrin
2. **Nhiệm vụ của khóa luận:**
   Mô tả sự thay đổi về cấu trúc, hóa-lý của maltodextrin được xử lý bằng Argon-plasma dựa trên phương pháp phổ FTIR, sự thay đổi DE, sự thay đổi hàm lượng acid tự do và sự thay đổi các tính chất của maltodextrin như độ nhớt, khả năng bắt màu với dung dịch Iodine.
3. **Ngày giao nhiệm vụ khóa luận:** 20/01/2016
4. **Ngày hoàn thành khóa luận:** 1/07/2016
5. **Họ tên người hướng dẫn 1:** TS. Trịnh Khánh Sơn

   **Phần 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 2016

| **Trưởng Bộ môn** | **Người hướng dẫn chính** |
|---|---|
| (Ký và ghi rõ họ tên) | (Ký và ghi rõ họ tên) |
| TS. Trịnh Khánh Sơn | TS. Trịnh Khánh Sơn |

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM
Khoa Công nghệ Hóa học và Thực phẩm
**Bộ môn Công nghệ Thực phẩm**

CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

# PHIẾU ĐÁNH GIÁ
# KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP NGÀNH CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM
# KHÓA 2012

*(NGƯỜI HƯỚNG DẪN)*

1. Tên khóa luận: Ảnh hưởng của Argon-plasma lên sự thay đổi cấu trúc và tính chất hóa lý của maltodextrin
2. Mã số khóa luận: 2016-12116043
3. Họ và tên sinh viên: Đinh Ngọc Loan
4. Mã số sinh viên: 12116043
5. Họ và tên người hướng dẫn: TS. Trịnh Khánh Sơn
6. Hình thức luận văn:

Tổng số trang: 68; Số chương: 05; Số bảng: 06; Số hình: 13

Số tài liệu tham khảo: 29; Phần mềm tính toán: SPSS

Bố cục: cân đối, phù hợp

Hành văn: rõ ràng và súc tích

Sử dụng thuật ngữ chuyên môn: phù hợp

7. Những ưu điểm của khóa luận:
   - Mục tiêu: cụ thể, rõ ràng và có tính kế thừa từ các nghiên cứu trước đây.
   - Nội dung: được trình bày rõ ràng, mạch lạc và súc tích với đầy đủ dữ liệu nghiên cứu và các lý giải phù hợp.
   - Phương pháp: được trình bày rõ ràng và có trích dẫn đầy đủ. Các phương pháp được sử dụng hợp lý và đáng tin cậy.
   - Kết quả và biện luận: các kết quả được so sánh với các nghiên cứu trước đây. Các lý giải được trích dẫn đầy đủ và hợp lý. Các kết quả được xử lý thống kê phù hợp từ đó đảm bảo tính khoa học của các kết luận được rút ra. Các kết quả đạt được rất có ý nghĩa trong việc đánh giá ảnh hưởng của plasma trên các tính chất của maltodextrin.
   - Ý nghĩa khoa học, ý nghĩa thực tiễn và triển vọng của đề tài: Đây có thể xem là một trong số rất ít nghiên cứu sử dụng plasma trong biến tính tinh bột và các sản phẩm từ tinh bột. Trong đó, có thể kể rằng đây là nghiên cứu đầu tiên đánh giá ảnh hưởng của

plasma trên các tính chất của maltodextrin. Căn cứ trên kết quả của nghiên cứu này và các nghiên cứu có liên quan giúp các nhà khoa học hiểu rõ hơn về tác động của plasma trên tinh bột và các sản phẩm từ tinh bột, từ đó giúp mô hình hóa được sự thay đổi các tính chất giúp dễ dàng dự đoán cho các qui trình công nghệ được sử dụng.

8. Những thiếu sót của khóa luận:

- Nếu đủ thời gian và kinh phí cần làm thêm các thí nghiệm về $H^1$-HMR, $C^{14}$-NMR, MALL-RI, HPSEC-PAD, DSC, RVA…để rõ hơn về các thay đổi trong thành phần hóa học, cấu trúc… cũng như tính chất nhiệt học của các mẫu nghiên cứu.

9. Đề nghị của người hướng dẫn

Được bảo vệ X  Bổ sung thêm để được bảo vệ

Không được bảo vệ ☐  Bảo vệ vào đợt khác

10. Đánh giá của người hướng dẫn:

| STT | Nội dung đánh giá | Điểm tối đa | Điểm đánh giá |
|---|---|---|---|
| 1 | **Giá trị khoa học và công nghệ của đề tài** | **50** | **48** |
| | Giá trị khoa học *(khái niệm, phạm trù, cách tiếp cận..., có hay không có sử dụng các kỹ thuật phân tích hiện đại)* | 25 | 25 |
| | Giá trị công nghệ *(công nghệ, qui trình, sản, cách tiếp cận ...)* hoặc cách thức lựa chọn và thiết kế, phương pháp tính cân bằng vật chất | 25 | 23 |
| 2 | **Các hiệu qủa của đề tài** | **15** | **13** |
| | Khả năng ứng dụng *(qui mô nhỏ, qui mô sản xuất...)* | 10 | 9 |
| | Khả năng chuyển giao công nghệ | 5 | 4 |
| 4 | **Chất lượng bài viết** | **35** | **34** |
| | Hình thức trình bày *(đẹp, rõ ràng, tài liệu tham khảo đầy đủ/đa dạng...)* | 5 | 4 |
| | Bố cục của bài viết | 10 | 10 |
| | Các dữ kiện nghiên cứu *(độ tin cậy, cách xử lý số liệu...)* | 20 | 20 |
| | **Tổng** | **100** | **95** |

*Ghi chú*: Xếp loại (theo điểm trung bình cuối cùng): Xuất sắc: 95-100 điểm; Tốt: 85-94 điểm; Khá: 70-84 điểm; Đạt: 50-69 điểm; Không đạt: < 50 điểm

10. Ý kiến và kiến nghị khác: Không

Ngày 03 tháng 08 năm 2016

Người hướng dẫn

TS. Trịnh Khánh Sơn

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM
Khoa Công nghệ Hóa học và Thực phẩm
**Bộ môn Công nghệ Thực phẩm**

CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

# PHIẾU ĐÁNH GIÁ
# KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP NGÀNH CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM KHÓA 2012

*(PHẢN BIỆN)*

1. Tên khóa luận: Ảnh hưởng của Argon – Plasma lên sự thay đổi cấu trúc và tính chất hóa lý của Maltodextrin
2. Mã số khóa luận: 2016 - 12116043
3. Họ và tên sinh viên: Đinh Ngọc Loan
4. Mã số sinh viên: 12116043
5. Họ và tên người hướng dẫn: TS. Trịnh Khánh Sơn
6. Hình thức luận văn:

   Tổng số trang:…55…; Số chương:……5…..; Số bảng:…6…; Số hình:…13….

   Số tài liệu tham khảo:…29…..; Phần mềm tính toán: SPSS

   Bố cục: rõ ràng

   Hành văn: sử dụng ngôn ngữ khoa học, tuy nhiên nhiều đoạn trong phần tổng quan còn lủng củng chưa rõ nghĩa.

   Sử dụng thuật ngữ chuyên môn: có sử dụng nhiều thuật ngữ chuyên môn phù hợp, tuy nhiên một số chỗ còn để nguyên từ tiếng Anh mà chưa được Việt hóa phù hợp.
7. Những ưu điểm của khóa luận:
   - ✓ Mục tiêu của khóa luận: tác giả thực hiện phân tích cấu trúc và tính chất hóa lý của Maltodextrin sau khi xử lý Argon-plasma ở áp suất thường.
   - ✓ Nội dung:
     - Tác giả đã tổng hợp tài liệu và cập nhật thông tin từ khá nhiều bài báo nước ngoài. Phần tổng quan chứa nhiều thông tin bổ ích.
     - Phương pháp: phương pháp nghiên cứu phù hợp nội dung nghiên cứu. Tác giả sử dụng một số phương pháp phân tích hiện đại như FTIR, không gian màu CIE LAB.
     - Kết quả và biện luận: các kết quả đều được xử lý thống kê, được phân tích và biện luận khá chi tiết, có sự so sánh, đối chứng với các kết quả đạt được trong các nghiên cứu trong và ngoài nước. Tài liệu tham khảo cũng được trích dẫn khá đầy đủ.

- ✓ Ý nghĩa khoa học, ý nghĩa thực tiễn và triển vọng của đề tài: bước đầu biến tính maltodextrin bằng Argon-plasma để phục vụ nhu cầu sử dụng.

8. Những thiếu sót của khóa luận:

- ✓ Chương 1: tác giả chưa nêu rõ cần điều chỉnh tính chất gì của maltodextrin để phù hợp với yêu cầu sản xuất, và tính cấp thiết của đề tài cũng chưa được rõ ràng. Đề nghị tác giả bổ sung cho phù hợp.
- ✓ Chương 2:
  - Nhiều thông tin chưa được trích dẫn tài liệu tham khảo
  - Nhiều tài liệu tham khảo được trích dẫn nhưng lại không được liệt kê trong danh mục tài liệu tham khảo (trang 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13…). Cách trích dẫn tài liệu tham khảo cũng không thống nhất (lúc ghi tên tác giả cuối câu, lúc đánh số ở cuối câu). Đề nghị tác giả rà soát và bổ sung chỉnh sửa cho phù hợp.
  - Tác giả đã sử dụng nhiều tài liệu tiếng Anh để viết phần Tổng quan, điều này rất đáng khích lệ. Tuy nhiên văn phong dịch nhiều chỗ còn lủng củng, gây khó hiểu cho người đọc. Tác giả nên chỉnh sửa lại để nâng cao chất lượng bài viết.
  - Trang 4 có câu "Bảng dưới đây cho thấy thành phần của 2 loại hỗn hợp maltodextrin có chỉ số DE là 15 và 20", tuy nhiên không hề có bảng nào được cung cấp.
  - Một số từ tiếng Anh như Intrinsic viscosity, Reduced Viscocity được sử dụng nhiều lần trong bài ảnh hưởng đến tính nhất quán của văn phong tiếng Việt. Nên được chuyển sang nghĩa tiếng Việt tương đương, hoặc dùng từ viết tắt để đỡ làm rối câu văn.
  - Tác giả có tổng quan về các công trình nghiên cứu trước đây về biến tính tinh bột bằng Argon-plasma (mục 2.4), tuy nhiên tác giả chưa nêu được lý do vì sao cần biến tính maltodextrin bằng Argon – plasma.
- ✓ Chương 3:
  - Mục 3.3.7 trang 24 có nhiều lỗi diễn đạt và lỗi trình bày, gây rối cho người đọc. Ví dụ "độ nhớt nội tại được xác định theo công thức từ 1-3", tuy nhiên không thấy công thức nào có kí hiệu từ 1-3. Nên sử dụng thêm bullet để chia nhỏ mục 3.3.7 ra (VD: xác định khối lượng phân tử, xác định mức độ Polymer hóa... )
- ✓ Chương 4:
  - Hình và bảng cần được đặt gần đoạn văn đầu tiên mà nó được đề cập đến để người đọc tiện theo dõi, quan sát. Đặc biệt ở phần 4.1, hình và bảng đặt quá xa các phân tích và biện luận, gây rất nhiều khó khăn cho người đọc.

- Tác giả mô tả và biện luận rất nhiều về phổ FTIR nhưng không hề đề cập là các kết quả này được lấy từ hình 4.1. Có rất nhiều bước sóng được đề cập đến trong bài, tuy nhiên rất khó nắm bắt nội dung vì cách diễn đạt dài dòng thiếu sự dẫn dắt và chuyển ý phù hợp. Ngoài ra, hình 4.1 lại quá nhỏ, trục hoành không được chia vạch rõ ràng, không sử dụng dấu mũi tên hoặc kí hiệu phù hợp để chỉ rõ hoặc chú thích các bước sóng đang đề cập đến. Đề nghị tác giả chỉnh sửa lại phần 4.1 cho hoàn thiện hơn.
- Trang 32: tác giả cần cụ thể hơn hàm lượng acid tự do có liên quan như thế nào đến khả năng ứng dụng của maltodextrin.
- Nhiều trang bị chừa trống quá nhiều dù vẫn đủ chỗ để đặt bảng hoặc hình (trang 34, 35, 41).
- Tác giả chỉ nhận xét và phân tích kết quả nhưng không rút ra được kết luận cho các thí nghiệm mình. Đề nghị tác giả bổ sung.
- Bảng 4.9: các kí hiệu trong bảng như : L, a, b… cần được chú thích lại ở phía dưới bảng. Xem lại định dạng của các kí hiệu ở cột đầu tiên (Toàn bộ là chữ in hoa?).

✓ Chương 5: thiếu đề xuất/kiến nghị

✓ Tài liệu tham khảo: sắp xếp lộn xộn, không theo nguyên tắc nào cả. Tài liệu tham khảo số 2 và 25 giống nhau. Thiếu rất nhiều TLTK đề cập ở chương 2.

9. Đề nghị của người phản biện

Được bảo vệ ☑ Bổ sung thêm để được bảo vệ ☐

Không được bảo vệ ☐ Bảo vệ vào đợt khác ☐

10. Câu hỏi của người phản biện (ít nhất 02 câu hỏi):

✓ Câu hỏi 1: Từ kết quả thu được khi xử lý maltodextrin bằng Argon-plasma, **tác giả hãy cho biết maltodextrin sau khi xử lý Argon-plasma có thể ứng dụng trong sản phẩm nào? Vì sao?**

✓ Câu hỏi 2: Kết quả của các phân tích hàm lượng acid tự do (FA), khả năng bắt màu với dd Iodine, hàm lượng đường khử (DE), khối lượng phân tử trung bình (M) và mức độ polymer hóa đều cho thấy **sau khi xử lý Argon-plasma, maltodextrin bị depolymer hóa dẫn đến bẻ gãy mạch maltodextrin. Như vậy việc phân tích phổ FTIR có thực sự cần thiết không vì phương pháp này khá tốn kém?**

✓ Câu hỏi 3: Ở trang 32, tác giả cho rằng "hàm lượng acid tự do chỉ ra tính acid của mẫu maltodextrin, thể hiện ứng dụng của maltodextrin trong sản xuất công nghiệp". Tác giả hãy cho biết hàm lượng acid tự do có liên quan như thế nào đến khả năng ứng dụng của maltodextrin? Cho ví dụ cụ thể.

✓ Câu hỏi 4: Giải thích sự hình thành phức giữa tinh bột và iodine. Maltodextrin có khả năng tạo phức với iodine không? Tác giả tiến hành thí nghiệm tạo phức giữa maltodextrin và iodine với mục đích gì?

11. Đánh giá của người phản biện:

| STT | Nội dung đánh giá | Điểm tối đa | Điểm đánh giá |
|---|---|---|---|
| 1 | **Giá trị khoa học và công nghệ của đề tài** | **50** | **46** |
| | Giá trị khoa học *(khái niệm, phạm trù, cách tiếp cận..., có hay không có sử dụng các kỹ thuật phân tích hiện đại)* | 25 | 23 |
| | Giá trị công nghệ *(công nghệ, qui trình, sản, cách tiếp cận ...)* hoặc cách thức lựa chọn và thiết kế, phương pháp tính cân bằng vật chất | 25 | 23 |
| 2 | **Các hiệu qủa của đề tài** | **15** | **10** |
| | Khả năng ứng dụng *(qui mô nhỏ, qui mô sản xuất...)* | 10 | 6.6 |
| | Khả năng chuyển giao công nghệ | 5 | 3.5 |
| 4 | **Chất lượng bài viết** | **35** | **27** |
| | Hình thức trình bày *(đẹp, rõ ràng, tài liệu tham khảo đầy đủ/đa dạng...)* | 5 | 3 |
| | Bố cục của bài viết | 10 | 6 |
| | Các dữ kiện nghiên cứu *(độ tin cậy, cách xử lý số liệu...)* | 20 | 18 |
| | **Tổng** | **100** | **83** |

*Ghi chú*: Xếp loại (theo điểm trung bình cuối cùng): Xuất sắc: 95-100 điểm; Tốt: 85-94 điểm; Khá: 70-84 điểm; Đạt: 50-69 điểm; Không đạt: < 50 điểm

12. Ý kiến và kiến nghị khác: Đề nghị tác giả chỉnh sửa và bổ sung những thiếu sót đã trình bày ở mục 8.

Ngày 05 tháng 08 năm 2016
Người phản biện

Vũ Trần Khánh Linh

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM
Khoa Công nghệ Hóa học và Thực phẩm
**Bộ môn Công nghệ Thực phẩm**

CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

# PHIẾU ĐÁNH GIÁ
# KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP NGÀNH CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM
# KHÓA 2012
*(THÀNH VIÊN HỘI ĐỒNG)*

1. Tên khóa luận: Ảnh hưởng của Argon plasma lên sự thay đổi cấu trúc và các tính chất hoá lý của Maltodextrin
2. Mã số khóa luận: 2016-12116043
3. Họ và tên sinh viên: Đinh Ngọc Loan
4. Mã số sinh viên: 12116043
5. Đánh giá của thành viên hội đồng:

| STT | Nội dung đánh giá | Điểm tối đa | Điểm đánh giá |
|---|---|---|---|
| 1 | **Giá trị khoa học và công nghệ của khóa luận** | **50** | |
| | Giá trị khoa học *(khái niệm, phạm trù, cách tiếp cận..., có hay không có sử dụng các kỹ thuật phân tích hiện đại)* | 25 | |
| | Giá trị công nghệ *(công nghệ, qui trình, sản, cách tiếp cận ...)* hoặc cách thức lựa chọn và thiết kế, phương pháp tính cân bằng vật chất | 25 | |
| 2 | **Các hiệu qủa của khóa luận** | **10** | |
| | Khả năng ứng dụng *(qui mô nhỏ, qui mô sản xuất...)* | 5 | |
| | Khả năng chuyển giao công nghệ | 5 | |
| 3 | **Chất lượng bài viết** | **20** | |
| | Hình thức trình bày (đẹp, rõ ràng, tài liệu tham khảo đầy đủ/đa dạng…) | 5 | |
| | Bố cục của bài viết | 5 | |
| | Các dữ kiện nghiên cứu *(độ tin cậy, cách xử lý số liệu...)* | 10 | |
| 4 | **Khả năng trình bày khóa luận trước hội đồng đánh giá** | **20** | |
| | Hình thức, bố cục *(đẹp, rõ ràng, tài liệu tham khảo đầy đủ/đa dạng...)* | 5 | |
| | Kỹ năng thuyết trình | 5 | |
| | Khả năng trả lời các câu hỏi | 10 | |
| | **Tổng** | **100** | 85 |

*Ghi chú*: Xếp loại (theo điểm trung bình cuối cùng): Xuất sắc: 95-100 điểm; Tốt: 85-94 điểm; Khá: 70-84 điểm; Đạt: 50-69 điểm; Không đạt: < 50 điểm

10. Ý kiến và kiến nghị khác:

TP. Hồ Chí Minh, ngày tháng năm 2016
Thành viên Hội đồng

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM
Khoa Công nghệ Hóa học và Thực phẩm
**Bộ môn Công nghệ Thực phẩm**

CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

# PHIẾU ĐÁNH GIÁ
# KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP NGÀNH CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM
# KHÓA 2012

*(THÀNH VIÊN HỘI ĐỒNG)*

1. Tên khóa luận: Ảnh hưởng của Argon-plasma lên sự thay đổi cấu trúc và cá tính chất hoá lý của Maltodextrin
2. Mã số khóa luận: 2016-12116043
3. Họ và tên sinh viên: Đinh Ngọc Loan
4. Mã số sinh viên: 12116043
5. Đánh giá của thành viên hội đồng:

| STT | Nội dung đánh giá | Điểm tối đa | Điểm đánh giá |
|---|---|---|---|
| 1 | **Giá trị khoa học và công nghệ của khóa luận** | **50** | |
| | Giá trị khoa học *(khái niệm, phạm trù, cách tiếp cận..., có hay không có sử dụng các kỹ thuật phân tích hiện đại)* | 25 | |
| | Giá trị công nghệ *(công nghệ, qui trình, sản, cách tiếp cận ...)* hoặc cách thức lựa chọn và thiết kế, phương pháp tính cân bằng vật chất | 25 | |
| 2 | **Các hiệu qủa của khóa luận** | **10** | |
| | Khả năng ứng dụng *(qui mô nhỏ, qui mô sản xuất...)* | 5 | |
| | Khả năng chuyển giao công nghệ | 5 | |
| 3 | **Chất lượng bài viết** | **20** | |
| | Hình thức trình bày (đẹp, rõ ràng, tài liệu tham khảo đầy đủ/đa dạng…) | 5 | |
| | Bố cục của bài viết | 5 | |
| | Các dữ kiện nghiên cứu *(độ tin cậy, cách xử lý số liệu...)* | 10 | |
| 4 | **Khả năng trình bày khóa luận trước hội đồng đánh giá** | **20** | |
| | Hình thức, bố cục *(đẹp, rõ ràng, tài liệu tham khảo đầy đủ/đa dạng...)* | 5 | |
| | Kỹ năng thuyết trình | 5 | |
| | Khả năng trả lời các câu hỏi | 10 | |
| | **Tổng** | **100** | 85 |

*Ghi chú*: Xếp loại (theo điểm trung bình cuối cùng): Xuất sắc: 95-100 điểm; Tốt: 85-94 điểm; Khá: 70-84 điểm; Đạt: 50-69 điểm; Không đạt: < 50 điểm

10. Ý kiến và kiến nghị khác:……

TP. Hồ Chí Minh, ngày 8 tháng 7 năm 2016
Thành viên Hội đồng

Ngô Quốc Dũng

# LỜI CẢM ƠN

Xin chân thành cảm ơn các thầy cô trong Bộ Môn Công Nghệ Thực Phẩm- Khoa Công Nghệ Hóa Thực Phẩm- Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM đã tận tình truyền đạt kiến thức trong thời gian qua.

Xin cảm ơn sự hướng dẫn tận tình của TS. Trịnh Khánh Sơn trong suốt thời gian làm luận văn.

Xin cảm ơn TS. Trần Ngọc Đảm, Khoa Cơ Khí Máy- Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM đã tận tình hướng dẫn và tạo điều kiện cho em hoàn thành thí nghiệm trong suốt thời gian làm luận văn.

Xin cảm ơn các thầy cô khoa Công Nghệ Thực Phẩm Trường Đại Học Công Nghệ Sài Gòn đã ủng hộ và giúp đỡ.

Xin cảm ơn ThS. Nguyễn Thị Lý và các anh chị tại Trung Tâm Nghiên Cứu Chiếu Xạ- Linh Trung đã tạo điều kiện cho em hoàn thành thí nghiệm.

Chân thành cảm ơn gia đình, người thân và bạn bè đã luôn bên cạnh ủng hộ.

# LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan toàn bộ nội dung được trình bày trong khóa luận tốt nghiệp là của riêng tôi. 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 1 tháng 7 năm 2016

Ký tên

Đinh Ngọc Loan

# MỤC LỤC

**DANH MỤC HÌNH** ..... ix

**DANH MỤC BẢNG** ..... xi

**CHỮ VIẾT TẮT** ..... xii

**CHƯƠNG 1: MỞ ĐẦU** ..... 2

1.1. ĐẶT VẤN ĐỀ ..... 2

1.2. CƠ SỞ KHOA HỌC, TÍNH THỰC TIỄN VÀ Ý NGHĨA CỦA ĐỀ TÀI ..... 3

1.3. NHIỆM VỤ CỦA ĐỀ TÀI ..... 3

**CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN TÀI LIỆU** ..... 4

2.1. GIỚI THIỆU CHUNG ..... 4

2.2. MALTODEXTRIN ..... 4

2.2.1. Sản xuất ..... 4

2.2.2. Thành phần và cấu tạo hóa học ..... 6

2.2.3. Tính chất ..... 8

2.2.3.1. Dextrose Equivalent (DE) ..... 8

2.2.3.2. Phản ứng với Iot ..... 9

2.2.3.3. Độ nhớt ..... 9

2.3. BIẾN TÍNH MALTODEXTRIN ..... 12

2.3.1. Biến tính tinh bột bằng phương pháp hóa học ..... 12

2.3.1.1. Tinh bột ester hóa ..... 12

2.3.1.2. Tinh bột ether hóa ..... 13

2.3.1.3. Tinh bột oxy hóa ..... 13

2.3.1.4. Tinh bột liên kết chéo ..... 13

2.3.2. Biến tính tinh bột bằng phương pháp enzym ..... 14

2.3.3. Biến tính tinh bột bằng phương pháp vật lý ..... 14
2.3.3.1. Xử lý nhiệt ẩm ..... 15
2.3.3.2. Ủ ..... 15
2.3.3.3. Hồ hóa ..... 15
2.3.3.4. Xử lý plasma ..... 16
2.4. CÁC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU TRƯỚC ĐÂY ..... 20
**CHƯƠNG 3: VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM** ..... 22
3.1. ĐỊA ĐIỂM VÀ THỜI GIAN TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM ..... 22
3.2. VẬT LIỆU ..... 22
3.2.1. Maltodextrin ..... 22
3.2.2. Hóa chất ..... 22
3.3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU ..... 23
3.3.1. Ảnh hưởng của thời gian xử lý Argon-plasma lên sự thay đổi về cấu trúc và các tính chất hóa-lý của maltodextrin ..... 24
3.3.2. Ảnh hưởng của thời gian xử lý Argon-plasma lên sự thay đổi về cấu trúc của maltodextrin ..... 24
3.3.3. Ảnh hưởng của thời gian xử lý Argon-plasma lên sự thay đổi về hàm lượng acid tự do (FA) của maltodextrin. ..... 24
3.3.4. Ảnh hưởng của thời gian xử lý Argon-plasma lên sự thay đổi về màu sắc của maltodextrin ..... 25
3.3.5. Ảnh hưởng của thời gian xử lý Argon-plasma lên sự thay đổi về khả năng bắt màu với dung dịch Iodine của maltodextrin ..... 25
3.3.7. Ảnh hưởng của thời gian xử lý Argon-plasma lên sự thay đổi về độ nhớt nội tại (Intrinsic Viscosity) của maltodextrin. ..... 26
3.3.8.Xử lý thống kê ..... 28
**CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN** ..... 29

4.1. ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN XỬ LÝ ARGON-PLASMA LÊN SỰ THAY ĐỔI VỀ CẤU TRÚC CỦA MALTODEXTRIN ..... 29

4.2. ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN XỬ LÝ ARGON-PLASMA LÊN SỰ THAY ĐỔI VỀ HÀM LƯỢNG ACID TỰ DO (FA) CỦA MALTODEXTRIN..... 35

4.3. ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN XỬ LÝ ARGON-PLASMA LÊN SỰ THAY ĐỔI VỀ MÀU SẮC CỦA MALTODEXTRIN. ..... 37

4.6. INTRINSIC VISCOSITY ..... 44

4.7. MA TRẬN TƯƠNG QUAN PEARSON GIỮA CÁC TÍNH CHẤT CỦA MẪU MALTODEXTRIN..... 48

**CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT** ..... 50

5.1. KẾT LUẬN ..... 50

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**..... 51

**PHỤ LỤC** ..... 54

# DANH MỤC HÌNH

**Hình 2.1 :** Thành phần cấu tạo chính của maltodextrin (Kemedy, 1995) ..... 7

**Hình 2.2** Cấu tạo phân tử Amylose và Amylopectin (Cui và cộng sự, 2005) ..... 7

**Hình 2.3.** *Cấu tạo thiết bị Dielectric Barrier Discharge plasma (Zou và cộng sự, 2004)* ..... 17

**Hình 2.4.** *Cơ chế hình thành liên kết chéo trong tinh bột bằng phương pháp plasma (Ji-Jun Zou và cộng sự, (2004)* ..... 19

**Hình 4.1.** *Phổ FTIR của các mẫu : maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20).* ..... 32

**Hình 4.2.** *Cường độ hấp thu tại các đỉnh của các mẫu: maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20).* ..... 32

**Hình 4.3**. *Hàm lượng acid tự do của các mẫu: maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20).* ..... 36

**Hình 4.4.** *Cường độ hấp thu phức maltodextrin – iodine của maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20).* ..... 41

**Hình 4.5**: *Đương lượng dextrose (DE) của các mẫu: maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20).* ..... 43

**Hình 4.6**. *Reduced viscosity của các mẫu maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20)*..... 46

**Hình 4.7**. *Khối lượng phân tử trung bình (M) của các mẫu maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20)*..... 46

**Hình 4.8**. *Mức độ polymer hóa (DP)của các mẫu maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20)*..... 47

***Hình 6.1***. Đường chuẩn maltose..... 54

# DANH MỤC BẢNG

**Bảng 4.1.** *Đỉnh hấp thu của các nhóm chủ yếu của Maltodextrin* ..... 33

**Bảng 4.3**. *Bảng tỉ lệ α-helix/vô định hình của các mẫu maltodextrin không xử lý plasma (MD0), xử lý 5 phút (MD5), mẫu xử lý 10 phút (MD10), xử lý 15 phút (MD15), xử lý 20 phút (MD20).* ..... 34

**Bảng 4.4.** *Hàm lượng acid tự do của các mẫu* ..... 36

**Bảng 4.5**. *Màu sắc của các mẫu maltodextrin không xử lý và xử lý plasma* ..... 38

**Bảng 4.7**. *Đương lượng dextrose (DE) của các mẫu maltodextrin không xử lý và xử lý plasma* ..... 43

**Bảng 4.8**: *Insintric viscosity, khối lượng phân tử, DE của các mẫu maltodextrin không xử lý và có xử lý plasma* ..... 47

**Phụ lục 1**. Kết quả dựng đường chuẩn maltose ..... 54

**Phụ lục 2**. Xử lý Anova kết quả α hexi/ vô định hình ..... 55

**Phụ lục 3.** Xử lý kết quả Hàm lượng acid tự do (FA) ..... 55

**Phụ lục 4**. Xử lý anova kết quả không gian màu CIE LAB ..... 56

**Phụ lục 5**. Xử lý anova kết quả hàm lượng đường khử (DE) ..... 58

# CHỮ VIẾT TẮT

FTIR: Fourier transform infrared spectroscopy (Phổ hồng ngoại biến đổi Fourier)

FDA: Food and Drug Administration

DNS: Dinitro Salicylic Acid

MD: Maltodextrin

IV: Intrinsic Viscosity

DE: Dextrose Equivalent (đương lượng dextrose)

DP: The degree of polymerization (mức độ poymer hóa)

CIE: Commission Internationale de l'Eclairage

FA: Free Acid (acid tự do)

M: Molecular Mass (khối lượng phân tử)

W: Whiterness (độ trắng)

RP: Reducing power

# TÓM TẮT KHÓA LUẬN

Ngày nay, maltodextrin được ứng dụng rộng rãi và đóng vai trò quan trọng trong nghành công nghiệp thực phẩm vì những tính chất đặc trưng của nó. Do đó, các nhà khoa học thực phẩm đã không ngừng nỗ lực trong việc điều chỉnh các thuộc tính của maltodextrin cho phù hợp với yêu cầu sản xuất thực phẩm. Trong nghiên cứu của chúng tôi, maltodextrin được xử lý Argon-plasma ở áp suất thường với khoảng thời gian từ 5 đến 20 phút. Đặc tính cấu trúc của mẫu maltodextrin được phân tích bằng quang phổ FTIR. Mối tương quan giữa thời gian xử lý plasma, phản ứng depolymer hóa xảy trong quá trình xử lý plasma, hàm lượng acid tự do (FA), hàm lượng đường khử (DE), intrinsic viscosity (IV), khối lượng phân tử trung bình (M), mức độ polymer hóa (DP), khả năng bắt màu với dung dịch iodine đã được nghiên cứu. Kết quả cho thấy, khi tăng thời gian xử lý plasma hàm lượng acid tự do, chỉ số DE tăng còn khả năng bắt màu với dung dịch iodine, intrinsic viscosity giảm, khối lượng phân tử trung bình cũng như mức độ polymer hóa của maltodextrin cũng giảm theo độ nhớt intrinsic viscosity. Kết quả thu được từ không gian màu CIE LAB cho thấy xử lý argon plasma làm thay đổi màu sắc của maltodextrin. Tóm lại, xử lý argon plasma trên maltodextrin ở áp suất thường có thể gây ra phản ứng depolymer hóa làm bẻ gãy mạch maltodextrin tạo ra sản phẩm có DE cao hơn

# CHƯƠNG 1: MỞ ĐẦU

## 1.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Maltodextrin là một sản phẩm tinh bột biến tính, có những tính chất khác biệt hơn so với tinh bột. Maltodextrin là sự đa dạng hoá thêm ứng dụng của tinh bột trong sản xuất công nghiệp cũng như đáp ứng được nhu cầu của người tiêu dùng. Maltodextrin có nhiều ứng dụng trong công nghệ thực phẩm và công nghệ dược phẩm. Trong công nghệ thực phẩm maltodextrin là chất cố định mùi, vị; thay đổi cấu trúc và tăng cảm quan thực phẩm; chất trợ sấy; tăng năng lượng cho thực phẩm ăn kiêng... giúp thực phẩm dễ hòa tan, dễ tiêu hóa, tăng giá trị dinh dưỡng. Vì vậy, Maltodextrin được dùng trong sản xuất sữa bột, bột trái cây hòa tan, cà phê, bánh ngọt, nước xốt, tương ớt... Maltodextrin có cấu trúc đường đơn giản, tạo cảm giác ngon miệng và tiêu hóa dễ dàng được sử dụng nhiều trong thức ăn trẻ em, người già, bệnh nhân, đặc biệt dành cho người bệnh tiểu đường và người già. Do đó, các nhà khoa học thực phẩm đã không ngừng nỗ lực trong việc điều chỉnh các thuộc tính của maltodextrin cho phù hợp với yêu cầu sản xuất thực phẩm.

Tính đến nay, đã có rất nhiều công trình nghiên cứu trong và ngoài nước về biến tính tinh bột. Tuy nhiên, chỉ có một số ít công trình nghiên cứu ở nước ngoài đã nghiên cứu về việc biến tính maltodextrin. Biến tính tinh bột bằng phương pháp Argon-plasma là một trong những phương pháp đang được các nhà khoa học trên thế giới quan tâm nghiên cứu nhờ vào khả năng làm thay đổi cấu trúc và tính chất của tinh bột mà không sử dụng các hợp chất hóa học độc hại. Argon là một khí không màu, không mùi, không gây phản ứng hóa học với mẫu xử lý nhưng lại có khả năng truyền tải phản ứng lên bề mặt mẫu thông qua các điện tử, ion trong quá trình xử lý plasma. Bên cạnh đó loại khí này khá phổ biến, chi phí thấp, sẵn có và cho năng suất cao khi xử lý. Nghiên cứu về ảnh hưởng của Argon- plasma lên sự thay đổi cấu trúc, tính chất hóa lý của maltodextrin đã mở ra một hướng nghiên cứu mới góp phần đa dạng kĩ thuật biến tính maltodextrin.

## 1.2. CƠ SỞ KHOA HỌC, TÍNH THỰC TIỄN VÀ Ý NGHĨA CỦA ĐỀ TÀI

Trong điều kiện thường các chất khí ở trạng thái trung hòa về điện. Khi có một dòng điện (dòng các điện tử tự do) chạy qua chất khí thì tình trạng cân bằng sẽ biến mất. Các điện tử tự do va chạm với các nguyên tử khí làm cho các điện tử ở lớp vỏ ngoài cùng của nguyên tử đó bắn ra. Khi bị mất một hoặc vài điện tử, nguyên tử trở thành phần tử mang điện dương (ion dương). Khi đó, chất khí trở thành plasma. Tinh bột dưới tác dụng của các hạt electron, nguyên tử, phân tử, và ion được phát ra từ plasma sẽ bị thay đổi cấu trúc trong đó có sự tạo thành các liên kết ngang hoặc bị depolymer hóa tạo thành các phân tử có kích thước nhỏ hơn như các dextrin, đường, nước…

Ứng dụng Argon- plasma để biến tính tinh bột vẫn còn trong giai đoạn nghiên cứu. Đã có một số công bố trên các tạp chí khoa học quốc tế về sự biến tính tinh bột bằng plasma. Phần lớn các công trình nghiên cứu này đều được thực hiện trên các loại tinh bột, chưa có bài báo nào nghiên cứu về ảnh hưởng của plasma lên sự thay đổi cấu trúc và tính chất của maltodextrin. Những kết quả thu được rất khả quan mà Ji-Jun Zou và cộng sự (2003), Deeyai và cộng sự (2012), Nguyễn Thị Lý trong khóa luận thạc sĩ trường Đại học Bách Khoa Tp.HCM (2013) đã công bố. Đây là nền tảng và cơ sở khoa học để chúng tôi thực hiện đề tài nghiên cứu của mình. Thông qua đề tài "*Nghiên cứu sự thay đổi cấu trúc và tính chất của maltodextrin qua quá trình xử lý Argon-plasma ở áp suất thường*" chúng tôi sẽ làm sáng tỏ sự thay đổi về cấu trúc, tính chất hóa lý của maltodextrin sau khi xử lý plasma.

## 1.3. NHIỆM VỤ CỦA ĐỀ TÀI

- Nghiên cứu quá trình biến tính maltodextrin dạng hạt bằng Argon-plasma với các khoảng thời gian xử lý khác nhau.

- Đánh giá sự thay đổi về cấu trúc hóa học, tính chất hóa lý của maltodextrin trước và sau xử lý Argon-plasma ở áp suất thường thông qua các phép đo FTIR, DE, Iodine Bliding, không gian màu Lab, Insintric Visicocity và Free Acidity.

# CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN TÀI LIỆU

## 2.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Theo định nghĩa của Cơ quan Thực phẩm và Thuốc của Hoa Kỳ (FDA) thì maltodextrin là các loại polysaccharide không ngọt, có công thức $(C_6H_{10}O_5)n.H_2O$, là sản phẩm thủy phân tinh bột không hoàn toàn (bằng enzym hoặc acid), có đương lượng dextrose (DE) từ 4 đến 20. Đặc tính của maltodextrin phụ thuộc vào chỉ số DE nhận được. Maltodextrin tan trong nước và thường được tồn tại dạng bột trắng dễ hút ẩm hoặc dạng dung dịch đậm đặc. Maltodextrin được thừa nhận là phụ gia cho thực phẩm và dược phẩm an toàn cho người dùng trực tiếp (Loannis S. Chronakis, (1998)).

Maltodextrin được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực chế biến thực phẩm và dược phẩm. Sản phẩm có DE từ 4-7 được sử dụng để tạo màng mỏng dễ tan và tự hủy được dùng để bọc kẹo, bọc trái cây khi bảo quản, đưa vào kem, làm phụ gia cho các loại nước xốt, làm chất độn tạo viên trong công nghiệp sản xuất đồ uống, đặc biệt là đồ uống cho trẻ em, đồ uống và thức ăn riêng cho vận động viên thể thao, làm kẹo gum mềm, làm chất trợ sấy, chất giữ hương, yếu tố tạo hình. Sản phẩm có DE từ 15-18 được sử dụng làm chất kết dính, chất tăng vị cho đồ uống, đưa vào thành phần bơ, sữa bột, cà phê hòa tan, làm mật vang các thành phần không phải đường.

## 2.2. MALTODEXTRIN

### 2.2.1. Sản xuất

Maltodextrin được sản xuất bằng cách tiến hành thủy phân tinh bột xuống thành các glucose polymer với chiều dài chuỗi trung bình là từ 5 đến 10 đơn vị glucose. Trên lý thuyết, ta có thể tiến hành quá trình thủy phân bằng enzyme (α – amylase, 1,4-α-D-glucan glucano-hydrolase, EC 3.2.1.1) hoặc acid (thông thường là acid hydrochloric) trong quá trình sản xuất.

Với phương pháp thủy phân dưới tác dụng của acid, tinh bột sẽ được thủy phân với acid HCl ở nồng độ 0,02 – 0,03 M tại 135 – 150$^o$C trong thời gian từ 5 – 8 phút, quá trình điều chỉnh DE được thực hiện bằng cách thay đổi nhiệt độ phản ứng trong một khoảng thời gian cố định. Sau đó, dung dịch thủy phân sẽ được tiến hành lọc màu và cô đặc. Tuy nhiên

trên thực tế, việc sử dụng acid để thủy phân tạo ra quá nhiều glucose tự do và do đó maltodextrin sau quá trình sản xuất có khuynh hướng bị thoái hóa mạnh và kết quả là tạo ra dung dịch đục. Các mảnh tinh bột thẳng trong sản phẩm thủy phân có chỉ số DE thấp sẽ tái kết hợp với nhau tạo thành một khối không tan dẫn đến dung dịch bị đục, điều này sẽ ảnh hưởng đến quá trình ứng dụng maltodextrin. Vì thế, quá trình sản xuất maltodextrin thương mại sẽ được thực hiện bằng phương pháp thủy phân tinh bột bằng enzyme (Morehouse, 1972)

Huyền phù tinh bột ban đầu được hóa lỏng bằng cách đun nóng ở nhiệt độ 70 – 90$^{o}$C tại pH trung tính và phản ứng với α – amylase có nguồn gốc từ vi khuẩn để có chỉ số DE từ 2 - 15. Tinh bột sau thủy phân ở dạng lỏng được hấp trong autoclave ở 110 – 150$^{o}$C để hồ hóa hoàn toàn phần tinh bột còn lại sau đó được làm nguội và tiếp tục xử lý enzyme để đạt được DE mong muốn.

Maltodextrin cũng có thể sản xuất bằng cách sử dụng kết hợp cả acid và enzyme là chất xúc tác cho quá trình thủy phân. Ban đầu, chất xúc tác acid sẽ thủy phân huyền phù tinh bột đến chỉ số DE từ 5 – 15 sau đó trung hòa và tiếp tục tiến hành thủy phân dưới tác dụng của α – amylase có nguồn gốc từ chủng vi khuẩn Bacillus subtilis hoặc Bacillus mesentericus, việc này giúp cho quá trình đục không xảy ra và sự thoái hóa là không xảy ra trong quá trình lưu trữ (Armbruster, 1971). Với phương pháp như trên sẽ giúp giải quyết được việc dung dịch bị đục khi tiến hành thủy phân tinh bột bằng acid và sản phẩm tạo ra sẽ có tính hút ẩm thấp cũng như khả năng tan trong nước tốt.

Sau khi kết thúc quá trình thủy phân, pH của dung dịch maltodextrin thô sẽ được điều chỉnh đến 4,5 và lọc để loại bỏ một lượng nhỏ các chất xơ, lipid và protein còn sót lại. Tiếp đó, dung dịch sẽ được cô đặc chân không đến khi đạt 75% chất khô hoặc thường thì cao hơn và được sấy phun thành dạng bột trắng có độ ẩm từ 3 – 5%.

Phản ứng dextrin hóa được tiến hành đến chỉ số DE sản phẩm mong muốn, sau 1 giờ, DE sẽ đạt 10 – 12, 2 giờ sẽ đạt từ 15 – 16. Sản phẩm maltodextrin có chỉ số DE thấp sẽ có khuynh hướng thoái hóa trong dung dịch trong khi ở giá trị DE cao hơn sẽ tạo ra dung dịch có độ nhớt thấp hơn độ ngọt cao hơn.

Có hai loại maltodextrin thương mại thường được sử dụng là maltodextrin có chỉ số DE trong khoảng 10 – 14 và 15 – 19. Thành phần của sản phẩm maltodextrin không chỉ phụ thuộc vào chỉ số DE mà còn ảnh hưởng bởi phương pháp thủy phân sử dụng acid hay enzyme

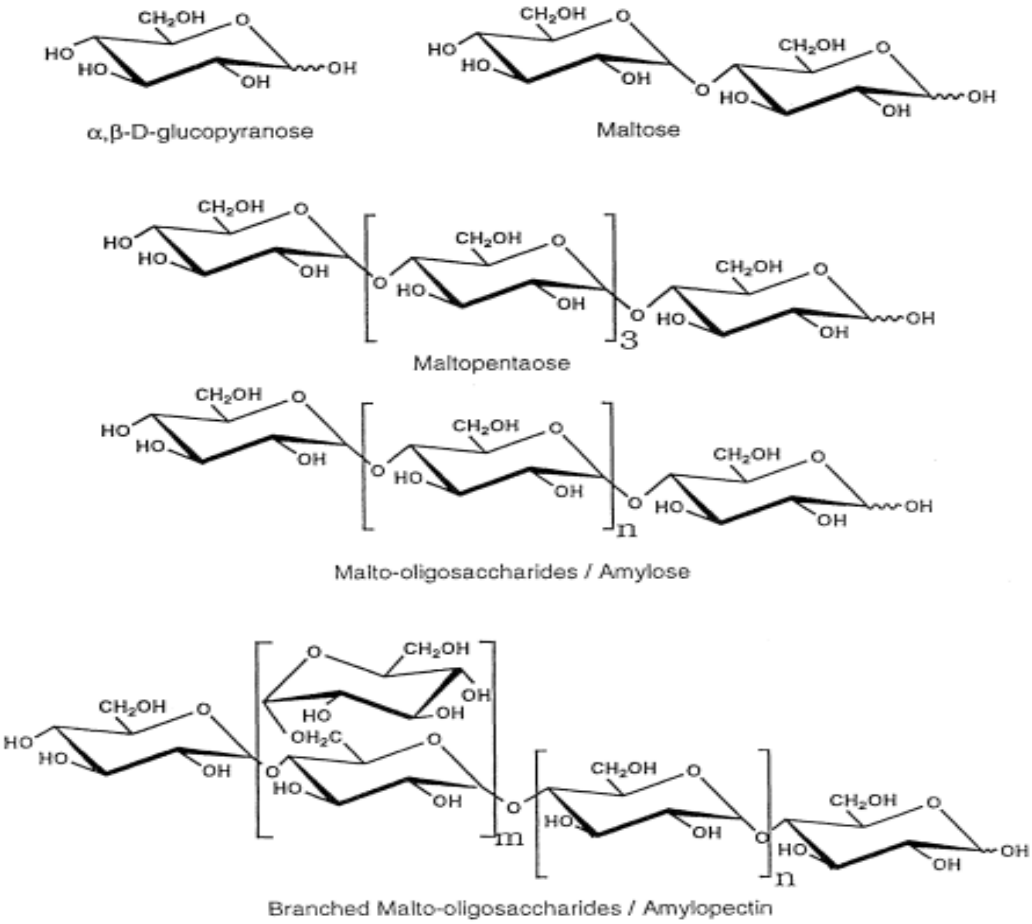
hoặc kết hợp cả hai, đối với khi sử dụng phương pháp thủy phân bằng acid sẽ cho tỷ lệ dextrin có phân tử lượng cao hơn nhưng lại dễ bị thoái hóa.

### 2.2.2. Thành phần và cấu tạo hóa học

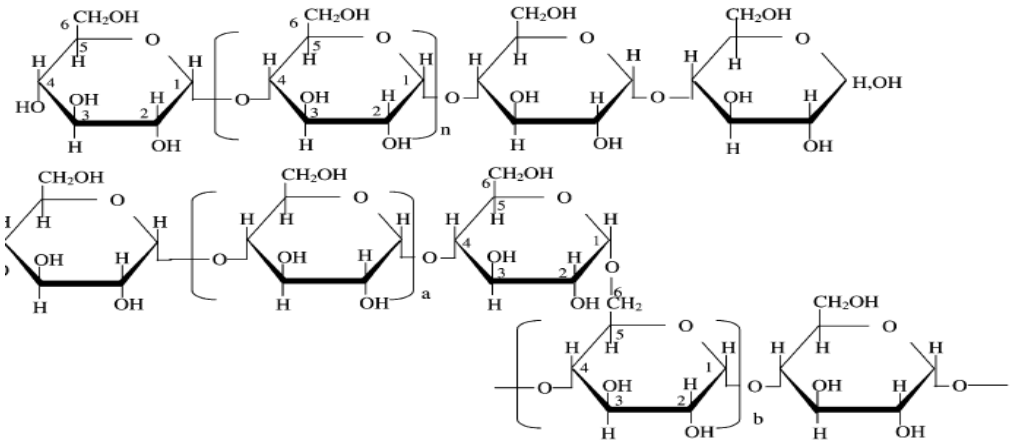
Là một sản phẩm từ tinh bột, trong thành phần của maltodextrin chứa amylose và amylopectin. Vì vậy, maltodextrin được xem xét như một polymer D-glucose gồm các đơn vị D-glucose trong chuỗi có chiều dài biến. Các đơn vị D-glucose được liên kết với nhau bằng liên kết α (1 → 4) glycosidic và liên kết α (1 → 6) glycosidic (S. Chronakis, 1998). Maltodextrin cấu tạo gồm một hỗn hợp của các chuỗi khác nhau 3-17 đơn vị glucose có nguồn gốc từ bột bắp, sắn, khoai, lúa mì, v.v..

Amylose là polymer mạch thẳng được cấu tạo từ các phân tử đường D-glucose liên kết với nhau bởi liên kết α- 1,4 glucoside và có một lượng nhỏ liên kết α-1,6 glucoside tạo nhánh chứa trong amylose tuy nhiên lượng nhánh này xuất hiện rất ít và các nhánh này dài nên có thể xem amylose là một polyme mạch thẳng. Mỗi phân tử amylose có một đầu khử và một đầu không khử. Amylose có khối lượng phân tử nhỏ hơn amylopectin, nằm trong khoảng $10^4$ đến $10^5$, mức độ polymer hóa [DP] của amylose nằm trong khoảng từ 250-1000 gốc glucose (Wrolstad, 2012).

Amylopectin có cấu tạo mạch nhánh và mạch thẳng kết hợp nhau do các phân tử đường α – D-glucose liên kết nhau bằng liên kết α- 1,4 glucoside tạo các đoạn mạch thẳng, còn liên kết α- 1,6 glucoside (chiếm khoảng 5 % số phân tử α – D-glucose) sẽ giúp tạo mạch nhánh. Mỗi phân tử amylopectin chỉ có một đầu khử duy nhất và rất nhiều đầu không khử. Amylopectin có khối lượng phân tử lớn hơn amylose, và nằm trong khoảng $10^6$-$10^8$ với mức độ DP nằm trong khoảng 5000 đến 50000 đơn vị glucose.




**Hình 2.1 :** Thành phần cấu tạo chính của maltodextrin (Kemedy, (1995))



**Hình 2.2** Cấu tạo phân tử Amylose và Amylopectin (Cui và cộng sự, (2005))

### 2.2.3. Tính chất

#### 2.2.3.1. Dextrose Equivalent (DE)

Đương lượng Dextrose Equivalent viết tắt là DE là đại lượng chỉ khả năng khử đối với chuẩn là 100% ở đường glucoza (dextrose), hay là số gam đương lượng D-glucoza trong 100gam chất khô của sản phẩm.

Quá trình thủy phân bằng enzyme càng triệt để, sản phẩm thủy phân có tỉ lệ phân tử càng ngắn, chỉ số DE càng cao. Tinh bột có chỉ số DE bằng 0 do số lượng các gốc khử có mặt rất ít. Thủy phân hoàn toàn tinh bột sẽ tạo ra đường glucose với chỉ số DE 100. Các sản phẩm thủy phân ở mức độ trung gian sẽ có giá trị DE trong khoảng 0-100. Maltodextrin có đương lượng dextrose (DE) từ 4 đến 20.

Hiện nay các loại maltodextrin thương mại đều được phân loại dựa trên chỉ số DE (Fitton, 1979), nó được xem thước đo mức độ thủy phân tinh bột hay khả năng khử của một chất, quá trình thủy phân càng triệt để thì sản phẩm thủy phân sẽ có tỉ lệ phân tử càng ngắn, chỉ số DE càng cao. Tinh bột có chỉ số DE bằng 0 do số lượng các gốc khử có mặt rất ít, khi thủy phân hoàn toàn tinh bột sẽ tạo ra đường glucose với chỉ số DE 100. Các sản phẩm thủy phân ở mức độ trung gian sẽ có giá trị DE trong khoảng 0-100. Maltodextrin có DE từ 4 đến 20.

Chỉ số DE thay đổi sẽ dẫn đến các đặc điểm chức năng của maltodextrin cũng sẽ thay đổi: Khả năng hút ẩm, độ hòa tan, độ thẩm thấu của maltodextrin tăng khi DE tăng, ngược lại độ nhớt, khả năng kết dính tăng khi DE giảm. Chỉ số DE có thể kiểm soát bằng cách thay đổi nhiệt độ thủy phân khi sản xuất maltodextrin tuy nhiên, sự khác nhau trong khối lượng phân tử maltodextrin cũng tạo ra tính chất hóa lí khác nhau. Đặc biệt, độ hòa tan và ổn định độ hòa tan bị ảnh hưởng bởi thành phần phân tử có khối lượng lớn, trong khi đó độ nhớt, sự kết tinh, độ ngọt sẽ phụ thuộc vào thành phần phân tử có khối lượng nhỏ hơn.

Nhiều phương pháp đã được phát triển để xác định chỉ số DE. Điển hình là phương pháp chuẩn độ của Lane – Eynon (Lane, 1923) và Luff–Schoorl (Schoorl, 1929), cả hai đều dựa trên sự khử đồng I và II bởi nhóm aldehyde có tính khử ở cuối. Thông dụng hơn là phương pháp đo màu sử dụng chất màu là acid alkaline 3,5 – dinitrosalicylic, alkaline ferricyanide hay acid alkaline picric để xác định tổng carbohydrat hoặc tổng hàm lượng đường khử. Ngoài ra hiện nay còn sử dụng các thiết bị hiện đại hơn giúp việc xác định chỉ

số DE đơn giản và thuận tiện hơn như thiết bị sắc kí lỏng cao áp (HPLC) hay thiết bị đo độ thẩm thấu.

#### 2.2.3.2. Phản ứng với Iot

Khi tương tác với Iot amylose sẽ cho phức màu xanh đặc trưng. Vì vậy, Iot có thể coi là thuốc thử đặc trưng để xác định hàm lượng amylose trong tinh bột bằng phương pháp trắc quang. Iot tinh khiết không cho màu xanh khi thêm tinh bột hay amylose mà chỉ xảy ra khi Iot được pha trong KI hoặc HI. Để phản ứng được với Iot, các phân tử amylose phải có dạng xoán ốc để hình thành đường xoắn ốc đơn của amylose bao quanh phân tử Iot. Các dextrin có ít hơn 6 gốc glucose không phản ứng với Iot vì không tạo thành một vòng xoắn ốc hoàn chỉnh. Amylose với hình thể xoắn ốc hấp thụ được 20% khối lượng Iot tương ứng với một vòng xoắn ốc một phân tử Iot. Nếu đun nóng, liên kết hydro bị cắt đứt, chuỗi amylose duỗi thẳng do đó Iot bị tách ra khỏi dung dịch amylose nên dung dịch mất màu xanh. Acid và một số muối KI, $Na_2SO_4$ làm tăng cường độ phản ứng. Cloral hydrat và một số chất khác lại ức chế cường độ phản ứng này. Với amylopectin khi xảy ra phản ứng tương tác với Iot, amylopectin cho màu tím đỏ. Về bản chất phản ứng màu với Iot của amylopectin xảy ra do sự hình thành nên hợp chất hấp phụ. (Zobel, H. F, 1988).

#### 2.2.3.3. Độ nhớt

Độ nhớt là một tính chất cơ bản và đặc trưng của mọi chất lỏng. Khi một dòng chất lỏng chảy nó sẽ tồn tại một trở lực bên trong và độ nhớt là đại lượng đặc trưng cho trở lực đó. Độ nhớt cũng được xem như là lực kéo và là đại diện của các thuộc tính ma sát của chất lỏng (Dabir S. Viswanath, 2007). Độ nhớt phụ thuộc vào nhiều yếu tố trong đó có nhiệt độ, áp suất và nồng độ chất lỏng. Độ nhớt được chia thành độ nhớt tuyệt đối và độ nhớt động học.

Độ nhớt là một trong những tính chất quan trọng của maltodextrin, có ảnh hưởng đến chất lượng và kết cấu của nhiều sản phẩm thực phẩm sử dụng maltodextrin làm nguyên liệu chính hay sản phẩm bổ sung maltodextrin như một chất phụ gia. Phân tử maltodextrin chứa nhiều nhóm hydroxyl có khả năng liên kết được với nhau làm cho các phân tử tập hợp lại đồ sộ hơn, giữ nước nhiều hơn khiến cho dung dịch có độ đặc, độ dính cao hơn do đó các phân tử di chuyển khó hơn khiến cho độ nhớt của dung dịch cao.

Yếu tố chính ảnh hưởng đến độ nhớt của dung dịch maltodextrin là đường kính biểu kiến của các phân tử hoặc của các hạt phân tán, đặc tính bên trong của maltodextrin như kích

thước, thể tích hạt, cấu trúc và sự bất đôi xứng của phân tử. Nồng độ maltodextrin, pH, nhiệt độ, ion $Ca^{2+}$, tác nhân oxi hóa, các thuốc thử phá hủy cầu hidro đều làm cho tương tác của các phân tử maltodextrin thay đổi, do đó làm độ nhớt thay đổi theo. Độ nhớt của maltodextrin tăng lên trong môi trường kiềm vì kiềm gây ion hóa các phân tử maltodextrin khiến cho chúng hydrat hóa tốt hơn. Ngoài ra nồng độ muối, nồng độ đường cũng ảnh hưởng rất lớn đến độ nhớt của dung dịch.

Độ nhớt của dung dịch được chia ra làm 2 loại là độ nhớt động học và độ nhớt động lực

Độ nhớt động lực (Dynamic viscosity) hay còn được gọi là độ nhớt tuyệt đối (Absolute viscosity) được định nghĩa là lực tiếp tuyến trên một đơn vị diện tích cần thiết để di chuyển một mặt phẳng nằm ngang với một mặt phẳng khác. Đơn vị của độ nhớt động lực theo hệ thống SI là $N.s/m^2$, Pa.s hoặc kg/(m.s).

Độ nhớt động học (Kinematic viscosity) là tỷ lệ giữa độ nhớt động lực với tỷ trọng của chất lỏng. Trong hệ thống SI, độ nhớt động học có đơn vị là $m^2/s$ hoặc stoke (St) với 1 St = $10^{-4}$ $m^2/s$.

Intrinsic viscosity được xem là một thông số về cấu trúc và được sử dụng để nghiên cứu các tính chất lưu biến liên quan đến cấu trúc phân tử của các chất phân tán, cấu trúc của các loại gel và đặc biệt là đối với các loại polysaccharide (Harding, 1997; Lapasin và Pricl, 1995). Khi xét về bản chất, intrinsic viscosity không hẳn là một loại độ nhớt vì khác với các loại độ nhớt khác intrinsic viscosity được xác định dựa trên nồng độ, là nghịch đảo của đơn vị nồng độ chất lỏng. Tác động của đại phân tử của chất tan hòa tan hoặc phân tán trong một dung dịch thì được gọi là relative viscosity $\eta_{rel}$ hoặc reduced viscosity ($\eta_{red}$), được tính như sau:

$$\eta_{rel} = \frac{\eta}{\eta_0}$$

$$\eta_{red} = \frac{\eta_{rel} - 1}{c}$$

Với $\eta$ là độ nhớt của dung dịch, $\eta_0$ là độ nhớt của dung môi và c là nồng độ của dung dịch. Đơn vị của reduced viscosity là ml/g.

Reduced viscosity là một đại lượng phụ thuộc vào nồng độ. Giới hạn khi c → 0 của reduced viscosity được định nghĩa là intrinsic viscosity là hàm nội tại của các đại phân tử hòa tan trong dung dịch.

$$[\eta] = \lim_{c \to 0}(\eta_{red})$$

Intrinsic viscosity được xác định thông qua giá trị relative viscosity với các nồng độ. Hiện nay có 3 phương pháp cơ bản thường được sử dụng để xác định relative viscosity là: 1. Sử dụng nhớt kế mao quản (nhớt kế Ostwald hoặc nhớt kế Ubbelohde), 2. Sử dụng nhớt kế dạng tấm (nón và tấm phẳng, 2 tấm song song, dạng cub và bob) (Lapasin và Pricl, 1995), 3. Thiết bị mất cân bằng áp lực.

#### 2.2.3.4. Không gian màu CIE LAB

Màu sắc là một đặc tính cơ bản, hay nói cách khác màu sắc là một trong những yếu tố quan trọng trong việc đánh giá chất lượng hay sự chấp nhận của người tiêu dung đối với maltodextrin. Hơn nữa, sự thay đổi màu sắc còn thể hiện sự thay đổi về thành phần, cấu trúc của nguyên liệu, sản phẩm. Cảm nhận màu sắc là ba chiều, ba điều kiện cần thiết để mô tả một màu là: sắc màu, độ bão hòa màu và độ sáng.

CIE là tên viết tắt của Commission Internationale de l'Eclairage - là một tổ chức phi chính phủ quốc tế hoạt động trong lĩnh vực nghiên cứu tạo ra đặc trưng hợp lý cho màu sắc của shiếu sáng phù hợp cho bộ não con người. CIE 1976, CIE LAB (L*a*b*) và CIE LCH (L*C*h*) là các không gian màu phát triển bằng cách chuyển đổi toán học từ không gian màu CIE. Ngày nay, không gian màu CIE LAB được sử dụng nhiều nhất cho việc đo màu vật thể. Mô hình CIE LAB được xây dựng dựa trên khả năng cảm nhận màu của mắt người. Các giá trị Lab mô tả tất cả những màu mà mắt một người bình thường có thể nhìn thấy được. CIE LAB được xem là một mô hình màu độc lập đối với thiết bị và thường được sử dụng như một cơ sở tham chiếu khi chuyển đổi một màu từ một không gian màu này sang một không gian màu khác. Trong không gian màu CIE LAB, các tông màu và độ bão hòa màu được vẽ trên các trục a* và b*. Trục a chạy từ -a* (Xanh lá) đến +a* (Đỏ) và trục b chạy từ -b*(Xanh dương) đến +b*(Vàng). Trục độ sáng L* có giá trị từ 0 (đen ở đáy) đến 100 (trắng ở đỉnh). (Nemţanu và cộng sự, 2010)

## 2.3. BIẾN TÍNH MALTODEXTRIN

Biến tính maltodextrin là cách để làm thay đổi cấu trúc nhằm nâng cao và mở rộng ứng dụng của nó. Hiện nay, một số nghiên cứu ở nước ngoài đã sử dụng sản phẩm maltodextrin biến tính, nhưng về phương pháp biến tính maltodextrin thì rất ít nghiên cứu nhắc đến. Maltodextrin là một sản phẩm thủy phân (biến tính) từ tinh bột, thuộc nhóm tinh bột nên chúng ta có thể xem xét các phương pháp biến tính tinh bột và áp dụng trên maltodextrin.

### 2.3.1. Biến tính tinh bột bằng phương pháp hóa học

Biến tính bằng phương pháp hóa học được thực hiện trên ba trạng thái của tinh bột là huyền phù, bột nhão và rắn. Các biến đổi hóa học phổ biến nhất gồm: quá trình oxy hóa, ester hóa, ether hóa, và liên kết ngang. Kết quả làm tăng cường sự ổn định của các phân tử tinh bột trước các tác động của cơ học, acid, nhiệt độ. (Xie và cộng sự, 2005).

#### 2.3.1.1. Tinh bột ester hóa

Ester hóa tinh bột là một phương pháp biến tính hóa học trong đó một số nhóm hydroxyl được thay thế bởi nhóm ester. Mức độ thay thế của nhóm hydroxyl theo chuỗi tinh bột được biểu diễn như là mức độ thế trung bình. Mức độ thế (DS) có thể đạt tối đa là 3 khi cả ba nhóm hydroxyl được thay thế trên mỗi phân tử đường glucose của mỗi chuỗi tinh bột. Mức độ thế được xác định bằng công thức sau:

$$DS = \frac{162W}{100M - (\mathrm{M}-1)\,\mathrm{W}}$$

Trong đó: W là phần trăm khối lượng nhóm thế

M là trọng lượng nhóm thế.

Một số loại tinh bột biến tính bằng phương pháp ester hóa thường dùng là tinh bột acetates, tinh bột succinate hay tinh bột alkenylsuccinate và tinh bột phosphate. Acetyl hóa dung dịch huyền phù tinh bột anhydride acetic ở pH kiềm được dùng trong thương mại để sản xuất tinh bột axetat của DS thấp. Trong điều kiện kiềm, tinh bột được gián tiếp phản ứng với anhydride carboxylic. Đầu tiên, phức hợp tinh bột với kiềm được hình thành sau đó tương tác với các anhydride cacboxylic để tạo thành một ester tinh bột với việc loại bỏ các

ion carboxylate và một phân tử nước (Xie và cộng sự, 2005). Theo nghiên cứu Liu và cộng sự (1997) trên tinh bột ngô với hàm lương amylose 66% (DS=0.130) được biến tính bằng phương pháp acetyl hóa cho thấy nhiệt độ hồ hóa của nó thấp hơn so với tinh bột tự nhiên (Xie và cộng sự, 2005). Tinh bột phosphat được sản xuất bằng cách ngâm tinh bột trong hỗn hợp dung dịch natri tripolyphosphat và tri sunphat cùng với một hàm lượng thấp natri trimetaphosphat hoặc phun hỗn hợp dung dịch trên vào tinh bột sau đó đem sấy ở nhiệt độ $100^0$C. Tính chất của tinh bột phosphat là một polyme anion vững chắc có độ nhớt cao, khả năng phân tán trong dung dịch đồng đều và ổn định, có khả năng chống lại quá tình thoái hóa tinh bột (Xie và cộng sự, 2005).

#### 2.3.1.2. Tinh bột ether hóa

Trong khi các liên kết ester trong tinh bột ester hóa có( tinh bột acetate ) xu hướng loại bỏ các nhóm acetyl thì tinh bột ether hóa lại có được các liên kết ether ổn định ngay trong điều kiện PH cao. Quá trình ether hóa mang lại cho tinh bột một số tính chất như: mức độ ổn định cao về độ nhớt, giảm nhiệt độ hồ hóa, ổn định ở nhiệt độ thấp (Xie và cộng sự, (2005))

#### 2.3.1.3. Tinh bột oxy hóa

Tinh bột oxy hóa được sản xuất dựa trên phản ứng giữa tinh bột với tác nhân oxy hóa natri clohypocloric trong điều kiện nhiệt độ và PH nhất định (Article và cộng sự, 2012). Quá trình oxy hóa tinh bột chủ yếu gây ra sư phân cắt liên kết glucosidic và oxi hóa nhóm hydroxyl tạo thành nhóm carbonyl và carboxyl, do đó làm giảm sự trương nở, độ nhớt của tinh bột. Sự hình thành các nhóm carbonyl và carboxyl không liên tục dọc theo chuỗi liên kết trong phân tử tinh bột làm giảm nhiệt độ hồ hóa, tăng khả năng hòa tan và giảm khả năng tạo gel (Xie và cộng sự, (2005)).

#### 2.3.1.4. Tinh bột liên kết chéo

Trong phân tử tinh bột có chứa các nhóm hydroxyl tồn tại chủ yếu dưới hai dạng, quan trọng nhất là dạng liên kết của nhóm hydroxyl với C-6 (cacbon số 6) và dạng liên kết với C-2 và C-3. Chính những nhóm hydroxyl này phản ứng với các chất hóa học để hình thành liên kết chéo trong phân tử tinh bột. Hóa chất được sử dụng trong việc tạo thành liên kết trong tinh bột là phosphoryl chloride,sodium trimetaphosphate, hỗn hợp sodium trimetaphosphate và sodium tripolyphosphate. Sự hình thành các liên kết chéo giúp củng cố các liên kết hydro trong cấu trúc hạt tinh bột thông qua cầu nối giữa các mạch tinh bột. Các yếu tố ảnh hưởng

tới sự hình thành liên kết chéo gồm thành phần chất hóa học tạo liên kết, nồng độ chất phản ứng, PH, thời gian và nhiệt độ phản ứng. Tinh bột liên kết chéo có thể làm giảm mất độ trương nở hạt tinh bột ở nhiệt độ cao và làm chậm sự hồ hóa, vì thế nó được sử dụng trong thực phẩm đóng hộp, trong súp, nước thịt, nước sốt và các thực phẩm dạng chiên (Xie và cộng sự, 2005).

### 2.3.2. Biến tính tinh bột bằng phương pháp enzym

Thủy phân tinh bột dưới tác dụng của enzyem thủy phân, nhằm mang lại cho tinh bột một số tính năng mong muốn. Có rất nhiều enzyme tham gia vào quá trình thủy phân trong đó phổ biến nhất là α -amylase, β- amylase và glucoamylase.

- **α- Amylase(1,4 -α-D-Glucan Glucanohydrose, EC 3.2.1.1)**

Tinh bột dưới tác dụng của enzyme α amylase bị thủy phân liên kết α1,4-glucoside của phân tử amylose và amylosepectin một cách ngẫu nhiên. α -amylase có khả năng thủy phân cả tinh bột dưới dạng hạt lẫn hồ hóa. Sản phẩm thủy phân là hỗn hợp các oligosaccharide phân nhánh, maltotriose, maltose, glucose và dextrin (Xie và cộng sự, 2005).

- **β-Amylase(1, 4-α- D-Glucan Maltohydrolase, EC 3.2.1.2)**

β amylase tồn tại trong nhiều loại cây trồng như lúa mạch, lúa mì, khoai lang và đậu nành. Nó tiến hành thủy phân ngoại mạch từ đầu không khử của mạch tinh bột. Sản phẩm thủy phân hầu như là đường maltose (Xie và cộng sự, 2005).

- **Glucoamylase**

Enzyme glucoseamylase được sản xuất từ vi khuẩn và nấm men.Glucoamylase có khả năng tách β-D-glucose từ đầu không khử của 1,4- α-D-glucan. Nhánh α-1,6 của amylopectin được tách ra chậm hơn 30 lần so với nhánh α-1,4 nếu không sử dụng enzyme. Sản phẩm chính sau khi thủy phân tinh bột bằng enzyme glucoamylase cho ra dịch D-glucose (Xie và cộng sự, 2005).

### 2.3.3. Biến tính tinh bột bằng phương pháp vật lý

Biến tính tinh bột bằng phương pháp vật lý chủ yếu được ứng dụng để thay đổi cấu trúc hạt tinh bột và chuyển tinh bột tư nhiên thành tinh bột tan trong nước lạnh hoặc tinh bột có vùng tinh thể nhỏ. Ưu điểm của phương pháp này là không sử dụng tới hóa chất nên không gây ảnh hưởng tới sức khỏe của người sử dụng. Một số phương pháp biến tính thường sử dụng hiện nay là xử lý nhiệt ẩm, ủ, thoái hóa, lạnh đông, xử lý áp suất cao, plasma…

#### 2.3.3.1. Xử lý nhiệt ẩm

Tinh bột được xử lý ở nhiệt độ 100-120$^{o}$C trong 16 giờ với ẩm độ < 35%. Các yếu tố ảnh hưởng trong quá trình xử lý gồm: hàm lượng amylose, sự tác động qua lại giữa các phân tử tinh bột và sắp xếp lại chuỗi amylose trong cấu trúc vô định hình. Tinh bột sau quá trình xử lý có khả năng ổn định nhiệt, tăng nhiệt độ hồ hóa, độ nhớt không đổi trong môi trường có pH thấp hơn 4.5. Xử lý nhiệt ẩm trên các tinh bột nhoı bắp, lúa mì, khoai lang, khoai tây không ảnh hưởng đến hình dạng và kích thoıớc của hạt. Tuy nhiên, kiểu hình tinh thể thay đổi từ loại B đến A (hoặc C) đối với tinh bột khoai tây và khoai lang và từ loại C đến loại A đối với tinh bột sắn sau khi xử lý nhiệt ẩm. Tinh bột khoai tây xử lý nhiệt ẩm có thể được sử dụng để thay thế tinh bột bắp trong thời gian thiếu hụt bắp. Tinh bột sắn xử lý nhiệt ẩm có thể được sử dụng làm chất độn trong thực phẩm (Xie và cộng sự, 2005).

#### 2.3.3.2. Ủ

Ủ là phương pháp vật lý xảy ra khi tinh bột có hàm lượng nước trong khoảng từ 40 đến 55% w/w tại nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ hồ hóa trong thời gian nhất định. Ủ làm tăng nhiệt độ hồ hóa của tinh bột. Tuy nhiên trong ứng dụng thực tế thường người ta chỉ áp dụng làm bước đệm trong quá trình chế biến như ngâm trong quá trình xay xát bắp. Ủ không làm thay đổi cấu trúc dạng hạt của tinh bột. Nhưng có thể gây ra sự hình thành phức amylose-lipid tuy nhiên phức hợp mới không làm ảnh hưởng đến phức hợp hiện tại vì nhiệt ủ là 67 $^{o}$C trong khi nhiệt độ làm ảnh hưởng đến phức hợp từ 95 $^{o}$C đến 125 $^{o}$C. Với bắp, ủ làm giảm độ nhớt và tăng nhiệt độ trương nở hạt. Khi tiến hành ủ tinh bột sắn ở nhiệt độ 50 $^{o}$C trong 72 giờ nhận thấy nhiệt độ hồ hóa của tinh bột tăng lên, vùng nhiệt độ hồ hóa giảm, độ nhớt giảm và vùng tinh thể tăng lên (Gomes và cộng sự, 2005).

#### 2.3.3.3. Hồ hóa

Quá trình hồ hóa làm thay đổi đáng kể tính chất hóa học và vật lý của tinh bột do sự sắp xếp lại trong nội bộ phân tử và giữa các phân tử với nhau nhờ đó tinh bột 16 có thể tan trong nước. Với tinh bột bắp hàm lượng amylose đóng vai trò qua trọng trong giai đoạn đầu quá trình hồ hóa. Tinh bột hồ hóa được sử dụng rộng rãi trong các thực phẩm bảo quản ở tủ lạnh và đông lạnh.

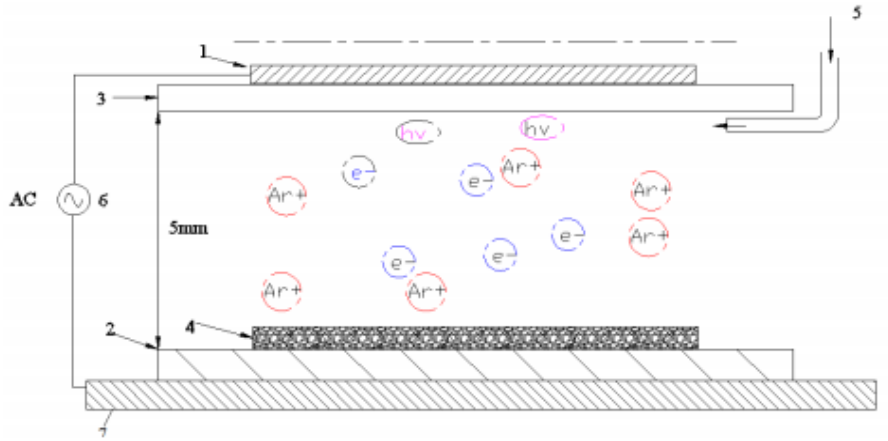
#### 2.3.3.4. Xử lý plasma

Trong tất cả phương pháp biến tính tinh bột bằng phương pháp vật lý trên, phương pháp xử lý bằng plasma là phương pháp mới và có nhiều ưu điểm vượt trội so với các phương pháp vật lý và hóa học được sử dụng như tinh bột không bị phân hủy bởi nhiệt độ và không dùng đến hóa chất trung gian biến đổi. Thuật ngữ plasma được sử dụng lần đầu tiên do Lewi Tonks và Irving Langmuir năm 1929 để miêu tả tập hợp các phần tử tích điện. Sau này, định nghĩa được mở rộng thành trạng thái thứ tư của vật chất khi một lượng lớn các nguyên tử hay phân tử bị tích điện hay bị ion hóa với các đặc điểm cơ bản của các tương tác Coulomb (Rauscher, Perucca, & Buyle, 2010). Plasma là một tập hợp gồm các electron, ion dương và âm, nguyên tử, phân tử và photon. Trên 99,9% dạng vật chất tồn tại trong vũ trụ là ở thể plasma có nhiệt độ cực lớn. Khí quyển Trái đất thường xuyên phải hứng chịu các tia vũ trụ và phóng xạ Mặt trời. Do đó, các thành phần trong khí quyển Trái đất bị tích điện dẫn đến hình thành lớp bảo vệ khí quyển gọi là tầng ion (ionosphere). Plasma có thể được tạo ra bằng rất nhiều cách thông qua việc gia tăng năng lượng vật chất bằng bất cứ nguồn năng lượng nào như cơ khí (nén đoạn nhiệt), nhiệt (nung nóng bằng điện), hóa học (phản ứng tỏa nhiệt), phóng xạ (điện từ năng lượng cao và phần tử phóng xạ) và năng lượng điện từ (hồ quang điện, điện một chiều, tần số sóng, vi sóng…) (Rauscher và cộng sự, 2010). Dựa vào nguồn năng lượng hình thành dòng plasma, plasma được chia làm hai loại là plasma nóng và plasma nguội.

Plasma nóng: ví dụ như hồ quang điện, động cơ tên lửa, phản ứng hạt nhân, có năng lượng cực lớn có thể phân rã tất cả phân tử hữa cơ thành các nguyên tử. Plasma đặc trưng bởi áp suất cực lớn ($10^3$ Pa) và nhiệt độ cực lớn (> $10^3$ K). Mức độ ion hóa trong tổng số các phần tử plasma là 100%. Plasma được tạo ra nhờ sự phóng hồ quang điện trong môi trường khí. Khí bị ion hóa ở nhiệt độ rất cao có thể loại bỏ, trộn lẫn hay biến đổi vật chất khác (Rauscher và cộng sự, 2010).

Plasma nguội: năng lượng để tạo plasma bắt nguồn từ bức xạ điện từ, các hiện tượng phóng điện trong chất khí, các điện tử được tạo ra từ cathode. Trong plasma nguội, các electron thực hiện sự ion hóa, yếu tố cần thiết để duy trì trạng thái plasma. Thêm vào đó, chúng chịu trách nhiệm trong việc kích thích, phân ly nguyên tử/phân tử, tạo các gốc phóng xạ và trạng thái phân tử siêu bền. Kết quả là một môi trường khí có thể được sử dụng một cách an toàn mà không gây thiệt hại do nhiệt gây ra (Rauscher và cộng sự, 2010).

Nguyên lý tạo plasma với khí Argon và cơ chế làm thay đổi đặc tính của tinh bột:




**Hình 2.3.** *Cấu tạo thiết bị Dielectric Barrier Discharge plasma (Zou và cộng sự, 2004)*

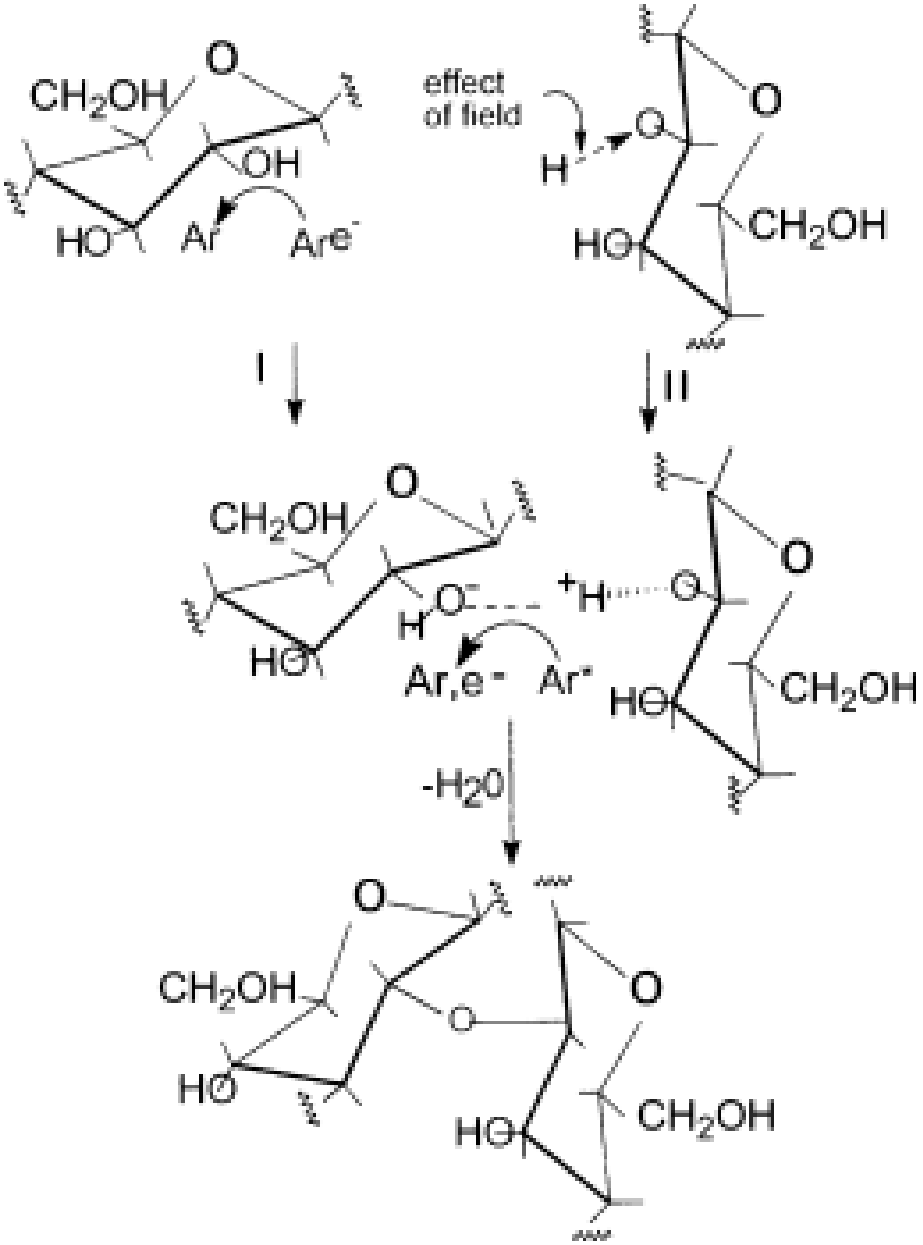
Chú thích : 1. Cathode, 2. Kính đựng mẫu, 3. Vật cách điện, 4. Mẫu tinh bột, 5. Đường dẫn khí Argon, 6. Vùng plasma, 7. Anode

Hệ thống xử lý plasma gồm hai điện cực anode và cathode ở dưới và trên như hình vẽ. Mẫu tinh bột được dàn mỏng trên tấm kiếng sau đó đặt trên cực anode, khoảng không gữa hai điện cực là môi trường khí Argon được tạo ra từ bình chứa khí thông qua ống dẫn thổi vào.

Trong vùng plasma, một lượng lớn các electron năng lượng cao được tạo thành từ sự phóng điện trong chất khí. Những electron này có thể gắn vào các nguyên tử Argon và biến đổi chúng sang trạng thái kích thích ($Ar^{e-}$, $Ar^{*}$) hoặc phân ly các nguyên Ar và $Ar^{*}$ tạo các nguyên tử $Ar^{+}$ và $e^{-}$ . Năng lượng dưới dạng các nguyên tử, ion, điện tử (Ar, $Ar^{*}$, $Ar^{+}$, $e^{-}$) sẽ tác động lên bề mặt vật liệu tinh bột sẽ làm thay đổi thuộc tính bề mặt của tinh bột, dẫn đến hai phản ứng chính có thể xảy ra trong quá trình xử lý plasma là phản ứng depolymer hóa và phản ứng tạo liên kết ngang (Wongsagonsup và cộng sự, 2014). Phản ứng depolymer hóa bẻ gãy mạch tinh bột tạo ra các dextrin, glucose, các phân tử nước tự do…

Theo nghiên cứu của Zou và công sự 2004, thì phản ứng tạo liên kết chéo xảy ra theo cơ chế sau: trong vùng Plasma tồn tại các electron năng lượng cao được sinh ra. Các electron này tiếp cận phân tử khí Argon và biến chúng thành dạng hạt hóa Ar*. Ar* sau đó được hấp thụ và chuyển năng lượng họat hóa cho nguyên tử hydro trong phân tử tinh bột thông qua sự va chạm tạo thành nhóm hydroxyl. Cùng lúc đó, tác động của trường Plasma là nguyên nhân của sự phân cực mạnh hơn của liên kết O-H trong một số nhóm hydroxyl và liên kết cộng hóa trị thành liên kết tĩnh điện trong một mức độ nào đó. Thông qua sự chuyển hóa năng lượng từ Ar*, hai kiểu nhóm OH có khuynh hướng dehydrate hóa, tạo thành liên kết chéo từ hai đơn vị đường glucose. Phản ứng này bất thuận nghịch và vị trí ưu tiên xảy ra phản ứng là C-2 (trong số 3 vị trí C của pyranose). (Zou và cộng sự, 2004).

Nhờ sự biến đổi này mà giúp tinh bột có thể chịu được các điều kiện khắc nghiệt trong chế biến như nhiệt độ cao, pH thấp từ đó mở rộng phạm vi ứng dụng của tinh bột biến so với tinh bột tự nhiên.




**Hình 2.4.** *Cơ chế hình thành liên kết chéo trong tinh bột bằng phương pháp plasma (Ji-Jun Zou và cộng sự, (2004)*

## 2.4. CÁC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU TRƯỚC ĐÂY

Đã có một số công bố trên các tạp chí khoa học quốc tế về sự biến tính tinh bột bằng plasma. Phần lớn các công trình nghiên cứu này đều được thực hiện trên mẫu thô của các loại tinh bột, hầu như chưa có bài báo nào nghiên cứu về ảnh hưởng của các biến đổi về cấu trúc và tính chất hóa lý của maltodextrin sau khi xử lý bằng plasma. Các nhà nghiên cứu trên thế giới đã tiến hành các thí nghiệm về phương pháp xử lý plasma và kết quả bước đầu rất khả quan.

Nhóm tác giả Ji-Jun Zou và cộng sự (2004) đã công bố nghiên cứu về "Sự biến đổi của tinh bột bằng phương pháp plasma". Tinh bột dưới tác dụng của plasma giúp tạo ra các liên kết chéo mà không cần đến hóa chất trong phương pháp hóa học, giảm đi mối lo ngại về ô nhiễm môi trường. Mẫu tinh bột được hòa tan trong nước cất khử ion. Sau đó, được đem đi xử lý plasma trong môi trường Argon. Mẫu sau khi xử lý được sấy khô thành bột. Kết quả thu được cho thấy trong phổ IR, nhóm OH giảm đáng kể và không hề có sự xuất hiện của nhóm C=O. Điều đó chứng tỏ rằng có sự hình thành liên kết chéo giữa các phân tử glucose (Zou và cộng sự. 2004).

Năm 2010, nhóm tác giả P. Deeyai và cộng sự đã nghiên cứu về ảnh hưởng của Argon-plasma dưới áp suất khí quyển lên cấu trúc hạt của tinh bột sắn. Mẫu tinh bột sắn được chuẩn bị với các độ ẩm tương ứng 10 và 78%. Kết quả thí nghiệm cho thấy có sự xuất hiện của liên kết chéo. Trong khi đó, hình thái hạt tinh bột có sự thay đổi được phát hiện nhờ vào kỹ thuật hiển vi quét điện tử. Các hạt tinh bột dưới tác dụng của Argon-Plasma bị nóng chảy và liên kết lại với các hạt tinh bột liền kề với nó. Tác động này mạnh hơn với mẫu có độ ẩm cao hơn so với mẫu có độ ẩm thấp. Mức độ dimer hóa của tinh bột dưới tác dụng của plasma quan sát được nhờ vào các đỉnh OH bằng kỹ thuật OES (quang phổ phát quang) cho thấy cường độ đỉnh trong tinh bột có 10% ẩm cao hơn so với mẫu 78% (Deeyai và cộng sự. 2010).

Nguyễn Thị Lý trong khóa luận thạc sĩ (2013) trường Đại học Bách Khoa Tp. HCM đã nghiên cứu sâu thêm các tác động của plasma lên tính chất hóa lý của tinh bột. Tinh bột được biến tính bằng plasma ở áp suất khí quyển trong môi trường khí Argon trong khoảng thời gian từ 5 đến 40 phút với các mức điện áp từ 88 V đến 198 V. Mức độ tạo liên kết chéo trong các mẫu tinh bột sau xử lý được đo FTIR nhằm xác định mức độ liên kết chéo. Từ đó, tìm ra mối tương quan giữa mức độ liên kết chéo của các mẫu tinh bột sau khi xử lý lên các

tính chất lý hóa, tính bền nhiệt của liên kết chéo và hàm lượng tinh bột trơ. Kết quả nghiên cứu cho thấy mẫu tinh bột sắn có mức liên kết chéo cao nhất ở 10 phút, 176 V (gấp 2,47 lần so với mẫu đối chứng) và hàm lượng tinh bột trơ cao nhất so với các mẫu xử lý ở các mức thời gian và điện áp khác nhau cũng như tính bền nhiệt của nó. Hình thái hạt tinh bột cũng có sự thay đổi nhỏ trong hình dạng, kích thước hạt tinh bột so với mẫu tinh bột thô.

# CHƯƠNG 3: VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

## 3.1. ĐỊA ĐIỂM VÀ THỜI GIAN TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

Các thí nghiệm được thực hiện tại phòng Công nghệ Plasma và Môi trường, phòng thí nghiệm Hóa sinh khoa Công Nghệ Hóa Học Và Thực Phẩm - trường đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp.HCM, Trung tâm Nghiên Cứu và Triển Khai Công Nghệ Bức Xạ.

Thời gian tiến hành thí nghiệm từ tháng 1/2016 đến tháng 6/2016.

## 3.2. VẬT LIỆU

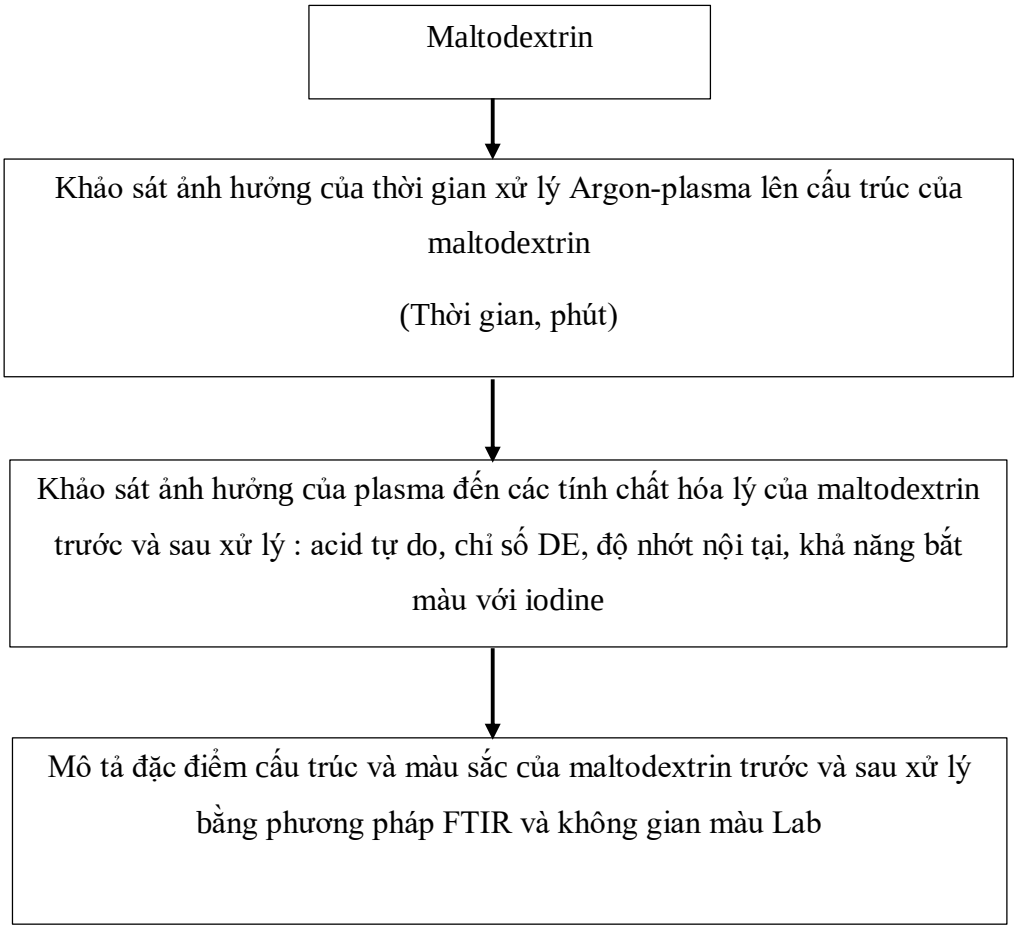
### 3.2.1. Maltodextrin

Maltodextrin (HiMedia Laboratories, Ấn Độ) được mua tại công ty Hóa Nam, Lữ Gia, Tp.Hồ Chí Minh.

### 3.2.2. Hóa chất

D-Maltose (Xilong, Trung Quốc) ; Sodium hydroxide (NaOH, Xilong, Trung Quốc); Sodium sulfite anhydrous ($Na_2S_2O_3$, Xilong, Trung Quốc); Potassium sodium tartrate tertrahydrate (Xilong, Trung Quốc); cồn $96^o$, 3,5- Dinitrosalicylic acid (DNS) (Trung Quốc), Phenol (Trung Quốc).

## 3.3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU




Hình 3.1. Sơ đồ nghiên cứu

### 3.3.1. Ảnh hưởng của thời gian xử lý Argon-plasma lên sự thay đổi về cấu trúc và các tính chất hóa-lý của maltodextrin

Các thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên: thay đổi yếu tố thời gian xử lý với 4 mức: 5, 10, 15, 20 phút. Maltodextrin (5.0 g), dàn trải đều trên phiến kính (19 cm x 13 cm). Sau đó đặt vào máy plasma, cài các thông số cho máy plasma với cường độ dòng điện 1 A, 120 voltage, 50 Hz; lưu lượng khí Argon 5 L/phút, thời gian cho 1 chu kỳ là 120s, số lần đảo trộn mẫu 3 phút/lần, thời gian xử lý 5, 10, 15 và 20 phút.

### 3.3.2. Ảnh hưởng của thời gian xử lý Argon-plasma lên sự thay đổi về cấu trúc của maltodextrin

**Mục đích**: Miêu tả cấu trúc của các mẫu maltodextrin trước và sau khi xử lý bằng phổ FTIR.

**Cách tiến hành**: Các mẫu bột matodextrin sẽ được đo phổ hồng ngoại FTIR bằng thiết bị đo phổ hồng ngoại FTIR-8400S, Shimadzu, Nhật Bản với 20 lần quét ở số sóng từ 400 cm-1 – 4000 cm-1 (Alexandre T Paulino, 2011) tại trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ, tên viết tắt là VINAGAMMA.

Đầu tiên cân 0.2g KBr và 0.002g tinh bột nghiền mịn bằng cân 4 số lẻ (Sartorius AGT612, Goettingen, Germany), sau đó để mẫu vào bộ nén mẫu, nén mẫu với áp suất 8bar trong 10 phút. Mẫu sau khi nén có hình dạng dẹt, trong suốt rồi tiến hành đo mẫu trong máy FTIR. Ghi nhận kết quả từ màn hình máy tính. Kết quả phổ sau đó được biểu thị dưới dạng biểu đồ bằng phần mềm SigmaPlot (Version 10.0, 2006, Systat Software, Inc, Germany).

### 3.3.3. Ảnh hưởng của thời gian xử lý Argon-plasma lên sự thay đổi về hàm lượng acid tự do (FA) của maltodextrin.

**Mục đích**: xác định hàm lượng acid tự do có trong các mẫu maltodextrin trước và sau khi xử lý plasma.

**Phương pháp**: Acid tự do được xác định bằng cách chuẩn độ dung dịch maltodextrin với chất chuẩn là NaOH 0,023 N. 1g Maltodextrin được hòa tan hoàn toàn với 10 mL nước cất trong bình tam giác sau đó chuẩn độ với NaOH 0,023 N chuẩn. Kết quả được thể hiện

dưới dạng tổng lượng acid tự do được trung hòa. Thể tích NaOH dùng chuẩn độ tương ứng với giá trị FA (Sokhey, 1993).

### 3.3.4. Ảnh hưởng của thời gian xử lý Argon-plasma lên sự thay đổi về màu sắc của maltodextrin

**Mục đích**: xem xét ảnh hưởng xử lý Argon-plasma lên màu sắc của maltodextrin

**Cách tiến hành**: Mẫu maltodextrin được tiến hành đo màu sắc bằng máy Minolta-CR400-Nhật Bản. Kết quả thu được là trung bình của ba lần đo lặp lại. (B. Pimpa, 2007)

Sự khác biệt về màu sắc giữa các mẫu maltodextrin xử lý so với mẫu maltodextrin không qua xử lý được xác định bằng công thức:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Độ trắng được xác định theo công thức của NFI (1991):

$$W = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$

### 3.3.5. Ảnh hưởng của thời gian xử lý Argon-plasma lên sự thay đổi về khả năng bắt màu với dung dịch Iodine của maltodextrin

**Phương pháp:** Phương pháp thí nghiệm được thực hiện theo nghiên cứu của Kenedy và cộng sự (1986). Dung dịch Maltodextrin (2%, w/v) được trộn với 100 µL thuốc thử Iodine (50 mg Iodine và 200 mg KI trong 15 mL nước cất), bổ sung 10 mL nước cất. Sau đó, để mẫu nghỉ trong 5 phút. Kết quả được đo bằng thiết bị quang phổ UV–vis, UV-2401PC, Shimadzu, Nhật Bản tại Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ, Tp. HCM với dải bước sóng 200 – 850 nm.

### 3.3.6. Ảnh hưởng của thời gian xử lý Argon-plasma lên sự thay đổi về hàm lượng đường khử (DE) của maltodextrin

Mục đích của thí nghiệm nhằm xem xét ảnh hưởng của của thời gian xử lý plasma đến giá trị DE của maltodextrin. Thí nghiệm được thực hiện theo phương pháp của Bernfeld (1955). Phương pháp này dựa trên cơ sở phản ứng tạo màu giữa đường khử với thuốc thử acid dinitrosalicylic (DNS). Cường độ màu của hỗn hợp phản ứng tỉ lệ thuận với nồng độ đường khử trong một phạm vi nhất định. Mẫu đường maltodextrin được pha với nồng độ 1mg/mL, lấy 1 mL dung dịch đường cho vào ống nghiệm cùng 1mL chất màu DNS, ủ trong

nước sôi đúng 5 phút sau đó làm lạnh nhanh dưới vòi nước đến nhiệt độ phòng. Bổ sung 10 mL nước cất và đo độ hấp thụ ở bước sóng 540 nm. Chỉ số DE được xác định theo công thức:

$$DE = \frac{\%\ Reducing\ power}{\%\ \left(\frac{w}{w}\right) maltodextrin\ khô}$$

Trong đó hàm lượng đường khử (% Reducing power) được xác định thông qua phương trình đường chuẩn maltose. (Phụ lục 1)

### 3.3.7. Ảnh hưởng của thời gian xử lý Argon-plasma lên sự thay đổi về độ nhớt nội tại (Intrinsic Viscosity) của maltodextrin.

Mục đích thực hiện khảo sát nhằm xem xét sự thay đổi intrinsic viscosity (IV) của maltodextrin trước và sau xử lý cũng như ảnh hưởng của thời gian xử lý plasma đến độ nhớt của maltodextrin. Từ đó xác định và xem xét ảnh hưởng của thời gian xử lý plasma đến khối lượng phân tử trung bình của maltodextrin.

Thí nghiệm thực hiện dựa trên phương pháp đo độ nhớt nội tại maltodextrin của Dokic (2004). Để xác định độ nhớt của dung dịch có nồng độ 20 x $10^{-2}$ g/$cm^3$ (20% w/v), ta tiến hành đo bằng nhớt kế mao dẫn Ostwald có $\emptyset = 0{,}5\ mm$ (SI Analytic, Đức) với một dãy nồng độ dung dịch pha loãng với nước cất là 5%, 10%, 15%, 20% được ổn nhiệt trong bể điều nhiệt tại nhiệt độ là 30$^o$C với thời gian chảy của nước cất là 19,17s.

Tỷ trọng của dung dịch mẫu được xác định bằng phương pháp cân khối lượng và tính toán bằng công thức:

$$\rho = \frac{m}{V}\ (\frac{g}{ml})$$

Độ nhớt nội tại được xác định theo công thức: (Harding, 1997)

$$\eta_{rel} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t}{t_0} \times \frac{\rho}{\rho_0}$$

Với $\eta_{rel}$ : relative viscosity

$\eta$: độ nhớt của mẫu.

$\eta_0$: độ nhớt của nước.

$t$: thời gian chảy của dung dịch mẫu trong nhớt kế (s).

$t_0$: thời gian chảy của nước trong nhớt kế (s).

$\rho$: tỷ trọng của dung dịch mẫu ở 30°C

$\rho_0$: tỷ trọng của nước ở 30°C

$$\eta_{red} = \frac{\eta_{rel} - 1}{c}$$

Với $\eta_{red}$: reduced viscosity

$c$ là nồng độ của mẫu (từ 5 – 20%)

$$[\eta] = \lim_{c \to 0} \eta_{red}$$

Với $[\eta]$: intrinsic viscosity

Từ intrinsic viscosity ta có thể xác định khối lượng phân tử (M) của maltodextrin thông qua công thức của Staudinger-Mark-Houwink thể hiện mối quan hệ intrinsic viscosity – khối lượng phân tử :

$$[\eta] = KM^a$$

Với hệ số K và a được gọi là hệ số Mark-Houwink là hằng số được xác định bằng thực nghiệm với hệ số nằm trong khoảng 0.5 < a < 1.

Theo Dokic và cộng sự (2004), thì mối quan hệ giữa hàm lượng đường khử (DE) và mức độ polymer hóa (DP), intrinsic viscosity được thể hiện qua các công thức sau:

$$[\eta] = K(\frac{1800}{DE} + 18)^a$$

$$DP = \frac{111.11}{\mathrm{DE}}$$

Trong đó : $[\eta]$ : là intrinsic viscosity

DE : là hàm lượng đường khử

DP : là mức độ polymer hóa

Với hệ số K và a được gọi là hệ số Mark-Houwink là hằng số được xác định bằng thực nghiệm với hệ số nằm trong khoảng 0.5 < a < 1. Với DE = 10–20 thì K= 3.56. $10^{-3}$ và a = 1

### 3.3.8. Xử lý thống kê

Tất cả các số liệu đều được lặp lại 3 lần và kết quả trung bình cũng như độ lệch chuẩn được thể hiện trong phần kết quả sau xử lý. Phân tích phương sai ANOVA và sự khác biệt của các giá trị trung bình đã được xác đinh bằng kiểm định Ducan test ($p < 0.05$) thông qua phần mềm SPSS (version 20, SPSS, Chicago, IL, USA).

# CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

## 4.1. ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN XỬ LÝ ARGON-PLASMA LÊN SỰ THAY ĐỔI VỀ CẤU TRÚC CỦA MALTODEXTRIN

Phổ FTIR được sử dụng như một công cụ để định lượng và mô tả sự thay đổi trong cấu trúc của maltodextrin. Kết quả phổ cho thấy hình dạng phổ FTIR của các mẫu trước và sau xử lý plasma không khác biệt nhau, không có đỉnh mới xuất hiện hay mất đi ở tất cả mẫu trước và sau xử lý plasma. Tuy nhiên, ở các mẫu khác nhau cường độ hấp thu của các đỉnh thay đổi đáng kể. Điều này chứng tỏ các mẫu sau khi xử lí plasma đều không xuất hiện các hợp chất mới, cũng như làm mất đi các tính chất đặc trưng của maltodextrin.

Trong đồ thị phổ FTIR vùng 4000-400 $cm^{-1}$ có thể được chia làm 4 phần, vùng liên kết kéo dãn X-H (4000-2500 $cm^{-1}$), vùng liên kết 3 (2500-2000 $cm^{-1}$), vùng liên kết đôi (2000-1500 $cm^{-1}$) và vùng đặc trưng của tinh bột (1500-600 $cm^{-1}$). Dao động cơ bản trong vùng 4000-2500 $cm^{-1}$ là dao động kéo dãn OH, C-H và N-H. Liên kết O-H tạo ra một vùng phổ rộng trong vùng 3700-3600 $cm^{-1}$. Liên kết N-H thường có trong vùng 3400-3300 $cm^{-1}$. Sự hấp thu này nhìn chung mạnh hơn so với liên kết O-H và do đó có thể phân biệt được. Liên kết C-H của hợp chất béo nằm trong vùng 3000-2850 $cm^{-1}$. Nếu liên kết CH liền kề với liên kết đôi hay vòng thơm thì số sóng của liên kết C-H sẽ tăng lên và vùng hấp thu sẽ là 3100-3000 $cm^{-1}$. Vùng phổ 2000-1500 $cm^{-1}$ do liên kết C=C và C=O tạo thành. Liên kết carbonyl dễ nhận biết nhất trong phổ hồng ngoại do cường độ hấp thu cao của nó và tùy vào kiểu liên kết C=O, xảy ra trong vùng 1830-1650 $cm^{-1}$. Liên kết C=C yếu hơn và xảy ra trong khoảng 1650 $cm^{-1}$ (Ramazan Kizil et al., 2002).

Theo đồ thị FTIR thu được, trong vùng 1500-800 $cm^{-1}$ có sự chồng chéo phổ phức tạp trong đó chiếm ưu thế là sự dao động của khung pyranose trong phân tử glucose của maltodextrin. Đỉnh 927 $cm^{-1}$ là do sự giao động của liên kết α-1,4 glycosidic. Đỉnh này trong nghiên cứu của Deeyai và cộng sự (2012) là 924 $cm^{-1}$ và 930 $cm^{-1}$ trong nghiên cứu của Ramazan và cộng sự (2002). Nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi vị trí này là do có mặt liên kết α-1,6 glycosidic trong phân tử amylopectin, làm dịch chuyển đỉnh về bước sóng cao hơn. (Kizil và cộng sự., 2002). Dao động của C-O-H tại đỉnh 1020 $cm^{-1}$. Đỉnh này trong nghiên

cứu của Kizil và cộng sự (2002) là 1094 $cm^{-1}$ và trong nghiên cứu của Deeyai và cộng sự (2012) là tại 993 $cm^{-1}$. Đỉnh 1080 $cm^{-1}$ là dao động của hai liên kết kéo dãn C-O và C-C. Vùng phổ hấp thụ FTIR ở 1238 $cm^{-1}$ là của liên kết $CH_2OH$ cũng như liên quan đến sự biến dạng của liên kết C-O-H. Đỉnh 1155 $cm^{-1}$ là do sự dao động của liên kết glycosidic C-O-C biến dạng bất đối xứng. Vùng phổ 1500-1300 là của dao dộng bẻ cong và biến dạng liên quan đến các nguyên tử hydro và carbon (Deeyai và cộng sự, 2012). Phân tử nước hấp thu trong vùng vô định hình có thể được nhận biết thông qua phổ 1643 $cm^{-1}$ ( Deeyai và cộng sự, 2010). Trong nghiên cứu của chúng tôi, đỉnh này hơi lệch về phía bên phải tương ứng là 1645 $cm^{-1}$. Vùng 3300-3400 $cm^{-1}$ là giao động kéo căng của nhóm OH, trong nghiên cứu của Paurlino và cộng sự (2011), dao động của nhóm OH nằm trong vùng 3400-3475 $cm^{-1}$ . Đỉnh 2927 $cm^{-1}$ là do sự dao động của nhóm CH, đỉnh này trong nghiên cứu của Paurlino và cộng sự (2011) là 2925 $cm^{-1}$. Đối chiếu với các kết quả về phổ với các nghiên cứu trước đó đều cho thấy có sự phù hợp trong phân tích phổ FTIR.

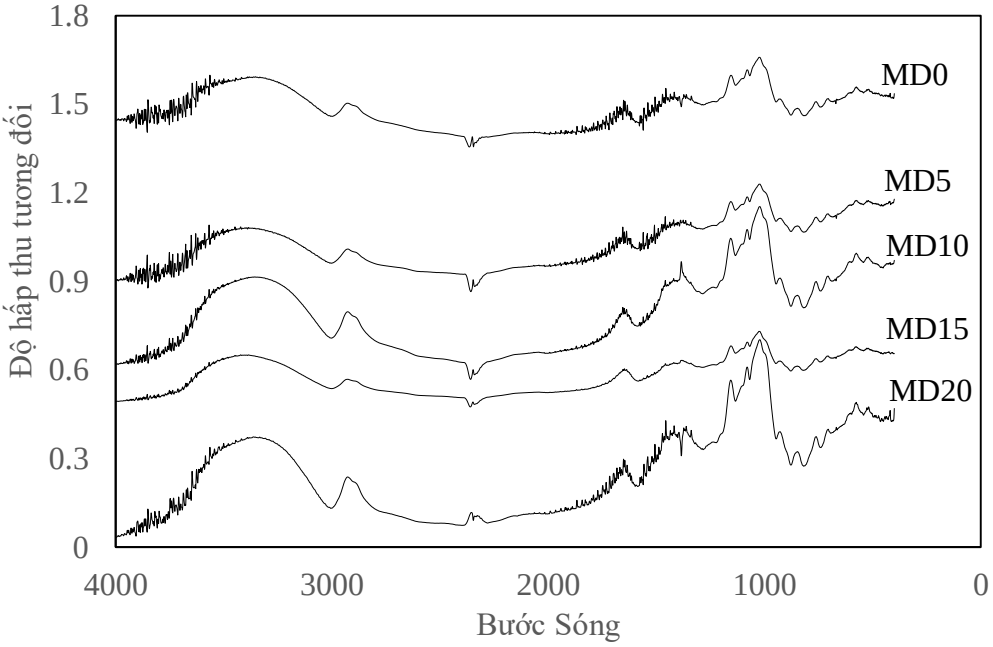
Phân tử nước được giữ lại trong cấu trúc của maltodextrin nhờ liên kết chặt và liên kết yếu với phân tử nước tại hai đỉnh lần lượt là 1647 $cm^{-1}$ và 3363 $cm^{-1}$. Kết quả thu được từ đồ thị FTIR nhìn chung cho thấy: Các mẫu maltodextrin với thời gian xử lý plasma 5, 10, 15 phút (MD5, MD10, MD15) có cường độ hấp thu của nhóm OH giảm so với mẫu matodextrin không xử lý (MD0). Còn đối với mẫu maltodextrin xử lý plasma 20 phút (MD20) cường độ hấp thu của nhóm OH tăng so với mẫu MD0. Điều này có thể được giải thích như sau: Các phản ứng chính có thể xảy ra trong quá trình xử lý plasma là phản ứng tạo thành liên kết chéo và phản ứng depolymer hóa (Wongsagonsup và cộng sự, 2013). Phản ứng depolymer hóa làm tăng cường độ hấp thu của nhóm OH của mẫu xử lý plasma so với mẫu không xử lý (Wongsagonsup và cộng sự, 2013), do phản ứng depolymer hóa bẻ gãy mạch tinh bột tạo thành các phân tử nước tự do. Phân tử nước được tạo thành không thể được hấp thu trong cấu trúc xoắn của tinh bột bởi vì nó có tính chất kị nước, các phân tử nước tự do có thể hấp thu trong vùng vô định hình dẫn đến cường độ hấp thu của nhóm OH tăng sau khi xử lý plasma (Deeyai và cộng sự, 2012). Theo nghiên cứu của Cheng-yii Lii và cộng sự, phản ứng depolymer hóa phụ thuộc rõ ràng vào thời gian xử lý plasma. Thời gian xử lý càng dài mức độ depolymer hóa càng cao (Cheng-yii Lii và cộng sự, 2003). Mẫu MD5, MD10, MD15 có thời gian xử lý ngắn, các phân tử nước được tạo thành ít, dưới tác dụng của nhiệt độ trong quá trình xử lý plasma nước được tạo thành bị bay hơi mất dẫn đến cường độ hấp thu của nhóm OH giảm so với mẫu MD0. Mẫu MD20 có cường độ hấp thu của nhóm OH tăng so

với mẫu MD0 là do thời gian xử lý dài các phân tử nước tạo thành nhiều hơn lượng nước bị mất đi do tác dụng của nhiệt độ trong quá trình xử lý plasma dẫn đễn cường độ đỉnh của nhóm OH tăng so với mẫu không xử lý plasma.

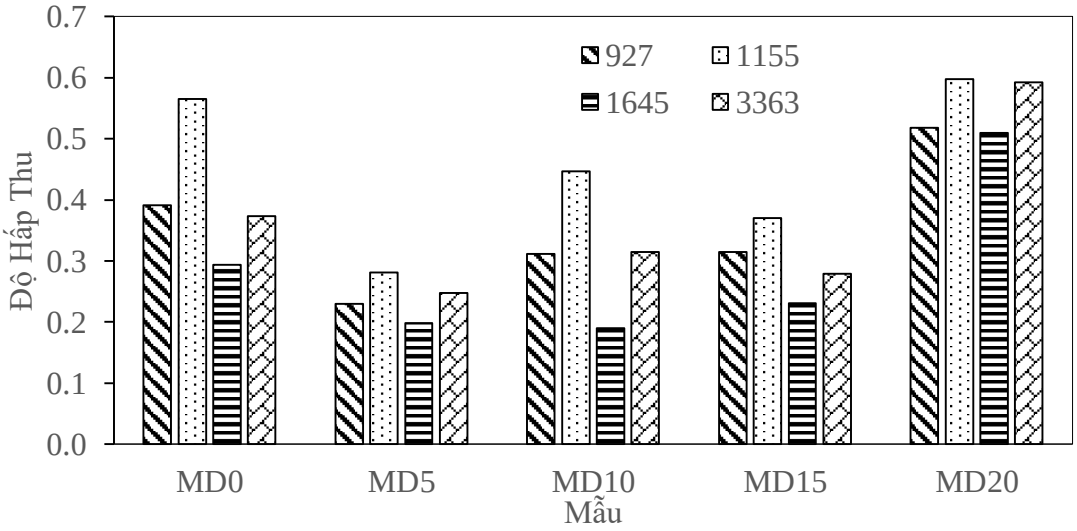
Phân tích cấu trúc của maltodextrin bằng phổ FTIR cho biết đỉnh 1155 $cm^{-1}$ là do sự dao động của liên kết glycosidic C-O-C biến dạng bất đối xứng và đỉnh 927 $cm^{-1}$ là do sự giao động của liên kết α-1,4 glycosidic. Dựa vào bảng 4.2 ta thấy: mẫu MD5, MD10, MD15 có cường độ hấp thu của nhóm C-O-C giảm so với mẫu MD0, điều này hoàn toàn phù hợp với kết quả nghiên cứu của Wongsagonsup và cộng sự. Theo Wongsagonsup và cộng sự, cường độ hấp thu của nhóm C-O-C giảm sau khi xử lý plasma là do phản ứng depolymer hóa xảy ra trong quá trình xử lý làm bẻ gãy liên kết C-O-C của phân tử tinh bột (Wongsagonsup và cộng sự, 2013). Mẫu MD20 có cường độ hấp thu của nhóm C-O-C tăng so với mẫu MD0. Điều này có thể giải thích như sau: Quá trình xử lý plasma trên mẫu bột maltodextrin ở 110V, 1A trong vòng 20 phút xảy ra hai phản ứng: phản ứng tạo thành liên kết chéo và phản ứng depolymer hóa. Phản ứng depolymer hóa làm bẻ gãy mạch maltodextrin tạo thành các dextrin có kích thước phân tử nhỏ hơn, glucose và nước...Giữa hai phân tử glucose của maltodextrin có thể hình thành liên kết chéo tạo ra một liên kết glycosidic (C-O-C) mới, và một phân tử nước làm tăng cường độ hấp thu của nhóm C-O-C so với mẫu không xử lý plasma.

Như vậy, việc phân tích giản đồ FTIR và xem xét cường độ hấp thu của 2 nhóm OH và C-O-C cho thấy rằng thời gian xử lý plasma khác nhau có thể ảnh hưởng đến phản ứng depolymer hóa maltodextrin: thời gian xử lý càng dài thì mức độ depolymer hóa càng cao. Kết quả thu được hoàn toàn phù hợp với những nghiên cứu trước đây. Tuy nhiên, kết quả trên chỉ dừng ở mức quan sát những thay đổi từ đồ thị (hình 4.1 và cường độ các đỉnh được ghi ở bảng 4.2. Chúng tôi nhận thấy cần những nghiên cứu chi tiết hơn để làm sáng tỏ vấn đề trên.

Tinh bột có cấu trúc bán tinh thể bao gồm vùng tinh thể và vùng vô định hình, trong đó α-helix là cấu trúc xoắn kép. Tỉ lệ giữa độ hấp thu của đỉnh 1047 (α-helix) và 1022 (vô định hình) biểu thị sự biến đổi mức độ tinh thể (P. Deeyai et al., 2013). Kết quả về tỉ lệ α-helix/vô định hình của tât cả các mẫu được thể hiện trong bảng 4.3. Tất cả các mẫu sau xử lý Plama đều có tỉ lệ α-helix/vô định hình tăng lên. Tuy nhiên, sự khác biệt giữa các tỉ lệ này giữa trước và sau xử lý rất nhỏ xét về mặt cấu trúc và ít có ý nghĩa về mặt thống kê.




**Hình 4.1.** *Phổ FTIR của các mẫu : maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20).*




**Hình 4.2.** *Cường độ hấp thu tại các đỉnh của các mẫu: maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20).*

**Bảng 4.1.** *Đỉnh hấp thu của các nhóm chủ yếu của Maltodextrin*

| Stt | Bước sóng ($cm^{-1}$) | Nhóm | Tài liệu trích dẫn |
|---|---|---|---|
| 1 | 3363 | Dao động kéo căng OH | 3475 (Paulino, 2011)<br>3272 (Deeyai, 2012) |
| 2 | 2927 | Dao động biến dạng $CH_2$ | 2926 (Paulino, 2011)<br>2885 (Deeyai, 2012) |
| 3 | 1645 | Hấp thu nước vào vùng vô định hình | 1704 (Paulino, 2011)<br>1630 (Deeyai, 2012) |
| 4 | 1238 | $CH_2OH$ | 1240 (Deeyai, 2012) |
| 5 | 1155 | Liên kết glycosidic C-O-C biến dạng bất đối xứng | 1149(Deeyai, 2012) |
| 6 | 1080 | C-O, C-C, O-H | 1078 (Deeyai, 2012) |
| 7 | 1020 | C-O-H | 1646 (Paulino, 2011)<br>1094 (Kizil, 2002).<br>993 (Deeyai, 2012) |
| 8 | 927 | C-O-C ( giao động của liên kết α-1,4 glycosidic) | 930 (Kizil, 2002).<br>924 (Deeyai,2012) |

**Bảng 4.2.**: *Cường độ hấp thu tại các đỉnh của các mẫu maltodextrin không xử lý và xử lý plasma*

| Mẫu | Bước sóng ($cm^{-1}$) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 927 | 1020 | 1155 | 1238 | 1645 | 3363 |
| MD0 | 0.391 | 0.702 | 0.566 | 0.356 | 0.294 | 0.373 |
| MD5 | 0.23 | 0.329 | 0.281 | 0.217 | 0.198 | 0.247 |
| MD10 | 0.312 | 0.554 | 0.446 | 0.281 | 0.19 | 0.315 |
| MD15 | 0.314 | 0.43 | 0.371 | 0.29 | 0.23 | 0.279 |
| MD20 | 0.518 | 0.658 | 0.598 | 0.509 | 0.51 | 0.593 |

**Bảng 4.3**. *Bảng tỉ lệ α-helix/vô định hình của các mẫu maltodextrin không xử lý plasma (MD0), xử lý 5 phút (MD5), mẫu xử lý 10 phút (MD10), xử lý 15 phút (MD15), xử lý 20 phút (MD20).*

| Mẫu | Tỉ lệ α-helix/vô định hình |
|---|---|
| MD0 | $0.925 \pm 0.001^{d}$ |
| MD5 | $0.937 \pm 0.001^{c}$ |
| MD10 | $0.920 \pm 0.001^{e}$ |
| MD15 | $0.943 \pm 0.001^{b}$ |
| MD20 | $0.961 \pm 0.001^{a}$ |

*Các giá trị trong bảng biểu thị giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (n=3). Các giá trị có ký hiệu khác nhau biểu thị sự khác biệt có nghĩa về mặt thống kê (p<0,05).*

## 4.2. ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN XỬ LÝ ARGON-PLASMA LÊN SỰ THAY ĐỔI VỀ HÀM LƯỢNG ACID TỰ DO (FA) CỦA MALTODEXTRIN.

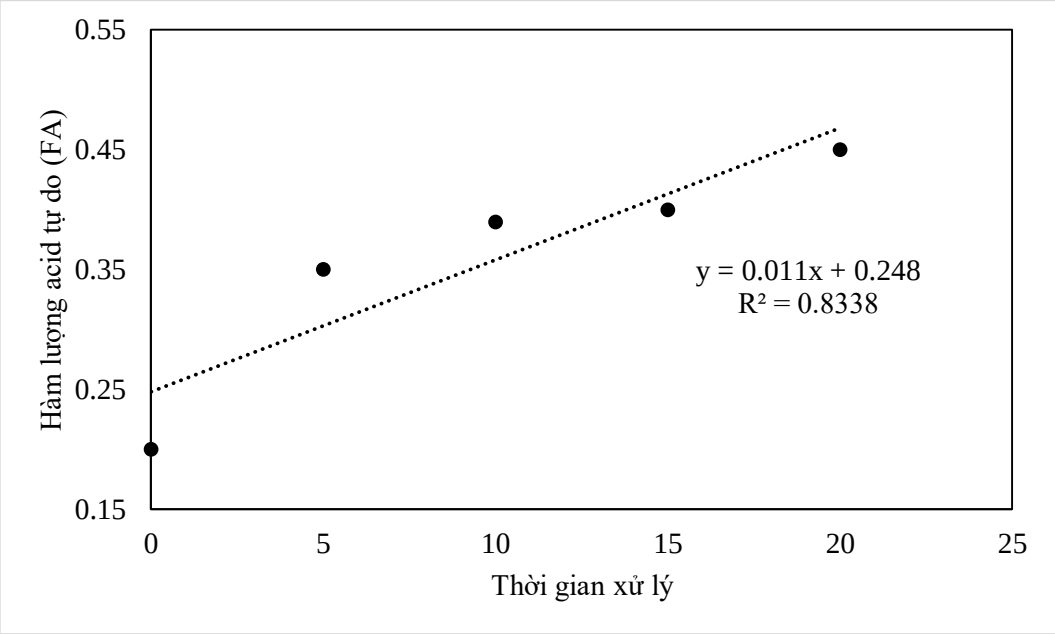
Hàm lượng acid tự do (FA) chỉ ra tính acid của mẫu maltodextrin, thể hiện ứng dụng của maltodextrin trong sản xuất công nghiệp. Theo như những nghiên cứu về xử lý plasma trên tinh bột trước đây thì việc xử lý plasma có thể làm thay đổi pH hay hàm lượng acid tự do của tinh bột (Cheng-yii Lii và cộng sự, 2003)

Kết quả từ bảng 4.3 và hình 4.3 cho ta thấy mối tương quan giữa FA và thời gian xử lý Argon-plasma, các mẫu maltodextrin sau khi xử lý có hàm lượng acid tự do (FA) tăng tuyến tính theo phương trình $y = 0.011x + 0.248$, $R^2 = 0.8338$. Mẫu maltodextrin xử lý plasma 20 phút (MD20) có hàm lượng acid tự do cao nhất, gấp 2,2 lần so với mẫu không xử lý. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu của Cheng-yii Lii và cộng sự trên tinh bột trước đó. Việc tăng hàm lượng acid tự do (FA) trong mẫu maltodextrin có liên quan trực tiếp đến các gốc có tính acid như carboxyl, carbonyl hoặc peroxide (Nemţanu và cộng sự, 2010). Phản ứng depolymer hóa xảy ra trong quá trình xử lý plasma, sự bẻ gãy mạch maltodextrin tạo ra các các gốc –COOH, các gốc tự do như carbonyl (aldehyde và ketone), peroxide và các sản phẩm phân hủy polysaccharide khác làm tăng hàm lượng acid tự do trong mẫu. Hàm lượng acid tự do và phản ứng depolymer hóa của tinh bột phụ thuộc vào thời gian xử lý plasma (Cheng-yii Lii và cộng sự, 2003). Thời gian xử lý càng dài mức độ depolymer hóa càng cao, hàm lượng acid tự do càng tăng.

**Bảng 4.4.** *Hàm lượng acid tự do của các mẫu*

| Mẫu | FA |
|---|---|
| MD0 | 0.20±0.00[d] |
| MD5 | 0.35±0.00[c] |
| MD10 | 0.40±0.00[b] |
| MD15 | 0.40±0.00[b] |
| MD20 | 0.45±0.00[a] |

*Các giá trị trong bảng biểu thị giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (n=3). Các giá trị có ký hiệu khác nhau biểu thị sự khác biệt có nghĩa về mặt thống kê (p<0,05).*




**Hình 4.3**. *Hàm lượng acid tự do của các mẫu: maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20).*

## 4.3. ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN XỬ LÝ ARGON-PLASMA LÊN SỰ THAY ĐỔI VỀ MÀU SẮC CỦA MALTODEXTRIN.

Màu sắc là một đặc tính cơ bản, hay nói cách khác màu sắc là một trong những yếu tố quan trọng trong việc đánh giá chất lượng của nguyên liệu, sản phẩm hay sự chấp nhận của người tiêu dung đối với sản phẩm. Hơn nữa, sự thay đổi màu sắc còn thể hiện sự thay đổi về thành phần, cấu trúc của nguyên liệu, sản phẩm.

Sự thay đổi màu sắc của mẫu trước và sau khi xử lý plasma được thể hiện ở bảng 4.4. Theo đó, giá trị a* (xanh lá) hầu như không thay đổi giữa các mẫu maltodextrin. Giá trị b* (vàng) giữa các mẫu maltodextrin có xử lý plasma (MD5, MD10, MD15, MD20) thay đổi không đáng kể. Nhưng so với mẫu không xử lý (MD0) thì các mẫu có xử lý plasma có giá trị b* cao hơn. Kết quả này hoàn toàn trùng khớp với nghiên cứu của Kang và cộng sự trước đó. Theo Kang và cộng sự, sự thay đổi giá trị b* hay nói cách khác là sự thay đổi độ vàng là do phản ứng caramen hóa các monosaccharide thu được từ quá trình phân cắt maltodextrin bằng plasma. Trong quá trình xử lý plasma, maltodextrin bị bẻ gãy tạo thành các phân tử có kích thước nhỏ hơn như acid, dextrin, đường, và các gốc tự do. Dưới tác dụng của nhiệt độ, các phân tử đường bị caramen hóa làm thay đổi màu sắc của mẫu maltodextrin. Ngoài ra, sự thay đổi giá trị L* (trắng) là do ảnh hưởng của sự thay đổi của độ vàng. (Kang và cộng sự, 1999).

**Bảng 4.5**. *Màu sắc của các mẫu maltodextrin không xử lý và xử lý plasma.*

| Mẫu | L* | a* | b* | Độ trắng |
|---|---|---|---|---|
| MD0 | 98.45± 0.010[a] | -2.04± 0.001[a] | 2.48± 0.000[c] | 96.434± 0.004[a] |
| MD5 | 93.67± 0.020[b] | -2.16± 0.000[d] | 3.49± 0.000[b] | 92.456± 0.017[b] |
| MD10 | 93.06± 0.000[d] | -2.19± 0.001[e] | 3.60± 0.010[a] | 91.876± 0.004[e] |
| MD15 | 93.49± 0.010[c] | -2.15± 0.000[c] | 3.26± 0.010[d] | 92.409± 0.009[c] |
| MD20 | 93.07± 0.000[d] | -2.14± 0.002[b] | 3.24± 0.020[e] | 92.056± 0.008[d] |

*L*, a*, b* : kết quả từ thiết bị đo màu Minolta-CR400-Nhật Bản*

*Các giá trị trong bảng biểu thị giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (n=3). Các giá trị có ký hiệu khác nhau biểu thị sự khác biệt có nghĩa về mặt thống kê (p<0,05).*

## 4.4. ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN XỬ LÝ ARGON - PLASMA LÊN SỰ THAY ĐỔI VỀ KHẢ NĂNG BẮT MÀU VỚI DUNG DỊCH IODINE CỦA MALTODEXTRIN.

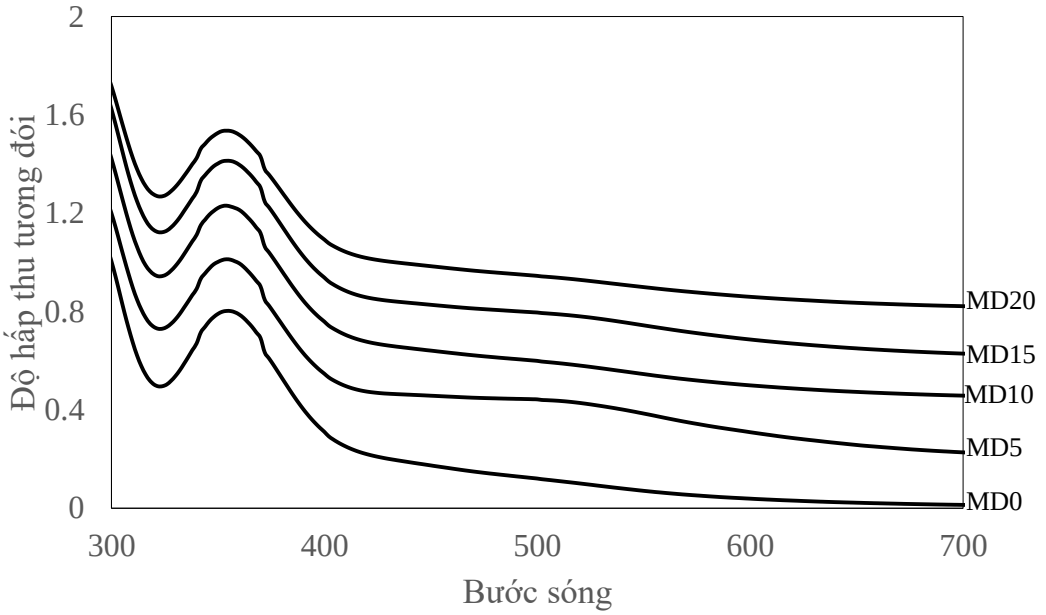
Khi tương tác với iodine amylose sẽ cho phức màu xanh đặc trưng. Vì vậy, iodine có thể coi là thuốc thử đặc trưng để xác định hàm lượng amylose trong tinh bột bằng phương pháp trắc quang. Iodine tinh khiết không cho màu xanh khi thêm tinh bột hay amylose mà chỉ xảy ra khi Iodine được pha trong KI hoặc HI. Để phản ứng được với iodine, các phân tử amylose phải có dạng xoắn ốc để hình thành đường xoắn ốc đơn của amylose bao quanh phân tử iodine. Với amylopectin khi xảy ra phản ứng tương tác với iodine, amylopectin cho màu tím đỏ. Về bản chất phản ứng màu với iodine của amylopectin xảy ra do sự hình thành nên hợp chất hấp phụ.

Theo nghiên cứu của Kenendy và cộng sự (1986) đã báo cáo độ hấp thu đặc trưng của amylose được nhìn thấy trong khoảng 600 – 650 nm trong khi đó thì amylopectin được nhìn thấy trong khoảng 520 – 560 nm và 270 – 360 nm. Cũng trong nghiên cứu này đã xác định trong vùng hấp thu đặc trưng thì độ hấp thu đạt cực đại của amylose là tại bước sóng 610 nm và amylopectin là 350 nm.

Khác với tinh bột, maltodextrin có số đơn vị glucose không nhiều (5 – 10 đơn vị glucose) do đó khả năng tạo phức triiodine của maltodextrin và dung dịch iodine là không cao vì phân tử maltodextrin phải có ít nhất 6 đơn vị glucose mới có thể tạo ra một vòng xoắn ốc hoàn hảo để bao bọc phân tử iodine. Trong quá trình tiến hành thí nghiệm, chúng tôi nhận thấy khi cho iodine tác dụng với maltodextrin thì không tạo ra phức màu xanh đặc trưng như với tinh bột mà dung dịch có màu nằm trong khoảng từ vàng – nâu.

Theo kết quả thu được từ hình 4.4 và bảng 4.5 cho thấy tại bước sóng 350 cường độ hấp thu của các mẫu maltodextrin hầu như không thay đổi. Tuy nhiên, tại bước sóng 610 thì cường độ hấp thu phức maltodextrin – iodine của các mẫu maltodextrin giảm khi tăng thời gian xử lý plasma. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu của Cheng-yi Lii và cộng sự (2001), theo Cheng-yi Lii và cộng sự thì xử lý plasma làm giảm khả năng tạo phức triiodine của maltodextrin và dung dịch iodine. Điều này có thể giải thích là do: maltodextrin là sản phẩm thủy phân từ tinh bột, trong cấu tạo của nó chủ yếu là amylose, thành phần amylopectin chiếm rất ít. Quá trình xử lý argon-plasma xảy ra phản ứng depolymer hóa bẻ

gãy mạch maltodextrin làm giảm số đơn vị gluocose của phân tử maltodextrin, phân tử maltodextrin không thể tạo ra một vòng xoắn ốc để bao bọc phân tử iodine dẫn đến khả năng tạo phức triiodine của maltodextrin và dung dịch iodine giảm.




**Hình 4.4.** *Cường độ hấp thu phức maltodextrin – iodine của maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20).*

**Bảng 4.6.** *Cường độ hấp thu của phức maltodextrin – iodine của các mẫu maltodextrin*

| Mẫu | Bước sóng (nm) | |
|---|---|---|
| | 350 | 610 |
| MD0 | 0.791 | 0.035 |
| MD5 | 0.802 | 0.097 |
| MD10 | 0.820 | 0.092 |
| MD15 | 0.800 | 0.076 |
| MD20 | 0.725 | 0.052 |

## 4.5. ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN XỬ LÝ ARGON-PLASMA LÊN SỰ THAY ĐỔI VỀ HÀM LƯỢNG ĐƯỜNG KHỬ (DE) CỦA MALTODEXTRIN.

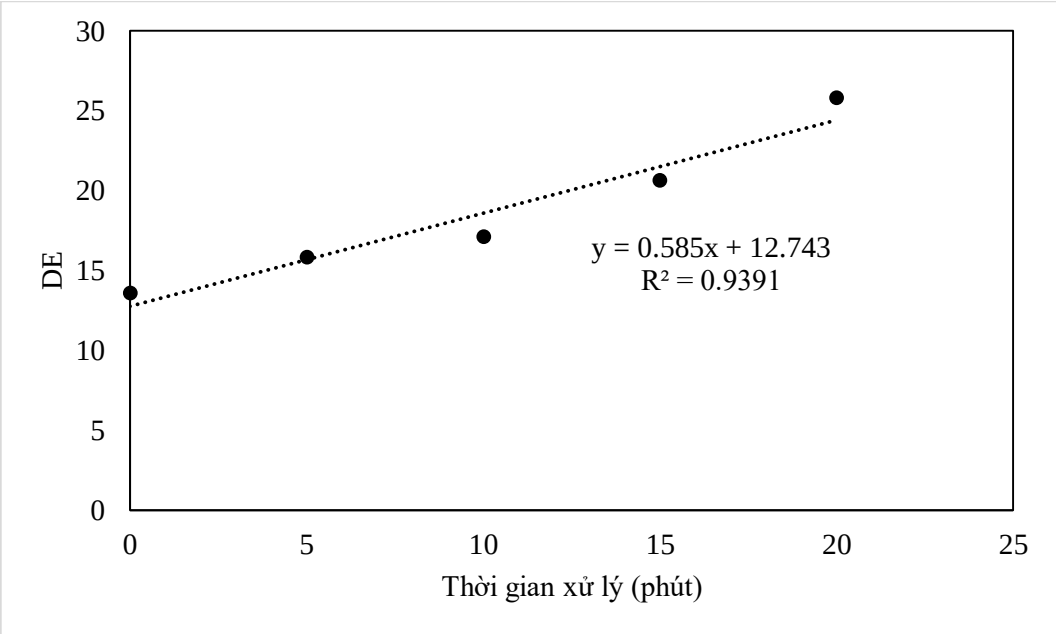
DE là một chỉ số quan trọng của maltodextrin vì khi chỉ số DE thay đổi sẽ dẫn đến các đặc điểm chức năng của maltodextrin cũng sẽ thay đổi. Chỉ số DE được xem là thước đo hàm lượng đường khử có trong mẫu đường mà ở đây là maltodextrin. Thuốc thử DNS (3,5 – dinitrosalicylic acid ) trong môi trường kiềm sẽ phản ứng với gốc khử của đường và bị khử hóa thành 3 – amino – 5 dinitrosalicylic có màu đỏ cam. Hàm lượng đường khử trong mẫu càng nhiều thì màu sau phản ứng sẽ càng đậm, điều này thu được khi đo độ hấp thu ở bước sóng 540 nm.

Kết quả từ bảng 4.6 và hình 4.5 cho ta thấy mối tương quan giữa DE và thời gian xử lý Argon-plasma, các mẫu maltodextrin sau khi xử lý có DE tăng tuyến tính theo phương trình $y=0.585x + 12.743$, $R^2 = 0.9391$. Trong đó, mẫu maltodextrin xử lý plasma 20 phút (MD20) DE cao nhất gấp 1,9 lần so với mẫu không xử lý, bên cạnh đó sự cách biệt về chỉ số DE giữa các mẫu là tương đối lớn. Chỉ số DE càng cao cho thấy hàm lượng monosacchride trong mẫu càng nhiều và mạch polymer càng ngắn. Từ điều này chúng tôi có thể giải thích nguyên nhân chỉ số DE tăng khi tăng thời gian xử lý là do phản ứng depolymer hóa xảy ra trong quá trình xử lý plasma, sự bẻ gãy mạch maltodextrin làm mạch polymer trở nên ngắn đi cũng như tạo ra các monosacchride như glucose, fructose, maltose, …. làm tăng hàm lượng gốc khử dẫn đến chỉ số DE của maltodextrin tăng lên. Thời gian xử lý càng dài mức độ depolymer hóa càng cao dẫn đến chỉ số DE càng cao.

**Bảng 4.7**. *Đương lượng dextrose (DE) của các mẫu maltodextrin không xử lý và xử lý plasma*

| Mẫu | DE |
|---|---|
| MD0 | 13.581 ± 0.785[a] |
| MD5 | 15.831 ± 0.325[b] |
| MD10 | 17.115 ± 0.642[c] |
| MD15 | 20.634 ± 0.211[d] |
| MD20 | 25.804 ± 0.001[e] |

*Các giá trị trong bảng biểu thị giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (n=3). Các giá trị có ký hiệu khác nhau biểu thị sự khác biệt có nghĩa về mặt thống kê (α=0,05).*




**Hình 4.5**: *Đương lượng dextrose (DE) của các mẫu: maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20).*

## 4.6. INTRINSIC VISCOSITY

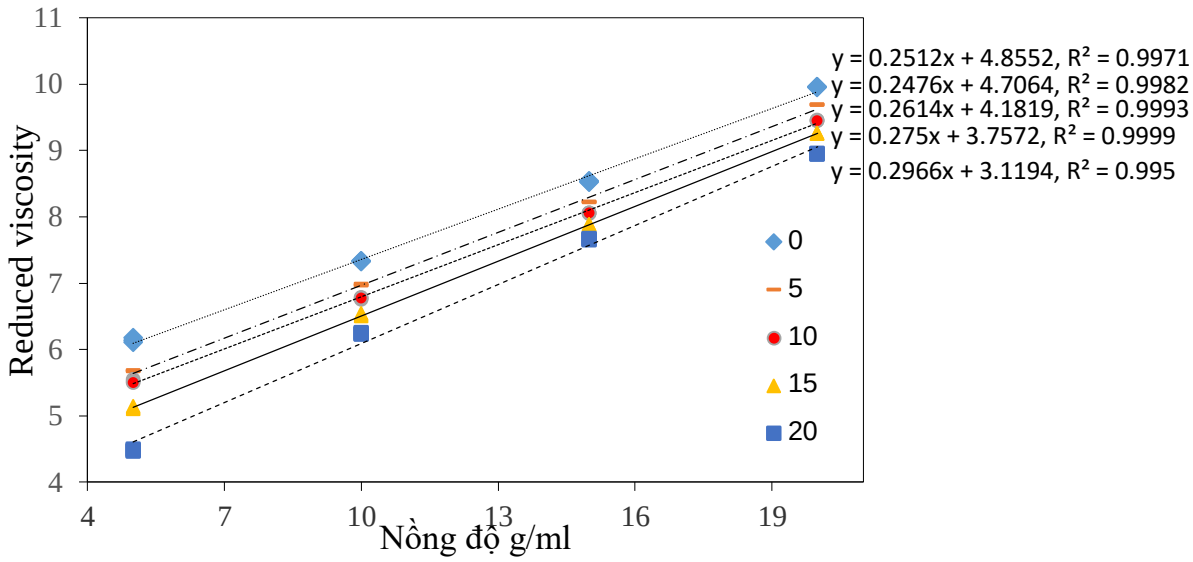
Quan sát hình 4.7, ta thấy reduced viscosity ($\eta_{red}$) của các mẫu maltodextrin tăng theo đường tuyến tính khi tăng nồng độ dung dịch từ 5% đến 20%. Độ nhớt của dung dịch maltodextrin phụ thuộc vào sự tương tác giữa maltodextrin và dung môi mà ở đây là nước. Các đặc tính bên trong của maltodextrin (kích thước, thể tích, cấu trúc), nồng độ maltodextrin, pH, nhiệt độ đều làm cho tương tác của các phân tử maltodextrin với nước thay đổi, do đó làm độ nhớt thay đổi theo.

Đặc tính ma sát của dung dịch maltodextrin chịu ảnh hưởng bởi tính chất phân tử của nó và được thể hiện thông qua giá trị intrinsic viscosity [$\eta$]. Kết quả thu được từ bảng 4.8 cho thấy: độ nhớt của các mẫu maltodextrin xử lý plasma (MD5, MD10, MD15, MD20) giảm so với mẫu không xử lý (MD0). Độ nhớt của maltodetrin giảm dần theo thời gian xử lý, thời gian xử lý càng dài độ nhớt giảm càng nhiều, trong đo mẫu MD20 là giảm nhiều nhất. Kết quả trên hoàn toàn tương tự với nghiên cứu của (Cheng-yii Lii và cộng sự, 2003) trên tinh bột trước đây. Theo Sokhey và Chinnaswamy (1993) sự giảm độ nhớt xảy ra là do sự thay đổi về cấu trúc, cấu hình và trọng lượng phân tử của maltodextrin. Khi xử lý plasma có thể xảy ra phản ứng depolymer hóa làm bẻ gãy mạch maltodextrin tạo ra các chuỗi polysaccharide mạch ngắn hơn dẫn đến độ nhớt giảm (Deschreider, 1960).

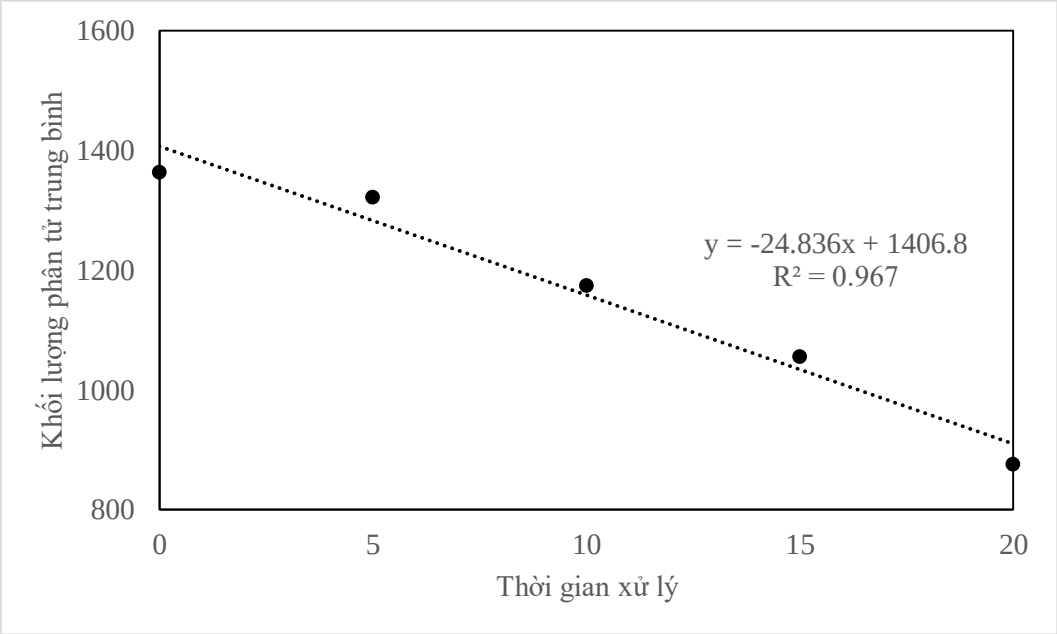
Khối lượng phân tử trung bình (M) là một đặc tính của polysaccharide, nó ảnh hưởng đến hầu hết các tính chất hóa lý của maltodextrin. Dựa vào mối quan hệ giữa intrinsic viscosity và khối lượng phân tử trung bình của maltodextrin được thể hiện qua công thức Staudinger-Mark-Houwink có thể tính được khối lượng phân tử trung bình của maltodextrin thông qua intrinsic viscosity. Kết quả này được thể hiện ở bảng 4.8 và hình 4.8, có thể thấy rằng khối lượng phân tử trung bình của maltodextrin giảm khi tăng thời gian xử lý plasma. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu của Cheng-yii Lii và cộng sự (2003) khi xử lý plasma trên tinh tột. Theo Nemţanu và cộng sự (2010), việc giảm khối lượng phân tử trung bình là do chuỗi polysaccharide bị bẻ gãy tạo ra các phân tử có kích thước nhỏ hơn.

Mức độ polymer hóa được định nghĩa là số lượng đơn vị monometric trong một đại phân tử hoặc một phân tử polymer/oligomer. Từ kết quả bảng 4.8 và hình 4.9, chúng tôi nhận thấy mức độ polymer hóa của maltodextrin giảm dần khi tăng thời gian xử lý plasma theo một đường thẳng tuyến tính có phương trình y = -0.7589x + 9.2447 ($R^2$=0.967). Xu hướng

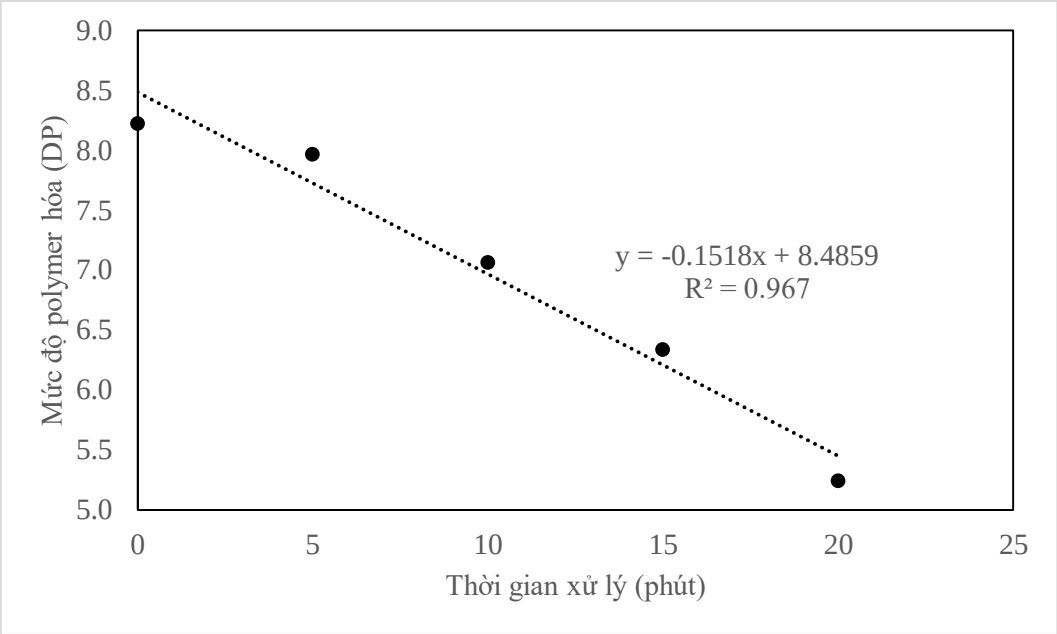
của chúng tôi thu nhận được có sự tương đồng với nghiên cứu trước đây của Pimpa và cộng sự (2006) khi tiến hành khảo sát sự ảnh hưởng của chiếu xạ EB trên tinh bột cao lương. Theo Dokic (2004), cùng với sự giảm độ nhớt thì chỉ số DE của maltodextrin tăng lên, DP giảm xuống vì phần trăm các gốc đường có mức độ polymer hóa thấp tăng lên. Dưới tác động của plasma có mức năng lượng cao đã ion hóa mạch amylose và amylopectin cũng là nguyên nhân dẫn đến sự giảm độ nhớt intrinsic viscosity, khối lượng phân tử trung bình và DP (Pimpa và cộng sự, 2006). Tuy nhiên, việc xác định DP từ intrinsic viscosity trên thực tế chỉ mang tính ước lượng sơ bộ chung cho mức độ polymer hóa của maltodextrin chứ không đưa ra được thông tin gì về độ dài hay cho thấy được sự thay đổi về độ dài của chuỗi amylose và amylopectin trong phân tử maltodextrin dưới tác dụng của việc xử lý plasma.




**Hình 4.6**. *Reduced viscosity của các mẫu maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20).*




**Hình 4.7**. *Khối lượng phân tử trung bình (M) của các mẫu maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20).*




**Hình 4.8**. *Mức độ polymer hóa (DP)của các mẫu maltodextrin không xử lý plasma (MD0), mẫu maltodextrin xử lý 5 phút (MD5), mẫu maltodextrin xử lý 10 phút (MD10), mẫu maltodextrin xử lý 15 phút (MD15), mẫu maltodextrin xử lý 20 phút (MD20).*

**Bảng 4.8**: *Insintric viscosity, khối lượng phân tử, DE của các mẫu maltodextrin không xử lý và có xử lý plasma*

| Mẫu | Đặc tính | | |
|---|---|---|---|
| | Intrinsic Viscosity | Khối lượng phân tử | DP |
| MD0 | 4.855 | 1363.82 | 8.223 |
| MD5 | 4.706 | 1322.02 | 7.968 |
| MD10 | 4.182 | 1174.69 | 7.067 |
| MD15 | 3.757 | 1055.39 | 6.338 |
| MD20 | 3.119 | 876.236 | 5.244 |

## 4.7. MA TRẬN TƯƠNG QUAN PEARSON GIỮA CÁC TÍNH CHẤT CỦA MẪU MALTODEXTRIN

Hệ số tương quan Pearson (Pearson correlation coefficient) là hệ số được sử dụng nhằm mục đích đo lường mức độ tương quan tuyến tính giữa hai biến với nguyên tắc cơ bản là tương quan Pearson sẽ tìm ra một đường thẳng phù hợp nhất với mối quan hệ tuyến tính của 2 biến. Hệ số tương quan Pearson được kí hiệu là r và nhận giá trị từ -1 đến +1. Khi r > 0 sẽ cho thấy sự tương quan giữa 2 biến là dương, nghĩ là khi giá trị của biến này tăng thì sẽ làm tăng giá trị của biến kia và ngược lại. Còn khi r < 0 sẽ cho thấy tương quan giữa 2 biến là âm nghĩa là khi giá trị của biến này tăng sẽ làm giá trị của biến kia giảm và ngược lại. Giá trị tuyệt đối của r càng cao thì tương quan giữa 2 biến càng mạnh.

Bảng 4.9 cho thấy mối tương quan giữa thời gian xử lý plasma với sự thay đổi của các tính chất của maltodextrin, cũng như mối quan hệ tuyến tính giữa các tính chất của maltodextrin sau khi xử lý plasma. Chúng tôi nhận thấy hầu hết các tính chất đều có sự tương quan rất mạnh đối với thời gian xử lý (>0.800), riêng giá trị liên quan đến màu sắc (L, a, b, độ trắng (W)) thì có tương quan trung bình. Cũng từ ma trận Pearson (bảng 4.9), chúng tôi nhận thấy giữa thời gian xử lý và FA, b, ΔE, DE của maltodextrin có tương quan dương (r > 0) trong khi L, a, W, IV, M và DP lại có tương quan âm (r < 0). Tức là khi tăng thời gian xử lý thì FA, DE tăng và ngược lại giá trị L, a, b, độ trắng, intrinsic viscosity (IV), M, DP giảm. Dưới tác dụng của plasma, phân tử maltodextrin đã bị bẻ gãy dẫn đến hình thành các gốc tự do và nhất là –COOH làm tăng hàm lượng acid tự do (FA) trong mẫu sau chiếu xạ. Ngoài ra, trong quá trình xử lý maltodextrin bị depolymer hóa tạo ra các phân tử có mạch ngắn hơn. Dưới tác dụng của nhiệt độ phân tử này bị caramen hóa dẫn đến giá trị b* thể hiện màu sắc vàng tăng lên trong khi giá trị L* thể hiện màu sắc trắng và a* thể hiện màu sắc đỏ giảm đi. Sự khác biệt về mức độ trắng W của mẫu maltodextrin chủ yếu là do sự thay đổi giá trị b* với giá trị tuyệt đối của hệ số tương quan W với b* là 0.942 cho thấy mối tương quan mạnh mẽ giữa 2 giá trị. Mạch polymer trở nên ngắn đi do phản ứng depolymer hóa cũng như tạo ra các monosacchride như glucose, fructose, maltose, …. làm tăng hàm lượng gốc khử dẫn đến chỉ số DE của maltodextrin tăng lên qua xử lý. Bên cạnh đó, phản ứng depolymer hóa cũng làm giảm khối lượng phân tử của maltodextrin (M) từ đó làm giảm độ nhớt intrinsic viscosity (IV) và mức độ polymer hóa của maltodextrin (DP).

**Bảng 4.9**. *Hệ số tương quan giữa các tính chất*

| | Thời gian xử lý | FA | L* | a* | b* | W | DE | IV | M | DP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Thời gian xử lý | 1 | | | | | | | | | |
| FA | 0.903(**) | 1 | | | | | | | | |
| L* | -0.749(**) | -0.957(**) | 1 | | | | | | | |
| a* | -0.528(*) | -0.830(**) | 0.944(**) | 1 | | | | | | |
| b* | 0.463 | 0.795(**) | -0.930(**) | -0.988(**) | 1 | | | | | |
| W | -0.729(**) | -0.949(**) | 0.999(**) | 0.955(**) | -0.942(**) | 1 | | | | |
| DE | 0.965(**) | 0.811(**) | -0.627(**) | -0.360(**) | 0.310(**) | -0.603(**) | 1 | | | |
| IV | -0.983(**) | -0.824(**) | 0.629(**) | 0.385(**) | -0.316(**) | 0.607(**) | -0.980(**) | 1 | | |
| M | -0.983(**) | -0.824(**) | 0.629(**) | 0.385(**) | -0.316(**) | 0.607(**) | -0.980(**) | 1.000(**) | 1 | |
| DP | -0.983(**) | -0.824(**) | 0.629(**) | 0.385(**) | -0.316(**) | 0.607(**) | -0.980(**) | 1.000(**) | 1.000(**) | 1 |

*(**) Tương quan ở mức ý nghĩa 0.01 (P<0.01)*

*(*) Tương quan ở mức ý nghĩa 0.05 (P<0.05)*

# CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN

## 5.1. KẾT LUẬN

Qua quá trình nghiên cứu và thực hiện các thí nghiệm, chúng tôi đưa ra các nhận định sau:

1. Xử lý Argon-plasma trên maltodextrin có thể xảy ra phản ứng depolymer hóa làm bẻ gãy mạch maltodextrin. Thời gian xử lý càng dài, mức độ depolymer hóa càng cao.
2. Khi tiến hành xử lý Argon-plasma trên maltodextrin sẽ làm thay đổi các tính chất hóa lý của maltodextrin như: hàm lượng acid tự do (FA), chỉ số DE, độ nhớt (intrinsic viscosity (IV)), khối lượng phân tử trung bình (M), mức độ polymer hóa (DP), khả năng bắt màu với dung dịch iodine. Khi tăng thời gian xử lý plasms trong khoảng 0 – 20 phút thì hàm lượng acid tự do, chỉ số DE của maltodextrin tăng còn intrinsic viscosity (IV) giảm, khối lượng phân tử trung bình (M) cũng như mức độ polymer hóa (DP) của maltodextrin cũng giảm theo độ nhớt intrinsic viscosity.
3. Quá trình xử lý argon-plasma làm thay đổi màu sắc của mẫu maltodextrin so với mẫu không xử lý. Cụ thể là maltodextrin ngả sang màu vàng, có thể cảm nhận bằng mắt thường. Tuy nhiên, giữa các mẫu xử lý plasma khi thay đổi thời gian xử lý thì màu sắc không thay đổi.
4. Kết quả thu được từ phổ FTIR cho thấy phổ FTIR của các mẫu maltodextrin trước và sau xử lý plasma không khác biệt nhau, không có đỉnh mới xuất hiện hay mất đi ở tất cả mẫu trước và sau xử lý plasma. Tuy nhiên, ở các mẫu khác nhau cường độ hấp thu của các đỉnh thay đổi đáng kể. Điều này chứng tỏ các mẫu sau khi xử lí plasma đều không xuất hiện các hợp chất mới, cũng như làm mất đi các tính chất đặc trưng của maltodextrin.

# TÀI LIỆU THAM KHẢO


1. Chronakis, Ioannis S. "On the molecular characteristics, compositional properties, and structural-functional mechanisms of maltodextrins: a review."*Critical reviews in food science and nutrition* 38.7 (1998): 599-637.
2. Cui, Steve W., ed. *Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications*. CRC Press, 2005.
3. Deeyai, P., et al. "Effect of atmospheric argon plasma on morphology of tapioca starch granule." *Journal of the Microscopy Society of Thailand* 24.2 (2010): 112-116.
4. Deeyai, Panakamol, et al. "Characterization of modified tapioca starch in atmospheric argon plasma under diverse humidity by FTIR spectroscopy."*Chinese Physics Letters* 30.1 (2013): 018103.
5. Deschreider, A. R. "Changes in starch and its degradation products on irradiating wheat flour with gamma rays." *Starch/staerke* 12 (1960): 197.
6. Dokic, Ljubica, Jovan Jakovljevic, and Petar Dokic. "Relation between viscous characteristics and dextrose equivalent of maltodextrins." *Starch-Stärke* 56.11 (2004): 520-525.
7. Fitton, M. G. Rapid determination of dextrose equivalent by cryoscopy.*Starch-Stärke*, 1979, 31.11: 381-384.
8. García, Jorge López, et al. "Cell proliferation of HaCaT keratinocytes on collagen films modified by argon plasma treatment." *Molecules* 15.4 (2010): 2845-2856.
9. Harding, Stephen E. "The intrinsic viscosity of biological macromolecules. Progress in measurement, interpretation and application to structure in dilute solution." *Progress in biophysics and molecular biology* 68.2 (1997): 207-262.
10. Kang, Il-Jun, et al. "Production of modified starches by gamma irradiation."*Radiation Physics and Chemistry* 54.4 (1999): 425-430.
11. Kennedy, J. F., et al. "Factors affecting, and prediction of, the low temperature precipitation of commercial low DE maltodextrins." *Starch-Stärke* 38.8 (1986): 273-281.

12. Kizil, Ramazan, Joseph Irudayaraj, and Koushik Seetharaman. "Characterization of irradiated starches by using FT-Raman and FTIR spectroscopy." *Journal of agricultural and food chemistry* 50.14 (2002): 3912-3918.

13. Klinkesorn, Utai, et al. "Stability and rheology of corn oil-in-water emulsions containing maltodextrin." *Food research international* 37.9 (2004): 851-859.

14. L.Morehouse, R.C.Malzaks and J. T. Day: U.S. Patent, Grain Processing Co (1972): 3,663,369 .

15. Lane, J. Henry, and Lewis Eynon. *Determination of reducing sugars by Fehling's solution with methylene blue indicator*. N. Rodger, 1934.

16. Lanier, Tyre C., Kathy Hart, and Roy E. Martin. "Manual of Standard Methods for measuring and Specifying the properties of Surimi." (1991).

17. Lii, Cheng-yi, et al. "Effect of corona discharges on granular starches." *Journal of Food Agriculture and Environment* 1.2 (2003): 143-149.

18. Nemţanu, Monica R., and Mirela Braşoveanu. "Functional properties of some non-conventional treated starches." *Biopolymers,(Edited by M. Eknashar)*(2010): 319.

19. Paulino, Alexandre T., et al. "Two-step synthesis and properties of a magnetic-field-sensitive modified maltodextrin-based hydrogel." *Polymer International*60.9 (2011): 1324-1333.

20. Pimpa, Benchamaporn, et al. "Effect of electron beam irradiation on physicochemical properties of sago starch." *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 29.3 (2007): 759-768.

21. Raja, K. C. M., et al. "Material characterization studies of maltodextrin samples for the use of wall material." *Starch-Stärke* 41.8 (1989): 298-303.

22. Rauscher, Hubert, Massimo Perucca, and Guy Buyle, eds. *Plasma technology for hyperfunctional surfaces: food, biomedical and textile applications*. John Wiley & Sons, 2010.

23. RE Heady, FC Armbruster. *Low DE starch conversion products*. U.S. Patent No (1971): 3,560,343.

24. Sandhu, Kawaljit Singh, and Narpinder Singh. "Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties." *Food Chemistry* 101.4 (2007): 1499-1507.

25. Sparavigna, Amelia. "Plasma treatment advantages for textiles." *arXiv preprint arXiv:0801.3727* (2008).

26. Trịnh Khánh Sơn, Nguyễn Thị Lý, N.T.L. Nghiên cứu sự biến tính và sự thay đổi độ tiêu hóa in vitro của tinh bột bắp do xử lý bằng argon-plasma nguội ở áp suất khí quyển, Tạp chí khoa hoc công nghệ 52 (5c) (2014): 31-37.

27. Wongsagonsup, Rungtiwa, et al. "Modification of tapioca starch by non-chemical route using jet atmospheric argon plasma." *Carbohydrate polymers*102 (2014): 790-798.

28. Wrolstad, Ronald E. *Food carbohydrate chemistry*. Vol. 48. John Wiley & Sons, 2012

29. Zhu, Thianming, et al. "Comparison of amylose determination methods and the development of a dual wavelength iodine binding technique." (2008).

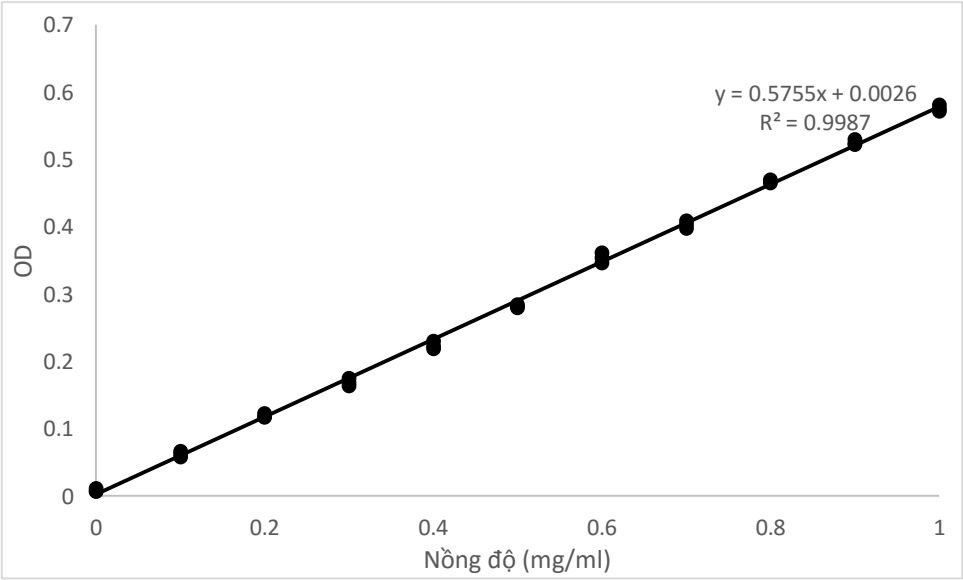
30. Zobel, H. F. "Molecules to granules: a comprehensive starch review." *Starch-Stärke* 40.2 (1988): 44-50.

31. Zou, Ji-Jun, Chang-Jun Liu, and Baldur Eliasson. "Modification of starch by glow discharge plasma." *Carbohydrate polymers* 55.1 (2004): 23-26.

# PHỤ LỤC

**Phụ lục 1**. Kết quả dựng đường chuẩn maltose

| Nồng độ (mg/ml) | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OD1 | 0.012 | 0.063 | 0.118 | 0.164 | 0.223 | 0.28 | 0.347 | 0.398 | 0.465 | 0.524 | 0.581 |
| OD2 | 0.008 | 0.058 | 0.123 | 0.169 | 0.219 | 0.282 | 0.362 | 0.404 | 0.47 | 0.53 | 0.576 |
| OD3 | 0.007 | 0.067 | 0.117 | 0.175 | 0.231 | 0.285 | 0.354 | 0.409 | 0.468 | 0.522 | 0.572 |
| ODTB | 0.009 | 0.063 | 0.119 | 0.169 | 0.224 | 0.282 | 0.354 | 0.404 | 0.468 | 0.525 | 0.576 |




***Hình 6.1***. Đường chuẩn maltose

**Phụ lục 2**. Xử lý Anova kết quả α hexi/ vô định hình

**Tỉ lệ 1047//1022**

Duncan[a]

| Mẫu | N | Subset for alpha = .05 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | e | d | c | b | a |
| 10 | 3 | 0.92033 | | | | |
| 0 | 3 | | 0.92500 | | | |
| 5 | 3 | | | 0.93700 | | |
| 15 | 3 | | | | 0.94300 | |
| 20 | 3 | | | | | 0.96100 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**Phụ lục 3. Xử lý kết quả Hàm lượng acid tự do (FA)**

**FA**

Duncan[a]

| Mau | N | Subset for alpha = .05 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | d | c | b | a |
| 0 | 3 | 0.20000 | | | |
| 5 | 3 | | 0.35000 | | |
| 10 | 3 | | | 0.40000 | |
| 15 | 3 | | | 0.40000 | |
| 20 | 3 | | | | 0.45000 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**Phụ lục 4**. Xử lý anova kết quả không gian màu CIE LAB

**L**

Duncan[a]

| Mau | N | Subset for alpha = .05 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 |
| 10 | 3 | 93.06000 | | | |
| 20 | 3 | 93.07000 | | | |
| 15 | 3 | | 93.49000 | | |
| 5 | 3 | | | 93.67000 | |
| 0 | 3 | | | | 98.45000 |
| Sig. | | .290 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**a**

Duncan[a]

| Mau | N | Subset for alpha = .05 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 |
| 10 | 3 | -2.19000 | | | | |
| 5 | 3 | | -2.16000 | | | |
| 15 | 3 | | | -2.15000 | | |
| 20 | 3 | | | | -2.14000 | |
| 0 | 3 | | | | | -2.03967 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**b**

Duncan[a]

| Mau | N | Subset for alpha = .05 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 |
| 0 | 3 | 2.48000 | | | | |
| 20 | 3 | | 3.24000 | | | |
| 15 | 3 | | | 3.26000 | | |
| 5 | 3 | | | | 3.49000 | |
| 10 | 3 | | | | | 3.61000 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**Độ trắng (Whiteness (W))**

Duncan[a]

| Mau | N | Subset for alpha = .05 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | e | d | c | b | s |
| 10 | 3 | 91.87633 | | | | |
| 20 | 3 | | 92.05633 | | | |
| 15 | 3 | | | 92.40867 | | |
| 5 | 3 | | | | 92.45600 | |
| 0 | 3 | | | | | 96.43467 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**Phụ lục 5**. Xử lý anova kết quả hàm lượng đường khử (DE)

**DE**

Duncan[a]

| Mau | N | Subset for alpha = .05 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | e | d | c | b | a |
| 0 | 3 | 13.58133 | | | | |
| 5 | 3 | | 15.83167 | | | |
| 10 | 3 | | | 17.11533 | | |
| 15 | 3 | | | | 20.63400 | |
| 20 | 3 | | | | | 25.80400 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

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

www.hcmute.edu.vn