

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**  
-----\*\*\*\*\*-----

**Phạm Thị Thanh Huyền**

**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH THỦY  
PHÂN BỘT NGÔ BẰNG CHẾ PHẨM ENZIM ĐỂ ỨNG DỤNG TRONG CHẾ  
BIẾN THỰC PHẨM**

Chuyên ngành: Công nghệ thực phẩm và đồ uống  
Mã số: 62.54.02.01

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

Hà Nội - 2010

Công trình được hoàn thành tại:

Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học:

1. GS.TS Hoàng Đình Hòa - Trường ĐH Bách khoa Hà Nội
2. PGS.TS Phạm Thu Thủy - Trường ĐH Bách khoa Hà Nội

Phản biện 1: PGS.TSKH Lưu Duẩn — ĐHQG Tp. Hồ Chí Minh

Phản biện 2: PGS.TSKH Lê Văn Hoàng- ĐH Đông Á- Đà Nẵng

Phản biện 3: PGS.TS. Nguyễn Thị Hoài Trâm — Viện CN Thực phẩm — Bộ Công Thương

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Nhà nước họp tại: Trường đại học Bách Khoa Hà Nội

Vào hồi     giờ     ngày     tháng     năm 2010

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư Viện Quốc Gia
- Thư viện Trường đại học Bách Khoa Hà Nội

## CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ

1. Phạm Thu Thủy, Hoàng Đình Hoà, Phạm Thị Thanh Huyền (2003), “**Nghiên cứu ảnh hưởng của pH dịch bột malt đến hàm lượng đường lên men và đạm amin tạo thành trong quá trình đường hoá**”, *Báo cáo khoa học, Hội nghị CNSH toàn quốc 2003*, NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 280-283.
2. Phạm Thị Thanh Huyền, Hoàng Đình Hoà, Phạm Thu Thủy (2008), “**Chọn điều kiện công nghệ thích hợp cho giai đoạn dịch hoá quá trình thủy phân bột ngô sử dụng chế phẩm enzym**”, *Tạp chí Công nghiệp*, số tháng 9/2008.
3. Phạm Thị Thanh Huyền (2009), “**Nghiên cứu điều kiện lên men đồ uống từ dịch ngô thủy phân**”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, số 69/2009.
4. Phạm Thị Thanh Huyền (2009), “**Xây dựng mô hình toán học mô tả sự phụ thuộc của sản phẩm thủy phân bột ngô với các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình khi sử dụng chế phẩm enzym**”, *Tạp chí Công nghiệp*, số tháng 6/2009.

## A. ĐẶC ĐIỂM CỦA LUẬN ÁN

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Phản ứng thủy phân tinh bột nhờ hệ enzym amilaza được ứng dụng khá rộng rãi trong nhiều ngành sản xuất công nghiệp, đặc biệt là ngành công nghiệp thực phẩm. Đặc tính và chất lượng của các sản phẩm từ nguyên liệu tinh bột hoàn toàn phụ thuộc vào việc lựa chọn chế phẩm enzym và các điều kiện của phản ứng thủy phân. Do vậy, việc điều khiển các yếu tố để tạo hỗn hợp các cấu tử đường của sản phẩm thủy phân phù hợp với yêu cầu ứng dụng khác nhau, tạo điều kiện đa dạng hoá sản phẩm thực phẩm là rất cần thiết. Đặc biệt, ứng dụng thuật toán làm công cụ điều khiển quá trình để đạt mục tiêu công nghệ định trước là một hướng đi mới ở Việt Nam, vừa mang tính học thuật và đảm bảo tính chính xác, đồng thời tiết kiệm được thời gian thực nghiệm. Trên cơ sở đó đã đặt nhiệm vụ cho luận án: “*Nghiên cứu giải pháp công nghệ điều khiển quá trình thủy phân bột ngô bằng chế phẩm enzym để ứng dụng trong chế biến thực phẩm*”.

### 2. Mục đích nghiên cứu của luận án

Ứng dụng công cụ toán học để điều khiển kết thúc quá trình thủy phân bột ngô bằng các chế phẩm enzym amilaza để sản phẩm thủy phân có cơ cấu thành phần theo yêu cầu công nghệ đã định trước. Trên cơ sở đó đưa ra một số quy trình công nghệ nhằm đạt mục tiêu đa dạng hoá sản phẩm theo mong muốn và nâng cao hiệu quả kinh tế của quy trình công nghệ.

### 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Luận án nghiên cứu quá trình thủy phân tinh bột ngô bằng các chế phẩm enzym thương mại. Đối tượng nghiên cứu là bột ngô tẻ — giống ngô lai và một số chế phẩm enzym amilaza của hãng Novo - Đan Mạch: Fungamyl 800L (FUN), AMG 300L (glucoamilaza), Termamyl 120L.

### 4. Nội dung nghiên cứu

- Xác định chế độ thích hợp để hồ hoá bột ngô.
- Khảo sát động thái của quá trình thủy phân bột ngô khi có sự tác động độc lập và đồng thời của một số chế phẩm enzym amilaza.
- Xây dựng mô hình toán học dạng hàm hồi quy, mô tả sự phụ thuộc giữa tỷ lệ cơ cấu của sản phẩm thủy phân với các điều kiện phản ứng để cơ cấu dịch đường hoá đạt yêu cầu công nghệ đã định trước, trong những trường hợp sử dụng độc lập và đồng thời các chế phẩm trên.
- Dùng phương pháp giải tích toán học để giải một số bài toán công nghệ đặt ra từ thực tế sản xuất trong lĩnh vực đường hoá.
- Ứng dụng thuật toán đã xây dựng được để thiết kế sản phẩm đường hoá với hàm lượng một số cấu tử đường cho trước và sử dụng dịch đường hoá đã thiết kế để tạo một số sản phẩm đồ uống lên men từ nguyên liệu bột ngô.

### 5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Xác định được mối quan hệ giữa mục tiêu cần đạt của quá trình thủy phân với các yếu tố ảnh hưởng, qua đó có thể mô tả tổng thể động học của quá trình thủy phân bằng enzym.

Bằng công cụ toán học, luận án đã đóng góp một giải pháp chính xác để định chỉ quá trình thủy phân tinh bột khi mục tiêu đã đạt được, vừa đảm bảo tính khoa học đồng thời tiết kiệm được thời gian thực nghiệm, chi phí sản xuất, từ đó nâng cao hiệu quả kinh tế cho các quy trình công nghệ khi thiết kế những sản phẩm mới từ dịch đường hóa.

Tạo được các sản phẩm thủy phân có đặc tính công nghệ theo các yêu cầu đã đặt ra, từ đó tạo điều kiện để cải thiện chất lượng và đa dạng hoá các sản phẩm thực phẩm.

## **6. Những điểm mới của luận án**

Là công trình nghiên cứu về lĩnh vực thủy phân tinh bột trong đó ứng dụng có kết quả một phân lý thuyết toán giải tích để xây dựng các hàm nội suy mô tả sự phụ thuộc giữa tỷ lệ cơ cấu của sản phẩm đường hoá với các điều kiện phản ứng.

Áp dụng các mô hình toán học đã xây dựng được để giải một số bài toán công nghệ trong lĩnh vực đường hoá khi cơ cấu sản phẩm là những đại lượng cho trước để ứng dụng trong công nghệ sản xuất thực phẩm.

Phương pháp điều khiển quá trình đường hoá khi sản phẩm là những đại lượng cho trước mà luận án đã đề xuất sẽ giúp nhà công nghệ rút bớt thời gian thực nghiệm khi thiết kế các loại sản phẩm mới.

## **7. Cấu trúc của luận án**

Luận án được trình bày trong 150 trang đánh máy. Cấu trúc gồm 3 chương với 63 bảng và hình. Chương 1: Tổng quan tài liệu có 46 trang. Chương 2: Vật liệu và phương pháp nghiên cứu 12 trang. Chương 3: Kết quả và thảo luận gồm 75 trang. Luận án có 105 tài liệu tham khảo tiếng Việt và tiếng Anh.

## **B. NỘI DUNG CỦA LUẬN ÁN**

### **Chương 1: TỔNG QUAN TÀI LIỆU**

#### **1.1. Tình hình sản xuất và tiêu thụ ngô trên thế giới**

Diện tích trồng, sản lượng và tình hình tiêu thụ ngô trên thế giới trong giai đoạn gần đây.

#### **1.2. Tình hình sản xuất và tiêu thụ ngô ở Việt Nam**

Diện tích trồng, sản lượng và tình hình tiêu thụ ngô ở Việt Nam trong giai đoạn gần đây.

#### **1.3. Cấu tạo và thành phần hoá học của hạt ngô**

Cấu tạo thực vật và thành phần hóa học cơ bản của hạt ngô. Cấu trúc hóa học của tinh bột ngô.

#### **1.4. Sự thủy phân tinh bột bằng enzim**

Giới thiệu về hệ enzim thủy phân tinh bột, đặc tính và cơ chế thủy phân tinh bột của một số enzim amilaza thủy phân các liên kết  $\alpha$ -1,4 glucozit;  $\alpha$ -1,6 glucozit;  $\alpha$ -1,4 và 1,6 glucozit.

Các yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng thủy phân bởi enzim nói chung và thủy phân tinh bột nói riêng: Nồng độ enzim, nồng độ cơ chất, nhiệt độ và thời gian phản ứng, pH môi trường.

**1.5. Giới thiệu một số chế phẩm enzim thủy phân tinh bột dạng thương phẩm:** Termamyl 120L, AMG, FUN

#### **1.6. Tình hình nghiên cứu sự thủy phân tinh bột bằng chế phẩm enzim trên thế giới và trong nước**

#### **1.7. Tình hình ứng dụng của sản phẩm thủy phân từ tinh bột trên thế giới và trong nước**

##### **1.7.3 Ứng dụng sản phẩm thủy phân từ nguyên liệu giàu tinh bột để sản xuất đồ uống**

#### **1.8. Sử dụng công cụ toán học trong nghiên cứu và sản xuất thực phẩm**

#### **1.9. Nhận xét**

Tỷ lệ giữa các cấu tử glucoza, maltoza và dextrin là chỉ số quan trọng của dịch đường hoá vì nó quyết định tính chất cảm quan, công năng sử dụng và tính chất cơ lý của sản phẩm cuối cùng. Tỷ

lệ này càng phong phú thì danh mục sản phẩm cuối cùng tạo ra ngày càng nhiều, do đó mở rộng được lĩnh vực ứng dụng trong nhiều ngành công nghiệp nói chung và công nghiệp thực phẩm nói riêng.

Từ thực tế sản xuất chúng tôi nhận thấy một số vấn đề trong lĩnh vực thủy phân tinh bột mà hiện nay những nhà công nghệ chưa giải quyết được hoặc giải quyết một cách mò mẫm và rất thụ động các tình huống sau đây:

- a. Tạo dịch đường hoá có tỷ lệ glucoza và maltoza ở mức tối thiểu, dextrin ở mức tối đa.
- b. Tạo dịch đường hoá có tỷ lệ dextrin đạt ở mức định trước còn glucoza và maltoza dao động tự do.
- c. Tạo dịch đường hoá sao cho tỷ lệ 2 cấu tử, ví dụ dextrin và maltoza đạt giá trị định trước hiệu suất thủy phân đạt mức cao nhất, cấu tử glucoza tự do.
- d. Tạo dịch đường hoá sao cho tỷ lệ 3 cấu tử glucoza, maltoza và dextrin đạt những giá trị thiết kế trước. Hiệu suất đường hoá đạt ở mức chấp nhận được.
- e. Xác định tỷ lệ kết hợp giữa các loại chế phẩm để dịch đường hoá có tỷ lệ 3 cấu tử đạt giá trị cho trước với thời gian đường hoá nhanh nhất và hiệu suất đường hoá chấp nhận được.

Tuy nhiên cho đến gần đây trên thế giới và trong nước chưa có công trình khoa học nào công bố về giải pháp điều khiển kết thúc quá trình thủy phân khi mục tiêu cần đạt theo yêu cầu công nghệ đã định trước. Chính vì vậy, việc nghiên cứu điều khiển kết thúc quá trình thủy phân tinh bột theo yêu cầu công nghệ đã định trước cho những mục đích sử dụng khác nhau của sản phẩm thủy phân; đặc biệt ứng dụng thuật toán để điều khiển quá trình là lời giải rất có ý nghĩa mang tính thực tiễn, đồng thời đảm bảo tính khoa học, điều đó sẽ đem lại hiệu quả kinh tế đáng kể cho lĩnh vực công nghệ thủy phân tinh bột.

## **Chương 2: PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Nguyên vật liệu**

- Nguyên liệu: ngô tẻ - giống ngô lai
- Chế phẩm enzym: Chế phẩm enzym amilaza của hãng Novo- Đan mạch: Termamyl 120L; FUN 800L; AMG 300L
- Chủng vi sinh vật: + Nấm men: *Saccharomyces cerevisiae* Y7028 thuần chủng, nguồn gốc từ Đan Mạch, nấm men dạng sữa, thủy phân 80%, tại nhà máy Bia Thăng Long - Uông Bí.
- + Vi khuẩn lactic: *Pediococcus pentosaceus* (KC4) tại sưu tập giống của Viện Công nghiệp thực phẩm [20].

### **2.2. Thiết bị**

Máy sấy hồng ngoại (Thụy sỹ), máy ly tâm (Đức), máy so màu quang phổ UV -VIS 160 (Trung Quốc), máy lọc hút chân không (Trung Quốc), cân phân tích điện tử, máy đo pH, máy đo độ nhớt Viscosimetre cappillaire (Đức), chiết quang kế (Nhật), thiết bị lên men để bàn kiểu Bioflo 2000 (loại 2 và 5 lít), bộ cất đạm Kjeldahl, bộ chiết Soclet. Các hóa chất phân tích loại tinh khiết của Trung Quốc và Đức.

### **2.3. Phương pháp nghiên cứu**

#### **2.3.1. Sơ chế ngô hạt trước khi thủy phân**

#### **2.3.2. Phương pháp thủy phân**

### **2.3.3. Phương pháp phân tích**

#### **2.3.3.1. Phân tích thành phần hóa học của nguyên liệu**

- Xác định hàm lượng tinh bột: phương pháp hoá học [6], [27].
- Xác định hàm lượng chất béo: phương pháp Soxhlet [6], [27].
- Xác định hàm lượng protein: phương pháp Kjeldahl [46].
- Xác định độ ẩm: phương pháp sấy đến trọng lượng không đổi [6], [27].

#### **2.3.3.2. Hoạt độ các chế phẩm enzym (Termamyl, AMG, FUN)**

- Xác định hoạt độ của enzym  $\alpha$ -amilaza: phương pháp của Rukhliadeva; Hoạt độ của glucoamilaza: phương pháp vi lượng [27], [46].

#### **2.3.3.3. Hàm lượng đường, chất khô trong dịch thủy phân**

- Nồng độ chất hoà tan bằng chiết quang kế (%) [27].
- Hàm lượng glucoza: phương pháp DNS và phương pháp iot [46], [57].
- Hàm lượng dextrin: phương pháp kết tủa cồn [6].
- Hàm lượng đường maltoza: phương pháp iot [6], [27].
- Độ nhớt của dịch thủy phân bằng nhớt kế mao quản [57].

#### **2.3.3.4. Các chỉ tiêu của sản phẩm lên men theo TCVN hiện hành.**

- Xác định hàm lượng axit lactic: phương pháp hóa học [23], [46].
- Xác định độ rượu: phương pháp cân tỷ trọng [45]; [65].
- Xác định vi sinh vật tổng số, vi sinh vật gây bệnh theo TCVN 5165-90 [27], [45], [46].
- Phân tích cảm quan sản phẩm: phương pháp cho điểm theo TCVN 3217- 1979 [35]
- Xác định hàm lượng đường sót (đường và dextrin) trong sản phẩm sau lên men bằng phương pháp thủy phân bởi HCl 2% sau hai giờ, sau đó xác định hàm lượng đường khử theo phương pháp DNS [6], [27], [46], [57].
- Hàm lượng CO<sub>2</sub> theo phương pháp hóa học [6], [27].
- Hàm lượng rượu bậc cao theo phương pháp so màu [22]; [27].
- Hàm lượng este theo phương pháp hóa học [27].

### **2.3.4. Phương pháp lên men tạo sản phẩm đồ uống lên men lactic và đồ uống độ cồn thấp từ dịch thủy phân của ngô.**

#### **2.3.4.1. Chọn vi sinh vật**

#### **2.3.4.2. Điều kiện công nghệ tiến hành lên men**

#### **2.3.4.3. Hoàn thiện sản phẩm sau lên men**

### **2.3.5. Phương pháp toán học**

#### **2.3.5.1. Phương pháp Gaus Seidel [11], [24], [31], [39]**

#### **2.3.5.2. Phương pháp Box Willson [11], [31], [39].**

#### **2.3.5.3. Thuật toán hàm mong đợi [11], [24], [39]**

#### **2.3.5.4. Xấp xỉ hàm nhiều biến (bình phương cực tiểu)**

#### **2.3.5.5. Thuật toán để giải bài toán nhiều phương trình, nhiều ẩn số, tìm lời giải để điều khiển quá trình thủy phân [9].**

#### **2.3.5.6. Phương pháp xử lý số liệu thực nghiệm**

Sử dụng phần mềm Solve Simu Eq, Design Expert 7.1 để tính toán và xử lý số liệu thực nghiệm trong các phương pháp toán học trên.

### 2.3.5.7. Phương pháp chấp mục tiêu theo phần mềm Design Expert

## Chương 3: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Khảo sát đặc tính của nguyên liệu

#### 3.1.1. Phân tích thành phần hóa học của ngô

Phân tích thành phần hoá học của một số loại ngô: ngô lai, ngô đá, ngô đường. Kết quả phân tích cho thấy ngô lai có chất lượng tương đối tốt, đáp ứng được yêu cầu đặt ra trên khía cạnh công nghệ và thực phẩm. Hàm ẩm của bột ngô sử dụng trong nghiên cứu là 12,2%. Hàm lượng glucoza rất ít (0,5%). Hàm lượng tinh bột là 68%.

#### 3.1.2. Hoạt độ chế phẩm enzym

Phân tích lại hoạt độ của các chế phẩm cho thấy Termamyl120L: 11733 đơn vị /gam; AMG 300L: 36000 đơn vị /gam; FUN 800L: 29000 đơn vị /gam, như vậy tương đương với thông số công nghệ đã công bố trên bao bì của hãng sản xuất. Hoạt lực của chế phẩm tương đối cao, vì vậy cần phải pha loãng trước khi bổ sung vào các mẫu thí nghiệm để đảm bảo độ chính xác.

### 3.2. Nghiên cứu chế độ hồ hóa bột ngô

#### 3.2.1. Xác định điều kiện gia nhiệt ban đầu

Chuẩn bị dịch bột: 0,5kg bột phối trộn với nước theo tỷ lệ 1/3, pH 6,0. Quá trình hồ hóa được thực hiện qua hai bước:

Bước 1 - Hồ hoá sơ bộ: Bổ sung Termamyl 120L (0,05% so với lượng chất khô nguyên liệu) vào dịch bột ngô để hỗ trợ cho quá trình đường hoá. Sau đó nâng nhiệt độ dịch bột lên 95°C và giữ ở nhiệt độ này trong 10 phút.

Bước 2 - Gia nhiệt: sau bước 1, dịch bột được gia nhiệt theo một trong hai phương án:

- Phương án 1: Đun sôi ở điều kiện áp suất thường, 30 phút
- Phương án 2: Hấp ở áp lực 1KG/cm<sup>2</sup>, 10 phút

Kết thúc quá trình gia nhiệt, đem lọc dịch rồi phân tích các chỉ số. Kết quả phân tích được trình bày ở bảng 3.3.

**Bảng 3.3: Một số chỉ số hóa học và hóa lý của dịch sau hồ hóa**

Các chỉ số chất lượng của dịch sau hồ hoá	Phương án 1	Phương án 2
Thời gian lọc để thu 20 ml dịch (phút)	8,5 phút	7,06 phút
Nồng độ chất khô (%)	11,3	11,6
Cường độ màu (ml I <sub>2</sub> 0,1N/100ml)	0,15	0,2
Cảm nhận mùi của dịch lọc	Không cảm nhận mùi của bột ngô sống	Cảm nhận được mùi thơm

Xét theo quan điểm chỉ tạo điều kiện cho quá trình thủy phân về sau thuận lợi mà chưa xét đến hiệu quả thu hồi sản phẩm, chúng tôi áp dụng phương án 2 để tiến hành hồ hóa cho các mẫu nghiên cứu tiếp theo.

#### 3.2.2. Xác định chế độ hồ hóa thích hợp cho bột ngô

Xác định các điều kiện công nghệ tối ưu của quá trình hồ hóa để đạt mục tiêu:

+ Thời gian lọc đạt một lượng dịch nhất định (20ml) nhỏ nhất ( $y_1$ )



+ Cường độ màu (tính bằng số ml I<sub>2</sub> 0,1N/100ml nước) thấp nhất (y<sub>2</sub>)

Sử dụng phương pháp hàm mong đợi, sau khi tính các giá trị hàm mong đợi d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub> cho từng mục tiêu y<sub>1</sub>, y<sub>2</sub> và giá trị chấp mục tiêu D (Desirability- kỳ vọng), kết quả thể hiện ở bảng sau:

**Bảng 3.5: Giá trị hàm mong đợi và kết quả chấp mục tiêu**

TT	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D=√d <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	TT	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D=√d <sub>1</sub> d <sub>2</sub>
1	0,8	0,20	0,40	15	0,32	0,69	0,47
2	0,7	0,38	0,52	16	0,73	0,55	0,63
3	0,68	0,55	0,61	17	0,31	0,69	0,46
4	0,69	0,38	0,51	18	0,26	0,69	0,42
5	0,4	0,55	0,47	19	0,65	0,55	0,60
6	0,36	0,69	0,50	20	0,60	0,69	0,64
7	0,76	0,38	0,54	21	0,55	0,69	0,62
8	0,36	0,69	0,50	22	0,59	0,55	0,57
9	0,31	0,8	0,50	23	0,33	0,55	0,43
10	0,72	0,2	0,38	24	0,29	0,69	0,41
11	0,64	0,55	0,59	25	0,69	0,69	0,69
12	0,61	0,69	0,65	26	0,28	0,69	0,44
13	0,64	0,38	0,49	27	0,21	0,8	0,42
14	0,38	0,55	0,46				

Qua kết quả bảng 3.5, thí nghiệm số 25 có giá trị kỳ vọng cao nhất, theo đó xác định được các điều kiện công nghệ tối ưu như sau:

Tỷ lệ bột ngô/nước =1/4; áp lực hấp 1,5KG/cm<sup>2</sup>; thời gian 10 phút. Chế độ hồ hoá này được áp dụng cho các nghiên cứu quá trình đường hoá về sau.

### 3.3. Khảo sát động thái của quá trình đường hoá bột ngô sử dụng chế phẩm Termamyl

#### 3.3.1. Ảnh hưởng của liều lượng chế phẩm đến mức độ và thời gian đường hoá

#### 3.3.2. Ảnh hưởng của nồng độ bột ngô, pH môi trường đến cơ cấu thành phần sản phẩm thủy phân

Tiến hành khảo sát ảnh hưởng của liều lượng chế phẩm đến mức độ và thời gian đường hoá; ảnh hưởng của nồng độ bột ngô, pH đến cơ cấu thành phần sản phẩm sau thủy phân. Mục đích là xác định các điều kiện thích hợp cho quá trình đường hoá khi sử dụng chế phẩm Termamyl và xác định cơ cấu thành phần dịch đường hoá. Kết quả ở các bảng 3.9; 3.11; 3.13.

**Bảng 3.9: Ảnh hưởng của liều lượng chế phẩm đến tỷ lệ các cấu tử đường của dịch đường hóa**

TT	Thời gian đường hóa	Liều chế phẩm (% CK)	CHT thu hồi (gam)	Tỷ lệ các đường (% CHT thu hồi)		
				Glucoza	Maltoza	Dextrin
1	> 36	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
2	> 36	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
3	36	0,15	132	16,20	5,80	76,60
4	32	0,20	139	17,20	6,10	75,20
5	28	0,25	142	18,40	5,90	74,10
6	20	0,30	148	21,30	5,80	72,30
7	16	0,35	151	22,60	6,00	70,10
8	16	0,40	152	23,80	5,90	68,80

**Bảng 3.11: Ảnh hưởng của nồng độ bột ngô đến cơ cấu dịch sau thủy phân (pH 5,0)**

TT	Hàm lượng chất khô ban đầu (%)	Thời gian đường hoá (giờ)	Lượng CHT (gam)	Cơ cấu dịch sau thủy phân (Tỷ lệ % CHT thu hồi)		
				Glucosa	Maltoza	Dextrin
1	20	16,5	168	20,6	5,7	71,5
2	22	17,5	184	21,8	5,9	71,3
3	24	19,5	218	22,8	6,1	70,0
4	26	22,5	198	22,7	6,0	70,2

**Bảng 3.13: Ảnh hưởng của pH đến cơ cấu dịch sau thủy phân (nồng độ cơ chất 24%)**

TT	pH	Chất hòa tan (gam)	Cơ cấu dịch sau thủy phân (Tỷ lệ % CHT thu hồi)		
			Glucosa	Maltoza	Dextrin
1	5,0	265	24,1	5,8	68,9
2	5,2	278	26,2	5,9	66,0
3	5,4	268	24,5	5,3	69,1
4	5,6	260	23,7	6,1	69,2
5	5,8	255	22,8	6,3	69,4
6	6,0	248	23,1	6,3	69,1

Sử dụng phương pháp Gaus-Seidel để tối ưu hóa các điều kiện về nồng độ cơ chất, pH ảnh hưởng đến cơ cấu sản phẩm đường hóa với mục tiêu tỷ lệ dextrin đạt cực tiểu; Hiệu suất thủy phân đạt cao nhất. Đồng thời xem xét giá trị cực đại và cực tiểu của hàm lượng dextrin và glucosa đạt được, chúng tôi rút ra các kết luận sau:

Đường hoá bột ngô bằng chế phẩm Termamyl ở pH 5,2 cho hiệu suất thủy phân cao nhất. Nồng độ cơ chất thích hợp cho quá trình đường hoá là 24% chất khô (CK). Liều lượng chế phẩm Termamyl là 0,3% chất khô. Với điều kiện trên, cơ cấu sản phẩm thủy phân có tỷ lệ dextrin (% chất hòa tan thu hồi-CHT) đạt cực tiểu là 66%, cực đại 70,7%; tỷ lệ glucosa cực đại 26,2%, cực tiểu 21,4%. Tỷ lệ maltoza hầu như ổn định giữa các mẫu và giao động trong giới hạn từ 5,3-6,3%.

### 3.4. Khảo sát động thái và tiến hành tối ưu hoá quá trình đường hoá bột ngô khi sử dụng chế phẩm AMG

#### 3.4.1. Khảo sát ảnh hưởng của từng yếu tố đơn lẻ

Khảo sát động thái quá trình đường hoá bột ngô khi sử dụng chế phẩm AMG với sự ảnh hưởng của từng yếu tố đơn lẻ đến cơ cấu thành phần dịch đường hóa. Kết quả đã chọn được liều lượng AMG trong khoảng 0,05-0,3% (chất khô nguyên liệu- CKNL); thời gian khảo sát 3-48 giờ; pH 4,4-5,6; nhiệt 55-65<sup>0</sup>C làm khoảng giới hạn trong quy hoạch thực nghiệm để tìm điều kiện đường hoá tối ưu.

#### 3.4.2. Tối ưu hoá quá trình đường hoá bột ngô

Trên cơ sở kết quả khảo sát, bằng phương pháp Box Wilson chúng tôi tiến hành xây dựng phương trình hồi quy mô tả sự phụ thuộc giữa tỷ lệ dextrin vào 4 yếu tố trên và tối ưu hoá điều kiện đường hoá với mục tiêu là tỷ lệ dextrin (% CHT) đạt giá trị cực tiểu.

**Bảng 3.20. Kết quả thực nghiệm quá trình tối ưu hoá  
với mục tiêu cực tiểu hoá tỷ lệ dextrin**

TT	x <sub>1</sub> (pH)	x <sub>2</sub> , giờ	x <sub>3</sub> , °C	x <sub>4</sub> , %	Tỷ lệ dextrin và glucoza (% CHT thu hồi)	
					Dextrin	Glucoza
1	5,0	21	60	0,20	12,6	74,2
2	4,9	22	59	0,22	6,2	82,2
3	4,8	23	58	0,24	3,0	86,7
4	4,7	24	57	0,26	3,1	86,4
5	4,6	25	56	0,28	3,1	86,6
6	4,5	26	55	0,30	3,1	86,4

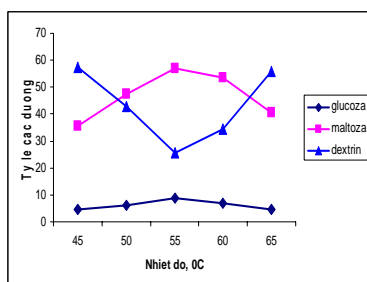
Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được phương trình hồi quy như sau:

$$y = 13,2 + 1,1 \hat{X}_1 - 1,8 \hat{X}_2 + 4,7 \hat{X}_3 - 1,1 \hat{X}_4 \quad (3.1)$$

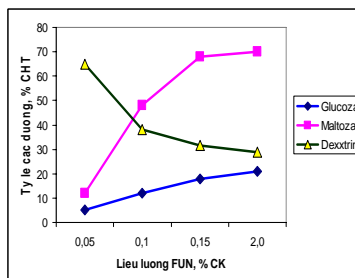
Qua đó cho kết luận: ở điều kiện đường hoá: thời gian 23 giờ, nhiệt độ 58°C, liều lượng AMG 0,24%; pH 4,8 thì tỷ lệ dextrin của dịch đường hoá đạt mức thấp nhất là 3,0%.

### 3.5. Khảo sát động thái và xây dựng mô hình toán học mô tả quá trình đường hoá bột ngô bằng chế phẩm FUN

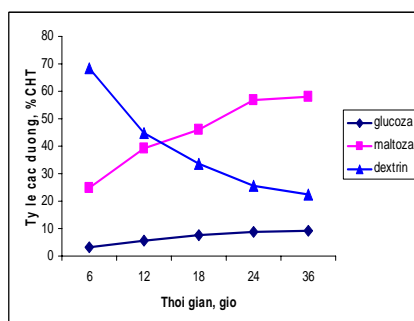
#### 3.5.1. Khảo sát ảnh hưởng của từng yếu tố đơn lẻ



**Hình 3.1: Ảnh hưởng của nhiệt độ đến cơ cấu thành phần dịch thủy phân bột ngô bằng chế phẩm FUN**



**Hình 3.2: Ảnh hưởng của liều lượng FUN đến cơ cấu thành phần dịch thủy phân bột ngô**



**Hình 3.2: Ảnh hưởng của thời gian đến cơ cấu thành phần dịch thủy phân bột ngô bằng chế phẩm FUN**

Kết quả khảo sát chúng tôi xác định được khoảng giá trị của các thông số công nghệ trong quá trình đường hoá ảnh hưởng đến cơ cấu thành phần dịch đường: nhiệt 50-60°C; thời gian 12-36 giờ; liều lượng FUN 0,05-0,15% và sử dụng trong làm giới hạn trong quy hoạch thực nghiệm để xây dựng mô hình toán học.

### 3.5.2. Xây dựng mô hình toán học mô tả sự phụ thuộc giữa cơ cấu dịch đường với các điều kiện phản ứng

Từ kết quả khảo sát (mục 3.5.1), bằng phương pháp bình phương cực tiểu, chúng tôi xây dựng được mô hình toán học mô tả quá trình đường hoá biến đổi bột ngô thành các sản phẩm glucoza, maltoza và dextrin phụ thuộc vào các điều kiện của quá trình như sau:

$$y_1 = 40,75x_1 + 0,056x_2 + 0,014x_3$$

$$y_2 = 127,04x_1 + 0,63x_2 + 0,36x_3$$

$$y_3 = -99,5x_1 + 0,79x_2 - 0,32x_3$$

## 3.6. Khảo sát động thái và xây dựng mô hình toán học mô tả quá trình đường hoá bột ngô khi sử dụng hỗn hợp hai chế phẩm FUN và AMG

### 3.6.1. Khảo sát sự ảnh hưởng của một số yếu tố đơn lẻ

Khảo sát sự ảnh hưởng của các yếu tố thời gian đường hóa, liều lượng của mỗi chế phẩm FUN và AMG đến cơ cấu sản phẩm thủy phân, làm cơ sở xây dựng mô hình toán học. Kết quả nhận được cho chúng tôi lựa chọn thời gian 3-18 giờ; liều lượng AMG và FUN từ 0,05-0,15%, sản phẩm đạt được có thành phần các đường trong giới hạn như sau:

Tỷ lệ glucoza đạt cực tiểu là 38,12%, cực đại 53,56%. Maltoza cực tiểu 41,75%, cực đại là 54,24%; Dextrin cực đại là 16,57%, cực tiểu là 3,0%.

### 3.6.2. Xây dựng mô hình toán học mô tả sự phụ thuộc giữa cơ cấu dịch đường với các điều kiện phản ứng

**Bảng 3.28: Các thí nghiệm tiến hành và kết quả**

TT	x <sub>1</sub> - Liều lượng AMG, %	x <sub>2</sub> - Liều lượng FUN, %	x <sub>3</sub> - Thời gian, giờ	y <sub>1</sub> - tỷ lệ glucoza, %	y <sub>2</sub> - tỷ lệ maltoza, %	y <sub>3</sub> - tỷ lệ dextrin, %
1	0,05	0,05	3	38,12	43,31	16,57
2	0,05	0,05	9	42,41	49,21	7,23
3	0,05	0,05	18	47,38	48,98	3,07
4	0,05	0,1	3	39,21	46,26	13,76
5	0,05	0,1	9	42,52	54,09	4,26
6	0,05	0,1	18	46,34	50,26	3,04
7	0,05	0,15	3	40,22	48,78	10,23
8	0,05	0,15	9	44,34	52,17	3,25
9	0,05	0,15	18	47,22	48,16	3,09
10	0,1	0,05	3	43,16	42,26	11,45
11	0,1	0,05	9	49,36	46,14	3,14
12	0,1	0,05	18	52,31	43,45	3,02
13	0,1	0,1	3	44,21	45,21	7,12
14	0,1	0,1	9	48,14	48,17	3,21
15	0,1	0,1	18	51,15	44,19	3,05
16	0,1	0,15	3	45,41	47,42	5,18
17	0,1	0,15	9	49,43	48,61	3,19
18	0,1	0,15	18	52,45	45,38	3,02
19	0,15	0,05	3	44,15	41,75	10,01
20	0,15	0,05	9	49,14	45,23	3,63
21	0,15	0,05	18	52,12	42,27	3,15
22	0,15	0,1	3	45,16	43,21	6,56

23	0,15	0,1	9	49,21	47,07	3,31
24	0,15	0,1	18	53,56	43,12	3,12
25	0,15	0,15	3	45,11	46,37	4,12
26	0,15	0,15	9	50,14	47,17	3,12
27	0,15	0,15	18	53,15	44,19	3,00

Bằng phương pháp giải tích, với sự trợ giúp của phần mềm thống kê Design Expert 7.1 để phân tích các hệ số hồi quy và kiểm tra sự có nghĩa của các hệ số theo chuẩn Fisher (F); kiểm tra sự thích ứng của mô hình dựa vào chuẩn F, kết hợp với hệ số tương quan bội ( $R^2$ ). Kết quả đã xây dựng được mô hình hồi quy mô tả cơ cấu sản phẩm phụ thuộc vào các điều kiện đường hoá như sau:

$$\begin{aligned} y_1 &= 33,6 + 61,2 x_1 + 22,7x_2 + 0,6x_3 \\ y_2 &= 43,37 - 25,6 x_1 + 51,88 x_2 + 0,5x_3 \\ y_3 &= 24,06 - 81,9 x_1 - 76,99 x_2 - 1,21x_3 \end{aligned} \quad (3.4)$$

$y_1$ : tỷ lệ glucoza, % chất hoà tan ;  $y_2$  - maltoza, % ;  $y_3$ - dextrin, %

$x_1, x_2, x_3$  lần lượt là liều lượng AMG (% chất khô nguyên liệu), FUN (%), thời gian (giờ).

### 3.7. Ứng dụng mô hình toán, tiến hành thủy phân khi cơ cấu sản phẩm cho trước

#### 3.7.1. Đặt bài toán

Trên cơ sở nhận định những vấn đề tồn tại trong lĩnh vực thủy phân tinh bột và thực tế sản xuất thực phẩm, chúng tôi đặt ra 4 bài toán công nghệ về thủy phân tinh bột ngô và đề xuất lời giải, trong tóm tắt chỉ trình bày một bài toán đại diện sau:

##### 3.7.1.3. Bài toán 3

Trong công nghệ sản xuất nhiều sản phẩm từ tinh bột như glucoza, cồn etylic...việc sử dụng phối hợp nhiều loại chế phẩm để đường hóa sẽ khai thác sử dụng triệt để hơn giá trị của nguyên liệu, thu được hiệu suất đường hóa cao hơn, cải thiện chất lượng của sản phẩm, hỗ trợ cho quy trình công nghệ được thuận lợi...Từ đó chúng tôi đặt bài toán như sau:

Tìm thời gian phản ứng, liều lượng FUN và AMG để kết hợp đường hóa bột ngô sao cho khi kết thúc quá trình thì lượng đường lên men được đạt cực đại, lượng dextrin (đường không lên men được) đạt cực tiểu, nghĩa là:

Tỷ lệ glucoza, maltoza, tương ứng là  $y_1, y_2$  (% CHT thu hồi):  $\longrightarrow \max$

Tỷ lệ dextrin  $y_3 \longrightarrow \min$  ; thoả mãn:  $y_1 + y_2 + y_3 \leq 100$ .

#### 3.7.2. Thuật toán và lời giải các bài toán

##### 3.7.2.3. Giải bài toán 3

Việc tìm ra lời giải của bài toán mang bản chất là tìm ra một tập giá trị  $x_1, x_2, x_3$  (liều lượng chế phẩm AMG, FUN, thời gian đường hóa) mà tại đó các mục tiêu  $y_1, y_2, y_3$  có thể chưa đạt giá trị cực đại hoặc cực tiểu nhưng tổng quyền lợi của cả 3 mục tiêu thì đạt tối đa. Chúng tôi sử dụng mô hình (3.4) để tiến hành tối ưu hóa bằng cách chấp mục tiêu theo thuật toán hàm mong đợi. Việc tính hàm mong đợi, chấp mục tiêu được thực hiện với sự trợ giúp của phần mềm Design Expert [53], [104]. Từ kết quả trả lời trên máy tính, trích một số phương án kết quả cho kỳ vọng cao nhất, chúng tôi có bảng sau.

**Bảng 3.36: Kết quả tính toán chấp mục tiêu theo thuật toán hàm mong đợi**

Phương án thí nghiệm	Điều kiện đường hóa			Cơ cấu sản phẩm thủy phân			Kỳ vọng
	X <sub>1</sub> (liều lượng AMG)	X <sub>2</sub> (liều lượng FUN)	X <sub>3</sub> (thời gian)	Y <sub>1</sub> tỷ lệ glucoza (%)	Y <sub>2</sub> tỷ lệ maltoza (%)	Y <sub>3</sub> tỷ lệ dextrin (%)	
1	0,05	0,15	18	48,12	49,94	1,88	0,76
2	0,05	0,15	18	48,12	49,94	1,89	0,76
3	0,05	0,15	18	48,17	49,88	1,90	0,75
4	0,05	0,15	18	48,11	49,93	1,89	0,75
5	0,05	0,15	18	48,11	49,93	1,89	0,75
6	0,05	0,15	18	48,09	49,94	1,91	0,75
7	0,05	0,05	18	48,11	49,92	1,89	0,75
8	0,05	0,15	18	48,26	49,80	1,91	0,75

Kết quả bảng 3.36 cho biết phương án 1 là phương án có kỳ vọng cao nhất và là lời giải của bài toán, ứng với điều kiện đường hoá: liều lượng AMG 0,05%; FUN 0,15%; thời gian 18 giờ. Ở điều kiện này, tỷ lệ cực đại của glucoza đạt được là 48,12%; maltoza 49,94%; dextrin 1,88%, thoả mãn điều kiện  $y_1+y_2+y_3 \leq 100\%$ . Kỳ vọng đạt mục tiêu của bài toán là 76%.

### 3.8. Thiết kế dịch đường từ ngô để sản xuất một số sản phẩm đồ uống

#### 3.8.1. Đồ uống lên men độ cồn thấp

##### 3.8.1.1. Tạo đồ uống lên men độ cồn thấp từ Malt đại mạch

Mục đích của nghiên cứu này là xác định tiêu chuẩn công nghệ định trước của dịch đường hóa từ malt trên cơ sở đó thiết kế dịch đường từ nguyên liệu ngô. Kết quả đã xác định được mẫu dịch đường hóa từ malt có tỷ lệ dextrin 81,5% và tỷ lệ đường khử 16,3% được ưa thích nhất và chọn để thiết kế dịch đường từ ngô.

##### 3.8.1.2. Thiết kế dịch đường để tạo sản phẩm đồ uống độ cồn thấp

Từ các kết quả nghiên cứu trên thấy rằng, để tạo được dịch đường có tỷ lệ dextrin cao mà vẫn đảm bảo được hiệu suất đường hoá ở mức chấp nhận được, thì giải pháp dùng Termamyl là khả thi nhất. Vì vậy chúng tôi sử dụng kết quả mục 3.3 để xây dựng mô hình toán học dạng hàm nội suy với hàm số (y) là tỷ lệ dextrin, còn hai biến số là liều lượng enzym (x<sub>1</sub>) và thời gian đường hoá (x<sub>2</sub>).

**Bảng 3.39: Số liệu trích ngang từ bảng 3.9**

Thời gian (giờ)	Tỷ lệ dextrin (% chất hòa tan thu hồi)						
	Liều lượng chế phẩm Termamyl 120 L (% chất khô nguyên liệu)						
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
36		(*)	76,6				
32				75,2			
28					74,1		

Xây dựng hàm nội suy từ các số liệu bảng 3.39 theo dạng:

$$y = ax_1 + bx_2 \quad (3.5)$$

Theo phương pháp bình phương cực tiểu, sau khi tính toán và kiểm tra sự có nghĩa của các hệ số; kiểm tra tính thích ứng của mô hình bằng chuẩn Fisher, kết quả đã xây dựng được mô hình:

$$y = 107x_1 + 1,68x_2 \quad (3.5.1)$$

- *Xác định lời giải:*

Từ số liệu bảng 3.39 phán đoán tỷ lệ dextrin = 81% sẽ thuộc ô đánh dấu (\*) của bảng. Dùng mô hình (3.5.1) như một hàm ngoại suy để tính  $x_1$  và  $x_2$  khi  $y = 81$ , giải phương trình gần đúng này tìm được  $x_1 = 0,09$ ;  $x_2 = 43$ .

• *Kiểm chứng lời giải bằng thực nghiệm*

Tiến hành đường hoá ở điều kiện 0,5kg bột ngô phối trộn với 1,5 lít nước, nồng độ chất khô của mẫu là 24%; pH 5,2, lượng enzym Termamyl là 0,09% (khối lượng chất khô của mẫu). Dịch cháo được hồ hoá theo quy trình đã chọn ở mục 3.2, thời gian đường hoá 43 giờ. Sau đó lọc và rửa bã, xác định tỷ lệ dextrin và các chỉ số hoá học của dịch lọc. Kết quả được trình bày ở bảng 3.40.

**Bảng 3.40: Các chỉ số hoá học của dịch đường từ ngô**

TT	Các chỉ số	Giá trị
1	Lượng dịch lọc và rửa bã, ml	1760
2	Nồng độ chất hoà tan, g/l	106
3	Hàm lượng dextrin, g/l	85,0
4	Tỷ lệ dextrin (% chất hoà tan)	80,2
5	Sai số so với lời giải	0,90
6	Đạm tổng, g/l (N x 6,25)	1,20
7	Đạm amin, mg/l	45,5
8	pH	5,60

Số liệu ở bảng 3.40 cho nhận xét: thành phần glucit trong mẫu thí nghiệm gần đồng nhất với lời giải của bài toán, do đó các nghiệm và mô hình được chấp nhận. Các bước công nghệ tiếp theo như lên men, tăng trữ, lọc tiến hành ở điều kiện tương tự với mẫu từ malt. Sản phẩm cuối cùng được phân tích các chỉ số chất lượng, kết quả trình bày trong bảng 3.41.

**Bảng 3.41: Các chỉ số chất lượng của sản phẩm lên men độ cồn thấp từ dịch đường ngô**

TT	Các chỉ tiêu	Chỉ số
1	Hàm lượng chất hoà tan ban đầu (%)	10,6
2	Hàm lượng cồn (% thể tích)	0,58
3	Hàm lượng đường sót (g/l)	75
4	Hàm lượng CO <sub>2</sub> (g/l)	2,7
5	Độ chua định phân (ml NaOH 0,1N /100ml)	1,2
6	Hàm lượng rượu bậc cao (mg/l)	20
7	Hàm lượng este (mg/l)	19
8	Hương, vị	Thơm dịu, mùi ngô, vị hơi chua, ngọt nhẹ

Kết quả bảng 3.41 cho thấy, thành phần hoá học của sản phẩm gần tương đồng với mẫu chế biến từ malt. Như vậy việc điều khiển quá trình đường hoá theo thiết kế sản phẩm được coi là thành công. Tuy nhiên sản phẩm nhận được trong trường hợp này mang hương vị đặc trưng của nguyên liệu ngô.

**3.8.2. Tạo sản phẩm đồ uống lên men lactic từ ngô**

Với mục đích tạo sản phẩm đồ uống có hàm lượng dinh dưỡng cao, đồng thời có hương vị đặc trưng của lên men lactic. Chúng tôi thiết kế mẫu dịch đường có hàm lượng đường khử đạt giá trị cực đại.

Để đạt được mục đích này, trở lại các kết quả nghiên cứu trên cho thấy phương án đường hóa bằng AMG sẽ đáp ứng được mục tiêu cần đạt, nên được áp dụng cho nghiên cứu này. Tiến hành đường hoá dịch bột ngô ở điều kiện pH 4,8; nhiệt độ 58°C; lượng AMG 0,24% (CKNL), khi đó dịch đường sẽ có tỷ lệ dextrin đạt 3,0%, glucoza đạt 86,7% (CHT). Cơ cấu dịch đường đáp ứng được mục tiêu cho công nghệ sản xuất [42], [98].

Sau khi có dịch đường, chúng tôi sử dụng kết quả nghiên cứu về điều kiện lên men lactic đã được công bố [20], [42] để tiến hành lên men. Kết thúc lên men lọc dịch và phân tích một số chỉ tiêu chất lượng của sản phẩm.

**Bảng 3.43: Một số chỉ tiêu chất lượng của sản phẩm đồ uống dinh dưỡng lên men lactic từ ngô**

Chỉ tiêu chất lượng		Chỉ số
Chỉ tiêu hoá, lý	Axit hữu cơ tổng (g/l)	1,98
	pH	4,30
	Đường sót (g/l)	58,20
	Đạm tổng số (g/l)	0,90
	Đạm amin (mg/l)	19,0
Cảm quan	Vị	Chua nhẹ, ngọt dịu
	Màu	Vàng nhạt
	Trạng thái	Trong
	Hương	Thơm mùi ngô lẫn hương lên men chua
Vi sinh vật	Tổng số vi sinh vật hiếu khí (CFU/ml)	$5.10^1$
	Tổng số <i>Coliforms</i> , CFU/ml (37°C/48h)	Không phát hiện
	<i>Staphylococcus aureus</i> , TB/ml	Không phát hiện
	<i>Bacillus cereus</i> , CFU/ml	Không phát hiện
	<i>E.coli</i> , TB/ml	Không phát hiện

Chúng tôi thăm dò ý kiến của người dùng về khả năng chấp nhận sản phẩm. Phép điều tra được tiến hành bằng phiếu điểm thị hiếu (thang điểm 10) đối với 3 chỉ tiêu cảm quan: màu, hương, vị và đánh giá về mức độ ưa thích chung. Kết quả cho phép kết luận: hương và màu đóng vai trò quyết định tính hấp dẫn của sản phẩm. Sản phẩm được người sử dụng chấp nhận, tuy nhiên ở mức độ ưa thích khác nhau, phụ thuộc vào giới tính.

## KẾT LUẬN

- Xác định được quy trình thích hợp để hồ hóa bột ngô, có sự trợ giúp của chế phẩm thương mại Termamyl 120L với liều lượng 0,05% chất khô nguyên liệu, gồm hai giai đoạn: Hồ hoá sơ bộ hỗn hợp dịch bột ngô có tỷ lệ bột/nước = 1/4; ở 95°C trong 10 phút. Sau đó gia nhiệt bằng cách hấp ở áp lực 1,5 KG/cm<sup>2</sup> trong thời gian 10 phút.
- Khảo sát được động thái của quá trình đường hóa bột ngô khi sử dụng độc lập các chế phẩm enzym Termamyl 120L, FUN, AMG, qua đó cho thấy điều kiện và tác nhân thuỷ phân làm thay đổi đáng kể cơ cấu dịch đường hoá:
  - + Sử dụng chế phẩm enzym Termamyl 120L: nồng độ cơ chất là 24%CK; liều lượng chế phẩm 0,3% CKNL; pH 5,2 cho cơ cấu dịch đường hoá có tỷ lệ dextrin đạt cực tiểu là 66%, cực đại 70,7%; tỷ lệ glucoza đạt cực đại là 26,2% và cực tiểu 21,4%. Tỷ lệ maltoza hầu như ổn định và dao động trong giới hạn từ 5,3 - 6,3%.
  - + Glucoza đạt cực đại 86,7% khi đường hoá bằng AMG trong điều kiện đường hóa: pH 4,8, thời gian 23 giờ, nhiệt độ 58°C, liều lượng AMG 0,24% CK, còn cực tiểu là 5,5% với FUN trong điều kiện đường hóa: thời gian 36 giờ, nhiệt độ 55°C, liều lượng FUN 0,15% lượng CK, pH 5,0.
  - + Maltoza đạt cực đại 69,4% khi sử dụng FUN trong điều kiện đường hóa: thời gian 36 giờ, nhiệt độ 55°C, liều lượng FUN 0,15% CK, pH 5,0 và đạt cực tiểu 5,9% ở điều kiện đường hóa khi sử dụng Termamyl 120L nêu trên.



+ Dextrin đạt cực tiểu là 3,0 % khi sử dụng AMG trong điều kiện đường hóa: thời gian 23 giờ, nhiệt độ 58°C, liều lượng chế phẩm 0,24% (CKNL), pH 4,8; đạt cực đại 70,7% khi đường hóa bằng termamyl trong điều kiện nêu trên.

+ Khi có sự đồng tác động của hai chế phẩm FUN và AMG thì cơ cấu dịch đường có tỷ lệ dextrin đạt cực đại 16,57% và cực tiểu là 3,0% (so với chất hoà tan của dịch đường). Tỷ lệ glucoza đạt cực đại 53,56%; cực tiểu 38,12%; Tỷ lệ maltoza đạt cực đại 54,24% và cực tiểu 41,57%.

3. Đã xây dựng được 3 mô hình toán học (dạng hàm hồi quy) mô tả quá trình thủy phân bột ngô thành các sản phẩm glucoza, maltoza và dextrin khi sử dụng độc lập chế phẩm AMG, FUN và khi sử dụng kết hợp hai chế phẩm (FUN + AMG) trong điều kiện công nghệ cụ thể:

- Sử dụng chế phẩm AMG để đường hóa dịch bột ngô cho dịch thủy phân có tỷ lệ dextrin đạt thấp nhất với giá trị 3%, trong điều kiện đường hóa thời gian 23 giờ, pH 4,8, nhiệt độ 58°C, liều lượng AMG 0,24% (lượng CKNL):

**Mô hình:**  $y = 13,2 + 1,1 \hat{x}_1 - 1,8 \hat{x}_2 + 4,7 \hat{x}_3 - 1,1 \hat{x}_4$

- Sử dụng độc lập chế phẩm FUN để đường hóa dịch bột ngô:

Liều lượng chế phẩm FUN ( $x_1$ ): [0,05 ÷ 0,15], %

Nhiệt độ ( $x_2$ ): [50 ÷ 60], °C

Thời gian đường hóa ( $x_3$ ): [12÷36], giờ

**Mô hình:**  $y_1 = 40,75 x_1 + 0,056x_2 + 0,146x_3$

$$y_2 = 127,04x_1 + 0,63x_2 + 0,36x_3$$

$$y_3 = -99,5x_1 + 0,79x_2 - 0,32x_3$$

- Sử dụng kết hợp hai chế phẩm FUN và AMG để đường hóa dịch bột ngô:

Liều lượng chế phẩm AMG ( $x_1$ ): [0,05 ÷ 0,15], %

Liều lượng chế phẩm FUN ( $x_2$ ): [0,05 ÷ 0,15], %

Thời gian đường hóa ( $x_3$ ): [3÷18], giờ

**Mô hình:**

$$\hat{y}_1 = 47,11 + 3x_1 + 0,49x_2 + 3,86x_3 - 0,073x_1x_2 + 0,064x_1x_3 - 0,35x_2x_3$$

$$\hat{y}_2 = 46,39 - 2,33x_1 - 1,36x_2 - 0,074x_3 + 0,072x_1x_2 - 0,85x_1x_3 - 0,99x_2x_3$$

$$\hat{y}_3 = 5,24 - 1,25x_1 - 1,18x_2 - 2,99x_3 + 0,31x_1x_2 + 1,58x_1x_3 + 1,46x_2x_3$$

4. Sử dụng các mô hình toán đã xây dựng được làm công cụ giải một số bài toán công nghệ để điều khiển quá trình thủy phân bột ngô bằng chế phẩm enzyme thương mại, khi cơ cấu sản phẩm thủy phân cần đạt yêu cầu công nghệ đã định trước (dịch thủy phân có tỷ lệ các đường glucoza, maltoza, dextrin với giá trị cho trước).

5. Tạo được 2 sản phẩm đồ uống lên men độ cồn thấp và đồ uống lên men lactic từ dịch đường hóa sau khi đã điều khiển kết thúc quá trình thủy phân bột ngô để có dịch đường với cơ cấu thành phần phù hợp theo yêu cầu công nghệ đối với hai sản phẩm trên. Các sản phẩm sản xuất ở quy mô thực nghiệm, có chất lượng cảm quan được chấp nhận, đảm bảo tiêu chuẩn vệ sinh thực phẩm:

- Điều kiện công nghệ tạo sản phẩm đồ uống lên men có độ cồn thấp:

Lên men với chủng *nấm men Saccharomyces cerevisiae Y7028*, nhiệt độ 16°C; thời gian 48 giờ, nấm men ban đầu 1gam/l; nồng độ dịch đường 10,6%; tàng trữ 72 giờ ở 1°C; pH ban đầu 5,6. Sản phẩm có hàm lượng cồn 0,58%, hương ngô thơm dịu, vị ngọt nhẹ.

- Điều kiện công nghệ tạo sản phẩm đồ uống lên men lactic:

Sử dụng chủng vi khuẩn lactic *Pediococcus pentosaceus* KC4, nhiệt độ 35<sup>0</sup>C; nồng độ dịch đường 12<sup>0</sup>S; tỷ lệ giống 1,5% thể tích dịch lên men; thời gian 12 giờ; pH ban đầu 6,0. Sản phẩm có vị chua nhẹ, ngọt dịu, màu vàng nhạt, thơm mùi ngô lẫn hương lên men chua.