

สารบัญ

| หัวข้อ | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อ | (5) |
| ABTRACT | (6) |
| กิตติกรรมประกาศ | (7) |
| สารบัญ | (8) |
| สารบัญตาราง | (10) |
| สารบัญภาพ | (11) |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 บทนำต้นเรื่อง | 1 |
| 1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 2 |
| 1.2.1 เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนส์ | 2 |
| 1.2.2 ข้าวเกรียบปลา | 6 |
| 1.2.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัส | 7 |
| 1.2.4 การวิเคราะห์ทางเคมี | 8 |
| 1.2.5 การวิเคราะห์จุลินทรีย์ | 9 |
| 1.3 วัตถุประสงค์ | 10 |
| บทที่ 2 ทฤษฎี | 11 |
| 2.1 ข้าวเกรียบปลา (Fish Cracker) | 11 |
| 2.1.1 ส่วนผสมหลักของข้าวเกรียบปลา | 11 |
| 2.1.2 กระบวนการผลิตข้าวเกรียบปลาแบบสด | 13 |
| 2.1.3 การเสื่อมเสียของข้าวเกรียบปลาสดแบบสด | 15 |
| 2.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดแบบสด | 16 |
| 2.2 ระบบวัดรังสีแกมมาด้วยหัววัดแบบสารกึ่งตัวนำชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง | 17 |
| 2.3 การฉายรังสีอาหาร | 19 |
| 2.3.1 แหล่งของรังสี | 20 |
| 2.3.2 ระดับการฉายรังสี | 23 |
| 2.3.3 กลไกการเกิดปฏิกิริยาของการฉายรังสีอาหาร | 25 |
| 2.3.4 การเปลี่ยนแปลงทางคุณค่าโภชนาการ | 28 |
| 2.3.5 การประยุกต์ใช้รังสีทางการค้า | 32 |
| 2.3.6 กฎหมายเกี่ยวกับการฉายรังสีอาหาร | 33 |
| 2.4 หลักการพื้นฐานของเทอร์โมลูมิเนสเซนส์ | 34 |

| | |
|---|----|
| บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง | 39 |
| 3.1 วัสดุ วัสดุดิบ สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ | 39 |
| 3.1.1 วัสดุดิบ | 39 |
| 3.1.2 สารเคมี | 39 |
| 3.1.3 วัสดุ อุปกรณ์ | 39 |
| 3.1.4 เครื่องมือ | 39 |
| 3.2 วิธีการทดลอง | 40 |
| 3.2.1 ศึกษาผลของรังสีแกมมาคุณภาพการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาแบบสด | 40 |
| 3.2.2 ขั้นตอนการฉายรังสีและตรวจวัดปริมาณรังสีด้วยระบบวัดรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ที่ระดับความแรงต่างๆ | 46 |
| 3.2.3 ขั้นตอนทดสอบลักษณะการตอบสนองของรังสีด้วยสัญญาณเทอร์โมลูมิเนส- เซนต์ เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการตอบสนองที่ระดับความแรงรังสีต่างๆ | 46 |
| บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง | 47 |
| 4.1 ศึกษาผลของรังสีแกมมาคุณภาพการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) | 47 |
| 4.1.1 คุณภาพทางเคมี | 47 |
| 4.1.2 คุณภาพทางกายภาพ | 56 |
| 4.1.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ | 60 |
| 4.1.4 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส | 66 |
| 4.2 ตรวจวัดปริมาณรังสีด้วยระบบวัดรังสีแกมมาด้วยหัววัด HPGe ของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ฉายรังสีที่ระดับความแรงต่างๆ | 69 |
| 4.3 การตอบสนองต่อปริมาณรังสีของข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนส์ | 73 |
| 4.3.1 กราฟ Glow Curve | 73 |
| 4.3.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Glow Fit และกราฟปรับเทียบ (Calibration Curve) | 75 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | 79 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย | 79 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 80 |
| บรรณานุกรม | 81 |
| ภาคผนวก ก | 96 |
| ภาคผนวก ข | 90 |
| ประวัติผู้เขียน | 96 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|--|------|
| 2.1 | ค่า Water activity ต่ำสุดสำหรับการการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร | 17 |
| 2.2 | ปริมาณรังสีที่แนะนำให้ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ | 25 |
| 2.3 | ปริมาณของรังสีที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์บางชนิดเมื่อผ่านการให้รังสี | 30 |
| 4.1 | แสดงผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสด ฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ | 49 |
| 4.2 | แสดงผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ | 52 |
| 4.3 | แสดงผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าทีพีเอชของข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ ตามลำดับ | 55 |
| 4.4 | แสดงผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสีที่ (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ | 63 |
| 4.5 | การประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาแบบสดหนึ่งโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale | 66 |
| 4.6 | การประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาแบบสดทอดโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale | 67 |
| 4.7 | แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Glow Fit | 76 |

สารบัญญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 ขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบปลาแบบสด | 14 |
| 2.2 หัววัดรังสีชนิดสารกึ่งตัวนำชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง | 18 |
| 2.3 หัววัดรังสีชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (High-Purity Germanium: HPGe) | 19 |
| 2.4 สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า | 21 |
| 2.5 a) การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ b) การรวมตัวกันของอนุมูลอิสระ | 26 |
| 2.6 เครื่องหมาย Radura บนผลิตภัณฑ์อาหารฉายรังสี | 34 |
| 2.7 แสดงการเกิดลูมิเนสเซนซ์ของผลึก | 35 |
| 2.8 หลักการการทำงานของเครื่องกำเนิดสัญญาณการตอบสนองเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ | 36 |
| 2.9 กราฟระหว่างความเข้มกับอุณหภูมิจะได้กราฟความสัมพันธ์ที่เรียกว่า “Glow-Curve” | 37 |
| 2.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับปริมาณรังสีที่ได้จากวิธี Additive | 37 |
| 3.1 ขั้นตอนการตรวจวัดปริมาณความชื้น | 41 |
| 3.2 ขั้นตอนการตรวจวัดปริมาณความเค็ม | 42 |
| 3.3 การตรวจวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter | 43 |
| 3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าการหืน | 44 |
| 3.5 ขั้นตอนการวัดการเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* , a^* , b^* โดยใช้เครื่อง Mimi hunter | 45 |
| 4.1 ผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ ตามลำดับ ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 30 วัน | 48 |
| 4.2 ผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ ตามลำดับ ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 30 วัน | 51 |
| 4.3 ผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอชของข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ ตามลำดับ ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 30 วัน | 54 |
| 4.4 ผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของข้าวเกรียบปลาแบบสด ไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสด รังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ บริเวณผิวหน้าของตัวอย่าง (รูปที่ 4.16A-C) และบริเวณด้านในชั้นตัวอย่าง (รูปที่ 4.16D-F) ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 30 วัน | 59 |

- 4.5 ผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ ตามลำดับ ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 30 วัน 61
- 4.6 สเปกตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดก่อนฉายรังสีแกมมา 69
- 4.7 สเปกตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสีแกมมาที่ 1 กิโลเกรย์ 70
- 4.8 สเปกตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสีแกมมาที่ 2 กิโลเกรย์ 70
- 4.9 สเปกตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสีแกมมาที่ 3 กิโลเกรย์ 71
- 4.10 สเปกตรัมรังสีแกมมาที่ระดับโดสต่างๆ ของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) 72
- 4.11 กราฟการตอบสนองของสัญญาณเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ของข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) เมื่อได้รับรังสีที่ระดับต่างๆ 74
- 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Glow Fit 75
- 4.13 กราฟเปรียบเทียบ (Calibration Curve) ที่รังสีระดับต่างๆ ของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส 76
- 4.14 กราฟเปรียบเทียบ (Calibration Curve) ที่รังสีระดับต่างๆ ของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส 77
- 4.15 กราฟเปรียบเทียบ (Calibration Curve) ที่รังสีระดับต่างๆ ของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ที่อุณหภูมิ 225 องศาเซลเซียส 77
- 4.16 กราฟเปรียบเทียบ (Calibration Curve) ที่รังสีระดับต่างๆ ของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส 78
- 4.17 กราฟเปรียบเทียบ (Calibration Curve) ที่รังสีระดับต่างๆ ของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ที่อุณหภูมิ 275 องศาเซลเซียส 78