

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| สารบัญตาราง | ฎ |
| สารบัญภาพ | ฐ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| ที่มาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 6 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 7 |
| ขอบเขตของการวิจัย | 7 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 8 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง | 62 |
| วัสดุอุปกรณ์ | 62 |
| วิธีการทดลอง | 66 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ | 79 |
| ตอนที่ 1 การพัฒนาสูตรเบื้องต้นของแผ่นข้าวอบกรอบโดยไมโครเวฟ | 79 |
| ตอนที่ 2 ปริมาณอะไมโลสที่มีต่อคุณสมบัติความกรอบและปริมาณอะไมโลส ที่มีเหมาะสมต่อการแปรรูปแผ่นข้าวอบกรอบโดยไมโครเวฟ | 103 |

| | หน้า |
|---|------|
| ตอนที่ 3 แนวทางในการพัฒนากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสม ของแผ่นข้าวอบกรอบโดยไม่โครเวฟ | 106 |
| ตอนที่ 4 คุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและการยอมรับโดยรวม ของผู้ทดสอบชิม | 131 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | 138 |
| สรุปผลการทดลอง | 138 |
| ข้อเสนอแนะ | 141 |
| เอกสารอ้างอิง | 142 |
| ภาคผนวก | 150 |
| ภาคผนวก ก ภาพประกอบการแปรรูปแผ่นข้าวอบกรอบโดยไม่โครเวฟ | 151 |
| ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส | 156 |
| ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพ | 161 |
| ประวัติผู้เขียน | 177 |

สารบัญตาราง

| ตาราง | หน้า |
|---|------|
| 1.1 ผลผลิตข้าวของประเทศผู้ผลิตข้าวที่สำคัญ | 2 |
| 1.2 ส่วนแบ่งการตลาดของอาหารเข้าจากรัฐชาติในประเทศไทยแบ่งตามกลุ่มอายุของผู้บริโภค | 4 |
| 1.3 ความนิยมของผู้บริโภคที่มีต่อรสชาติของอาหารเข้าจากรัฐชาติในประเทศไทยแบ่งตามกลุ่มอายุของผู้บริโภค | 4 |
| 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของธัญชาติหน่วยเป็นกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง | 9 |
| 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารเข้าจากรัฐชาติ | 18 |
| 2.3 คุณสมบัติที่สำคัญของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน | 25 |
| 2.4 องค์ประกอบของแป้งชนิดต่างๆ | 26 |
| 2.5 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งข้าวเจ้า | 28 |
| 2.6 สีของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวก่อนและหลังให้ความร้อน | 30 |
| 2.7 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งข้าวเหนียว | 30 |
| 2.8 องค์ประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์นมผง | 35 |
| 2.9 คุณสมบัติด้านไดอะสแตซิซของอาหาร | 40 |
| 2.10 ค่า E'' ของอาหารที่ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ 2,450 เมกะเฮิร์ต | 41 |
| 2.11 การประยุกต์ใช้ระบบไมโครเวฟกับอาหาร | 53 |
| 2.12 การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในระดับอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร | 55 |
| 3.1 แผนการทดลองที่ใช้ในการกลั่นกรองหาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของแผ่นข้าวอบกรอบ | 69 |
| 3.2 ระดับสูงและระดับต่ำของปัจจัยทดลอง | 70 |
| 3.3 แผนการทดลองที่ใช้ในการศึกษาผลของปริมาณอะไมโลสที่มีต่อความกรอบ | 71 |
| 3.4 แผนการทดลองที่ใช้ในการหาอุณหภูมิและระยะเวลาในการนึ่งโดและหาระดับพลังงานความร้อนจากไมโครเวฟและเวลาที่เหมาะสม | 73 |
| 3.5 สิ่งทดลองที่ใช้ในการเปรียบเทียบความคงตัวในน้ำมันของแผ่นข้าวอบกรอบ | 75 |

| ตาราง | หน้า |
|---|------|
| 4.1 ผลทางประสาทสัมผัสของแผ่นข้าวอบกรอบก่อนการพัฒนา | 81 |
| 4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นข้าวอบกรอบในการกลั่นกรองหาปัจจัยทดลองที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของแผ่นข้าวอบกรอบ | 82 |
| 4.3 ค่าแรงด้านการเจาะทะลุและปริมาณความชื้นของแผ่นข้าวอบกรอบในการกลั่นกรองหาปัจจัยทดลองที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของแผ่นข้าวอบกรอบ | 83 |
| 4.4 ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของแผ่นข้าวอบกรอบในการกลั่นกรองหาปัจจัยทดลองที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของแผ่นข้าวอบกรอบ | 83 |
| 4.5 อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของแผ่นข้าวอบกรอบ | 88 |
| 4.6 อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแผ่นข้าวอบกรอบ | 89 |
| 4.7 ผลของปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อคุณลักษณะของแผ่นข้าวอบกรอบ | 90 |
| 4.8 แผนการทดลองที่ใช้ในการหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยทดลอง | 92 |
| 4.9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นข้าวอบกรอบในการหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยทดลอง | 92 |
| 4.10 ค่าแรงด้านการเจาะทะลุและปริมาณความชื้นของแผ่นข้าวอบกรอบในการหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยทดลอง | 93 |
| 4.11 ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของแผ่นข้าวอบกรอบในการหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยทดลอง | 93 |
| 4.12 ค่าแรงด้านการเจาะทะลุและปริมาณความชื้นของโดในการศึกษาผลของปริมาณอะไมโลสที่มีต่อความกรอบ | 103 |
| 4.13 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นข้าวอบกรอบในการหาอุณหภูมิและระยะเวลาในการนึ่งโดที่เหมาะสม | 106 |
| 4.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นข้าวอบกรอบในการหาความหนาของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม | 113 |
| 4.15 ปริมาณความชื้นของโดที่เวลาการทำแห้งที่ 0 ถึง 120 นาที | 115 |
| 4.16 ผลค่าแรงด้านการเจาะทะลุของแผ่นข้าวอบกรอบในการหาเวลาในการอบโดเพื่อให้ได้ความชื้นของโดที่เหมาะสม | 116 |

| ตาราง | หน้า |
|---|------|
| 4.17 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นข้าวอบกรอบในการหาระดับพลังงานความร้อนจากไมโครเวฟและเวลาที่เหมาะสม | 117 |
| 4.18 ค่าแรงต้านการเจาะทะลุและปริมาณความชื้นของแผ่นข้าวอบกรอบในการหาระดับพลังงานความร้อนจากไมโครเวฟและเวลาที่เหมาะสม | 117 |
| 4.19 ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของของแผ่นข้าวอบกรอบในการหาระดับพลังงานความร้อนจากไมโครเวฟและเวลาที่เหมาะสม | 118 |
| 4.20 ผลการทดสอบชิมทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานของแผ่นข้าวอบกรอบเคลือบคาราเมลในระดับต่างๆ | 127 |
| 4.21 ผลความคงตัวในน้ำมันของผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ | 128 |
| 4.22 คุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลชีววิทยาของแผ่นข้าวอบกรอบที่แปรรูปโดยไมโครเวฟ | 132 |
| 4.23 ผลการทดสอบชิมทางประสาทสัมผัสของแผ่นข้าวอบกรอบหลังการพัฒนา | 133 |
| 4.24 ผลการเปรียบเทียบค่าทางประสาทสัมผัสระหว่างผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบต้นแบบและผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบในอุดมคติของผู้ทดสอบชิม | 134 |
| 4.25 ผลการเปรียบเทียบค่าทางประสาทสัมผัสระหว่างผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบสุดท้ายและผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบในอุดมคติของผู้ทดสอบชิม | 135 |
| 4.26 ค่าแรงต้านการเจาะทะลุของแผ่นข้าวอบกรอบในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนตเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส | 136 |
| ค.1 ตารางมาตรฐานในการหาน้ำตาลอินเวอร์ตสำหรับสารละลาย Fehling 10 มิลลิลิตร | 165 |
| ค.2 การเจือจางสารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลส | 168 |
| ค.3 ตารางแมคคราดี | 174 |

สารบัญภาพ

| ภาพ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 ผลผลิตธัญชาติรวมทั้งโลก | 9 |
| 2.2 กระบวนการแปรรูปอาหารเข้าสำเร็จรูปจากข้าวสาลีแบบแผ่นบาง | 14 |
| 2.3 ลักษณะเครื่องอัดอาหารเข้าจากธัญชาติแบบพองกรอบ | 14 |
| 2.4 กระบวนการแปรรูปอาหารเข้าจากธัญชาติพร้อมบริโภคนึ่งแบบเป็นชิ้น | 15 |
| 2.5 โครงสร้างของอะไมโลส | 23 |
| 2.6 ลักษณะของเกลียวอะไมโลส | 23 |
| 2.7 โครงสร้างของอะไมโลเพกติน | 24 |
| 2.8 ลักษณะโครงสร้างของอะไมโลเพกตินที่ประกอบด้วยส่วนผลึกและส่วนอสัณฐาน | 25 |
| 2.9 ระยะเวลาการเกิดเจลลิตินในซีเซชันของเม็ดแป้ง | 27 |
| 2.10 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวไม่แห้ง แป้งไม้น้ำและแป้งไม่ผสม | 29 |
| 2.11 การให้ความร้อนแก่อาหาร | 42 |
| 2.12 การหมุนตัวของสารประกอบมีประจุเนื่องจากคลื่นไมโครเวฟ | 43 |
| 2.13 การสะท้อนกลับ การส่งผ่านและการดูดซึมของคลื่นไมโครเวฟ | 47 |
| 2.14 ภาพตัดขวางแสดงส่วนประกอบของแมกนีตรอน | 49 |
| 2.15 โครงสร้างภายในเตาอบไมโครเวฟ | 49 |
| 4.1 แผนภาพเค้าโครงผลิตภัณฑ์ต้นแบบของแผ่นข้าวอบกรอบ | 81 |
| 4.2 แผนภาพเค้าโครงผลิตภัณฑ์ทดลองที่ 1.2.1-1.2.6 ของแผ่นข้าวอบกรอบ ในการกลั่นกรองหาปัจจัยทดลองที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของแผ่นข้าว อบกรอบ | 84 |
| 4.3 แผนภาพเค้าโครงผลิตภัณฑ์ทดลองที่ 1.2.7-1.2.12 ของแผ่นข้าวอบกรอบ ในการกลั่นกรองหาปัจจัยทดลองที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของแผ่นข้าว อบกรอบ | 84 |

| ภาพ | หน้า |
|--|------|
| 4.4 แผนภาพเค้าโครงผลิตภัณฑ์สิ่งทดลองที่ 1.3.1-1.3.6 ของแผ่นข้าวอบกรอบ ในการหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยทดลอง | 94 |
| 4.5 แผนภาพเค้าโครงผลิตภัณฑ์สิ่งทดลองที่ 1.3.7-1.3.11 ของแผ่นข้าวอบกรอบ ในการหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยทดลอง | 94 |
| 4.6 พื้นที่การตอบสนองของปริมาณความชื้นเมื่อใช้ปริมาณมอลต์สกัดต่างกัน ตามสมการ 4.2 | 96 |
| 4.7 พื้นที่การตอบสนองของค่าแรงต้านการเจาะทะลุเมื่อใช้ปริมาณมอลต์สกัด ต่างกันตามสมการ 4.3 | 97 |
| 4.8 พื้นที่การตอบสนองของค่าสีเหลือง (b) เมื่อใช้ปริมาณมอลต์สกัดต่างกัน ตามสมการ 4.4 | 98 |
| 4.9 พื้นที่การตอบสนองของความกรอบเมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวเหนียวต่างกัน ตามสมการ 4.5 | 99 |
| 4.10 พื้นที่การตอบสนองของความเหนียวเมื่อใช้ปริมาณเลซิตินต่างกันตาม สมการ 4.6 | 100 |
| 4.11 พื้นที่การตอบสนองของการยอมรับโดยรวมเมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวเหนียว ต่างกันตามสมการ 4.7 | 101 |
| 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลสและค่าแรงต้านการเจาะทะลุของ แผ่นข้าวอบกรอบ | 104 |
| 4.13 แผนภาพเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของแผ่นข้าวอบกรอบในการหาอุณหภูมิ และระยะเวลาในการนึ่งโดที่เหมาะสม | 107 |
| 4.14 พื้นที่การตอบสนองของสีเหลืองเมื่อใช้อุณหภูมิในการนึ่งโดต่างกันตาม สมการ 4.8 | 108 |
| 4.15 พื้นที่การตอบสนองของความกรอบเมื่อใช้อุณหภูมิในการนึ่งโดต่างกันตาม สมการ 4.9 | 109 |
| 4.16 พื้นที่การตอบสนองของความเหนียวเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการนึ่งโด ต่างกันตามสมการ 4.10 | 110 |
| 4.17 พื้นที่การตอบสนองของการยอมรับโดยรวมเมื่อใช้อุณหภูมิในการนึ่งโด ต่างกันตามสมการ 4.11 | 111 |

| ภาพ | หน้า |
|---|------|
| 4.18 แผนภาพเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของแผ่นข้าวอบกรอบในการหาความหนาของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม | 113 |
| 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของโดและเวลาในการทำแห้ง | 114 |
| 4.20 แผนภาพเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของแผ่นข้าวอบกรอบในการหาระดับพลังงานความร้อนจากไมโครเวฟและเวลาที่เหมาะสม | 118 |
| 4.21 พื้นที่การตอบสนองของปริมาณความชื้นเมื่อใช้ระดับพลังงานความร้อนจากไมโครเวฟและเวลาในการอบแผ่นข้าวอบกรอบต่างกันตามสมการ 4.12 | 120 |
| 4.22 พื้นที่การตอบสนองของค่าแรงต้านการเจาะทะลุเมื่อใช้ระดับพลังงานความร้อนจากไมโครเวฟและเวลาในการอบแผ่นข้าวอบกรอบต่างกันตามสมการ 4.13 | 121 |
| 4.23 พื้นที่การตอบสนองของค่าสีเหลือง (b) เมื่อใช้เวลาในการอบแผ่นข้าวอบกรอบต่างกันตามสมการ 4.14 | 122 |
| 4.24 พื้นที่การตอบสนองของสีเหลืองเมื่อใช้ระดับพลังงานความร้อนจากไมโครเวฟในการอบแผ่นข้าวอบกรอบต่างกันตามสมการ 4.15 | 123 |
| 4.25 พื้นที่การตอบสนองของความกรอบเมื่อใช้ระดับพลังงานความร้อนจากไมโครเวฟและเวลาในการอบแผ่นข้าวอบกรอบต่างกันตามสมการ 4.16 | 124 |
| 4.26 พื้นที่การตอบสนองของการยอมรับโดยรวมเมื่อใช้ระดับพลังงานความร้อนจากไมโครเวฟและเวลาในการอบแผ่นข้าวอบกรอบต่างกันตามสมการ 4.17 | 125 |
| 4.27 ความคงตัวในน้ำมันของแผ่นข้าวอบกรอบที่เคลือบคาราเมลในระดับต่างๆ | 129 |
| 4.28 แผนภาพเค้าโครงผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบหลังการพัฒนา | 133 |
| 4.29 ค่าแรงต้านการเจาะทะลุของแผ่นข้าวอบกรอบเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส | 137 |
| ก.1 วัตถุประสงค์ในการแปรรูปแผ่นข้าวอบกรอบ | 152 |
| ก.2 การผสมโด | 152 |
| ก.3 การรีดโดโดยเครื่องรีดบะหมี่ให้โดหนา 0.5 มิลลิเมตร | 153 |
| ก.4 การลดปริมาณความชื้นของโดด้วยเตาอบแบบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 11 นาที เพื่อให้โดมีปริมาณความชื้นร้อยละ 20.39 | 153 |

| ภาพ | หน้า |
|--|------|
| ก.5 โดตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดกว้างและยาว 1.5 เซนติเมตร ก่อนผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟ | 154 |
| ก.6 การอบโดโดยเตาอบไมโครเวฟด้วยระดับพลังงานความร้อนจากไมโครเวฟสูงสุด เป็นเวลา 75 วินาที | 154 |
| ก.7 โดตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดกว้างและยาว 1.5 เซนติเมตร หลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟ | 155 |
| ก.8 ผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบที่แปรรูปโดยไมโครเวฟ | 155 |
| ข.1 แบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ | 157 |
| ข.2 แบบทดสอบด้านประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ | 158 |