

สารบัญ

| | หน้า |
|------------------------------------------------------------|------|
| กิตติกรรมประกาศ | ก |
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญภาพ | ฐ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 3 |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| 1.4 ขอบเขตการวิจัย | 4 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 5 |
| 2.1 ข้าวกล้อง (brown rice) | 5 |
| 2.2 ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice) | 6 |
| 2.3 กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (gamma-aminobutyric acid, GABA) | 7 |
| 2.4 อาหารเช้าธัญพืช (breakfast cereal) | 12 |
| 2.5 กระบวนการเอกซ์ทรูชัน (extrusion process) | 14 |
| 2.6 ค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index, GI) | 24 |
| 2.7 สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล (Sugar substitutes) | 28 |
| 2.8 การประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร | 30 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง | 35 |
| 3.1 วัตถุประสงค์ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง | 35 |
| 3.2 วิธีการทดลอง | 38 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล | 49 |
| 4.1 การศึกษาสภาวะการแช่ต่อผลคุณภาพของแป้งข้าวกล้องงอก | 49 |
| 4.2 การศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าว กล้องงอกโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน | 55 |
| 4.3 การศึกษากรรมวิธี การผลิตที่เหมาะสมต่อปริมาณ GABA ในผลิตภัณฑ์ อาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอกโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน | 68 |
| 4.4 ศึกษาอัตราส่วนและชนิดของน้ำตาลที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์อาหารเข้า ธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอกโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน | 78 |
| 4.5 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอกที่ พัฒนาได้ | 86 |
| 4.6 การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก | 89 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | 93 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 93 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 94 |
| เอกสารอ้างอิง | 95 |
| ภาคผนวก | 115 |
| ภาคผนวก ก แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตารางวิเคราะห์ทางสถิติ และภาพผลิตภัณฑ์ | 116 |
| ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางกายภาพ และเคมี | 121 |
| ประวัติผู้เขียน | 133 |

สารบัญตาราง

| ตาราง | หน้า | |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 | ค่า GI ในอาหารชนิดต่างๆ | 28 |
| 3.1 | สิ่งทดลองในการศึกษาผลของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการแช่ข้าวกล้องหอมมะลิแดง | 40 |
| 3.2 | สิ่งทดลองในการศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าวกล้องงอก เกล็ดข้าวโพด โปรตีนถั่วเหลืองสกัด ในผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก | 43 |
| 3.3 | สิ่งทดลองในการศึกษาผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ | 44 |
| 3.4 | สิ่งทดลองในการศึกษาผลของการทดแทนปริมาณซูโครสด้วยน้ำตาลไอโซมอลทูลอส | 46 |
| 4.1 | ค่า pH ปริมาณวิตามินบี 1 และกรดแกมมาอะมิโนบิวทริก (GABA) ในข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกที่แช่ในสภาวะต่างๆ | 50 |
| 4.2 | องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องงอกหอมมะลิแดงงอกที่สภาวะการแช่ที่ต่างกัน | 51 |
| 4.3 | Pasting properties ของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกที่สภาวะการแช่ที่ต่างกัน | 53 |
| 4.4 | ค่าการพองตัวและร้อยละการละลายของแป้งข้าวกล้องงอก | 55 |
| 4.5 | ผลของแป้งข้าวกล้องงอก เกล็ดข้าวโพด และ โปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอก | 56 |
| 4.6 | ผลของแป้งข้าวกล้องงอก เกล็ดข้าวโพด และ โปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอก | 58 |
| 4.7 | ผลของแป้งข้าวกล้องงอก เกล็ดข้าวโพด และ โปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอก | 60 |
| 4.8 | ผลของแป้งข้าวกล้องงอก เกล็ดข้าวโพด และ โปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอกก่อนผสมนม | 61 |
| 4.9 | ผลของแป้งข้าวกล้องงอก เกล็ดข้าวโพด และ โปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอกหลังผสมนม | 62 |
| 4.10 | สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์และค่าตอบสนองด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก | 63 |

| | | |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.11 | ผลของกระบวนการผลิตต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก | 69 |
| 4.12 | ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก | 71 |
| 4.13 | ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอก | 72 |
| 4.14 | ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอกก่อนผสมนม | 73 |
| 4.15 | ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอกหลังผสมนม | 74 |
| 4.16 | สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์และค่าตอบสนองด้านต่างๆ ในกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันของผลิตภัณฑ์ | 75 |
| 4.17 | ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพทางกายภาพ ที่คาดคะเนได้ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert 6.0 | 77 |
| 4.18 | ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพทางเคมี ที่คาดคะเนได้ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert 6.0 | 77 |
| 4.19 | ผลของอัตราส่วนและชนิดของน้ำตาลต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอก | 78 |
| 4.20 | ผลของอัตราส่วนและชนิดของน้ำตาลต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอก | 79 |
| 4.21 | ตัวแปรในโมเดลการทำนาย คัชนีไฮโดรไลซิส และค่าดัชนีน้ำตาลจากการทำนายของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกเมื่อทำการผันแปรอัตราส่วนของน้ำตาล | 81 |
| 4.22 | ผลของอัตราส่วนและชนิดของน้ำตาลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมอาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอกก่อนผสมนม (n = 50) | 82 |
| 4.23 | ผลของอัตราส่วนและชนิดของน้ำตาลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมอาหารเข้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องงอกหลังผสมนม (n = 50) | 82 |
| 4.24 | ทิศทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกที่ใช้น้ำตาลพาลาทีนร้อยละ 7 ก่อนผสมนม (n = 50) | 83 |

| | | |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.25 | ทิศทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกที่ใช้น้ำตาล พลาทีน ร้อยละ 10 ก่อนผสมนม (n = 50) | 83 |
| 4.26 | ทิศทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกที่ใช้น้ำตาล พลาทีน ร้อยละ 13 ก่อนผสมนม (n = 50) | 84 |
| 4.27 | ทิศทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกที่ใช้น้ำตาล พลาทีน ร้อยละ 7 หลังผสมนม (n = 50) | 84 |
| 4.28 | ทิศทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกที่ใช้น้ำตาล พลาทีน ร้อยละ 10 หลังผสมนม (n = 50) | 85 |
| 4.29 | ทิศทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกที่ใช้น้ำตาล พลาทีน ร้อยละ 13 หลังผสมนม (n = 50) | 85 |
| 4.30 | คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกที่ผ่านการ พัฒนาแล้ว | 87 |
| 4.31 | คุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกที่ ผ่านการพัฒนาแล้ว | 87 |
| 4.32 | ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเข้า ธัญพืชจากข้าวกล้องงอกที่ผ่านการพัฒนาทดสอบชิมก่อนผสมนมแล้วเปรียบเทียบกับ ผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกันในท้องตลาด (n = 200) | 88 |
| 4.33 | ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเข้า ธัญพืชจากข้าวกล้องงอกที่ผ่านการพัฒนาทดสอบชิมหลังผสมนมแล้วเปรียบเทียบกับ ผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกันในท้องตลาด (n = 200) | 88 |
| 4.34 | คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชหลังจากเก็บรักษาที่ สภาวะแตกต่างกัน | 90 |
| 4.35 | ผลของค่าแรงกดแตก และความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชหลังจากเก็บ รักษาที่สภาวะแตกต่างกัน | 90 |
| 4.36 | ค่าจากการคำนวณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แตกต่างกัน | 92 |

สารบัญภาพ

| รูป | หน้า |
|-----|------|
| 2.1 | 5 |
| 2.2 | 7 |
| 2.3 | 21 |
| 2.4 | 26 |
| 4.1 | 52 |
| 4.2 | 64 |
| 4.3 | 65 |
| 4.4 | 66 |
| 4.5 | 67 |
| 4.6 | 68 |
| 4.7 | 80 |
| 4.8 | 80 |
| 4.9 | 91 |

ที่อุณหภูมิตั้งที่ 25 องศาเซลเซียส

| | | |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ก.1 | ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกที่พัฒนาได้ | 120 |
| ข.1 | ภาพรูเปิดหน้าแปลน | 123 |
| ข.2 | ภาพรูปทรงของผลิตภัณฑ์ | 123 |
| ข.3 | ตัวอย่างกราฟ RVA ของตัวอย่างแป้งข้าวกล้องงอกที่สภาวะการแช่ต่างกัน | 124 |
| ข.4 | ตัวอย่างกราฟแสดงสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก | 131 |