สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

## การผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปและผลกระทบของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

## The production of instant germinated brown rice and effect of drying methods on quality of product

T137611

ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ
ดร.เจษฎา ชัยโฉม

RdH
ต 8748
2557

ตขหมู่.....
เลขทะเบียน 137611
วัน.เดือน.ปี 13 ก.ค. 2558

b 1269508
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ชื่อโครงการ** การผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปและผลกระทบของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

**แหล่งเงิน** งบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์

**ประจำปีงบประมาณ** พ.ศ. 2557 **จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน** 60,000 บาท

**ระยะเวลาทำการวิจัย** 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2556 ถึง 30 กันยายน 2557

**หัวหน้าโครงการวิจัย** ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**ผู้ร่วมโครงการวิจัย** ดร.เจษฎา ชัยโฉม
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจลศาสตร์ และอิทธิพลของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป วิธีการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปประกอบด้วย 1) การผลิตข้าวกล้องงอก 2) การหุงสุก และ 3) การอบแห้ง ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ปทุมธานี 1 แช่น้ำที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 4 h และบ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 20 h เพื่อให้เกิดการงอกบริเวณจมูกข้าว และนึ่งข้าวกล้องงอกที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 min หลังจากนั้นแช่น้ำที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 3 min และนึ่งอีกครั้งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 min เพื่อให้เกิดเจลาตินไนเซชั่นสมบูรณ์ ตัวอย่างถูกอบแห้งเพื่อลดปริมาณความชื้นจากเริ่มต้นประมาณ 111.59±0.72% d.b. จนกระทั่งเท่ากับ 12% d.b. ด้วยวิธีการอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80°C และด้วยวิธีการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 110, 130 และ 150°C จากการวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างหลังการอบแห้งพบว่า ค่าความขาว อัตราการดูดน้ำกลับ และอัตราการเพิ่มปริมาตรของตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 150°C มีค่ามากที่สุด แต่มีค่าความหนาแน่นรวมต่ำที่สุด เมื่อคืนรูปข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้วิธีไมโครเวฟพบว่าตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงมีค่าความแข็ง และความเหนียวลดลง แต่มีค่าเหล่านี้มากกว่าข้าวกล้องงอกหุงสุก ผลลัพธ์ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปมีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะภายนอก สี กลิ่น การยึดติดของเมล็ดข้าว เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมมากกว่าข้าวกล้องงอกหุงสุก และข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปมีปริมาณสารกาบ้ามากกว่าข้าวกล้องประมาณ 4.76 เท่า

**คำสำคัญ:** ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป, จลศาสตร์การอบแห้ง, ตู้อบลมร้อน, ฟลูอิไดซ์เบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Research Title:** The production of instant germinated brown rice and effect of drying methods on quality of product

**Researcher:** 1) Dr. Ekkapong Cheevitsopon
Department of Food Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
2) Dr. Jedsada Chaishome
Department of Food Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

## ABSTRACT

The objective of this research was to study the drying kinetics and the effect of drying methods on quality of instant germinated brown rice (IGBR). The processing of IGBR consists of 3 important operations: 1) production of germinated brown rice (GBR), 2) cooking, and 3) drying. Brown rice (Pathumthani 1) was soaked at 35°C for 4 h and incubated at 35°C for 20 h to facilitate germination. The GBR was steamed at 100°C for 5 min and soaked at 90°C for 7 min. The sample was re-steamed at 100°C for 5 min to achieve complete gelatinization. The GBR was dried to reduce the initial moisture content of 111.59±0.72% d.b. to the final moisture content of 12% d.b. using a hot-air oven at temperatures of 40, 60 and 80°C, and a fluidized-bed dryer at temperatures of 110, 130 and 150°C. Sample quality evaluation showed that the sample obtained with fluidized bed drying at 150°C had the highest values of whiteness, dehydration-ratio, and volume-increase, while the value of bulk density was lowest. When rehydrated using a microwave technique, the sample obtained at high drying temperature showed the decreasing hardness and stickiness, but these values were higher than that of the cooked GBR. From sensory test, the average scores of appearance, color, aroma, grain separation, texture, flavor and overall acceptance for the IGBR were higher than the cooked GBR. The GABA content in IGBR is approximately 4.76 times as compared to the initial GABA content in brown rice.

**Keywords:** instant germinated brown rice, a hot-air oven dryer, a fluidized-bed dryer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานดังกล่าวสำหรับงบประมาณในการทำวิจัยเรื่องนี้จนกระทั่งประสบผลสำเร็จทุกประการ

ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ

ดร.เจษฎา ชัยโฉม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **บทคัดย่อภาษาไทย** | I |
| **บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** | II |
| **กิตติกรรมประกาศ** | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VI |
| สารบัญภาพ | VII |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย | 2 |
| 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| **บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 4 |
| 2.1 แนวคิด และทฤษฎีหลัก | 4 |
| 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 9 |
| **บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย** | 14 |
| 3.1 การเตรียมข้าวกล้อง | 14 |
| 3.2 การทำข้าวกล้องงอก | 15 |
| 3.3 การทำข้าวกล้องงอกหุงสุก | 15 |
| 3.4 การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด | 16 |
| 3.5 การอบแห้งข้าวกล้องงอก | 22 |
| 3.6 การวิเคราะห์คุณภาพหลังการอบแห้ง | 23 |
| 3.7 การวิเคราะห์คุณภาพหลังการคืนรูป | 25 |
| 3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ | 27 |
| **บทที่ 4 ผลการทดสอบ** | 28 |
| 4.1 จลน์ศาสตร์ของการอบแห้ง | 28 |
| 4.2 คุณภาพหลังการอบแห้ง | 31 |
| 4.3 การคืนรูป | 35 |
| 4.4 คุณภาพหลังการคืนรูป | 35 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| **บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ** | 40 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย | 40 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 41 |
| **บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ** | 42 |
| **เอกสารอ้างอิง** | 43 |
| **ภาคผนวก** | |
| ภาคผนวก ก หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ | 44 |
| ภาคผนวก ข บทความประชุมวิชาการ | 48 |
| ภาคผนวก ค อนุสิทธิบัตร | 53 |
| ภาคผนวก ง สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย | 56 |
| **ประวัติผู้วิจัย** | 58 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 ปริมาณสารอาหารต่อข้าวดิบ 100 g ของข้าวขาวและข้าวกล้อง | 7 |
| 4.1 อัตราการทำแห้งของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนและฟลูอิไดซ์เบด | 31 |
| 4.2 ค่าความขาวของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนและแบบฟลูอิไดซ์เบด | 32 |
| 4.3 ค่าความหนาแน่นรวมของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนและแบบฟลูอิไดซ์เบด | 32 |
| 4.4 ค่าอัตราการดูดน้ำกลับของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน และแบบฟลูอิไดซ์เบด | 34 |
| 4.5 ค่าอัตราการเพิ่มปริมาตรของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนและแบบฟลูอิไดซ์เบด | 34 |
| 4.6 ค่าความขาวของข้าวกล้องงอกหุงสุกและข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูป | 36 |
| 4.7 เนื้อสัมผัสของข้าวกล้องงอกหุงสุกและข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูป | 37 |
| 4.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัส | 39 |
| 4.9 ปริมาณสารกาบ้าในข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป | 39 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว | 5 |
| 3.1 กระบวนการผลิตข้าวกล้อง | 14 |
| 3.2 กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก | 15 |
| 3.3 กระบวนการหุงสุกข้าวกล้องงอก | 16 |
| 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมกับความเร็วลม | 17 |
| 3.5 ส่วนประกอบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด | 18 |
| 3.6 พัดลมสำหรับเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด | 19 |
| 3.7 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ | 19 |
| 3.8 ระบบท่อลม | 20 |
| 3.9 ห้องอบแห้ง | 20 |
| 3.10 ช่องใส่วัตถุดิบ | 21 |
| 3.11 ช่องมองวัตถุดิบ | 21 |
| 3.12 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด | 22 |
| 3.13 เครื่องอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน | 22 |
| 3.14 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดสำหรับการทดลอง | 23 |
| 3.15 กระบวนการอบแห้งข้าวกล้องงอก | 23 |
| 3.16 เครื่องวัดสี | 24 |
| 3.17 กระบวนการทดสอบคุณภาพข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป | 25 |
| 3.18 การทดสอบแบบ Back extrusion | 26 |
| 3.19 การทดสอบค่าความแข็งและความเหนียว | 26 |
| 3.20 กระบวนการทดสอบคุณภาพข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป | 27 |
| 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน | 29 |
| 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นของการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด | 29 |
| 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งกับความชื้นของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน | 30 |
| 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งกับความชื้นของการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด | 21 |
| 4.5 การคืนรูปด้วยไมโครเวฟ | 35 |
| 4.6 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบด้านประสาทสัมผัส | 38 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยเฉพาะประเทศในภูมิภาคเอเชียนิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารหลักมากกว่าในภูมิภาคอื่น ๆ ของโลก การผลิต การบริโภคข้าวและการค้าข้าวส่วนใหญ่จึงอยู่ในบริเวณทวีปเอเชีย ประเทศที่มีบทบาทมากสุดในการส่งออกข้าวในปี พ.ศ. 2554 คือ ประเทศไทย มีปริมาณส่งออกข้าวปีละประมาณ 10 Metric ton เป็นสัดส่วนประมาณ 30 % ของการส่งออกข้าวทั้งหมดทั่วโลก คนไทยส่วนใหญ่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ข้าวที่นิยมบริโภคอยู่ในรูปข้าวขาว ซึ่งเป็นข้าวที่มีสารอาหารน้อยกว่าข้าวกล้อง เพราะข้าวขาวผ่านกระบวนการขัดสีทำให้รำข้าวและจมูกข้าวซึ่งเป็นส่วนที่อุดมไปด้วยโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ และเส้นใยอาหารที่สำคัญที่ร่างกายต้องการสูญเสียในกระบวนผลิตข้าวขาว ดังนั้นผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพจึงหันมาบริโภคข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ปัจจุบันนี้มีการพัฒนากระบวนการผลิตข้าวเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และมูลค่าทางเศรษฐกิจในรูปของข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice) เป็นแหล่งสะสมสารต่าง ๆ ที่สำคัญ เช่น แกมมาออริซานอล (gamma-oraznol) โทโคฟีรอล (Tocopherol) โทโคไตรอีนอล (Tocotrienol) และโดยเฉพาะ สารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด หรือที่รู้จักกันว่า สารกาบา (Gamma-aminobutyric acid, GABA) ที่เพิ่มขึ้นประมาณ 10 เท่า ใยอาหาร วิตามินอี ไลซีน และไนอะซินเพิ่มขึ้นเกือบ 4 เท่า อีกทั้งวิตามินบี 1 และแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาวข้าวกล้องงอกเมื่อหุงแล้วมีลักษณะนุ่ม และมีรสชาติหวาน ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกเป็นนวัตกรรมหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการภาคเอกชนทั้งไทย และต่างประเทศเป็นอย่างมาก สารกาบาในข้าวกล้องงอกเป็นสารสื่อประสาทประเภทสารยับยั้งโดยจะทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้นซึ่งช่วยทำให้สมองเกิดการผ่อนคลาย และนอนหลับ และช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน และช่วยในการควบคุมน้ำหนักตัว ปริมาณกาบ้าที่พบในข้าวกล้องงอกจะแตกต่างกันไปขึ้นกับพันธุ์ของข้าว

ปัจจุบันนี้ผลิตภัณฑ์ข้าวกึ่งสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ที่มีวิถีชีวิตแบบเร่งรีบ และมีเวลาน้อยในการเตรียมอาหารด้วยวิธีการเตรียมที่สะดวกรวดเร็วเพียงเติมน้ำร้อน หรือเติมน้ำและให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟ ลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปที่สอดล้องกับความต้องการของผู้บริโภคได้แก่ น้ำหนักเบาพกพาได้สะดวก และมีอายุการเก็บรักษายาวนาน นอกจากนี้ผู้บริโภคยังมีความต้องการบริโภคอาหารสุขภาพที่มีสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการที่จำเป็นต่อร่างกาย ดังนั้นข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปจึงไม่เป็นเพียงผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูป แต่ยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนการ รวมทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่าให้กับข้าวอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาอิทธิพลของการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและลมร้อนต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวกล้องงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กึ่งสำเร็จรูปได้แก่ ปริมาณสารกาบ้า ความขาว ความหนาแน่นรวม อัตราการดูดน้ำกลับ อัตราการเพิ่มปริมาตร เนื้อสัมผัส และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลที่คาดว่าจะได้รับ คือกรรมวิธีการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป โดยผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นการสร้างความโดดเด่น ประโยชน์ และเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทย

**1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1.2.1 เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป

1.2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป

**1.3 ขอบเขตของการวิจัย**

1.3.1 การผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปจากข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 หรือข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105)

1.3.2 กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ การทำข้าวกล้องงอก การทำข้าวกล้องงอกหุงสุก และการอบแห้งข้าวกล้องงอกหุงสุก

1.3.3 การทำข้าวกล้องงอกโดยใช้วิธีการแช่น้ำ และการบ่มเพื่อให้เกิดการงอกของเมล็ดข้าวกล้อง

1.3.4 การทำข้าวกล้องงอกหุงสุกโดยใช้วิธีการนึ่งด้วยไอน้ำร่วมกับการแช่น้ำร้อน

1.3.5 การอบแห้งข้าวกล้องงอกหุงสุกโดยใช้วิธีการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน หรือแบบเยือกแข็ง และแบบฟลูอิไดซ์เบด

1.3.6 การคืนรูปข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีไมโครเวฟ เพื่อให้มีคุณภาพใกล้เคียงข้าวกล้องงอกหุงสุก

**1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย**

1.4.1 การผลิตข้าวกล้องงอกด้วยวิธีการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 4 h ร่วมกับการบ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 20 h

1.4.2 การผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกด้วยวิธีการนึ่งที่อุณหภูมิประมาณ 97-100°C เป็นเวลา 5 min ทำให้เกิดการเจลาทิไนซ์บางส่วนที่ผิวของเมล็ดข้าว และนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 7 min จนเมล็ดข้าวมีปริมาณความชื้นประมาณ 60% ฐานเปียก จึงนำมานึ่งอีกครั้งที่อุณหภูมิ 97-100°C เป็นเวลา 5 min

1.4.3 เปรียบเทียบอิทธิพลของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูประหว่างการอบแห้งข้าวกล้องงอกหุงสุกด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดด้วยความเร็วลมประมาณ 2.5 m/s ที่อุณหภูมิอบแห้งเท่ากับ 110, 130 และ 150°C และการอบแห้งข้าวกล้องงอกหุงสุกด้วยเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อบแห้งแบบตู้ลมร้อนด้วยความเร็วลมประมาณ 1 m/s ที่อุณหภูมิอบแห้งเท่ากับ 40, 50 และ 60°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งจนกระทั่งเมล็ดข้าวมีความชื้น 12% d.b.

1.4.4 การวิเคราะห์คุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป

**1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.5.1 ได้องค์ความรู้ด้านกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป

1.5.2 ได้องค์ความรู้ด้านผลกระทบของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป สำหรับการออกแบบ การควบคุม และการปฏิบัติที่สภาวะเหมาะสมของกระบวนการอบแห้ง

1.5.3 ได้คุณภาพข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปด้วยวิธีไมโครเวฟใกล้เคียงหรือดีกว่าข้าวกล้องงอกหุงสุก และมีปริมาณสารกาบ้า

1.5.4 สามารถนำไปใช้กับภาคอุตสาหกรรมและต่อยอดในเชิงพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 แนวคิด และทฤษฎีหลัก

### 2.1.1 ข้าว

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยเฉพาะประเทศในแถบภูมิภาคเอเชียที่นิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารหลักมากกว่าในภูมิภาคอื่น ๆ ของโลก การผลิต การบริโภคและการค้าข้าวส่วนใหญ่จึงอยู่ในทวีปเอเชีย ซึ่งข้าวที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะใช้ในการบริโภคภายในประเทศ สำหรับประเทศไทยข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยเป็นทั้งอาหารหลัก ประเทศไทยส่งออกข้าวเป็นอันดับ 1 ของโลกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 ถึง พ.ศ. 2554 โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2554 ปริมาณการส่งออกข้าวของไทยประมาณ 10 Metric ton เป็นสัดส่วนประมาณ 30 % ของการส่งออกข้าวทั้งหมดทั่วโลก โดยประเทศที่มีบทบาทในการส่งออกข้าวรองจากประเทศไทยได้แก่ เวียดนาม สหรัฐอเมริกา ปากีสถาน อินเดีย และกัมพูชา ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่าการส่งออกในปี พ.ศ. 2554 ประมาณ 190,291 ล้านบาท

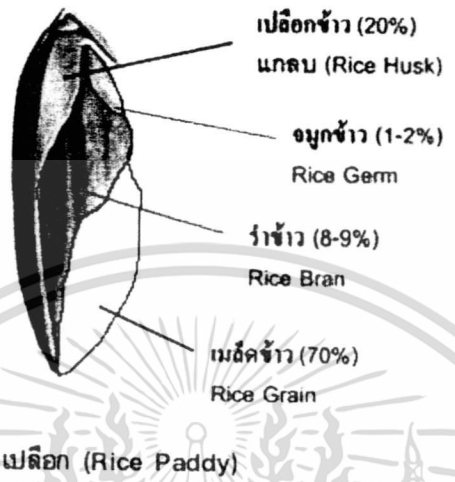
#### 2.1.1.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

เป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้าที่สามารถกินเมล็ดได้ ถือเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเช่นเดียวกับหญ้า ต้นข้าวมีลักษณะภายนอกบางอย่าง เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น และรากคล้ายต้นหญ้า เมล็ดข้าว (rice grain) เป็นผลชนิด caryopsis เนื่องจากส่วนที่เป็นเมล็ดเดี่ยว (single seed) ติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่หรือเยื่อหุ้มผล (pericarp)

เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ 2 ส่วน (ภาพที่ 2.1) คือ ส่วนที่ห่อหุ้ม เรียกว่า แกลบ (hull) และส่วนที่รับประทานได้ เรียกว่า ข้าวกล้อง (brown rice) ข้าวกล้องหรือเมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้ว ประกอบด้วย 1) เยื่อหุ้มผล (pericarp) หรือ fruit coat ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกัน คือ epicarp, mesocarp และ endocarp pericarp 2) เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmenหรือ seed coat) อยู่ถัดจาก pericarp เข้าไป ประกอบด้วย เนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันเป็นแถวเป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน 3) เยื่ออาลูโรน (aleurone) อยู่ต่อจากเยื่อหุ้มเมล็ดห่อหุ้ม ข้าวสาร (starchy endosperm) และคัพภะ (embryo) เยื่ออาลูโรนมีโปรตีนสูง นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วย น้ำมัน และเซลล์ลูโลส 4) ส่วนที่เป็นแป้ง (starch endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสาร อยู่ชั้นในสุดของเมล็ดประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่ และมีโปรตีนอยู่บ้าง แป้งในเมล็ดข้าวมี 2 ชนิด คืออะไมโลเพคทิน (amylopectin) และอะไมโลส (amylose) ส่วนประกอบของแป้งทั้ง 2 ชนิด มีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดข้าว ในข้าวเหนียวจะมีอะไมโลสอยู่ประมาณ 0-2% ส่วนที่เหลือเป็นอะไมโลเพคทินข้าวเจ้ามีอะไมโลสมากกว่า คือ ประมาณ 7-33% ของน้ำหนักข้าวสาร 5) คัพภะ (embryo) อยู่ติดกับ เอ็นโดสเปิร์ม (endosperm) ทางด้าน lemma เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นต่อไป คัพภะประกอบด้วย ต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) คัพภะเป็นส่วนที่มี โปรตีนและไขมันสูง




ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของเม็ดข้าว

2.1.1.2 องค์ประกอบ และคุณค่าทางโภชนาการของข้าว

จากลักษณะทั่วไปของข้าวซึ่งเป็นพืชเมล็ดที่มีเปลือกหุ้มอยู่เรียกว่า ข้าวเปลือก โดยก่อนที่เป็นข้าวสารต้องผ่านกรรมวิธีแยกเปลือกออกเรียกว่า กรรมวิธีสีข้าว

ข้าวกล้อง (Brown rice) เป็นข้าวที่ผ่านกรรมวิธีขัดสีข้างต้น คือ เปลือกจะถูกกะเทาะแตก และหลุดออกไป แต่ยังคงมีจมูกข้าว และเยื้อหุ้มเมล็ดข้าวติดอยู่ สีผิวของเมล็ดข้าวมีสีน้ำตาลปนแดง ข้าวชนิดนี้จึงอุดมด้วยสารอาหารต่าง ๆ อยู่มาก

ข้าวซ้อมมือ คือข้าวกล้องประเภทหนึ่งที่ผ่านการกะเทาะเปลือกด้วยวิธีการตำด้วยครกกระเดื่องของชาวบ้าน ข้าวซ้อมมือจึงอาจมีลักษณะที่ไม่สมบูรณ์มากนัก รำบางส่วนอาจหลุดออกไปเนื่องจากการตำ แต่ข้าวซ้อมมือยังคงอุดมด้วยสารอาหารนานาชนิดเช่นกัน บางคนเรียกข้าวซ้อมมือว่าข้าวอนามัย

ข้าวขัดสีหรือข้าวขาว (polished or milled rice) เป็นข้าวที่ผ่านกรรมวิธีขัดสีหลายครั้ง ทำให้เยื่อหุ้มเมล็ด และจมูกข้าวหลุดออกไปเหลือเฉพาะเมล็ดข้าวสีขาวจึงมีคุณค่าทางโภชนาการลดลง คุณค่าทางโภชนาการของข้าวแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2.1 โดยมีส่วนประกอบหลักดังนี้ 1) คาร์โบไฮเดรต ข้าวทุกชนิดมีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบ 70-80 % ซึ่งเป็นแป้งเกือบทั้งหมด มีน้ำตาล ซูโครส และเดกซตริน เล็กน้อย เมื่อคาร์โบไฮเดรตถูกเผาผลาญจะให้พลังงานแก่ร่างกายซึ่งถ้ามีมากเกินความต้องการของร่างกายจะถูกเปลี่ยนไปสะสมในรูปของไขมัน 2) โปรตีน ธัญพืชส่วนมากจะมีโปรตีนไม่มาก คือ ข้าวจ้าวมี 7-8 % ข้าวสาลีมี 11-12 % โปรตีนจากพืชเป็นโปรตีนที่ไม่สมบูรณ์ เพราะมีกรดอะมิโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดจำเป็นไม่เพียงพอ จึงควรรับประทานโปรตีนจากอาหารชั้นดีจำพวกเนื้อสัตว์ ไข่ นม และถั่วต่าง ๆ 3) ไขมัน ข้าวกล้องมีปริมาณไขมันสูงกว่าข้าวขาว เพราะข้าวกล้องยังมีส่วนของรำข้าวอยู่ แต่เมื่อเทียบกับอาหารชนิดอื่นๆ ข้าวไม่ใช่แหล่งที่อุดมด้วยสารอาหารจำพวกไขมัน แต่ไขมันในข้าวกล้องเป็นไขมันชนิดที่ดี เพราะไม่มีโคเรสเทอรอลเหมือนไขมันจากสัตว์ 4) ใยอาหาร ข้าวกล้องมีใยอาหารสูงกว่าข้าวขาว ใยอาหารมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่ายโดยมีสมบัติอุ้มน้ำจึงช่วยเพิ่มเนื้ออุจจาระ และทำให้อุจจาระนิ่ม ถ่ายง่าย นอกจากนี้การรับประทานข้าวกล้องจะช่วยให้อิ่มเร็ว และอิ่มนาน เพราะใยอาหารจะเข้าไปแทนที่ในกระเพาะ และต้องใช้เวลาในการย่อยนานกว่าจึงทำให้อยู่ท้องไม่ค่อยหิว ข้าวกล้องจึงเหมาะกับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักด้วย 5) วิตามิน และแร่ธาตุ ข้าวกล้องมีวิตามิน และแร่ธาตุสูงกว่าข้าวขาวที่เห็นชัดเจน คือ ไทอะมีน ไนอะซิน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม

2.1.1.3 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้อง

วิตามินบีรวมช่วยป้องกัน และบรรเทาอาหารอ่อนเพลีย แขน ขาไม่มีแรง ปวดกล้ามเนื้อ โรคผิวหนังบางชนิด บำรุงสมองทำให้เจริญอาหาร วิตามินบี 1 ซึ่งถ้ากินเป็นประจำจะช่วยป้องกันโรคเหน็บชาได้ วิตามินบี 2 ป้องกันโรคปากนกกระจอก ฟอสฟอรัส ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูก และฟัน แคลเซียม ทำให้กระดูกแข็งแรง ช่วยป้องกันไม่ให้เป็นตะคริว ทองแดง สร้างเมล็ดโลหิต และเฮโมโกลบิน ธาตุเหล็ก ช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง โปรตีน ช่วยเสริมสร้างส่วนที่สึกหรอ ไขมัน ให้พลังงานแก่ร่างกาย ไขมันในข้าวกล้องเป็นไขมันที่ดี ไม่มีโคเรสเตอรอล ไนอะซิน ช่วยระบบผิวหนังและเส้นประสาท และป้องกันโรคเพลลากรา (โรคที่เกิดจากการขาดไนอะซิน จะมีอาการท้องเสีย ประสาทไหว โรคผิวหนัง) คาร์โบไฮเดรต ให้พลังงานแก่ร่างกาย กากอาหาร ข้าวกล้องมีกากอาหารมาก ซึ่งจะทำให้ท้องไม่ผูก และช่วยป้องกันมะเร็งในลำไส้อีกด้วย วิตามิน และเกลือแร่ต่าง ๆ ในข้าวกล้องจะช่วยให้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.1.4 ผลดีของการรับประทานข้าวกล้องเป็นประจำ

โรคและอาการต่าง ๆ ต่อไปนี้จะลดลงมากหรือป้องกันได้ ถ้ากินข้าวกล้องเป็นประจำและกินอาหารเพียงพอและถูกหลัก 1) โรคเหน็บชา เพราะขาดวิตามิน-บี 1 ข้าวกล้องมีวิตามิน-บี 1 มากกว่าข้าวขาว 385% (พบมากในประเทศที่กินข้าวขาวเป็นอาหารหลัก) 2) โรคปากนกกระจอก เพราะขาดวิตามิน-บี 2 ข้าวกล้องมีวิตามิน-บี 2 มากกว่าข้าวขาว 66% (ตามชนบทมีเด็กเป็นโรคปากนกกระจอก 60%) 3) โรคโลหิตจาง เพราะขาดธาตุเหล็ก เนื่องจากข้าวกล้องมีธาตุเหล็กมากกว่าข้าวขาว 2 เท่า (ประชากรไทยเป็นโรคโลหิตจาง 40%) 4) โรคนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ (พบมากทางภาคเหนือ และภาคอีสาน โดยเฉพาะในเด็กอายุต่ำกว่า 6 ปี เกี่ยวเนื่องจากมาจากการขาดธาตุฟอสฟอรัส และอื่นๆ ซึ่งมีในข้าวกล้อง นอกจากนั้นฟอสฟอรัสยังช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูก และฟันอีกด้วย 5) โรคท้องผูก เพราะมีกากอาหารน้อย ข้าวกล้องมีกากอาหารมากกว่า 133% (ข้าวกล้องช่วยป้องกันท้องผูกและมะเร็งลำไส้ใหญ่) 6) โรคทางระบบประสาทบางชนิด และโรคปลายประสาทอักเสบ เพราะขาดวิตามินบีรวม ซึ่งมีมากในข้าวกล้อง (วิตามินบีรวม ช่วยบำรุงสมอง ทำให้เรียนเก่งขึ้น และเจริญอาหาร) 7) อารมณ์เสียง่ายกว่า หงุดหงิด เพราะขาดวิตามินบีรวม ซึ่งเป็นวิตามินที่เสริมสร้างระบบประสาทของร่างกาย และถ้าระบบประสาทของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราไม่ดี ทำให้เราควบคุมอารมณ์ได้ไม่ดีนัก 8) เบื่ออาหาร เพราะขาดวิตามินบีรวม ซึ่งข้าวกล้องมีมากกว่าข้าวขาว 9) โรคขาดโปรตีน ข้าวกล้องมีโปรตีน ร้อยละ 7-12 (เด็กไทยประมาณร้อยละ 40-60 เป็นโรคขาดโปรตีน และพลังงาน) ข้าวกล้องมีโปรตีนมากกว่าข้าวขาว 20-30% 10) โรคผิวหนังบางชนิด ขาดวิตามินบีบางตัว 11) อ่อนเพลีย รู้สึกเหนื่อยกว่าปกติ ปวดเมื่อยตามตัว และขา เพราะขาดวิตามินบีรวม 12) โรคซักเนื่องจากขาดวิตามิน บี 6 ซึ่งมีมากในข้าวกล้อง 13) ข้าวขาวมีแป้ง (คาร์โบไฮเดรต) พอ ๆ กับข้าวกล้อง แต่มีเกลือแร่ และวิตามินต่าง ๆ น้อยกว่าข้าวกล้อง 14) ในข้าวกล้องจะมีวิตามินรวมกัน 20 กว่าชนิด ที่ทำให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างร่างกายให้สมบูรณ์

1.5) ประโยชน์ของข้าวกล้องงอก ได้แก่ 1) มีสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มฟีโนลิค ช่วยยับยั้งการเกิดฝ้า ชะลอความแก่ 2) สารออริซานอล ช่วยควบคุมระดับอาการผิดปกติของวัยทอง 3) สารกาบา ช่วยป้องกันโรคอัลไซเมอร์ (ความจำเสื่อม) ช่วยผ่อนคลาย ทำให้จิตใจสงบ หลับสบาย ลดความเครียดวิตกกังวล ลดความดันโลหิต 4) กากใยอาหาร (food fiber) ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ป้องกันมะเร็งลำไส้ และลดอาการท้องผูก และ 5) วิตามินอี (vitamin E) ลดการเหี่ยวย่นของผิว

**ตารางที่ 2.1** ปริมาณสารอาหารต่อข้าวดิบ 100 g ของข้าวขาวและข้าวกล้อง

| ปริมาณสารอาหารต่อข้าวดิบ 100 g | ข้าวขาว | ข้าวกล้อง |
|---|---|---|
| พลังงาน (kcal) | 351 | 347 |
| โปรตีน (g) | 6.7 | 7.1 |
| ไขมัน (g) | 0.8 | 2.0 |
| คาร์โบไฮเดรต (g) | 79.4 | 75.1 |
| ใยอาหาร (g) | 0.7 | 2.1 |
| วิตามินบี 1 (mg) | 0.07 | 0.26 |
| วิตามินบี 2 (mg) | 0.02 | 0.04 |
| ไนอาซิน (mg) | 1.79 | 5.40 |
| โซเดียม (mg) | 79 | 84 |
| โพแทสเซียม (mg) | 121 | 144 |
| แคลเซียม (mg) | 6 | 9 |
| ฟอสฟอรัส (mg) | 195 | 267 |
| แมกนีเซียม (mg) | 27 | 60 |
| เหล็ก (mg) | 1.2 | 1.3 |
| สังกะสี (mg) | 0.48 | 0.49 |
| ทองแดง (mg) | 0.14 | 0.11 |

ที่มา: สถาบันวิจัยโภชนาการมหาวิทยาลัยมหิดล (2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องงอก คือข้าวกล้องที่นำมาผ่านกระบวนการงอก โดยการนำข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกไม่นานเกิน 2 สัปดาห์ แช่น้ำที่มีการควบคุมอุณหภูมิ การไหลเวียนน้ำ ความดัน และความเป็นกรดด่างเป็นเวลา 48-72 h น้ำจะไปกระตุ้นเอนไซม์ในเมล็ดข้าวกล้องทำให้เกิดการย่อยสลายของสารอาหารในเมล็ดข้าว ได้เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลง เช่น โอลิโกแซคคาไรด์ กลูโคส และฟรุคโตสจากคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน และเปปไทด์ จากโปรตีน รวมทั้งยังพบการการสะสมสารเคมีสำคัญต่างๆ โดยเฉพาะสารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด หรือที่รู้จักกันว่า สารกาบ้า ซึ่งพบว่าข้าวกล้องงอกมีสารกาบ้ามากกว่าข้าวกล้องปกติถึง 15 เท่า คือ มีปริมาณสารกาบ้าโดยเฉลี่ย 15-20 mg ต่อข้าวกล้องงอก 100 g สารกาบ้าเกิดจากกระบวนการดีคาร์บอกซิเดชั่นกรดกลูตามิก กรดนี้มีความสำคัญในการทำหน้าที่สารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ในระบบประสาทส่วนกลาง และสารกาบายังเป็นสารสื่อประสาทประเภทสารยับยั้ง (Inhibitor) โดยจะทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้น ช่วยทำให้สมองผ่อนคลายและนอนหลับสบาย อีกทั้งยังทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นต่อมไร้ท่อ ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต ทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อ ทำให้กล้ามเนื้อกระชับ และเกิดสารไลโปโทรปิก (Lipotropic) ป้องกันการสะสมไขมัน

2.1.3 ข้าวหุงสุกไว (Quick cooking rice)

ข้าวที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยต้มในน้ำร้อนหรือไอน้ำร้อน เพื่อให้ข้าวสุขถึงระดับหนึ่งโดยการสุขเพียงบางส่วน (Partially gelatinization) แล้วทำให้แห้งโดยมีโครงสร้างที่มีรูพรุน เพื่อให้ดูดน้ำกลับได้ง่าย และใช้ระยะเวลาสั้นเพียง 10-15 min ในการเตรียมก่อนรับประทาน

2.1.4 ข้าวกึ่งสำเร็จรูป (Instant rice)

พัฒนากรรมวิธีการผลิตมาจากข้าวหุงสุกไว โดยในขั้นตอนการทำให้สุกอาจใช้น้ำร้อน ไอน้ำ หรือทั้ง 2 วิธี ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการสุกแบบสมบูรณ์ (Complete gelatinization) และใช้ระยะเวลาสั้นเพียง 5 min ในการเตรียมก่อนรับประทานโดยการเติมน้ำเดือด ข้าวหุงสุกไวหรือข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่ดีควรแยกจากกันไม่จับกันเป็นก้อนซึ่งขั้นตอนการแปรรูปมีวิธีการที่หลากหลายโดย งามชื่น (2546) ได้รวบรวมข้อมูลไว้ดังนี้

2.1.4.1 การแช่น้ำ-ต้ม-นึ่ง-อบแห้ง (Soak-boil-steam-dry) แช่ข้าวให้มีความชื้น 30% ต้มในน้ำเดือดจนความชื้น 50-60% แล้วต้มหรือนึ่งต่อไปให้มีความชื้น 60-70% แล้วจึงทำการลดความชื้นอย่างระมัดระวังเพื่อรักษารูพรุนของเมล็ดไว้

2.1.4.2 การทำให้ข้าวขยายตัว (Expanded and pregelatinize rice) แช่ข้าวสารแล้วนึ่งหรือต้มที่ความดันสูงจนข้าวสุกแล้วจึงลดความชื้นจะได้เมล็ดใสแกร่งหลังจากนั้นจึงทำให้เมล็ดพอง (Puffed) โดยใช้ความร้อนสูง

2.1.4.3 การเตรียมข้าวด้วยการรีดหรือตำ (Rodling or bumping treatment) ต้มข้าวให้สุกแล้วตำหรือผ่านลูกกลิ้งให้เมล็ดแบนก่อนลดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.4 การเตรียมข้าวด้วยการผ่านลมร้อนขณะแห้ง (Dryheat treatment) ใช้ลมร้อนเป่าข้าวที่ 65-82°C นาน 10-13 min หรือ 272°C เวลา 18 s เพื่อให้เมล็ดข้าวเกิดรอยร้าว และขยายตัวเพื่อช่วยลดระยะเวลาหุงต้ม

2.1.4.5 การเตรียมข้าวด้วยการแช่แข็งแล้วละลายน้ำแข็ง (Freeze-thaw process) ต้มข้าวให้สุกแล้วนำไปแช่แข็งละลายน้ำแข็งแล้วจึงลดความชื้น

2.1.4.6 การทำให้ข้าวพองตัว (Gun puffing) เพิ่มความชื้นเมล็ดข้าวให้อยู่ในระดับ 20-22 % แล้วนึ่งในหม้อความดันสูง (Retort) ที่ 3.5-5.5 kg/$m^2$ นาน 5-10 min แล้วทำให้เมล็ดข้าวพองโดยลดความดันลงอยู่ในระดับบรรยากาศหรือต่ำกว่าสภาพที่เหมาะสม คือที่อุณหภูมิ 165°C ที่ระดับความชื้น 20-25%

2.1.4.7 การทำแห้งแบบแช่แข็ง (Freeze drying) แช่แข็งข้าวสุกแล้วทำให้น้ำระเหิดหายไปในสภาพอุณหภูมิต่ำ (Freeze-dry)

2.1.4.8 การเตรียมข้าวด้วยการใช้สารเคมี (Chemical treatment) ก่อนผ่านขบวนการต่างๆ ลดการเกาะตัวระหว่างเมล็ดข้าวสุกโดยแช่ในสารละลาย เช่น Sodium chloride disodium phosphate หรือสาร Surfactant ที่อยู่ในระดับ Food grade

**2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

2.2.1 กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก

ดรุณี และคณะ (2552) ข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิพันธุ์ 105 ไปสีเป็นข้าวกล้องจากนั้นนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเป็นเวลา 12-48 h ที่ระดับ pH 4-8 ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้ข้าวมีความชื้นไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ จนข้าวกล้องมีรากงอกประมาณ 0.5-1.0 mm

นฤบดี และคณะ (2552) ข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 นำมากะเทาะเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะเปลือก ได้ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 นำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 36 h โดยมีการเปลี่ยนน้ำทุก ๆ 4 h ข้าวกล้องภายหลังการแช่น้ำจะเกิดการงอกบริเวณจมูกข้าวขนาดเล็กประมาณ 0.5-2 mm

เทวิกา และวรนุช (2554) โดยนำข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 มาผ่านการแช่น้ำ Reverse osmosis ที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 12 h โดยใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำคือ 1:2 จากนั้นนำไปเพาะงอกที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 25 h

Cheevitsopona and Noomhorm (2011) โดยนำข้าวหอมมะลิ 105 มาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 4 h บ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 20 h และมีการเปลี่ยนน้ำทุกๆ 4 h

2.2.2 กระบวนการผลิตข้าวหุงสุก

วราภรณ์ และปริศนา (2551) ได้ศึกษาผลของกระบวนการผลิตต่อสมบัติทางกายภาพ และเคมีกายภาพของข้าวหอมมะลิกึ่งสำเร็จรูปซึ่งใช้ข้าวหอมมะลิพันธุ์ 105 มาแช่น้ำให้ได้ความชื้น 35-60 % (w.b.) หลังจากนั้นแช่ข้าวที่ความดัน 11.6-28.4 Psi แล้วนำมาอบแห้งเพื่อผลิตเป็นข้าวกึ่งสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรทิพย์ และคณะ (2552) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้องหุงสุกเร็วด้วยวิธีการแช่น้ำโดยใช้ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มาแช่น้ำด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:2 (w/w) วางในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C ) นาน 3 h 40°C นาน 1 h และ 60°C น้อยกว่า 1 h จนข้าวมีความชื้น 30 % จากนั้นเทข้าวที่ผ่านการแช่น้ำแล้วลงบนตะแกรง สะเด็ดน้ำ 5 min แล้วนำไปต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100°C โดยใช้อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำเป็น 1:5 (w/w) จนข้าวสุก 80 % นำข้าวสุกมาล้างด้วยน้ำเย็นทันที จากนั้นนำไปทำแห้ง

วรรณดี (2552) นำข้าวผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น (pre-heat) โดยอบข้าวหอมมะลิ ในตู้อบลมร้อนที่ 120°C นาน 15 min จากนั้นนำข้าวมาแช่ (Soak) ในน้ำร้อนปริมาตร 5-6 เท่าของน้ำหนักข้าวเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 85-90°C นาน 15 min การให้ความร้อนขั้นต้นเป็นการอบข้าวให้เกิดรอยร้าวเล็ก ซึ่งจะทำให้ข้าวดูดซึมน้ำได้ดีใน จากนั้นแช่ข้าวในน้ำร้อนปริมาตร 5-6 เท่าของน้ำหนักข้าวเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 85-90°C นาน 15 min เพื่อให้ข้าวเกิดเจล เมล็ดข้าวเกิดการสุกบางส่วน (Partial gelatinized) นำมาหุงสุก (Cooking) ด้วยวิธีการนึ่ง (Steam) ใช้เวลานึ่งประมาณ 8-10 min จากนั้นลดอุณหภูมิโดยแช่ข้าวในน้ำที่เย็นจัดที่อุณหภูมิ 0-2°C นาน 30 s และนำไปอบแห้ง

Sripinyowanich (2011) ได้ศึกษาการประยุกต์การอบแห้งไมโครเวฟ-ไวโบร-ฟลูอิไดซ์เบดในการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปโดย ใช้ข้าวหอมมะลิพันธุ์ 105 แช่น้ำที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 1 h หลังจากนั้นจะมี 3 วิธี คือ 1) การต้มในน้ำเดือด 15 min 2) การหุงในหม้อหุงข้าวอัตโนมัติโดยล้างน้ำ 3 ครั้ง 3) ใช้วิธีการแช่ร่วมกับไอน้ำสองรอบโดยข้าวที่ผ่านการแช่น้ำมานึ่งในหม้อไอน้ำ 5 min แล้วแช่น้ำอุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 5 min และนึ่งเป็นเวลา 10 min ตัวอย่างหุงสุกทั้ง 3 วิธี นำไปอบแห้ง

2.2.3 การอบแห้งสำหรับการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป

งามชื่น และคณะ (2552) ศึกษาการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป โดยการอบแห้งข้าวด้วยเครื่องฟลูอิไดซ์เบดมาใช้ในการลดความชื้น เป็นเทคนิคการลดความชื้นที่มีลมเป่าจากด้านล่างทำให้ผลิตภัณฑ์ลอยตัวขึ้นเป็นอิสระช่วยให้การลดความชื้นที่มีลมเป่าจากด้านล่างทำให้ผลิตภัณฑ์ลอยตัวขึ้นเป็นอิสระช่วยให้การลดความชื้นเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และรวดเร็ว จากการลดความชื้นที่ 180°C พบว่า ขาวดอกมะลิ 105 จะได้ผลผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป 96.2 % ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีความเหนียวมากเมื่อเป็นผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณข้าวหักมากถึง 44.3 % เนื่องจากเมล็ดข้าวสุกเหนียวเกาะติดกัน การพลิกกลับข้าวในระหว่างขบวนการผลิต เมล็ดข้าวเกิดการแตกหักมาก ขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาตร 225 mg/100 g แสดงว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวอมัยโลสต่ำ เมื่อนำมาทำข้าวกึ่งสำเร็จรูปจะมีการขยายปริมาตรน้อย การขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณอมัยโลสของเมล็ดข้าว ทั้งนี้ อาจเนื่องจากปริมาณอมัยโลสในเมล็ดข้าวมีผลให้ข้าวสุกร่วนซุย เมื่อทำการคืนรูปโดยแช่ในน้ำร้อนจัด ระยะเวลาในการคืนรูปที่เหมาะสมจนได้ข้าวสุกพร้อมรับประทาน โดยพิจารณาจากลักษณะ และความนุ่มของเมล็ด คือ 5 min

พรทิพย์ และคณะ (2552) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้องหุงสุกเร็วด้วยวิธีการแช่น้ำโดยใช้ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 การทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 90°C จะมีความชื้นภายหลังการทำแห้งอยู่ในช่วง 7-8 % และมีค่าความหนาแน่น อยู่ในช่วง 0.87-0.93 g/cm$^3$ ซึ่งสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าข้าวขาวหุงสุกเร็ว ข้าวกล้องหุงสุกเร็วที่ผ่านการแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องใช้เวลาคืนรูป 12 min ซึ่งนานกว่าเวลาคืนรูป 10 min ของข้าวกล้องหุงสุกเร็วที่ผ่านการแช่น้ำที่อุณหภูมิสูง 40 และ 60°C ทั้งนี้เวลาคืนรูปของข้าวกล้องหุงสุกเร็วจากวิธีแช่น้ำน้อยกว่าข้าวกล้อง 1.7-2.0 เท่า และอุณหภูมิในการแช่น้ำไม่มีผลต่อค่าความเป็นสีเหลืองของข้าวกล้องหุงสุกเร็วก่อคืนรูป และไม่พบความแตกต่างระหว่างค่าความเป็นสีเหลืองของข้าวกล้องหุงสุกเร็วหลังคืนรูป และข้าวกล้องสุก แม้ว่าข้าวกล้องหุงสุกเร็วมีอัตราการดูดซับน้ำระหว่างการหุงสุกไม่แตกต่างจากข้าวกล้องที่นำมาหุงสุกสภาวะเดียวกันแต่เช่นเดียวกับข้าวขาวหุงสุกเร็วที่ผ่านการแช่น้ำ ปริมาณของแข็งในน้ำที่เหลือจากการหุงต้มข้าวกล้องหุงสุกเร็วน้อยกว่าข้าวกล้องโดยเฉพาะเมื่อแช่น้ำที่อุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อนำข้าวกล้องหุงสุกเร็วมาคืนรูปด้วยการต้มในน้ำเดือด พบว่าความแข็งของข้าวกล้องหุงสุกเร็วจากวิธีการแช่น้ำมากกว่าข้าวกล้องสุกโดยความแข็งของข้าวกล้องหลังคืนรูปเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิการแช่น้ำ

เอกพงษ์ และเกียรติศักดิ์ (2556) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้งต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบด กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปประกอบด้วยสามขั้นตอนที่สำคัญคือ การงอกเป็นเวลา 24 h การหุงสุก และการอบแห้ง ในขั้นตอนการอบแห้ง เมล็ดข้าวได้รับการลดความชื้นจากความชื้นสูงจนถึง 12 % (d.b.) ด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิอากาศเป็น 110 130 และ 150 °C ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปได้รับการคืนรูปด้วยวิธีการไมโครเวฟเป็นเวลา 8 min คุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปทั้งก่อนและหลังการคืนรูปได้รับการตรวจสอบ ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งมีผลกระทบต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 150°C มีค่าความขาว อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ อัตราส่วนการเพิ่มปริมาตรมากที่สุด แต่มีค่าความหนาแน่นรวมต่ำที่สุด เมื่อคืนรูปข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีการไมโครเวฟพบว่าข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นมีค่าความแข็งและความเหนียวลดลง

2.2.4 การอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดแบบไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

Soponronnarit et al. (2006) ประสบความสำเร็จในการผลิตข้าวนึ่งจากข้าวกล้องโดยใช้เทคนิคแบบฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง หลักการทำงานที่สำคัญคือ เกิดการนึ่งและการอบแห้งขึ้นมาในขั้นตอนเดียวกัน เป็นการลดระยะเวลาและขั้นตอนของการผลิตข้าวนึ่ง ส่วนข้อดีอย่างอื่นของการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งคือ ไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเนื่องจากไม่มีอากาศในระบบ อัตราการอบแห้งที่สูงสามารถประยุกต์ใช้ได้กับเครื่องอบแห้งแบบพาความร้อน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่มีการเผาไหม้เพื่อให้ได้ความร้อนสำหรับการอบแห้ง (Mujumdar, 2007) นอกจากนี้การใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นตัวกลางในการอบแห้งสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อบแห้งได้ (Srisang et al., 2001) ปัจจุบันนี้มีการใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งในการอบแห้งอาหารหลายชนิดและประสบผลสำเร็จ เช่น ข้าวเปลือก (Taechapairoj et al., 2003) ถั่วเหลือง (Prachayawarakorn et al., 2006) และทุเรียนแผ่น (Jamradloedluk et al., 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 กระบวนการคืนรูปข้าวกึ่งสำเร็จรูป

วุฒิชัย (2546) ทำการศึกษาข้าวกล้องที่ได้สามารถคืนรูปด้วยการเติมน้ำร้อน (ประมาณ 95°C) หรือเติมน้ำ แล้วนำเข้าเตาไมโครเวฟในระดับครัวเรือนได้เป็นข้าวกล้องพร้อมรับประทานด้วยระยะเวลาสั้นๆ (5-8 min)

งามชื่น และคณะ (2551) การผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปโดยการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 180°C จะมีความเหนียวมาก มีปริมาณข้าวหักมาก เนื่องจากเมล็ดข้าวสุกจะเหนียวติดกัน เมล็ดมีสีขาวขุ่นเล็กน้อย เมล็ดข้าวมีรูพรุนน้อย และมีปริมาตร 225 mL/100 kg มีอัตราการดูดน้ำกลับ 2.10 เท่าของน้ำหนัก อัตราการขยายปริมาตร 1.2 เท่า หการคืนรูปด้วยน้ำร้อนจัดใช้เวลาการคืนรูป 5 min

ดรุณี และคณะ (2552) กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกเร็วโดยการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 180°C จนกระทั่งความชื้นของข้าวเหลือประมาณ 8-12 % ระยะเวลาที่ใช้ในการอบข้าวจะขึ้นอยู่กับปริมาณข้าวที่อบแห้งด้วยข้าวที่ผ่านกระบวนการอบแห้งจะมีสีออกเหลืองเล็กน้อยมีค่าความหนาแน่นประมาณ 0.3–0.34 g/cm$^3$ ซึ่งข้าวที่มีค่าความหนาแน่นต่ำแสดงว่ามีความพรุนมากสามารถคืนรูปได้ดีกว่าข้าวที่มีค่าความหนาแน่นสูง และข้าวกล้องงอกหุงสุกเร็วมีค่าอัตราส่วนการดูดน้ำกลับประมาณ 3-3.5 เท่า เมื่อนำข้าวมาคืนรูปจะใช้เวลาในการคืนรูปประมาณ 5-8 min ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวจะมีความเหนียวนุ่ม

พรทิพย์ และคณะ (2552) การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็วด้วยวิธีการแช่น้ำซึ่งใช้การอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 90°C จนข้าวมีปริมาณความชื้นสุดท้าย 7-10 % (w.b.) ค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.84-0.85 g/cm$^3$ เมล็ดข้าวมีสีเหลืองเล็กน้อย และค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในการแช่น้ำ ใช้เวลาในการคืนรูป 5 min

2.2.6 ปัจจัยของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวกึ่งสำเร็จรูป

วราภรณ์ และปริศนา (2551) ศึกษาคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปกับความชื้นเมื่อความชื้นและอุณหภูมิของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความแข็ง และค่า chewiness ลดลงในขณะที่ความชื้นต่ำการเพิ่มความดันส่งผลให้ค่าดัชนีความขาวเพิ่มขึ้นในทางกลับกันเมื่อข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปมีความชื้นที่สูงการเพิ่มของความดันทำให้ค่าดัชนีความขาวลดลงความหนาแน่นอัตราการคืนรูป และปริมาตรที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากความชื้น และความดันที่ใช้การผลิตเพราะทำให้เกิดรูพรุนในเมล็ดข้าว

Prasert and Suwannaporn (2009) พบว่าตัวอย่างของการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีอัตราการเพิ่มปริมาตรมากกว่าการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการเพิ่มปริมาตรเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากอุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เกิดการแตกร้าวในเมล็ดข้าว การดูดซึมน้ำมากขึ้น ส่งผลให้มีอัตราการเพิ่มปริมาตรมาก

พรทิพย์ และคณะ (2552) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยประเมินด้วยผู้ชิมกึ่งฝึกฝนซึ่งเป็นนิสิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒจำนวน 30 คน โดยใช้การประเมินความชอบแบบแบ่งสเกล 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) (1 หมายถึงชอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยที่สุด 9 หมายถึงชอบมากที่สุด) โดยคุณภาพข้าวกล้องหุงสุกเร็วก่อนคืนรูปที่ประเมินได้แก่ลักษณะปรากฏสีกลิ่นและการยอมรับโดยรวมและคุณภาพข้าวกล้องหุงสุกเร็วหลังคืนรูปที่ประเมิน ได้แก่สีกลิ่นรสเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม

จารุวรรณ และคณะ (2553) ศึกษาสารหอมระเหย 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP) ในข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 โดยเทคนิค NIR Spectroscopy พบว่าเมื่อได้รับความร้อนหรือเก็บไว้เป็นเวลานานความหอมจะสูญเสียได้ง่าย

Sripinyowanich (2011) ทำการศึกษาอัตราการดูดน้ำกลับกับการอบแห้งข้าวขาวหุงสุกด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่ช่วงอุณหภูมิเดียวกัน พบว่าตัวอย่างของการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีอัตราการดูดน้ำกลับมากว่าการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการดูดน้ำกลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากอุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เกิดการแตกร้าวในเมล็ดข้าวส่งผลให้มีอัตราการดูดน้ำกลับมาก

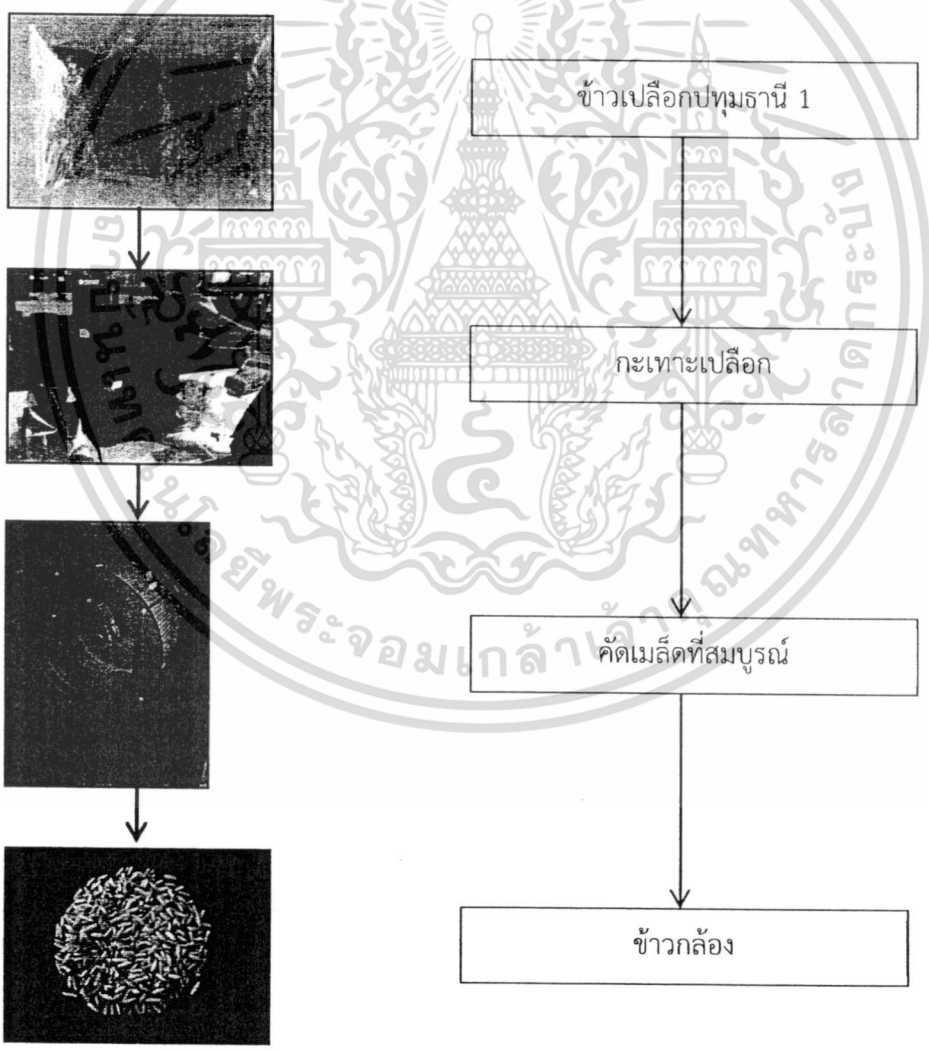
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ 1) การทำข้าวกล้องงอก 2) การทำข้าวกล้องงอกหุงสุก และ 3) การอบแห้ง

## 3.1 การเตรียมข้าวกล้อง

ข้าวเปลือกปทุมธานี 1 ที่เก็บเกี่ยวในเดือน เมษายน ปี พ.ศ. 2555 (ได้รับจากศูนย์วิจัยข้าวจังหวัดฉะเชิงเทรา) นำมาแบ่งบรรจุถุงซิปล็อค และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6°C เมื่อมีการทดลอง นำข้าวเปลือกจำนวน 1 กิโลกรัมมากะเทาะเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะเปลือก รุ่น P-1 มอเตอร์ขนาด 373 W ได้ข้าวกล้องจำนวนประมาณ 500 g ดังแสดงในภาพที่ 3.1

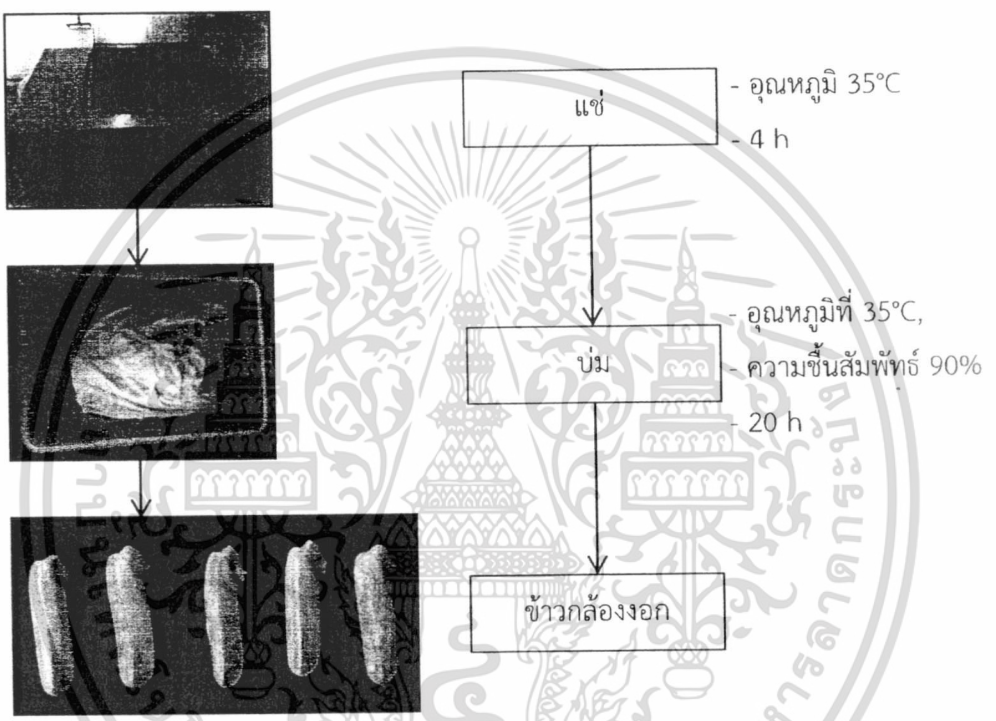



**ภาพที่ 3.1** กระบวนการผลิตข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2 การทำข้าวกล้องงอก**

นำข้าวกล้องจำนวน 500 g แช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 4 h จากนั้นนำไปเพาะงอกโดยการบ่มที่อุณหภูมิที่ 35°C ความชื้นสัมพัทธ์ 90% เป็นเวลา 20 h โดยมีการเปลี่ยนน้ำทุก ๆ 4-5 ชั่วโมง ข้าวกล้องภายหลังการบ่มจะเกิดการงอกบริเวณจมูกข้าวเป็นตุ่มเล็ก ๆ ได้เป็นข้าวกล้องงอก ดังภาพที่ 3.2 (Cheevitsopon and Noomhorm, 2011)

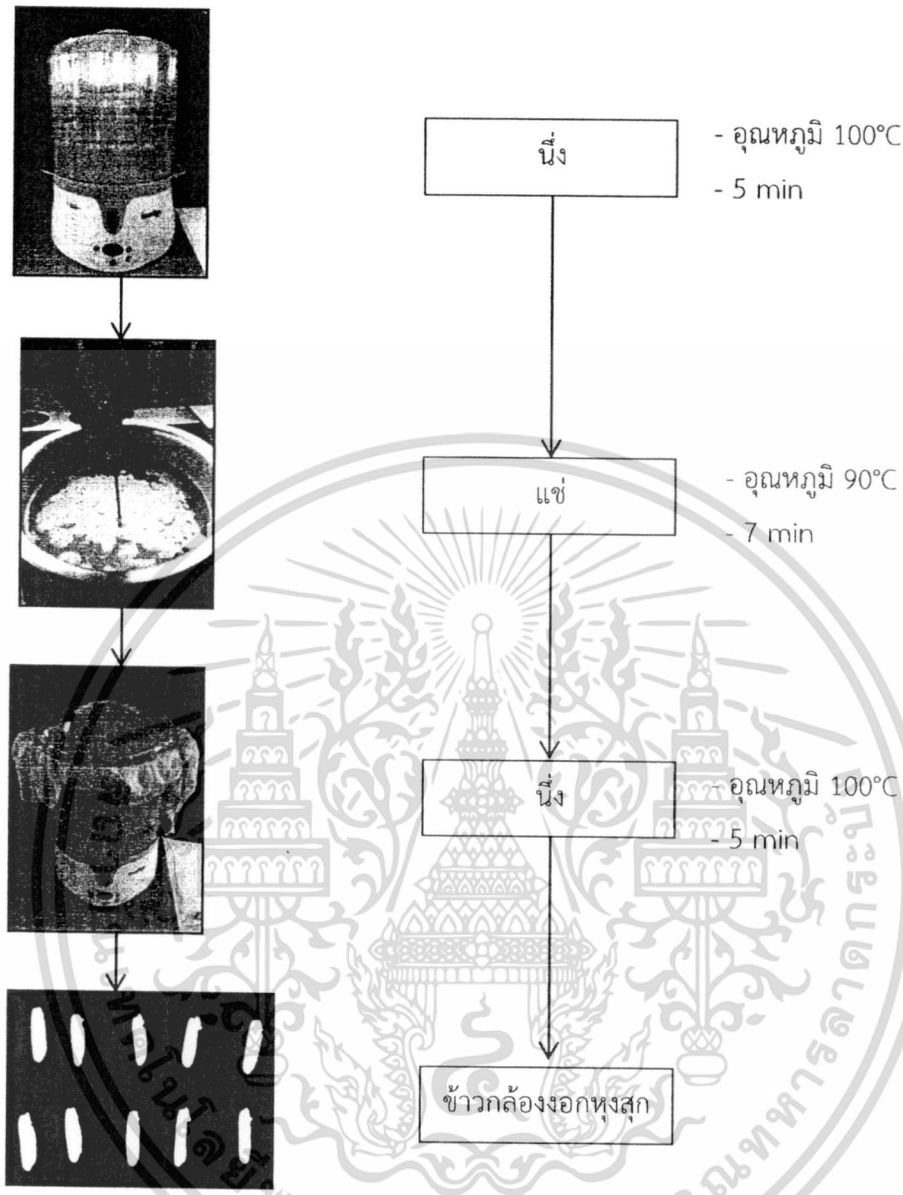



**ภาพที่ 3.2** กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก

**3.3 การทำข้าวกล้องงอกหุงสุก**

นำข้าวกล้องงอกมาหุงสุก ด้วยเครื่องนึ่งไฟฟ้าโดยการนำข้าวกล้องงอกจำนวน 500 g นึ่งที่อุณหภูมิประมาณ 100°C เป็นเวลา 5 min ทำให้เกิดเจลที่ผิวของเมล็ดข้าวบางส่วน จากนั้นนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิประมาณ 90°C เป็นเวลา 7 min จนข้าวกล้องงอกมีปริมาณความชื้นที่ 55-60% w.b. จึงนำมานึ่งอีกครั้งที่อุณหภูมิประมาณ 100°C เป็นเวลา 5 min จนข้าวกล้องงอกมีปริมาณความชื้นที่ 60-62% w.b. จะทำให้ข้าวสุกเต็มเมล็ดดังภาพที่ 3.3 (ดัดแปลงจาก Jiraporn Sripinyowanich, 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 3.3** กระบวนการหุงสุกข้าวกล้องงอก

### 3.4 การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด

ในการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดแบบ Lab scale จำเป็นต้องมีการทดลองเบื้องต้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบ โดยได้ทำการทดลองเพื่อหาคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปและหาทดสอบหาความเร็วลมต่ำสุดที่ทำให้เกิดพฤติกรรมการลอยตัวของตัวอย่างแบบฟลูอิดไดซ์เซชั่น

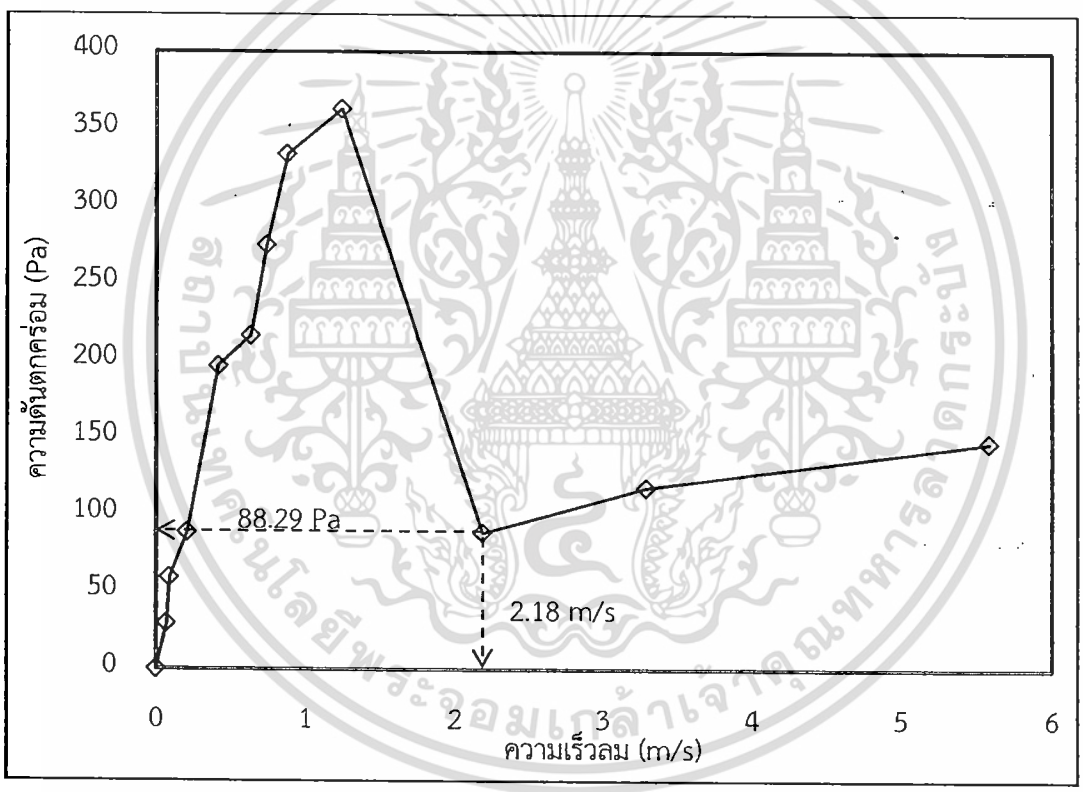
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



3.4.1 การหาความเร็วเบื้องต้นในการเกิดฟลูอิไดซ์เซชั่นของข้าวกล้องงอก

ตัวอย่างข้าวกล้องงอกหุงสุก 200 g ซึ่งมีความหนาเบด 8 cm คุมความเร็วรอบพัดลมด้วยอินเวอร์เตอร์ โดยการปรับความถี่ที่ 0 ถึง 60 Hz วัดค่าความเร็วลมที่อ่านได้จากเครื่องวัดความเร็วลมสังเกต และบันทึกค่าความดันลดของมานอมิเตอร์ อากาศที่เข้าเครื่องฟลูอิไดซ์เบดถูกทำให้ร้อนด้วยขดลวดความร้อนขนาด 27.25 kW ควบคุมอุณหภูมิด้วย PID Controller (proportional-integral-derivative Controller) พัดลมแบบใบพัดโค้งหน้าทำงานด้วยมอเตอร์ขนาด 1.5 kW จากการทดลองสามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อม (Pa) กับความเร็วลม (m/s) ดังแสดงในภาพที่ 3.4 โดยใช้การลอยตัวของข้าวกล้องงอกเป็นแบบอ้างอิงถึงการเกิดฟลูอิไดซ์เซชั่น โดยความเร็วลมต่ำสุดที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ฟลูอิไดซ์เซชั่นหาได้จากจุดที่ความดันตกคร่อมเริ่มคงที่ ประมาณ 2.18 m/s




**ภาพที่ 3.4** ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมกับความเร็วลม

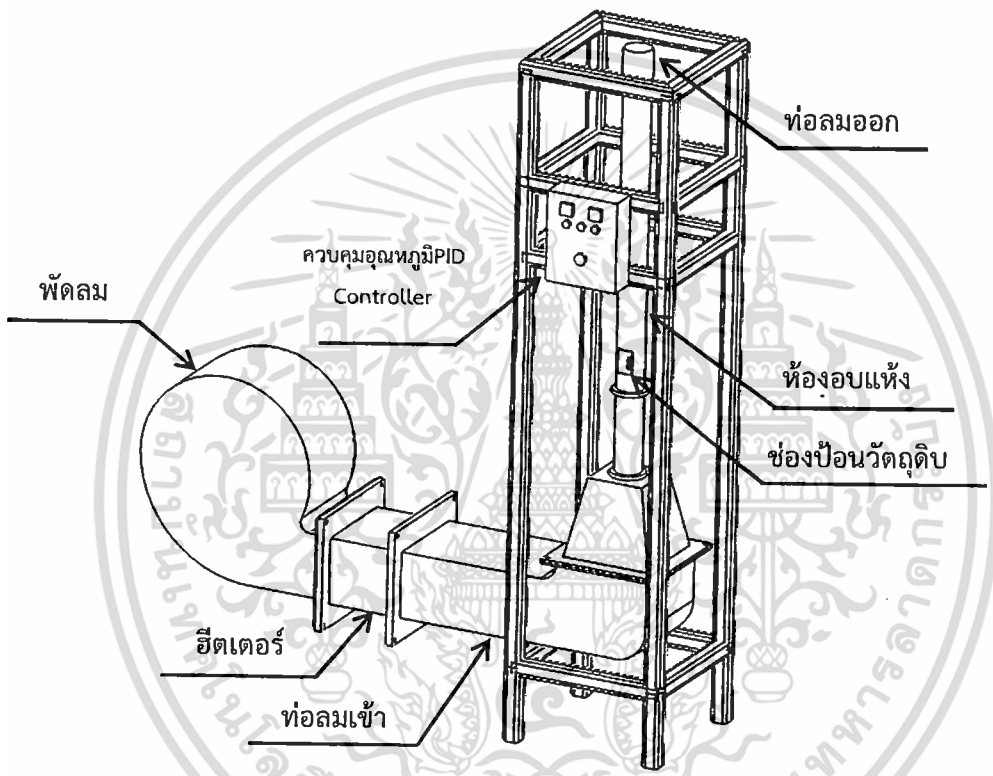
3.4.2 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบด

หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดซ์เซชั่น (ภาพที่ 3.5) เริ่มจากนำข้าวกล้องงอกใส่ลงสู่ห้องอบแห้ง ใช้ลมร้อนเป่าผ่านตะแกรงทางด้านใต้ของห้องอบแห้ง เป่าดันให้เมล็ดลอยตัวขึ้นเสมือนหนึ่งเป็นของไหล ทำให้พื้นที่ผิวของเมล็ดสัมผัสคลุกเคล้ากับลมร้อนอย่างทั่วถึง เมล็ดที่มีความชื้นต่ำมีน้ำหนักเบาจะลอยตัวสูงกว่า และใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าความชื้นของเมล็ดในห้องอบแห้งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

137611

ลดลงอย่างรวดเร็ว และต่อเนื่อง จนกระทั่งเมล็ดถูกเป่าดันให้ลอยข้ามแผ่นกั้น ผ่านชุดป้อนเมล็ดออก ออกจากห้องอบแห้งไป ส่วนลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้งจะถูกบังคับให้ไหลออกทางท่อทางออกลมร้อนร้อนด้านบน เทคนิคการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อน และพาความชื้นออกจากอาหารเนื่องจากความร้อนสัมผัสกันชิ้นอาหารโดยตรงเหมาะกับวัสดุที่เป็นเม็ดเล็กที่มีรูปทรงและขนาดสม่ำเสมอ เช่น เมล็ดธัญพืช (Cereal grain) ถั่ว (Legume) เป็นต้น ซึ่งเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีรูปร่างดังภาพที่ 3.12




ภาพที่ 3.5 ส่วนประกอบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด

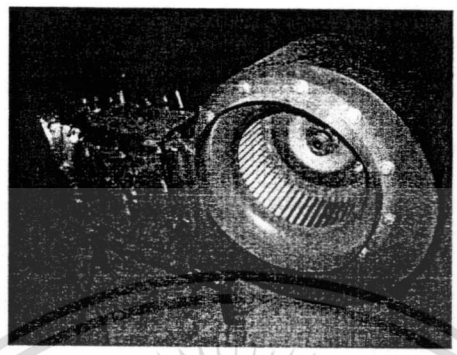
3.4.3 ส่วนประกอบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีดังนี้

3.4.3.1 พัดลม

พัดลมลักษณะใบพัดโค้งหน้าทำงานด้วยมอเตอร์ขนาด 1.5 kW ลักษณะใบพัดโค้งหน้าตามทิศทางการหมุนของใบพัด และมุมใบพัดมากกว่า 90° จำนวนใบพัดมากสามารถผลิตลมได้ในปริมาณมากขณะที่ความดันสถิตของระบบมีค่าต่ำ มีราคาถูก ช่วงการใช้งานกว้าง ต้นทุนค่าการดำเนินการต่ำ (เพลา และแบริ่งมีขนาดเล็ก) ไม่เหมาะสำหรับใช้งานในระบบที่มีค่าความดันสถิตสูงเกินไป มอเตอร์เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ Overload ได้ง่ายเมื่อความดันสถิตย์ในระบบต่ำเกินไป การใช้งานเหมาะกับลมที่สะอาดไม่มีฝุ่นแสดงดังภาพที่ 3.6



**ภาพที่ 3.6** พัดลมสำหรับเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด

3.4.3.2 ฮีตเตอร์

ฮีตเตอร์ครีบ ทำจาก Tubular Heater ที่ดัดเป็นรูปต่างๆ และเพิ่มแผ่นครีบม้วนติดกับท่อฮีตเตอร์อย่างต่อเนื่องจากปลายด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง ส่วนของแผ่นครีบที่เพิ่มขึ้นมาจะทำให้ฮีตเตอร์สามารถถ่ายเทความร้อนได้เร็วขึ้น

3.4.3.3 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ PLD Controller (ภาพที่ 3.7)

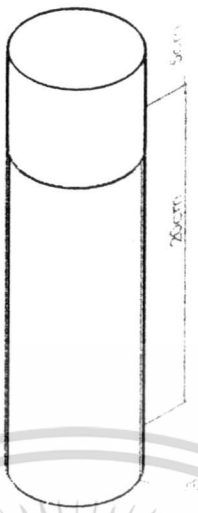
เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้กันอย่างกว้างขวางตัวควบคุมแบบพีไอดีเป็นตัวควบคุมที่มีประสิทธิภาพมาก ตัวควบคุมแบบพีไอดีสามารถแก้ปัญหากว่า 90 % ในการควบคุมระบบโดยการปรับค่าคงที่ใน PID ตัวควบคุมสามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะกับที่กระบวนการต้องการได้

**ภาพที่ 3.7** ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

3.4.3.4 ระบบท่อลม

ทำการออกแบบโดยใช้ท่ออลูมิเนียมจำนวน 19 ท่อ เพื่อให้ทิศทางลมกระจายออกสู่ห้องอบแห้งได้สะดวก และถูกสวมด้วยท่อเหล็ก ดังภาพที่ 3.8

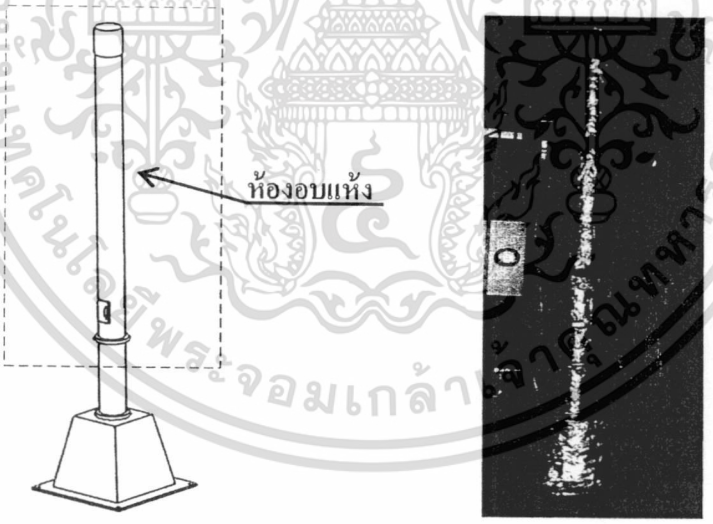
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 ระบบท่อลม

3.4.3.5 ห้องอบแห้ง

ห้องอบแห้งเป็นพื้นที่สำหรับอบแห้งทรงกระบอก มีลักษณะเป็นท่อเหล็กกลวง สูง 160 cm ดังภาพที่ 3.9




ภาพที่ 3.9 ห้องอบแห้ง

3.4.3.6 ช่องใส่วัตถุดิบ

ช่องสำหรับป้อนวัตถุดิบอยู่ด้านหน้าของเครื่องอบแห้ง มีขนาดกว้าง 5 cm สูง 10 cm ซึ่งออกแบบให้สามารถเปิดปิดได้ ดังภาพที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

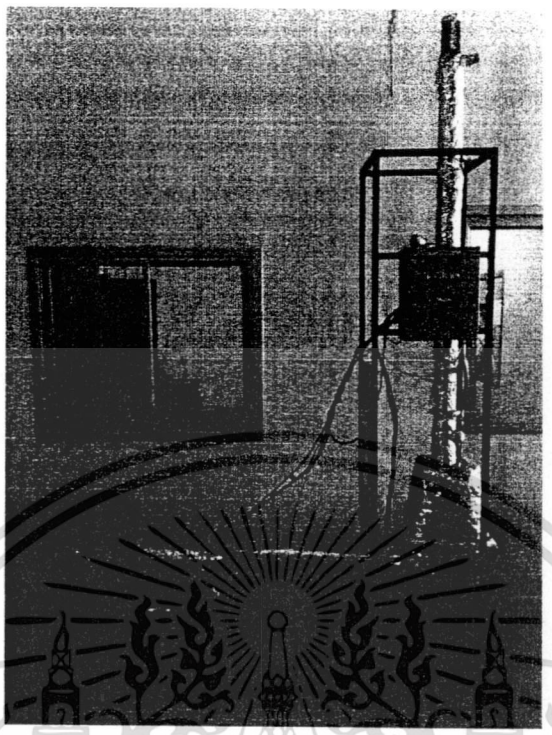
ภาพที่ 3.10 ช่องใส่วัตถุดิบ

3.4.3.7 ช่องมองวัตถุดิบ

ช่องมองวัตถุดิบเป็นแผ่นอะคริลิคใส ขนาด กว้าง 2 cm สูง 20 cm แสดงดังภาพที่ 3.11

ภาพที่ 3.11 ช่องมองวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

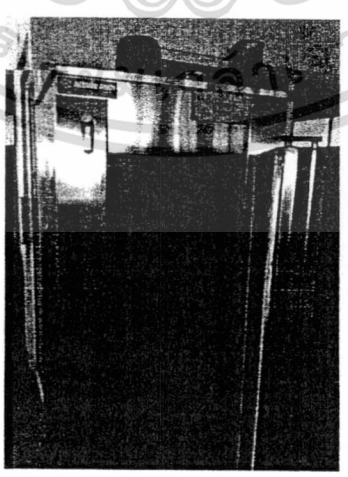


**ภาพที่ 3.12** เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด

3.5 การอบแห้งข้าวกล้องงอก

3.5.1 การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบตู้อบลมร้อน

นำข้าวกล้องงอกหุงสุก 300 g มาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน (ภาพที่ 3.13) ด้วยความเร็วลมประมาณ 1-1.5 m/s โดยใช้อุณหภูมิการอบแห้งเท่ากับ 40, 60 และ 80°C (ดัดแปลงจาก เทวิกา และคณะ, 2554) ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งจนข้าวกล้องงอกมีความชื้น 12% d.b.

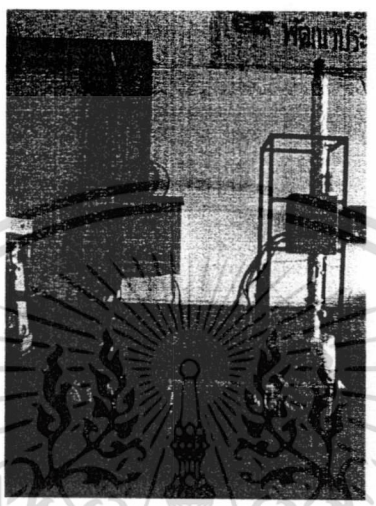


**ภาพที่ 3.13** เครื่องอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด

นำข้าวกล้องงอกหุงสุก 200 g มีความหนาเบดเป็น 8 cm มาอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิไดซ์เบดด้วย (ภาพที่ 3.14) ความเร็วลมประมาณ 2-2.5 m/s โดยใช้อุณหภูมิการอบแห้งเท่ากับ 110, 130 และ 150°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งจนข้าวกล้องงอกมีความชื้น 12% d.b. ดังแสดงในภาพที่ 3.15



**ภาพที่ 3.14** เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดสำหรับการทดลอง

**ภาพที่ 3.15** กระบวนการอบแห้งข้าวกล้องงอก

**3.6 การวิเคราะห์คุณภาพหลังการอบแห้ง**

3.6.1 การทดสอบวัดค่าสี

นำข้าวที่ผ่านการอบแห้งมาวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Colormeter รุ่น JC 801 ดังภาพที่ 3.16 (Color techno system co. Ltd, Japan) เป็นการวัดค่าสีในระบบ Hunter (L*, a*, b*) แสดงค่า L* (100-0 หมายถึง ค่าความสว่าง), a* (ค่าบวก หมายถึงสีแดง และค่าลบ หมายถึงสีเขียว), b* (ค่าบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายถึงสีเหลือง และค่าลบ หมายถึงสีน้ำเงิน) ค่าที่ได้จากเครื่องจะนำไปคำนวณค่าความขาว (Whiteness Index, WI)

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.1)$$

เมื่อ WI = ค่าดัชนีความขาว

L* = ค่าความสว่าง

a* = ค่าความเป็นสีแดง หรือสีเขียว

b* = ค่าความเป็นสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

**ภาพที่ 3.16** เครื่องวัดสี

3.6.2 ความหนาแน่นรวม

ชั่งน้ำหนักกระบอกตวงขนาด 100 mL นำข้าวที่ผ่านการอบแห้งใส่ในกระบอกตวงขนาด 100 mL เคาะกับโต๊ะ 30 ครั้ง เพื่อลดช่องว่างภายในกระบอก จากนั้นเติมข้าวให้เต็ม 100 mL ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อหามวลของข้าวที่แท้จริง หาความหนาแน่นรวมของข้าว โดยคำนวณจากมวลของวัสดุหารด้วยปริมาตรรวมของวัสดุ ซึ่งปริมาตรนั้นรวมปริมาตรของช่องว่างระหว่างวัสดุเอง และวัสดุกับภาชนะที่บรรจุ

ความหนาแน่นรวม = มวลของวัสดุ/ปริมาตรรวมของวัสดุ (3.2)

3.6.3 อัตราการดูดน้ำกลับ

ชั่งน้ำหนักข้าวที่ผ่านการอบแห้ง 20 g แช่ในน้ำอุณหภูมิ 97°C เป็นเวลา 10 min หลังจากนั้นวางให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 min แล้วชั่งน้ำหนัก (ดัดแปลงจาก Waraporn and Prisana, 2009) คำนวณหาอัตราการดูดน้ำกลับจากสูตร

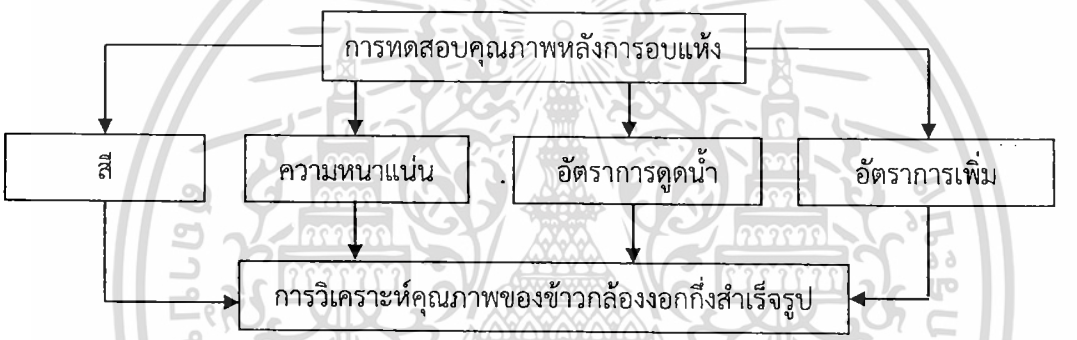
อัตราการดูดน้ำกลับ = น้ำหนักข้าวหลังการคืนรูป/น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (3.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 อัตราการเพิ่มปริมาตร

ชั่งน้ำหนักข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้ง 20 g ใส่ในกระบอกตวงขนาด 100 mL เคาะกับโต๊ะ 30 ครั้ง อ่านค่าปริมาตร หลังจากนั้นแช่ในน้ำอุณหภูมิ 97°C เป็นเวลา 10 min วางให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 min แล้วนำมาใส่กระบอกตวงขนาด 100 mL เคาะกับโต๊ะ 30 ครั้ง แล้วอ่านค่าปริมาตร (ดัดแปลงจาก Waraporn and Prisana, 2009) คำนวณหาอัตราการเพิ่มปริมาตรจากสมาการที่ 3.4 การทดสอบคุณภาพหลังการอบแห้งทั้งหมดแสดงในภาพที่ 3.17

อัตราการขยายปริมาตร = ปริมาตรของข้าวคืนรูป/ปริมาตรเริ่มต้น (3.4)




**ภาพที่ 3.17** กระบวนการทดสอบคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป

3.6.5 สารกาบ้า

วิเคราะห์ปริมาณสารกาบ้าโดยใช้วิธีการ HPLC

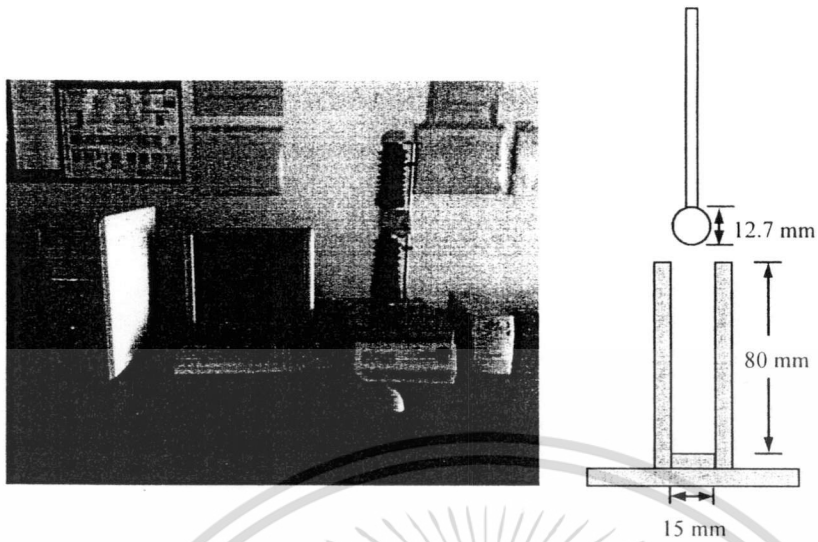
**3.7 การวิเคราะห์คุณภาพหลังการคืนรูป**

คืนรูปข้าวกล้องงอกหุงสุกที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้วิธีไมโครเวฟ ใช้ตัวอย่าง 30 g ต่อน้ำ 120 g (1:4) ใส่ในถ้วยแล้วปิดฝา และใส่ในไมโครเวฟกำลังไฟสูงสุด 800 W เป็นเวลา 8 min หลังจากนั้นวางไว้ 5 min การวิเคราะห์ทั้งหมดดังภาพที่ 3.20

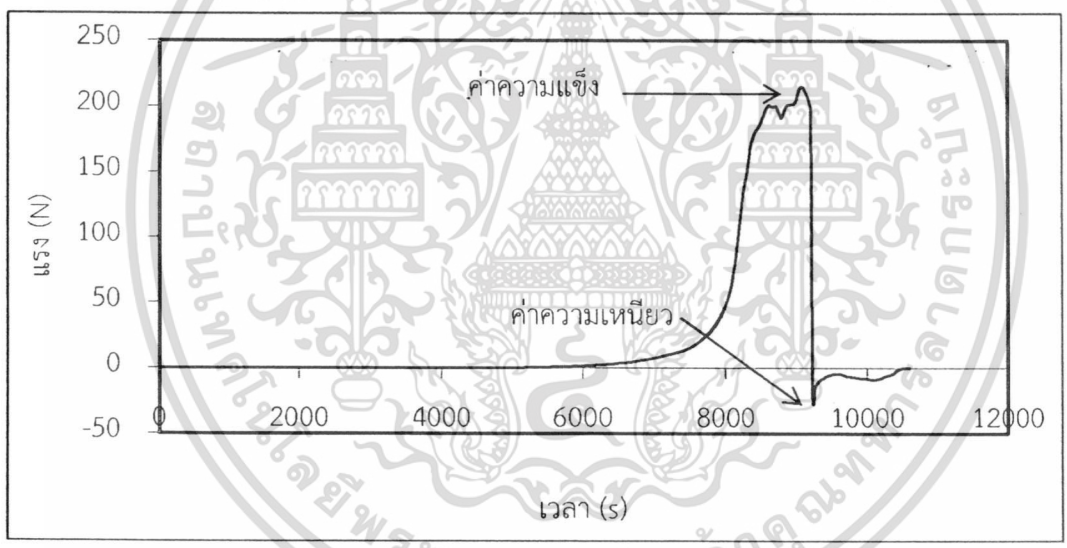
3.7.1 การทดสอบเนื้อสัมผัส

ใช้วิธีการทดสอบแบบ Back Extrusion ด้วยเครื่อง Texture Analysis รุ่น XT.plus (ภาพที่ 3.18) ประกอบด้วยชุดเครื่องมือทดลองเป็นทรงกระบอกกลวงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 mm และหัวกดรูปทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.7 mm โดยตั้งระยะความสูงของหัวกด 80 mm เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1.5 m/s ระยะกด 69 mm ใช้ตัวอย่างข้าวในการวัดครั้งละ 3 g นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าที่ได้จากการวัด ได้แก่ ความแข็งความเหนียว (ภาพที่ 3.19)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 3.18** การทดสอบแบบ Back extrusion




**ภาพที่ 3.19** การทดสอบค่าความแข็งและความเหนียว

3.7.2 การทดสอบวัดค่าสี

นำข้าวที่ผ่านการอบแห้งมาวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Color meter รุ่น JC 801 เป็นการวัดค่าสีในระบบ Hunter (L*, a*, b*) นำค่าที่ได้จากเครื่องไปคำนวณค่าความขาว (Whiteness Index, WI) ดังสมการที่ 3.1

3.7.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

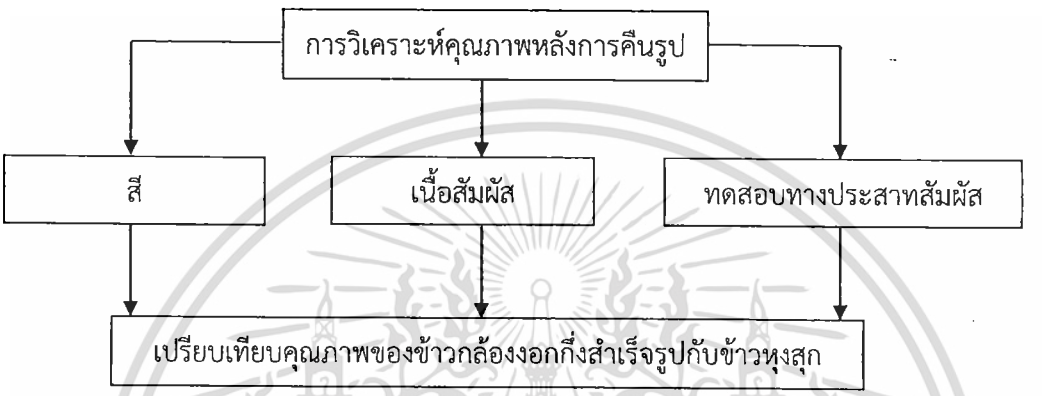
ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (9 point hedonic scaling test) โดยเปรียบเทียบข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน และการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่มีคุณภาพที่ดีที่สุด กับข้าวกล้องงอกหุงสุก ทดสอบลักษณะดังนี้ ลักษณะภายนอก, สี, เนื้อสัมผัส, กลิ่น, การยึดติดกันของเมล็ด, รสชาติ และความชอบโดยรวม

3.7.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์โดยแสดงข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวน วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างปัจจัยด้วยวิธี Duncan (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS ซึ่งแต่ละการทดลองมีการทำซ้ำ 3 ซ้ำ




**รูปที่ 3.20** กระบวนการทดสอบคุณภาพข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป

**3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ**

วิเคราะห์โดยแสดงข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างปัจจัยด้วยวิธี Duncan (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS และแต่ละการทดลองมีการทำซ้ำ 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

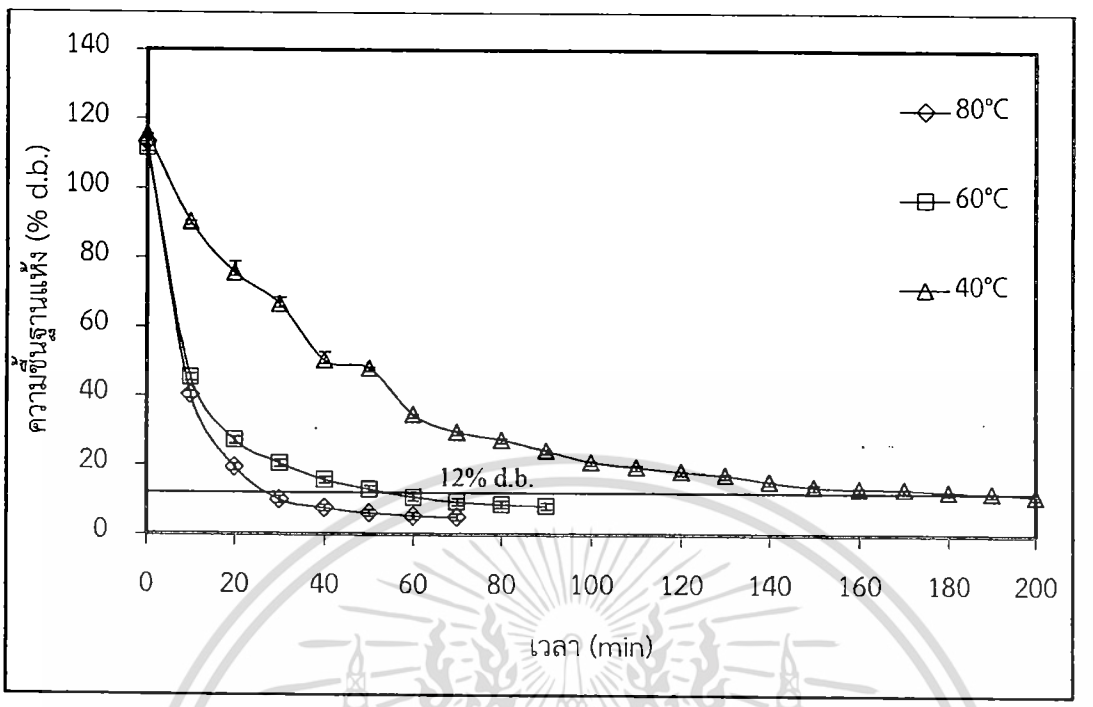
# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

## 4.1 จลน์ศาสตร์ของการอบแห้ง

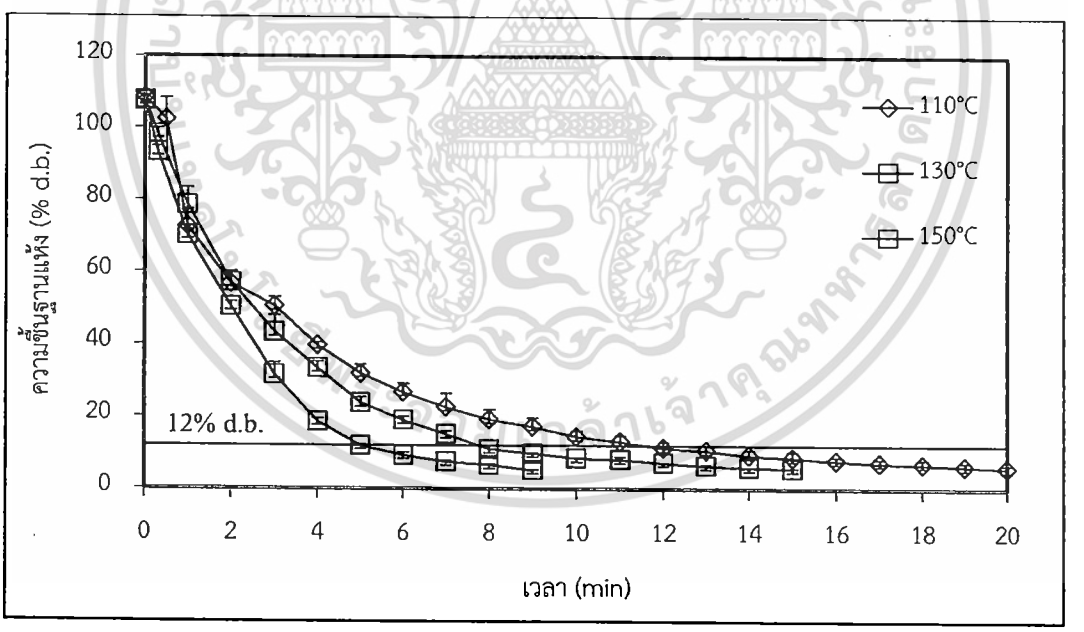
ข้าวกล้องงอกหุงสุกมีความชื้นเริ่มต้น 111.59±0.72% d.b. ถูกอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80°C และเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 110, 130 และ 150°C การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น กับเวลาของการอบแห้งแสดงอยู่ในภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2 กราฟทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าปริมาณความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่องตามเวลาของการอบแห้ง เวลาที่ใช้ในการลดความชื้นจากความชื้นเริ่มต้นจนถึง 12 % d.b. มีค่าเป็น 160, 50 และ 30 min สำหรับการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80°C ตามลำดับ และมีค่าเป็น 10, 7 และ 5 min สำหรับการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 110, 130 และ 150°C ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงสอดคล้อง กับงานวิจัยการอบแห้งข้าวกล้องงอกด้วยฟลูอิไดซ์เบดแบบอากาศร้อน (Srisang et at., 2009)

ในภาพที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้ง กับความชื้นฐานแห้งของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน และฟลูอิไดซ์เบด แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น, ช่วงอัตราการแห้งคงที่ และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งในช่วงการปรับสภาวะนั้นเป็นช่วงเริ่มต้นที่ตัวอย่างในการอบแห้ง มีความชื้นเริ่มต้นสูง ผิวของอาหารมีลักษณะเปียกชื้นมาก ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างลมร้อนกับตัวอย่าง ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวตัวอย่าง มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกะเปาะเปียกของกระแสลมร้อนที่ใช้เป็นตัวกลาง อัตราการทำแห้งค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ช่วงอัตราทำแห้งคงที่เป็นช่วงที่น้ำภายในวัสดุเคลื่อนที่มาที่ผิวหน้า พลังงานความร้อนที่วัสดุได้รับจะใช้ในการระเหยน้ำออกจากของวัสดุ อย่างต่อเนื่อง ความชื้นเฉลี่ยของวัสดุ ลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในการอบแห้ง จุดสุดท้ายของช่วงการอบแห้งความเร็วคงที่ อัตราเร็วในการอบแห้งเริ่มลดลง ความชื้นของวัสดุ ณ เวลานี้ เรียกว่า ความชื้นวิกฤต และในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เป็นช่วงที่ความชื้นในตัวอย่างเหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหน้าของตัวอย่างได้ไม่ต่อเนื่อง ผิวหน้าของตัวอย่างเริ่มแห้ง ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของตัวอย่างสูงขึ้นเรื่อย ๆ อัตราการอบแห้งลดลง ความชื้นลดลงจนถึงค่าความชื้นสมดุล อัตราการทำแห้งเฉลี่ยประมาณ 0.5205 ± 0.6881, 1.1478 ± 2.1250 และ 1.5458 ± 2.6381 กรัมน้ำต่อกรัมของแข็งแห้ง·นาที ในการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80°C ตามลำดับ และอัตราการทำแห้งเฉลี่ยประมาณ 6.5954 ± 12.8846, 8.1947 ± 10.7368 และ 13.9650 ± 14.7972 g water/ g solids/min ในการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 110, 130 และ 150°C ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

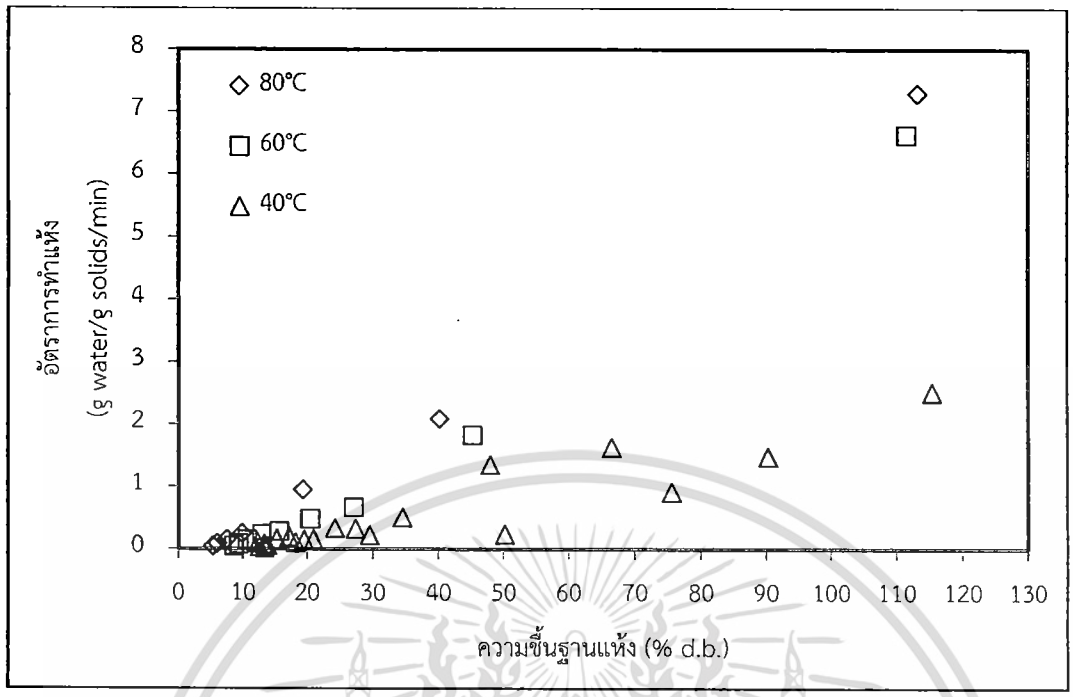



**ภาพที่ 4.1** ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน

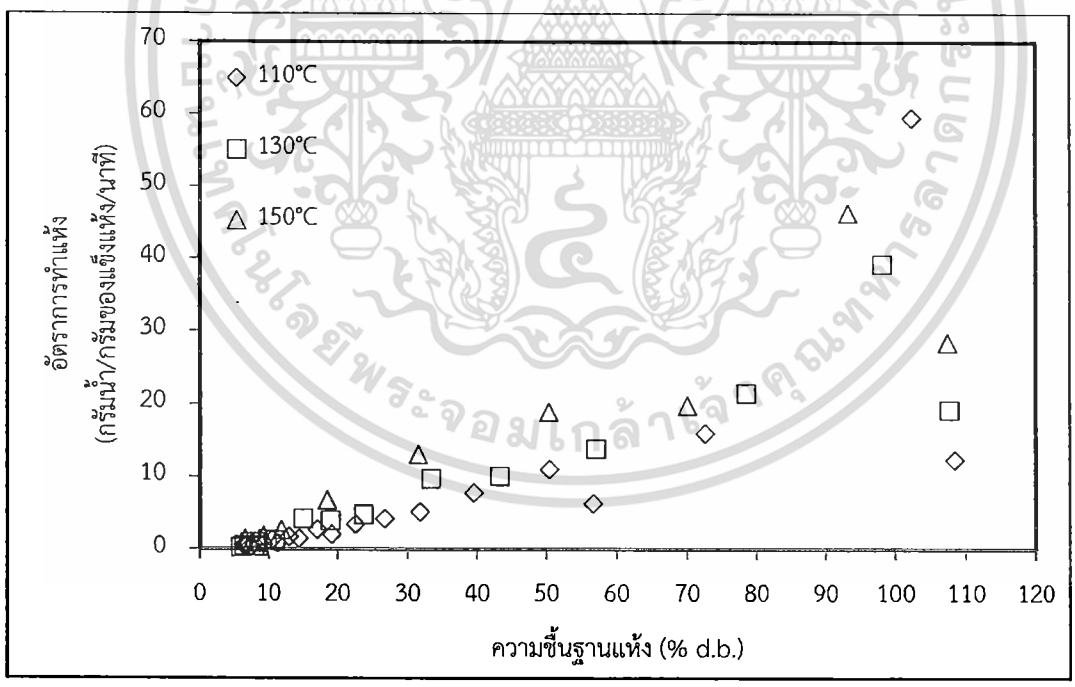



**ภาพที่ 4.2** ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นของการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 4.3** ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งกับความชื้นของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน




**ภาพที่ 4.4** ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งกับความชื้นของการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.1** อัตราการทำแห้งของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนและฟลูอิไดซ์เบด

| วิธีการอบแห้ง | อุณหภูมิ (°C) | เวลาการอบแห้ง (min) | อัตราการทำแห้ง (g water/g solids/min) |
|---|---|---|---|
| ตู้อบลมร้อน | 40 | 160 | $0.5205 \pm 0.6881^{b}$ |
| | 60 | 50 | $1.1478 \pm 2.1250^{b}$ |
| | 80 | 30 | $1.5458 \pm 2.6381^{b}$ |
| ฟลูอิไดซ์เบด | 110 | 10 | $6.5954 \pm 12.8846^{ab}$ |
| | 130 | 7 | $8.1947 \pm 10.7368^{ab}$ |
| | 150 | 5 | $13.9650 \pm 14.7972^{a}$ |

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

**4.2 คุณภาพหลังการอบแห้ง**

4.2.1 ความขาว

ในขั้นตอนการวิเคราะห์คุณภาพสีเปรียบเทียบความขาวของข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการอบแห้งแบบเตาอบลมร้อน และแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิอบแห้งต่าง ๆ โดยมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12% d.b. ดังตารางที่ 4.2 ตัวอย่างของข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีค่าความขาวมากกว่าข้าวกล้องงอกที่ผ่านอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน เนื่องจากอุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความขาวของตัวอย่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยการอบแห้งข้าวกล้องงอกด้วยฟลูอิไดซ์เบดแบบอากาศร้อน (Srisang et at., 2009) เพราะเมื่ออุณหภูมิของการอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาของการอบแห้งลดลง เมื่อเปรียบเทียบความขาวในแต่ละวิธีการอบแห้งพบว่า การอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40°C มีค่าความขาวต่ำสุดคือ 42.73 ± 0.31 ส่วนที่ 60°C และ 80°C มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 110°C มีค่าความขาวต่ำสุดคือ 42.73 ± 0.31 และที่อุณหภูมิ 130°C และ 150°C มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.2** ค่าความขาวของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนและแบบฟลูอิไดซ์เบด

| ชนิดของการอบแห้ง | อุณหภูมิอบแห้ง (°C) | ระยะเวลาในการอบแห้ง (min) | ความขาว (%) |
|---|---|---|---|
| ตู้อบลมร้อน | 40 | 160 | $42.73\pm0.31^{d}$ |
| | 60 | 50 | $44.45\pm0.21^{c}$ |
| | 80 | 30 | $44.74\pm0.23^{c}$ |
| ฟลูอิไดซ์เบด | 110 | 10 | $42.73\pm0.31^{d}$ |
| | 130 | 7 | $49.12\pm0.33^{a}$ |
| | 150 | 5 | $49.54\pm0.23^{a}$ |

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกัน หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

4.2.2 ความหนาแน่นรวม

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นรวมเปรียบเทียบระหว่างการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน และแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยมีความชื้นสุดท้ายเป็น 12% d.b. ดังตารางที่ 4.3 ตัวอย่างของข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนมีค่าความหนาแน่นรวมกว่าการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดโดยค่าที่ได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อค่าความหนาแน่นรวม เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นลดลง เพราะที่อุณหภูมิต่ำใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานทำให้เกิดการหดตัวมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของเมล็ดข้าวมากกว่าการอบแห้งที่ใช้ระยะเวลาสั้น หากเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นรวมในแต่ละวิธีการอบแห้งพบว่า การอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนมีค่าความหนาแน่นรวมมากสุด คือ $0.59 \pm 0.01$ ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40°C ซึ่งแตกต่างจากอุณหภูมิ 60°C และ 80°C อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีค่าความหนาแน่นรวมมากสุด คือ $0.52 \pm 0.01$ ที่อุณหภูมิอบแห้ง 110°C โดยที่อุณหภูมิ 130°C มีค่าความหนาแน่นรวมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิ 110°C และ 150°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3** ค่าความหนาแน่นรวมของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนและแบบฟลูอิไดซ์เบด

| ชนิดของการอบแห้ง | อุณหภูมิอบแห้ง (°C) | ระยะเวลาในการอบแห้ง (min) | ความหนาแน่นรวม ($g/cm^3$) |
|---|---|---|---|
| ตู้อบลมร้อน | 40 | 160 | $0.59\pm0.01^{a}$ |
| | 60 | 50 | $0.56\pm0.01^{b}$ |
| | 80 | 30 | $0.53\pm0.02^{c}$ |
| ฟลูอิไดซ์เบด | 110 | 10 | $0.52\pm0.01^{c}$ |
| | 130 | 7 | $0.51\pm0.01^{cd}$ |
| | 150 | 5 | $0.50\pm0.01^{d}$ |

ตัวอักษรที่ต่างกัน หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

4.2.3 อัตราการดูดน้ำกลับ

ในขั้นตอนการวิเคราะห์อัตราการดูดน้ำกลับเปรียบเทียบระหว่างการอบแห้งแบบเตาอบลมร้อน และแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยมีความชื้นสุดท้ายที่ 12% d.b. ดังตารางที่ 4.4 ตัวอย่างของการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีอัตราการดูดน้ำกลับมากว่าการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการดูดน้ำกลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากอุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เกิดการแตกร้าวในเมล็ดข้าวมากกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำส่งผลให้มีอัตราการดูดน้ำกลับมาก เพราะรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นในเมล็ดข้าวนั้นจะช่วยในการดูดซับน้ำได้มากสอดคล้องกับงานวิจัยการอบแห้งข้าวขาวหุงสุกด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่ช่วงอุณหภูมิเดียวกัน (Sripinyowanich, 2011) ข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C มีอัตราการดูดน้ำกลับเท่ากับ 1.88 ± 0.06 มากสุด ซึ่งแตกต่างกับที่อุณหภูมิ 40°C อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิ 60°C ส่วนการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิอบแห้ง 110°C 130°C และ150°C มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่อุณหภูมิ 150°C มีค่าอัตราการดูดน้ำกลับมาสุดเท่ากับ 1.96 ± 0.02%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.4** ค่าอัตราการดูดน้ำกลับของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน และแบบฟลูอิไดซ์เบด

| ชนิดของการอบแห้ง | อุณหภูมิอบแห้ง (°C) | ระยะเวลาในการอบแห้ง (min) | อัตราการดูดน้ำกลับ (%) |
|---|---|---|---|
| ตู้อบลมร้อน | 40 | 160 | $1.79\pm0.03^{d}$ |
| | 60 | 50 | $1.84\pm0.02^{c}$ |
| | 80 | 30 | $1.88\pm0.06^{bc}$ |
| ฟลูอิไดซ์เบด | 110 | 10 | $1.92\pm0.03^{ab}$ |
| | 130 | 7 | $1.93\pm0.03^{a}$ |
| | 150 | 5 | $1.96\pm0.02^{a}$ |

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกัน หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

4.2.4 อัตราการเพิ่มปริมาตร

ในขั้นตอนการวิเคราะห์อัตราการดูดน้ำกลับเปรียบเทียบระหว่างการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน และแบบฟลูอิไดซ์เบดโดยความชื้นสุดท้ายเป็น 12% d.b. ดังตารางที่ 4.5 ตัวอย่างของข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีอัตราการเพิ่มปริมาตรมากกว่าการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน เนื่องจากอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดรอยแตกร้าวในข้าวเป็นมากกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำซึ่งส่งผลให้ข้าวสามารถดูดซับน้ำเป็นจำนวนมาก อัตราการเพิ่มปริมาตรจึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วยสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Prasert and Suwannaporn, 2009) โดยในการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนพบว่าอัตราการเพิ่มปริมาตรที่อุณหภูมิ 40°C 60°C และ80°C มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกับการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 110°C 130°C และ150°C ซึ่งที่อุณหภูมิอบแห้งสูงสุด 150°C มีค่าอัตราการเพิ่มปริมาตรมากสุด คือ 1.26 ± 0.05 %

**ตารางที่ 4.5** ค่าอัตราการเพิ่มปริมาตรของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนและแบบฟลูอิไดซ์เบด

| ชนิดของการอบแห้ง | อุณหภูมิอบแห้ง (°C) | ระยะเวลาในการอบแห้ง (min) | อัตราการเพิ่มปริมาตร (%) |
|---|---|---|---|
| ตู้อบลมร้อน | 40 | 160 | $1.15\pm0.01^{b}$ |
| | 60 | 50 | $1.16\pm0.04^{b}$ |
| | 80 | 30 | $1.19\pm0.08^{ab}$ |
| ฟลูอิไดซ์เบด | 110 | 10 | $1.21\pm0.04^{ab}$ |
| | 130 | 7 | $1.22\pm0.06^{ab}$ |
| | 150 | 5 | $1.26\pm0.05^{a}$ |

**หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกัน หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3 การคืนรูป**

ในขั้นตอนการคืนรูปใช้วิธีคืนรูปด้วยไมโครเวฟ (ภาพที่ 4.5) โดยจากการคำนวณสัดส่วนของข้าวต่อน้ำ และระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการคืนรูปเพื่อให้คุณภาพใกล้เคียงกับข้าวกล้องงอกหุงสุก พบว่าสัดส่วนของข้าวต่อน้ำที่ใช้ในการคืนรูปคือ 1:4 โดยน้ำหนัก กล่าวคือ ข้าว 30 g ต่อน้ำ 120 g ใส่ในถ้วยคนให้เมล็ดข้าวจมน้ำทุกเมล็ดแล้วปิดฝานำใส่ในไมโครเวฟกำลังไฟสูงสุด 800 W ดังรูปที่ 5.11 ใช้ระยะเวลาในการคืนรูปนาน 8 min และวางพักไว้ 5 min เพื่อให้ข้าวดูดซึมน้ำมากขึ้นรวมระยะเวลา 13 min จึงสามารถรับประทานได้โดยเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องงอกหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวนั้นใช้ระยะเวลาในการหุง 40 min จึงสามารถรับประทานได้

**ภาพที่ 4.5** การคืนรูปด้วยไมโครเวฟ

**4.4 คุณภาพหลังการคืนรูป**

4.4.1 ความขาว

ในขั้นตอนการวิเคราะห์คุณภาพสีเปรียบเทียบความสว่างของข้าวกล้องงอกหุงสุกกับข้าวกล้องงอกที่ผ่านการคืนรูปด้วยไมโครเวฟดัง ตารางที่ 4.6 คุณภาพสีหลังการคืนรูปของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน และแบบฟลูอิไดซ์เบดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวกล้องงอกหุงสุก โดยมีค่าความขาวน้อยกว่าข้าวกล้องงอกหุงสุก อาจเป็นเพราะว่าข้าวกล้องงอกหุงสุกใช้ระยะเวลาในการหุงนานถึง 40 min ซึ่งมากกว่าข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูปเพียง 13 min เม็ดสีเหลืองที่อยู่บนชั้นผิวของข้าวกล้องอาจจะถูกทำลายโดยความร้อนจึงทำให้ข้าวกล้องงอกหุงสุกมีความขาวมากว่า ส่วนข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดเมื่อนำมาวัดค่าความขาวหลังการคืนรูปพบว่ามีค่าความขาวมากกว่าข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนซึ่งค่าความขาวเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง หากอุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าความก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วยเพราะระยะเวลาในการอบแห้งลดลง (Tamaisuk, 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.6** ค่าความขาวของข้าวกล้องงอกหุงสุกและข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูป

| ชนิดของตัวอย่าง | อุณหภูมิอบแห้ง (°C) | เวลาในการทำให้สุก (min) | ค่าความขาว (%) |
|---|---|---|---|
| ข้าวกล้องงอกหุงสุก | - | 40 | $50.69\pm0.26^{a}$ |
| ตู้อบลมร้อน | 40 | 13 | $44.31\pm0.52^{g}$ |
| | 60 | 13 | $46.11\pm0.31^{f}$ |
| | 80 | 13 | $46.61\pm0.18^{e}$ |
| ฟลูอิไดซ์เบด | 110 | 13 | $47.67\pm0.11^{d}$ |
| | 130 | 13 | $48.25\pm0.07^{c}$ |
| | 150 | 13 | $48.51\pm0.22^{b}$ |

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกัน หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

4.4.2 เนื้อสัมผัส

ในขั้นตอนการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสโดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งค่าที่ได้จากการวัด ได้แก่ ความแข็ง (Hardness) ความเหนียว (Stickiness) ดังตารางที่ 4.7 ข้าวกล้องงอกหุงสุกมีความแข็ง และความเหนียวน้อยสุด เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปโดยข้าวกล้องงอกหุงสุกมีค่าความแข็งเท่ากับ 64.00 ± 4.16 N และค่าความเหนียว 18.56 ± 2.01 N แต่ค่าความเหนียวของข้าวกล้องงอกหุงสุกมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กับข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 150°C และเมื่อนำข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนเปรียบเทียบกับแบบฟลูอิไดซ์เบด ชี้ให้เห็นว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัส เนื่องจากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมีทำให้ค่าความแข็ง และความเหนียวลดลง (Srisang et at., 2009) โดยตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C กับแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 110°C และตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C กับแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 130°C มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าความเหนียวของการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C และ 80°C กับแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 110°C และ 130°C มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.7** เนื้อสัมผัสของข้าวกล้องงอกหุงสุกและข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูป

| ชนิดของตัวอย่าง | อุณหภูมิอบแห้ง (°C) | เวลาในการทำให้สุก (min) | ค่าความแข็ง (N) | ค่าความเหนียว (N ) |
|---|---|---|---|---|
| ข้าวกล้องงอกหุงสุก | - | 40 | 64.00±4.16$^{e}$ | 18.56±2.01$^{a}$ |
| ตู้อบลมร้อน | 40 | 13 | 247.80±32.73$^{a}$ | 29.45±4.04$^{c}$ |
| ตู้อบลมร้อน | 60 | 13 | 189.92±12.55$^{b}$ | 25.94±1.56$^{b}$ |
| ตู้อบลมร้อน | 80 | 13 | 158.71±10.30$^{c}$ | 24.63±2.08$^{b}$ |
| ฟลูอิไดซ์เบด | 110 | 13 | 181.62±11.00$^{b}$ | 25.37±1.08$^{b}$ |
| ฟลูอิไดซ์เบด | 130 | 13 | 145.70±12.83$^{c}$ | 24.14±3.31$^{b}$ |
| ฟลูอิไดซ์เบด | 150 | 13 | 103.84±7.57$^{d}$ | 20.75±2.50$^{a}$ |

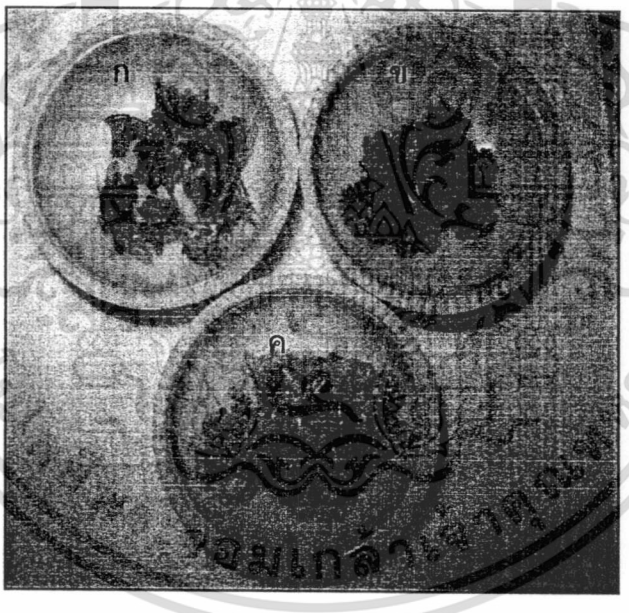
หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกัน หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

4.4.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบคุณภาพของข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน และผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ภาพที่ 4.6) ทำการเลือกตัวอย่างข้าวกล้องงอกของการอบแห้งที่ดีที่สุดมาอย่างละ 1 ตัวอย่างโดยลักษณะของตัวอย่างที่เลือก คือ ต้องมีความสามารถในการดูดน้ำกลับดีที่สุด และมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มที่สุด สำหรับการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนเลือกตัวอย่างที่อุณหภูมิอบแห้งที่ 80°C และที่อุณหภูมิ 150°C สำหรับการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับข้าวกล้องงอกหุงสุก ดังภาพที่ 4.6 เพราะมีลักษณะคุณภาพตามที่ต้องการมากสุด ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปเปรียบเทียบกับข้าวกล้องงอกหุงสุกพบว่าข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปมีคะแนนเฉลี่ยด้าน ลักษณะภายนอก สี กลิ่น การยึดติดของเมล็ดข้าว เนื้อสัมผัส รสชาติ ความชอบโดยรวม มากว่าข้าวกล้องงอกหุงสุก ดังตารางที่ 4.8 โดยในด้านลักษณะภายนอกข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนกับแบบฟลูอิไดซ์เบด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญซึ่งมากกว่าเมื่อเปรียบกับข้าวกล้องงอกหุงสุก เนื่องจากผู้ทดสอบส่วนใหญ่ชอบข้าวที่มีลักษณะเป็นเมล็ดสมบูรณ์มากกว่าเมล็ดข้าวที่ปริหรือบาน ในด้านสีข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน แบบฟลูอิไดซ์เบด และข้าวกล้องงอกหุงสุกมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชอบข้าวที่มีค่อนข้างขาวมากกว่าข้าวที่มีสีคล้ำ อาจเป็นเพราะว่าข้าวที่มีสีขาวดูน่ารับประทานมากกว่า ในด้านกลิ่นข้าวกล้องงอกหุงสุกกับข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนมีคะแนนมากสุดทั้งนี้ เนื่องจากกลิ่นหอมของ 2-acetyl-1-pyroline 2AP ในตัวอย่างลดลงเมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้น (จารุวรรณ, 2553) ในด้านการยึดติดของเมล็ดข้าว ข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกับข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด และข้าวกล้องงอกหุงสุก แต่ข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ในด้านเนื้อสัมผัสข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด และข้าวกล้องงอกหุงสุก แต่ข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด อาจเป็นเพราะผู้ทดสอบส่วนใหญ่ชอบข้าวที่มีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มมากกว่าข้าวที่แข็งโดยจากการทดสอบคุณภาพเนื้อสัมผัสพบว่าข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 150°C มีค่าความแข็ง และความเหนียวต่ำสุด ในด้านรสชาติข้าวกล้องงอกหุงสุก ข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลม และข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับในด้านความชอบโดยรวมที่ข้าวกล้องงอกหุงสุก ข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลม และข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ปริมาณสารกาบ้าในข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่อบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 150°C พบว่ามีปริมาณสารกาบ้าเป็น 5.71 mg/100 g ซึ่งมากกว่าข้าวกล้องปกติประมาณ 4.76 เท่า แสดงให้เห็นว่างานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จโดยข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปมีปริมาณสารกาบ้าและความสามารถในการคืนรูปที่ใกล้เคียงกับข้าวกล้องหุงสุก




**ภาพที่ 4.6** ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบด้านประสาทสัมผัส ก) ตัวอย่างที่อบแห้งด้วยฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 150°C ข) ตัวอย่างที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40°C และ ค) ข้าวกล้องงอกหุงสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.8** การทดสอบทางประสาทสัมผัส

| ชนิดของตัวอย่าง | ลักษณะภายนอก | สี | กลิ่น | การยึดติดของเมล็ดข้าว | เนื้อสัมผัส | รสชาติ | ความชอบโดยรวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ข้าวกล้องงอกหุงสุก | 4.57±1.30$^{b}$ | 5.60±1.57$^{a}$ | 5.70±1.26$^{b}$ | 5.37±1.10$^{b}$ | 5.50±1.61$^{b}$ | 5.70±1.39$^{a}$ | 5.90±1.12$^{a}$ |
| ตู้อบลมร้อน 80°C | 5.80±1.21$^{a}$ | 6.07±1.08$^{a}$ | 6.30±0.84$^{a}$ | 5.63±1.63$^{ab}$ | 5.80±1.49$^{ab}$ | 6.20±1.06$^{a}$ | 6.23±0.90$^{a}$ |
| ฟลูอิไดซ์เบด 150°C | 6.10±1.4$^{a}$ | 6.17±0.91$^{a}$ | 5.73±1.01$^{b}$ | 6.13±1.22$^{a}$ | 6.37±1.19$^{a}$ | 6.30±1.09$^{a}$ | 6.43±1.04$^{a}$ |

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกัน หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

**ตารางที่ 4.9** ปริมาณสารกาบ้าในข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป

| ชนิดของตัวอย่าง | สารกาบ้า (mg/100 g) |
|---|---|
| ข้าวกล้อง | 1.20 |
| ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปอบแห้งด้วยฟลูอิไดซ์เบดที่ 150°C | 5.71 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
## สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปมีกระบวนการที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ 1) การทำของกล้องงอก 2) การทำข้าวกล้องงอกหุงสุก และ 3) การอบแห้ง ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งวิธีการอบแห้งที่ศึกษาได้แก่ การอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80°C และการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 110, 130 และ 150°C ตามลำดับ และวิเคราะห์คุณภาพของตัวอย่างข้าวหลังการอบแห้งและหลังการคืนรูป ดังนั้นผลการทดลองสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมข้าวกล้องงอกหุงสุกคือ การนึ่งข้าวกล้องงอกที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 min เพื่อให้เกิดเจลลาติไนซ์บางส่วนที่ผิวของเมล็ดข้าว หลังจากนั้นแช่ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 7 min เมล็ดข้าวเกิดการพองตัวจนเห็นได้ชัด ความกว้าง และความยาวเพิ่มขึ้น และเกิดเจลในเมล็ดข้าว แล้วการนึ่งอีกครั้งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 min เพื่อทำให้เมล็ดข้าวเกิดเจลลาติไนซ์สมบูรณ์

5.1.2 ความเร็วลมต่ำสุดของการอบแห้งข้าวกล้องงอกหุงสุกที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ฟลูอิไดซ์เซชั่นในเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีค่าประมาณ 2.18 m/s

5.1.3 ในระหว่างการอบแห้ง ปริมาณความชื้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องตามเวลาของการอบแห้ง และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นระยะเวลาในการอบแห้งลดลง เวลาที่ใช้ในการลดความชื้นจากความชื้นเริ่มต้นจนถึง 12 % d.b. มีค่าเป็น 160, 50 และ 30 min สำหรับการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 60 และ 80°C ตามลำดับ และใช้เวลา 10, 7 และ 5 min สำหรับการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 110 130 และ 150°C ตามลำดับ

5.1.4 คุณภาพตัวอย่างหลังการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีค่าความขาว อัตราการดูดน้ำกลับ และอัตราการเพิ่มปริมาตรมากกว่าการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน เพราะใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูง แต่ตัวอย่างหลังการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนมีค่าความหนาแน่นรวมมากกว่าการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด เพราะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานกว่า

5.1.5 หลังการคืนรูปด้วยวิธีไมโครเวฟ ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปมีค่าความขาวน้อยกว่าข้าวกล้องงอกหุงสุก และข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีค่าความขาวมากกว่าตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน

5.1.6 ข้าวกล้องงอกหุงสุกมีค่าความแข็ง และความเหนียวน้อยกว่าข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป และข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีค่าความแข็ง และความเหนียวน้อยกว่าการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.7 ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบแห้งมีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะภายนอก สี กลิ่น การยึดติดของเมล็ดข้าว เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม มากกว่าข้าวกล้องงอกหุงสุก

5.18 ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปมีปริมาณสารกาบ้ามากกว่าข้าวกล้องประมาณ 4.76 เท่า

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาอิทธิพลของความสูงเบด และความเร็วลมของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดต่ออัตราการทำแห้ง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์

5.2.2 ควรศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปในสภาวะต่าง ๆ และบรรจุภัณฑ์แต่ละประเภท

5.2.3 ควรมีการศึกษาการใช้พลังงานสำหรับกระบวนการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 6
## สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

โครงการวิจัยเรื่องการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปและผลกระทบของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้รับเงินสนับสนุนจำนวน 60,000 บาท จากงบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประเภทที่ 3 ด้านความร่วมมือกับอุตสาหกรรม กับ หจก.เนเจอร์ฟู้ดโปรดักส์แอนด์มาร์เก็ตติ้ง และมีผลผลิตที่ได้จากงานวิจัยดังนี้

1. ต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการ: เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด จำนวน 1 เครื่อง
2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์: ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่มีคุณภาพ
3. กระบวนการใหม่: กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่มีคุณภาพ
4. การประชุมวิชาการระดับชาติ: เรื่องอิทธิพลของอุณหภูมิของการอบแห้งแบบถาดต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป ในการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ จังหวัดอยุธยา
5. อนุสิทธิบัตร: เลขที่คำขอ 1403000090 กรรมวิธีผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว เลขที่อนุสิทธิบัตร 9020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี. (2547). ขาวและผลิตภัณฑขาว. พิมพครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร

จารุวรรณ บางแวก, อรวรรณ จิตต์ธรรม และอรณิชชา สุวรรณโฉม. (2553). การประเมินสารหอม 2-Acetyl-1-Pyrroline: 2AP ในข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยเทคนิค NIR Spectroscopy วารสารวิชาการเกษตร, ปีที่ 28, ฉบับที่ 1

ดรุณี ปนคำ, เบ็ญจรัก วายุภาพ และวราพร ลักษณลมาย. (2552). กระบวนการผลิตขาวกลองงอกหุงสุกเร็ว. การประชุมนำเสนอผลงานระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยรังสิต

เทวิกา กีรติบูรณะ, และวรนุช ศรีเจษฎารักษ์. (2011). ผลของการอบแห้งแบบถาดของข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 งอกต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ. The graduate research conference KhonKaen University.

นฤบดี ศรีสังข, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และวารุณี วารัญญานนท. (2552). การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งข้าวกลองงอกดวยฟลูอิไดซเบดแบบอากาศรอนและไอน้ำรอนยวดยิ่ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 40, ฉบับที่ 3, กันยายน – ธันวาคม

พรทิพย์ ศิริสุนทรลักษณ์, กัญญารัตน์ รุจิรารุ่งเรือง และเกื้อพันธ์ ชยะสุนทร. (2552). การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็วด้วยวิธีการแช่น้ำ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 40 , ฉบับที่ 1, มกราคม – เมษายน

วุฒิชัย นาครักษา และสุภาภรณ์ธัญญะวานิช. (2005). การปรับปรุงคุณภาพข้าวหุงสุกเร็วโดยใช้วิธีแช่เยือกแข็งร่วมกับการใช้ไมโครเวฟ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

Cheevitsopon, E., and Noomhorm, A. (2011). Effects of parboiling and fluidized bed drying on the physicochemical properties of germinated brown rice. International Journal of Food Science and Technology, 46, 2498-2504.

Prasert, W., and Suwannaporn, P. (2009). Optimization of instant jasmine rice process and its physicochemical properties. Journal of Food Engineering, 95, 54-61

Sripinyowanich, J. (2011). Application of microwave-vibro-fluidized drying in production of instant rice. Master of Science inFood Engineering and Bioprocess Technology Asian Institute of Technology, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์จากหน่วยงานภายนอก**

**ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

1. ข้าพเจ้า (นาย) มานพ แก้วโกย

ตำแหน่ง ผู้จัดการ

ชื่อหน่วยงาน หจก. เนเจอร์ฟู้ดโปรดักส์แอนด์มาร์เก็ตติ้ง

สถานที่ตั้ง 79 หมู่ 6 ต.สระขุด อ.ชุมพลบุรี จ.สุรินทร์ 32190

เบอร์ติดต่อ 0845225024

ขอรับรองว่าได้นำผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์/งานวิชาการ เรื่องการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปและผลกระทบของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ซึ่งเป็นผลงานของ ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ และ ดร.เจษฎา ชัยโฉม

สังกัดภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มาใช้ประโยชน์ในองค์กร/หน่วยงาน/กลุ่มของ

ข้าพเจ้า ทางด้านต่อไปนี้ (โปรดเลือกรูปแบบการนำไปใช้ประโยชน์และสามารถเลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ ระบุ .....

โดยเริ่มนำมาใช้ประโยชน์ ตั้งแต่วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ถึงวันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

( ) การใช้ประโยชน์ในเชิงสาธารณะ ระบุ .....

โดยเริ่มนำมาใช้ประโยชน์ ตั้งแต่วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ถึงวันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

( ) การใช้ประโยชน์ในเชิงนโยบาย ระบุ .....

โดยเริ่มนำมาใช้ประโยชน์ ตั้งแต่วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ถึงวันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

(√) การใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ระบุ กระบวนการผลิตข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป

โดยเริ่มนำมาใช้ประโยชน์ ตั้งแต่วันที่ 1 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2557

ถึงวันที่ 30 เดือน กันยายน พ.ศ. 2557

ทั้งนี้ ผลจากการที่หน่วยงานได้นำผลงานวิจัยดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงในหน่วยงาน พอสรุปได้ คือใช้องค์ความรู้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูปให้มีความสามารถในการคืนรูปได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าพเจ้าขอลงนามในหนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ของ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อเป็นหลักฐานการนำผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ มาใช้ประโยชน์ดังกล่าว

ลงลายมือชื่อ .....

(นายมานพ แก้วโกย)

ตำแหน่ง .....ผู้จัดการ.....

วันที่ .....15...../...พฤษภาคม..../..2558.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## ใบแนบหลักฐานการใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์จากหน่วยงานภายนอก ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หลักฐานที่แนบมาพร้อมนี้ เพื่อเป็นการยืนยันการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ (สามารถเลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

( √ ) ภาพถ่ายกิจกรรม/โครงการ/ผลงานที่ได้พัฒนาจากผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

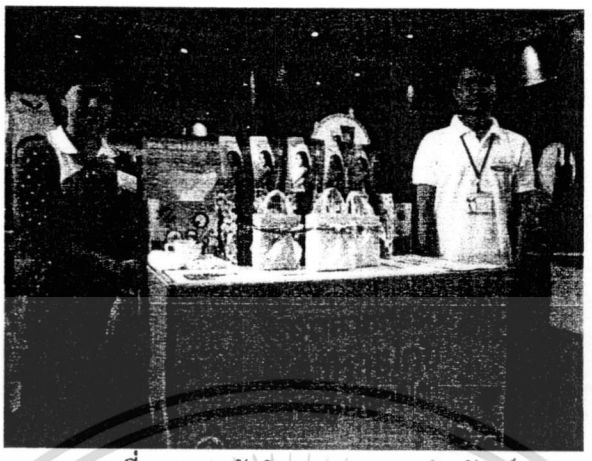
(  ) เอกสารที่แสดงให้เห็นว่ามีการใช้ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ไปปรับปรุงหรือพัฒนา

( √ ) ผลงาน ผลิตภัณฑ์ หรือรางวัลที่เกิดขึ้น อันมีผลจากการใช้ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ไปปรับปรุงหรือพัฒนา

(  ) ผลประกอบการขององค์กร/หน่วยงาน/กลุ่ม ด้านบัญชี หรือรายได้ที่แสดงให้เห็นว่าเพิ่มขึ้นจากการได้พัฒนาจากผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

(  ) ผลงานหรือหลักฐานอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาพที่ ก1** การจัดกิจกรรมแสดงผลิตภัณฑ์

**ภาพที่ ก2** ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้พัฒนาจากงานวิจัย

**ภาพที่ ก3** ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หลังการคืนรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

## บทความประชุมวิชาการ

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติครั้งที่ 15 และระดับนานาชาติครั้งที่ 7
25-27 เมษายน 4-27 โรงแรมกรุงศรีวิเวอร์ อยุธยา

TFPT-05

**อิทธิพลของอุณหภูมิของการอบแห้งแบบถาดต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป**

Effects of temperatures of tray drying on the quality of instant germinated brown rice

เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ[1]*, เทพกร ยอดทอง[1]

Ekkapong Cheevitsopon[1]*, Theppakorn Yodtong[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

[1]Food Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok, 10520

*Corresponding author: Tel: +66-2-329-8356, Fax: +66-2-329-8356 Ext. 13, E-mail: cheevitsopon@gmail.com

**บทคัดย่อ**

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของการอบแห้งแบบถาดต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ 1) การเพาะงอก โดยใช้ข้าวกล้องพันธุ์ปทุมธานี 1 แช่น้ำร่วมกับการบ่มเป็นเวลารวม 24 h 2) การหุงสุก โดยใช้วิธีการแช่น้ำร้อนร่วมกับการนึ่งเพื่อให้เกิดการเจลาทิไนเซชันสมบูรณ์ในเมล็ดข้าว และ 3) การอบแห้ง ตัวอย่างข้าวกล้องงอกหุงสุกถูกลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 40 60 และ 80 °C ให้มีความชื้นประมาณ 12% d.b. ทำการคืนรูปตัวอย่างด้วยสัดส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:4 ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเป็นเวลา 8 min วิเคราะห์คุณภาพของตัวอย่างก่อนและหลังการคืนรูป ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิอบแห้งมีอิทธิผลต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป ตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C มีค่าความขาวมากที่สุดเพราะมีระยะเวลาของการอบแห้งน้อยที่สุด ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำกลับและอัตราส่วนการเพิ่มปริมาตรของตัวอย่างเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้ง ในขณะที่ค่าความหนาแน่นรวมของตัวอย่างลดลง หลังการคืนรูปตัวอย่างแสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งและความเหนียวของตัวอย่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: อิทธิพลของอุณหภูมิ, การอบแห้งแบบถาด, ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป

**Abstract**

The main objective of this research was to study the effects of tray drying temperatures on the quality of instant germinated brown rice. The processing of instant germinated brown rice comprises three important steps: 1) Germination brown rice (Pathumtani 1) was prepared by soaking and incubation method for 24 h, 2) Germinated brown rice was cooked by soaking and steaming method to complete gelatinization in grains, and 3) The cooked germinated brown rice was dried by tray dryer at the temperatures of 40, 60, and 80 °C until the moisture content was about 12% d.b. The dried samples were rehydrated by the microwave technique for 8 min with rice to water ratio of 1:4. The quality of dried samples was examined both before and after rehydration. Results revealed that the drying temperature significantly affected the quality of instant germinated brown rice as expected. An increase in drying temperature resulted in a lower drying time. The sample obtained from a drying temperature of 80 °C had the highest values of whiteness because of the shortest drying time. The rehydration-ratio and volume-increase ratio increased with drying temperature, while the value of bulk density decreased. After rehydration, results indicated that the hardness and stickiness of samples significantly decreased ($P<0.05$) with drying temperature.

Keywords: Effects of temperatures, Tray drying, Instant germinated brown rice



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติครั้งที่ 15 และระดับนานาชาติครั้งที่ 7
25-27 กันยายน 2554 โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ จ.อยุธยา

## 1. บทนำ

ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป (Instant germinated brown rice) เป็นหนึ่งในอาหารสุขภาพ (Functional food) และเป็นนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทย ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice) มีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพที่โดดเด่นหลายประการ เมื่อเปรียบเทียบกับการบริโภคข้าวกล้องและข้าวขาว เนื่องจากระหว่างกระบวนการงอกเอนไซม์ในเมล็ดข้าวจะถูกกระตุ้นเพื่อให้สร้างและสะสมสารอาหารหลายชนิดที่มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น เช่น สารประกอบฟีนอลิก แกมมาออไรซานอล กรดอะมิโนที่จำเป็น และโดยเฉพาะสารแกมมาอะมิโนบิวทิริคแอซิด (γ-aminobutyric acid) หรือสารกาบ้า (GABA) เพิ่มมากขึ้นประมาณ 10 เท่า (Cheevitsopon and Noomhorm, 2011) สารกาบ้ามีความสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ในระบบประสาทส่วนกลางประเภทสารยับยั้ง (Inhibitor) โดยจะทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้นมีรายการวิจัยมากมายเกี่ยวกับประโยชน์ของสารกาบ้า เมื่อร่างกายได้รับสารกาบ้าอย่างสม่ำเสมอจะช่วยลดความดันโลหิต (Inoue et al., 2003) ลดอาการนอนไม่หลับ (Okada et al., 2000) ช่วยยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว (Oh and Oh, 2004) ส่วนการรับประทานข้าวกล้องงอกอย่างสม่ำเสมอจะช่วยป้องกันโรคหัวใจ และโรคอัลไซเมอร์ นอกจากประโยชน์ทางด้านโภชนาการนี้แล้วคุณลักษณะที่โดดเด่นของข้าวกล้องงอกหุงสุก ได้แก่ เมล็ดข้าวนุ่ม หุงสุกเร็วขึ้น และมีรสชาติหวานกว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการงอก (Ito and Ishikawa, 2004; Komatsuzaki et al., 2007)

กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ 1) การทำข้าวกล้องงอก 2) การทำสุก และ 3) การอบแห้ง ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าอุณหภูมิของการอบแห้งมีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้อัตราส่วนการดูดน้ำกลับเพิ่มขึ้นและระยะเวลาในการคืนรูปลดลง (Sripinyowanich and Noomhorm, 2011) และการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดช่องว่างขนาดใหญ่ภายในเมล็ดข้าวซึ่งช่วยให้เมล็ดข้าวคืนรูปได้ง่าย (Prasert and Suwannaporn, 2009)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งแบบถาดต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป ได้แก่ ค่าความขาว อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ อัตราส่วนการเพิ่มปริมาตร ความหนาแน่นรวม และเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปด้วยวิธีไมโครเวฟ

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

*2.1 การเตรียมข้าวกล้องงอก*

ข้าวกล้องพันธุ์ปทุมธานี 1 แช่น้ำที่ 35 °C เป็นเวลา 4 h และบ่มที่ 35 °C เป็นเวลา 20 h รวมระยะเวลาทั้งหมดเป็น 24 h ได้ตัวอย่างข้าวกล้องงอกที่บริเวณจมูกข้าวมีการงอกยาวประมาณ 0.5 ถึง 1 mm (Figure 1)

*2.2 การเตรียมข้าวกล้องงอกหุงสุก*

นึ่งตัวอย่างที่ 100 °C เป็นเวลา 5 min และแช่น้ำร้อนที่ 90 °C เป็นเวลา 7 min หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปนึ่งอีกครั้งที่ 100 °C เป็นเวลา 5 min เพื่อให้เกิดการเจลาทิไนเซชันสมบูรณ์

Figure 1 Germinated brown rice

*2.3 การอบแห้ง*

นำตัวอย่างข้าวกล้องงอกหุงสุกมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ความหนาของชั้นตัวอย่างประมาณ 5 mm อุณหภูมิอบแห้งเป็น 40 60 และ 80 °C ด้วยความเร็วลมออกจากเครื่องอบแห้งประมาณ 3.35 m $s^{-1}$ จนกระทั่งตัวอย่างมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 12% d.b.

*2.4 ทดสอบคุณภาพตัวอย่างหลังการอบแห้ง*

วัดค่าสี ($L^*$, $a^*$, $b^*$) ด้วยเครื่องวัดสี (Model JC801, Color techno system Co. Ltd., Japan) และคำนวณค่าความขาว (Whiteness index, WI) ด้วยสมการ

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดความหนาแน่นรวมด้วยสัดส่วนมวลต่อปริมาตร โดยใช้กระบอกตวงวัดปริมาตรของตัวอย่าง

วัดค่าอัตราส่วนการดูดน้ำกลับและอัตราส่วนการเพิ่มปริมาตรโดยใช้ตัวอย่างอบแห้ง 20 g แช่น้ำร้อนที่ 97 °C เป็นเวลา 10 min วางให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 min แล้วชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณอัตราส่วนการดูดน้ำกลับ และวัดปริมาตรหลังการแช่น้ำร้อนเพื่อคำนวณอัตราส่วนการเพิ่มปริมาตร

*2.5 ทดสอบคุณภาพตัวอย่างหลังการคืนรูป*

คืนรูปตัวอย่างด้วยวิธีไมโครเวฟ โดยใช้ตัวอย่างอบแห้ง 30 g ต่อน้ำ 120 g (1:4) ใส่ถ้วยพร้อมฝาปิด และวางไว้ในเครื่องไมโครเวฟกำลัง 800 W เป็นเวลา 8 min แล้วจึงวัดค่าความขาวและเนื้อสัมผัสของตัวอย่างด้วยวิธี Back extrusion (Reyes and Jindal, 1990) โดยใช้เครื่องทดสอบเนื้อสัมผัส (Model TA.XT.Plus, Stable Micro systems Ltd., UK)

*2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ*

การวิเคราะห์คุณภาพทำซ้ำ 5 ครั้ง แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติด้วย One way analysis of variance ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## 3 ผลและวิจารณ์

*3.1 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเวลาอบแห้ง*

ตัวอย่างข้าวกล้องงอกหุงสุกก่อนการอบแห้งมีความชื้นประมาณ 110.59 ± 0.72 % d.b. อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 40 60 และ 80 °C ด้วยความเร็วลม 3.35 m $s^{-1}$ ให้เหลือความชื้นประมาณ 12% d.b. Figure 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นในตัวอย่างและระยะเวลาของการอบแห้ง ปริมาณความชื้นของตัวอย่างลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาของการอบแห้ง การเพิ่มอุณหภูมิของการอบแห้งทำให้ระยะเวลาของการอบแห้งลดลง เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นประสิทธิผล (Effective moisture diffusivity) เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของการอบแห้ง (Marinos-Kouris and Maroulis, 2006) ระยะเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นจากความชื้นเริ่มต้นจนถึงความชื้นที่ต้องการ (12 % d.b.) คือ 180 55 และ 30 min ที่อุณหภูมิ 40 60 และ 80 °C ตามลำดับ

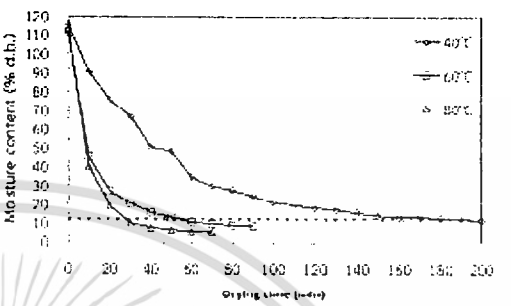



Figure 2 Drying curves.

*3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของตัวอย่างหลังการอบแห้ง*

Table 1 แสดงคุณภาพของตัวอย่างหลังอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ ตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 °C มีค่าความขาวน้อยที่สุด (42.73±0.31) อาจเป็นเพราะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานที่สุดคือ 160 min และตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C และระยะเวลาของการอบแห้งเป็น 30 min มีค่าความขาวมากที่สุด (44.74±0.23) แสดงให้เห็นว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาสั้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความขาวของตัวอย่างน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของการอบแห้งข้าวขาวกึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดที่ช่วงอุณหภูมิ 110 ถึง 160 °C (Sripinyowanich and Noomhorm, 2011) และงานวิจัยการอบแห้งข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดที่ช่วงอุณหภูมิ 110 ถึง 150 °C (เอกพงษ์ และเกียรติศักดิ์, 2556)

*3.3 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของตัวอย่างหลังการคืนรูป*

คุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูปด้วยวิธีไมโครเวฟแสดงใน Table 2 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยตัวอย่างมีค่าความแข็งและความเหนียวลดลงตามอุณหภูมิของการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น อิทธิพลของอุณหภูมิของการอบแห้งต่อเนื้อสัมผัสของตัวอย่างหลังการคืนรูปนี้ สอดคล้องกับรายงานของ Sripinyowanich and Noomhorm (2011)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 The quality of instant germinated brown rice after tray drying

| Temperature (°C) | Time (min) | Whiteness | Bulk density (g/cm³) | rehydration ratio (g/g) | volume increase ratio (cm³/cm³) |
|---|---|---|---|---|---|
| 40 | 180 | 39.05±0.46 | 0.59±0.01ᵃ | 1.79±0.03ᵇ | 1.15±0.01ᵇ |
| 60 | 55 | 43.67±1.98ᵇ | 0.56±0.01ᵇ | 1.84±0.02ᵃᵇ | 1.16±0.01ᵃᵇ |
| 80 | 30 | 44.81±0.21ᵇ | 0.53±0.01ᶜ | 1.88±0.04ᵃ | 1.19±0.01ᵃ |

Different superscripted letters in the same column indicate that values are significantly different ($P<0.05$).

Table 2 The texture of instant germinated brown rice after rehydration using the microwave technique

| Temperature (°C) | Whiteness | Hardness (N) | Stickiness (N) |
|---|---|---|---|
| 40 | 44.31±0.52ᵇ | 247.80±32.73ᵃ | 29.45±4.04ᵃ |
| 60 | 46.11±0.31ᵃ | 189.92±12.55ᵃᵇ | 25.94±1.56ᵃ |
| 80 | 46.61±0.18ᵃ | 158.71±10.30ᵇ | 24.63±2.08ᵃ |

Different superscripted letters in the same column indicate that values are significantly different ($P<0.05$).

จาก Table 2 พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C มีค่าความแข็งและความเหนียวต่ำที่สุดเป็น 158.71±10.30 และ 24.63±2.08 N ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราการดูดน้ำกลับของตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C มีค่ามากที่สุด ซึ่งการมีปริมาณน้ำมากในตัวอย่างหลังการคืนรูป ส่งผลให้ค่าความแข็งและความเหนียวของตัวอย่างลดลง

## 4. สรุป

ผลการทดลองของงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิของการอบแห้งแบบถาดมีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป เมื่ออุณหภูมิของการอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาของอบแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลาสั้นมีค่าความขาว อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ อัตราส่วนการเพิ่มปริมาตรมากว่าตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานาน แต่ตัวอย่างมีค่าความหนาแน่นรวมลดลง ทำการทดลองคืนรูปข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีการไมโครเวฟพบว่าตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นมีค่าความแข็งและความเหนียวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับทุนวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2557 และขอบคุณนางสาวณัฐชยา จันทร นางสาวปารมิตา สมทบบารมี นางสาวสุทธิยา ทองถาวร และนางสาวสุภัทรา เชื้อจิ๋ว สำหรับความช่วยเหลือในด้านการทดลองให้ประสบผลสำเร็จด้วยดี

## 6. เอกสารอ้างอิง

พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์, กัญญารัตน์ รุจิราวุ่งเรือง, เกื้อพันธ์ ชยะสุนทร. 2552. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40(1) พิเศษ, 429—432.

อรวรรณ ริ้วทอง, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร, ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2554. อิทธิพลของเงื่อนไขการพัฟฟิ่งต่อลักษณะคุณภาพของข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(3) พิเศษ, 601—604.

เยกพงษ์ ชีวิตโสภณ, เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง. 2556. อิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้งต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำเร็จรูปด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2) พิเศษ, 465—468.

Cheevitsopon, E., Noomhorm, A. 2011. Effects of parboiling and fluidized bed drying on the physicochemical properties of germinated brown rice. International Journal of Food Science and Technology 46, 2498—2504.

Inoue, K., Shirai, T., Ochiai, H., Kasao, M., Hayakawa, K., Kimura, M., Sansawa, H. 3003. Blood-pressure-lowering effect of a novel fermented milk containing gamma-aminobutyric acid (GABA) in mild hypertensives. European Journal of Clinical Nutrition 57, 490—495.

Ito, S., Ishikawa, Y. 2004. Marketing of value-added rice products in Japan: germinated brown rice and rice bread. In: Proceeding of the FAO International Rice Year. 12-13 Feburay 2004, Rome, Italy.

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N., Kimura, T. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. Journal of Food Engineering 78, 556—560.

Marinos-Kouris, D., Maroulis, Z.B. 2006. Transport properties in the drying of solids. In: Mujumdar, A.S. (Ed.), Handbook of industrial drying (pp. 81-119). Florida: CRC press.

Okada, T., Sugishita, T., Murakami, T., Murai, H., Saikusa, T., Horino, T., Onoda, A., Kajimoto, O., Takahashi, R., Takahashi, T. 2000. Effect of defatted rice germ enriched with GABA for sleeplessness depression, autonomic disorder by oral administration. Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology 47, 596—603.

Oh, C.H., Oh, S.H. 2004. Effect of germinated brown rice extracts with enhanced levels of GABA on cancel cell proliferation and apoptosis. Journal of Medicinal Food 7, 19—23.

Prasert, W., Suwannaporn, P. 2009. Optimization of instant jasmine rice process and its physicochemical properties. Journal of Food Engineering 95, 54—61.

Reyes, V.G., Jindal, V.K. 1990. A small sample back extrusion test for measuring texture of cooked-rice. Journal of Food Quality 13, 109—118.

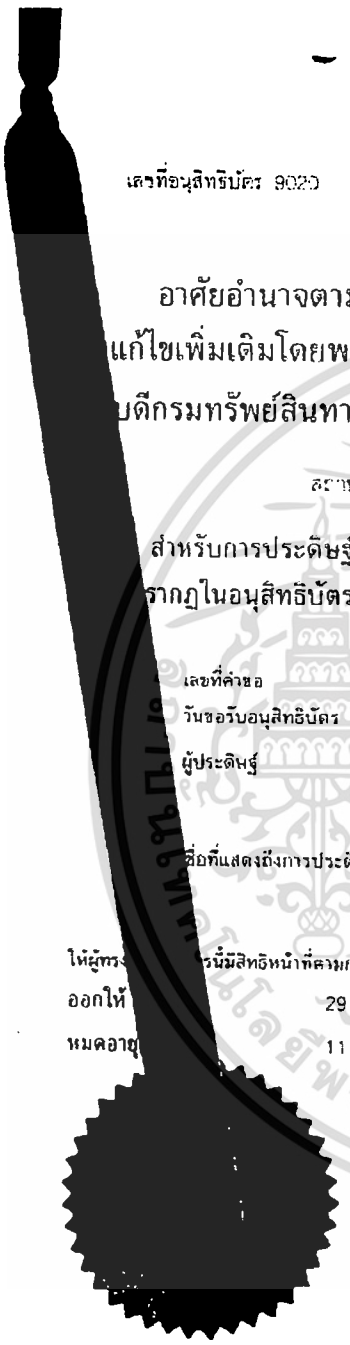
Sripinyowanich, J. Noomhorm, A. 2011. Effects of freezing pretreatment, microwave-assisted vibro-fluidized bed drying and drying temperature on instant rice production and quality. Journal of Food Processing and Preservation 37, 314—324.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

## อนุสิทธิบัตร



เลขที่อนุสิทธิบัตร 9020 อสป/200 - ข

# อนุสิทธิบัตร

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร ( ฉบับที่ 3 ) พ.ศ. 2542
บดีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกอนุสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สำหรับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ข้อถือสิทธิ และรูปเขียน ( ถ้ามี )
ากฏในอนุสิทธิบัตร

เลขที่คำขอ 1403000090
วันขอรับอนุสิทธิบัตร 12 กุมภาพันธ์ 2557
ผู้ประดิษฐ์ นายเอกพงษ์ ชีวิตโสภณ

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ กรรมวิธีผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปและผลิตภัณฑ์
ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว

ให้ผู้ทร รนี้มีสิทธิหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ
ออกให้ 29 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2557
หมดอายุ 11 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563

(ลงชื่อ) .....
นายชมพูนุท พูนิรบุตร
รองอธิบดี ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา

พนักงานเจ้าหน้าที่

หมายเหตุ 1. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มแต่ปีที่ 5 ของอายุสิทธิบัตร มิฉะนั้น อนุสิทธิบัตรจะสิ้นอายุ
2. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวก็ได้
3. ภายใน 90 วันก่อนวันสิ้นอายุอนุสิทธิบัตร ผู้ทรงสิทธิบัตรมีสิทธิยื่นคำขอต่ออายุอนุสิทธิบัตรได้ 2 ครั้ง
มีกำหนดคราวละ 2 ปี โดยยื่นคำขอต่ออายุ
4. การอนุญาตให้ใช้สิทธิตามอนุสิทธิบัตรและการโอนอนุสิทธิบัตรต้องทำเป็นหนังสือและจดทะเบียนต่อพนักงานเจ้าหน้าที่

018654

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ สป/สผ/อสป/001-ก
หน้า 1 ของจำนวน 2 หน้า

**คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร**

- [ ] การประดิษฐ์
- [ ] การออกแบบผลิตภัณฑ์
- [x] อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ.2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่2) พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่3) พ.ศ. 2542

**สำหรับเจ้าหน้าที่**

| | |
|---|---|
| วันรับคำขอ | เลขที่คำขอ |
| วันยื่นคำขอ | |
| สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ | |
| ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ประเภทผลิตภัณฑ์ | |
| รับประกาศโฆษณา 29 ก.ค. 2557 | เลขที่ประกาศโฆษณา 9020 |
| วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร 9 ก.ค. 2557 | เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร 9020 |
| ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่ | |

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
กรรมวิธีผลิตข้าวกล้องงอกที่สำเร็จรูปและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1
แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

| | |
|---|---|
| 3.1 สัญชาติ | ไทย |
| 3.2 โทรศัพท์ | 02-329-8212 ถึง 3 กด 17, 18 |
| 3.3 โทรสาร | 02-329-8212 ถึง 3 กด 1 |
| 3.4 อีเมล์ | ip_kmitl@hotmail.com |

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
- [ ] ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ
- [x] ผู้รับโอน
- [ ] ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน (ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)
นางสาวณิชยา สืบสุข
อยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สำนักส่งเสริมและบริการวิชาการพระจอมเกล้าลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

| | |
|---|---|
| 5.1 ตัวแทนเลขที่ | 2218 |
| 5.2 โทรศัพท์ | 0-2329-8212 ถึง 3 กด 17, 18 |
| 5.3 โทรสาร | 02-329-8212 ถึง 3 กด 1 |
| 5.4 อีเมล์ | ip_kmitl@hotmail.com |

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
1. นายเอกพงษ์ ชีวิตโสภณ อยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร

เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
- [ ] คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง
- [ ] ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ
- [ ] ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลข คำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ สป/สผ/อสป/001-ก
หน้า 2 ของจำนวน 2 หน้า

8. การยื่นคำขออนุสิทธิบัตร

| วันยื่นคำขอ | เลขที่คำขอ | ประเทศ | สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ | สถานะคำขอ |
|---|---|---|---|---|
| 8.1 | | | | |
| 8.2 | | | | |
| 8.3 | | | | |

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดยมี
☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9. การแสดงการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด
วันแสดง วันเปิดงานแสดง ผู้จัด

10. การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

| 10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ | 10.2 วันที่ฝากเก็บ | 10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ |
|---|---|---|
| | | |

11. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันที่ยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา
☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่น ๆ

12. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ออกสิทธิประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ.
☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย
- ก. แบบพิมพ์คำขอ 2 หน้า
- ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือ ~~คำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์~~ 5 หน้า
- ค. ข้อถือสิทธิ 1 หน้า
- ง. รูปเขียน - รูป - หน้า
- จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์
  - ☐ รูปเขียน - รูป - หน้า
  - ☐ ภาพถ่าย - รูป - หน้า
- ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์ 1 หน้า

14. เอกสารประกอบด้วย
- ☐ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
- ☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
- ☑ หนังสือมอบอำนาจ
- ☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ
- ☐ เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย
- ☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ
- ☐ เอกสารอื่น ๆ

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า
- ☑ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรมาก่อน
- ☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....

16. ลายมือชื่อ ( ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร; ☑ ตัวแทน )

(นางสาวณิชชา สิบสุข)
ตัวแทนผู้รับมอบอำนาจ

**หมายเหตุ** บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง

## สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย

**รหัสโครงการ/รหัสสัญญา** 2557-01-01090

**แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 3 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2557

☐ แหล่งงบประมาณแผนดิน (แบบปกติ) ☑ แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปและผลกระทบของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

(ภาษาอังกฤษ) The production of instant germinated brown rice and effect of drying methods on quality of product

**ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย** ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ

**รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่** 1 เมษายน 2557 ถึงวันที่ 31 มิถุนายน 2557

**ระยะเวลาดำเนินการ** 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2556 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2557

**ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย**

**1. การเบิกจ่ายงบประมาณ**

งวดที่ 1 60,000 บาท 100 % **วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป)** 1 ตุลาคม 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

| หมวดค่าใช้จ่าย | งบประมาณรวมทั้งโครงการ | ค่าใช้จ่าย (บาท) | คงเหลือ |
|---|---|---|---|
| **งบบุคลากร** :ค่าจ้างชั่วคราว | | | |
| **งบดำเนินงาน** | | | |
| ค่าใช้สอย | - | - | - |
| ค่าวัสดุ | 60,000 | 60,000 | 0 |
| **รวม** | 60,000 | 60,000 | 0 |

.....

( ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ )

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

29 / กุมภาพันธ์ 2558

.....

(.....)

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

...../...../.....

หมายเหตุ: นักวิจัยหรือเจ้าหน้าการเงินสามารถปรับหรือเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมข้อความได้ตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับการดำเนินงาน อาทิเช่น นักวิจัยอยู่ระหว่างการดำเนินการเคลียร์ด้านเอกสารทางการเงิน หรือข้อความอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้วิจัย

**ประวัติส่วนตัว**

**ชื่อ-สกุล** ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ

**ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**ประวัติการศึกษา**

| ชื่อย่อปริญญา | สาขา | สถาบันที่จบ | ปีที่จบ |
|---|---|---|---|
| D. Eng. | Food Engineering and Bioprocess Technology | AIT | 2555 |
| วศ. ม. | วิศวกรรมการอาหาร | สจล. | 2548 |
| วศ. บ. | วิศวกรรมอาหาร | สจล. | 2541 |

**สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)**

- การออกแบบเครื่องจักรกลในกระบวนการผลิตอาหาร
- เทคโนโลยีการอบแห้ง
- สมบัติของวัสดุอาหาร

**รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ**

| ปีพ.ศ. | ชื่อรางวัล | สถาบันที่ให้ |
|---|---|---|
| 2552 | The winner of AIT environmental photo category | AIT |
| 2552 | The third place winner of AIT research and academic photo category | AIT |
| 2552 | Grand prize in the Golden Jubilee Photo Competition | AIT |
| 2553 | The winner in category of “technical expertise”in the second AIT v.research competition | AIT |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ**

| ปีพ.ศ. | ทุนการศึกษาและทุนวิจัย | สถาบันที่ให้ |
|---|---|---|
| 2547 | ทุนอุดหนุนและส่งเสริมวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท-เอก | บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 2548 | ทุนอุดหนุนการศึกษาโครงการพัฒนาอาจารย์สาขาขาดแคลนเพื่อศึกษาในประเทศ | สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 2549 | AIT Fellowship | Asian Institute of Technology, Thailand |

**ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)**

1. **Cheevitsopon, E.** and Noomhorm, A. 2011. Kinetics of hydration and dimensional changes of brown rice.Journal of Food Processing and Preservation, 35(6), 840–849.

2. **Cheevitsopon, E.** and Noomhorm, A. 2011. Effects of parboiling and fluidized bed drying on the physicochemical properties of germinated brown rice.International Journal of Food Science and Technology, 46(12), 2498–2504.

3. **Cheevitsopon, E.** and Noomhorm, A. 2014. Effects of superheated steam fluidized bed drying on the quality of parboiled germinated brown rice. Journal of Food Processing and Preservation, xx(x), xxx–xxx. (In press)

4. **เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ** และเกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง. 2556. อิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้งต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2), 465–468.

**การเสนอผลงานวิชาการ**

1. **เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ** และอมรเดช พุทธิพิพัฒน์ขจร. 2548. การประมาณค่าน้ำหนักผลมังคุดบนระบบชั่งน้ำหนักแบบ ไดนามิกส์โดยใช้ Fuzzy C-Means. ใน การประชุมวิชาการและเสนอผลงานนักเรียนไทยในฝรั่งเศสและภาคพื้นยุโรป ครั้งที่ 3. สำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประจำกรุงบรัสเซลส์กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับสมาคมนักเรียนไทยในประเทศฝรั่งเศสในพระบรมราชูปถัมภ์, ฝรั่งเศส.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ** และอมรเดช พุทธิพิพัฒน์ขจร. 2549. การประมาณค่าน้ำหนักผลมังคุดบนระบบชั่งน้ำหนักแบบ ไดนามิกส์โดยใช้ Fuzzy C-Means, น. 81. ใน รายงานการประชุมวิชาการและเสนอผลงานสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

3. **เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ** และเกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง. 2556. อิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้งต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบด, น. 30. ใน รายงานการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.

4. **Cheevitsopon, E.** and Noomhorm, A. 2009. Study of hydration kinetics and dimensional changes of brown rice during soaking by image analysis, pp. 25.In 4th International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering, Asian Institute of Technology, Thailand.

5. **Cheevitsopon, E.** and Noomhorm, A. 2010. Changes in physicochemical property of germinated brown rice and parboiled germinated brown rice dried in a fluidized bed dryer, pp. 24-25. In 5th International Conference on Innovations in Food and Bioprocess Technology, Asian Institute of Technology, Thailand.

6. **Cheevitsopon, E.**, Noomhorm, A. and Roonprasang, K. 2012. Mathematical modeling of superheated-steam fluidized-bed drying of parboiled germinated brown rice, pp. 102. In International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology 2012, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand.

7. **Cheevitsopon, E.**, Noomhorm, A. and Roonprasang, K. 2013. Effects of processing parameters on the γ-aminobutyric acid content in germinated brown rice, pp. 54. In 5th AUN/SEED-Net Regional Conference on Biotechnology, InstitutTeknologi Bandung, Indonesia.

8. Roonprasang, K., **Cheevitsopon, E.**, and Supakiat, T. 2013. Determination of design parameters for continuous skewered food product grilling using heat source from wood charcoal, pp. 73. In 5th AUN/SEED-Net Regional Conference on Biotechnology, Institut Teknologi Bandung, Indonesia.

9. **Cheevitsopon, E.**, Roonprasang, K., Egkamol, D., Eamsa-ard, P. Roonprasang, N., and Wiboonrungson, N. 2013. The approach for the building energy design, pp. 39. In Architecture and Environment International Conference 2013, Office of the Higher Education Commission, Ministry of Education and King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Roonprasang, K., Egkamol, D., Eamsa-ard, P., **Cheevitsopon, E.,** Roonprasang, N., and Athichoktanaparn, P. 2013. The feasibility of using ORC system in energy conservation in building, pp. 38. In Architecture and Environment International Conference 2013, Office of the Higher Education Commission, Ministry of Education and King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand.

11. Roonprasang, K., Egkamol, D., Eamsa-ard, P., **Cheevitsopon, E.,** Roonprasang, N., and Thongthub, S. 2013. Development of design tools for building energy conservation, pp. 40. In Architecture and Environment International Conference 2013, Office of the Higher Education Commission, Ministry of Education and King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand.

12. **เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ** และเทพกร ยอดทอง. 2557. อิทธิพลของอุณหภูมิของการอบแห้งแบบถาดต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป, น. 82. ใน รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15. โรงแรมกรุงศรีริเวอร์, อยุธยา.

13. **เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ**, เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง และภูริวัจน์ อธิโชคธนพันธ์. 2557. อิทธิพลของระยะห่างและเวลาของการย่างต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อหมู, น. 96. ใน รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15. โรงแรมกรุงศรีริเวอร์, อยุธยา.

14. Yanwaree, S., Salam, P.A., and **Cheevitsopon, E.** 2015. Assessment of energy potential of agricultural wastes in Nakhon Si Thammarat province, pp. 133-141. In The 16th TSAE National Conference and the 8th TSAE International Conference. Bangkok, Thailand.

**ผลงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรือ อื่นๆ)**

1. เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ ลักษณะงานที่รับผิดชอบเป็นการออกแบบ และควบคุมการสร้าง ที่ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี 2545

2. ระบบชั่งน้ำหนักผลมังคุดแบบต่อเนื่องลักษณะงานที่รับผิดชอบเป็นการออกแบบ และควบคุมการสร้าง ที่ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2548

3. เครื่องอบแห้งข้าวกล้องงอกแบบฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำยวดยิ่ง ลักษณะงานที่รับผิดชอบเป็นการออกแบบ และควบคุมการสร้าง ที่สาขาวิชาวิศวกรรมอาหารและเทคโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ปี 2555

4. เครื่องอบแห้งข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปแบบฟลูอิไดซ์เบดด้วยลมร้อน ลักษณะงานที่รับผิดชอบเป็นการออกแบบ และควบคุมการสร้าง ที่สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อนุสิทธิบัตรกับกรมทรัพย์สินทางปัญญา เลขที่คำขอ: 1403000090 กรรมวิธีผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว เลขที่อนุสิทธิบัตร 9020

6. สิทธิบัตรกับกรมทรัพย์สินทางปัญญา เลขที่คำขอ: 1401003748 เครื่องย่างผลิตภัณฑ์อาหารเสียบไม้ต่อเนื่องแบบหมุนวน (อยู่ในระหว่างการประกาศโฆษณาของกรมทรัพย์สินทางปัญญา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ประวัติส่วนตัว**

**ชื่อ-สกุล** ดร.เจษฎา ชัยโฉม

**ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**ประวัติการศึกษา**

| ชื่อย่อปริญญา | สาขา | สถาบันที่จบ | ปีที่จบ |
|---|---|---|---|
| Ph. D. | Mechanical Engineering | The University of Nottingham, UK | 2556 |
| วศ. ม. | วิศวกรรมการผลิต | สจพ. | 2545 |
| วศ. บ. | วิศวกรรมเกษตร | สจล. | 2539 |

**สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)**

- เทคโนโลยีการขึ้นรูปวัสดุผสม
- การออกแบบทางวิศวกรรมและชิ้นส่วนเครื่องจักรกล
- การออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

**การเสนอผลงานวิชาการ**

1. Chaishome, J., and Rakmae, S. 2014. Thermal stability of bamboo fibres. In: 7 th International Conference on Agricultural Engineering. Pranakhorn si ayothaya.

2. เจษฎา ชัยโฉม และคณะ. 2557. อิทธิพลของสกรูในกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน. ใน: การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 15. พระนครศรีอยุธยา.

3. เจษฎา ชัยโฉม และคณะ. 2557. เครื่องคัดขนาดกระเจี๊ยบเขียว. ใน: การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 15. พระนครศรีอยุธยา.

4. Chaishome, J., et al. 2014. Thermal degradation of flax fibres as potential reinforcement in thermoplastic composites. Advanced Material Research. Pp. 32.

5. เจษฎา ชัยโฉม และคณะ. 2546. การวิเคราะหการสปนนิ่งถวยอะลูมิเนียมทรงกรวยดวยวิธีไฟไนตเอลิเมนต. ใน: การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17. ปราจีนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้