

ผลของอุณหภูมิอบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชันในการควบคุมผีเสื้อข้าวเปลือก  
Effect of Drying Temperature by Fluidization Technique for Angoumois Grain Moth Controlling

ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล<sup>1\*</sup> และ นิตยา จันกา<sup>2</sup>  
Chaiwat Rattanamechaiskul<sup>1\*</sup> and Nittaya Junka<sup>2</sup>

Abstract

This research work was focally aimed to study the Angoumois grain moth controlling by high temperature drying-fluidization technique. The paddy, Pathumthani 80 variety, without insecticide injection, thoroughly period of cultivation, obtained from the Rice Research Institute in Pathumthani province, Thailand, was used in this study. After harvesting, the paddy was packed with 2 kg per polypropylene woven bag and kept in ambient temperature storage for 42 days. At the end of that time storage, the number of Angoumois grain moth had in a range of 27.7 to 34.3 moths per kg dry mass of paddy. Then, the paddy with initial moisture content of 33.3% (d.b.) was dried by hot air (HA) fluidized bed dryer, which its system consists of a cylindrical drying chamber with diameter of 20 cm and height 100 cm, a 12 kW electrical heater, and a 1.5 kW backward-curved blade centrifugal fan, at the temperatures of 100, 130 and 150°C. The control paddy was dried by ventilation method for 3 days at the time between 08.00 to 16.00 hours, average ambient air temperature and relative humidity of 32.1°C and 58.5%, to final moisture content of 11.0 to 14.0% (d.b.). The results showed that number of moth of control paddy obviously increased with increasing the storage time; it had a maximum number of 204.7 moths per bag at storage time of 3 months (analyzed every month). Drying by HA at 100, 130 and 150°C could not eradicate the moth per kg dry mass of paddy. However, drying by HA at 150°C for 2.5 min was the most effective condition to control the moth during storage.

**Keywords:** paddy, drying, angoumois grain moth

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมแมลงผีเสื้อข้าวเปลือกโดยใช้การอบแห้งอุณหภูมิสูงด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชัน ข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 80 ปลูกโดยไม่ใช้ยาฆ่าแมลงจากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีถูกใช้ในการทดลอง ภายหลังจากการเก็บเกี่ยว ข้าวเปลือกถูกบรรจุในถุงพลาสติกสานถุงละ 2 กิโลกรัมและเก็บรักษาที่อุณหภูมิบรรยากาศนาน 42 วัน ที่ระยะเวลาของการเก็บรักษาดังกล่าวมีจำนวนผีเสื้อข้าวเปลือกจำนวน 27.7 ถึง 34.3 ตัวต่อกิโลกรัมแห้งของข้าวเปลือก จากนั้นนำข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 33.3% (d.b.) มาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งประกอบไปด้วยห้องอบแห้งรูปทรงกระบอกทำด้วยสแตนเลส มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm สูง 100 cm ให้ความร้อนโดยใช้ขดลวดความร้อน ขนาด 12 kW พัดลมที่ใช้เป็นแบบหมุนเหวี่ยง มีมอเตอร์ขนาด 1.5 kW เป็นตัวขับเคลื่อน ข้าวเปลือกถูกอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 130 และ 150 องศาเซลเซียส ขณะที่ข้าวเปลือกควบคุมถูกลดความชื้นด้วยอากาศแวดล้อมเป็นระยะเวลา 3 วัน ในช่วง 08.00 ถึง 16.00 นาฬิกา อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 32.1°C และ 58.5% จนข้าวเปลือกมีความชื้นสุดท้ายลดลงเหลือ 11.0 ถึง 14.0% (d.b.) ผลการศึกษาพบว่า จำนวนผีเสื้อข้าวเปลือกของข้าวเปลือกควบคุม มีการเพิ่มขึ้นจำนวนมากที่สุดเท่ากับ 204.7 ตัวต่อกิโลกรัมแห้งของข้าวเปลือก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษานาน 3 เดือน (ทำการวิเคราะห์ทุกเดือน) การอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 100 130 และ 150 องศาเซลเซียส ไม่สามารถกำจัดผีเสื้อข้าวเปลือกได้ทั้งหมด อย่างไรก็ตามการอบแห้งที่อุณหภูมิ 150°C นาน 2.5 นาที มีประสิทธิภาพในการควบคุมผีเสื้อข้าวเปลือกในระหว่างการเก็บรักษาได้มากที่สุด

**คำสำคัญ:** ข้าวเปลือก, การอบแห้ง, ผีเสื้อข้าวเปลือก

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160

<sup>1</sup>Department of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160

<sup>2</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

<sup>2</sup>Division of Crop production Technology, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000

### คำนำ

การรมสารเคมี (chemical fumigation) เพื่อกำจัดแมลงศัตรูข้าว นั้นเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและตอบโต้ภัยอันตรายที่เก็บและผลิตรั้งละมาก ๆ แม้ว่าคุณสมบัติทางเคมีในกลุ่มของสารรมเป็นก๊าซสามารถสลายตัวได้อย่างรวดเร็วในสภาวะเปิดและไม่มีอันตรายตกค้างหากใช้ในปริมาณที่กำหนด แต่สารดังกล่าวถูกยกเลิกการใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ภายใต้ข้อตกลง Montreal Protocol ในประเทศที่พัฒนาแล้ว ส่วนประเทศที่กำลังพัฒนานั้นต้องถูกยกเลิกการใช้ในปี พ.ศ. 2558 ตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร เนื่องจากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (กรมวิชาการเกษตร, 2556)

เพื่อลดการใช้สารเคมีในการเก็บรักษาข้าวเปลือกระหว่างรอการจำหน่าย การใช้เทคโนโลยีการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดภายหลังจากการเก็บเกี่ยว อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาได้ เนื่องจากวิธีการอบแห้งนี้ข้าวเปลือกภายในห้องอบจะมีคุณสมบัติคล้ายของไหล มีการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลระหว่างข้าวเปลือกและตัวกลางที่ใช้ในการอบแห้งได้อย่างทั่วถึงถึงเมล็ด จึงสามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบแห้งให้คงที่ที่อุณหภูมิสูงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งวิธีการอื่น (Mujumdar and Devahastin, 2003) จากการใช้สามารถใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้ง จึงทำให้อุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าสูง ซึ่งอาจอยู่ในระดับที่สามารถฆ่าแมลงได้ทั้งหมดหากระยะเวลาในการให้ความร้อนนานเพียงพอ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นทำการศึกษาค้นคว้าควบคุมเมล็ดข้าวเปลือกซึ่งเป็นแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ ด้วยการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดในแบบอากาศร้อนในช่วงอุณหภูมิสูง เพื่อลดปริมาณข้าวเสียหายในระหว่างการเก็บรักษาโดยไม่ใช้สารเคมี

### อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวเปลือกสายพันธุ์ปทุมธานี 80 ถูกใช้ในการทดลอง ตัวอย่างข้าวเปลือกทั้งหมดมาจากแปลงเพาะปลูกเดียวกัน ควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญจากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีและไม่ผ่านการฉีดยาฆ่าแมลงตลอดระยะเวลาการปลูก ภายหลังจากการเก็บเกี่ยว ข้าวเปลือกถูกแบ่งบรรจุในถุงพลาสติกสาน (polypropylene woven bag) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิบรรยากาศนาน 42 วัน ที่ระยะเวลาของการเก็บรักษาดังกล่าว แต่ละตัวอย่างมีจำนวนเมล็ดข้าวเปลือกเริ่มต้นจำนวน 27.7 ถึง 34.3 ตัวอย่างกิโลกรัมแห้งของข้าวเปลือก จากนั้นทำการให้ความร้อนข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด โดยเครื่องอบแห้งประกอบไปด้วย ขดลวดความร้อนขนาด 12 kW ควบคุมอุณหภูมิโดย proportional integral derivative หรือ PID controller ที่มีความแม่นยำ  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  ห้องอบแห้งสแตนเลสทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm พัดลมแบบใบพัดคิงหลังทำงานด้วยมอเตอร์ขนาด 1.5 kW ดังที่แสดงใน Figure 1 อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนใช้สภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมตามวิธีการของ Soponronarit and Prachayawarakorn (1994) ที่อุณหภูมิ 100 130 และ  $150^{\circ}\text{C}$  เป็นระยะเวลา 6 4 และ 2.5 นาทีตามลำดับ ทำการเปรียบเทียบจำนวนเมล็ดข้าวเปลือกกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนและตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการรมด้วยเมทิลโบรไมด์ (MB) มีสูตรทางเคมี  $\text{CH}_3\text{Br}$  ปริมาณ 32 g/cubic meter เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยบริษัท Intertek testing service (Thailand) LTD. จากนั้นแยกเก็บรักษาข้าวเปลือกแต่ละตัวอย่างลงในถุงพลาสติกสานปิดสนิทที่สภาวะบรรยากาศเป็นระยะเวลา 3 เดือน (วิเคราะห์จำนวนเมล็ดข้าวเปลือก จำนวน 3 ตัวอย่าง เดือน)

### ผล

Table 1 แสดงอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 130 และ  $150^{\circ}\text{C}$  เป็นระยะเวลา 6 4 และ 2.5 นาทีตามลำดับ พบว่าอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}\text{C}$  มีค่า  $68.9^{\circ}\text{C}$  ส่วนอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิอื่น ๆ นั้นมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามอุณหภูมิในการอบแห้งที่เพิ่มสูงขึ้น

ตัวอย่างข้าวเปลือกในทุกวิธีเริ่มต้นมีจำนวนเมล็ดข้าวเปลือกเริ่มต้นอยู่ในช่วง 27.7 ถึง 34.3 ตัวอย่างกิโลกรัมแห้งของข้าวเปลือก เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จำนวนเมล็ดของตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 103.7 ตัวอย่างกิโลกรัมแห้งของข้าวเปลือกในเดือนที่ 1 และ 204.7 ตัวอย่างกิโลกรัมแห้งของข้าวเปลือกในเดือนที่ 3 หรือคิดเป็น 7.4 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมที่ระยะเวลาเริ่มต้น ดังที่แสดงใน Figure 2 การรมข้าวเปลือกด้วยเมทิลโบรไมด์สามารถควบคุมการเกิด การเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของเมล็ดได้ทั้งหมด ทำให้ไม่พบเมล็ดข้าวเปลือกในทุกช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา สำหรับการใช้นวัตกรรมฟลูอิดไดซ์เบดในการควบคุมจำนวนเมล็ดข้าวเปลือกพบว่า จำนวนเมล็ดของตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}\text{C}$  ยังคงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาใน

การเก็บรักษา อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น จำนวนผีเสื้อข้าวเปลือกจะมีแนวโน้มลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิอบแห้ง 150°C

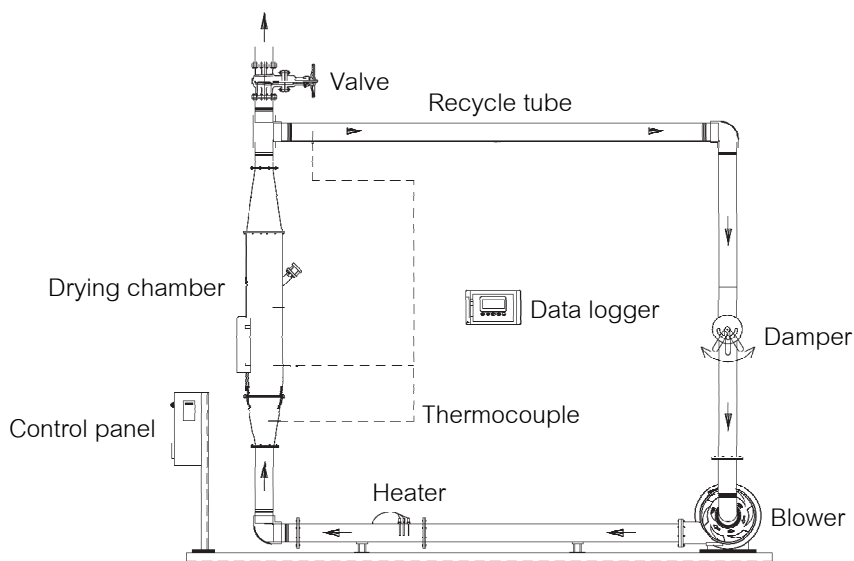


Figure 1 Drying system diagram

Table 1 Grain temperature of paddy during drying

Drying media	Drying temperature	Drying time	Grain temperature
	(°C)	(min)	(°C)
Hot air	100	6.0	68.9
	130	4.0	81.1
	150	2.5	88.5

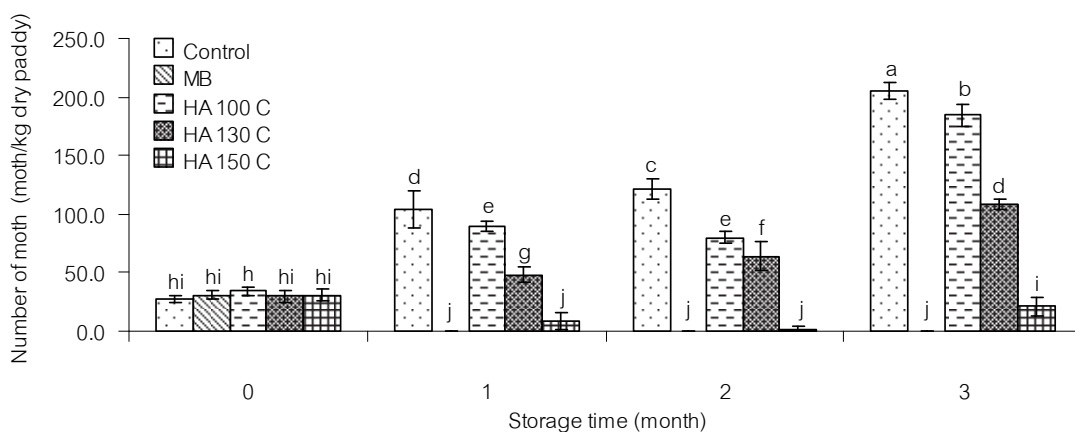


Figure 2 Number of moth at various treatment conditions and storage times

วิจารณ์ผล

การเพิ่มขึ้นของผีเสื้อข้าวเปลือกของข้าวเปลือกในตัวอย่างควบคุม เกิดจากผีเสื้อที่โตเต็มวัยวางไข่ที่บริเวณผิวนอกของเมล็ดข้าวเปลือก จากนั้นเมื่ออยู่ในระยะหอนจะมีการเจาะเข้าไปอาศัยและกัดกินอาหารที่อยู่ภายในเมล็ดเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และตัวเต็มวัยจะเจาะเมล็ดเพื่อออกมาวางไข่ที่บริเวณผิวของเมล็ดต่อไป ทำให้เมล็ดข้าวเสียหายเป็นรูและเกิดโพรงขึ้น แม้งานวิจัยที่ผ่านมาได้พิสูจน์แล้วว่า กระบวนการทางความร้อนสามารถฆ่าแมลงศัตรูข้าวได้ แต่ปัจจัยที่ส่งผลต่อการฆ่าแมลงให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับกระบวนการ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการให้ความร้อน Mourier and

Poulsen (2000) ได้ทำการศึกษาเทคนิคการใช้อุณหภูมิสูง ระยะเวลาสั้น (High temperature/short time) ในการฆ่าแมลงศัตรูข้าวด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าแมลงตัวเต็มวัยคือ 350°C นาน 6 วินาที และหากต้องการฆ่าแมลงให้ได้ทั้งหมดต้องใช้อุณหภูมิ 450°C นาน 19 วินาที ซึ่งภายหลังจากการให้ความร้อน อัตราการงอกของเมล็ดข้าวมีค่าลดลง เมล็ดข้าวภายหลังจากการให้ความร้อนด้วยวิธีนี้จึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นเมล็ดพันธุ์แต่สามารถนำไปบริโภคหรือใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ Beckett *et al.* (1998) ได้ทำการศึกษาการใช้ความร้อนในการฆ่าแมลงศัตรูข้าวในช่วงอุณหภูมิต่ำ พบว่าหากใช้อุณหภูมิในการให้ความร้อนที่ 45°C เพื่อควบคุมแมลงศัตรูข้าว จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนนานถึง 114 ชั่วโมง จึงสามารถฆ่าแมลงได้ทั้งหมด จากงานวิจัยดังกล่าวเห็นได้ว่าในขอบเขตสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมตามวิธีการของ Soponronnarit and Prachayawarakorn (1994) ยังไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมแมลงผีเสื้อข้าวเปลือกแทนที่วิธีการรมด้วยเมทิลโบรไมด์ เนื่องจากระยะเวลาในการให้ความร้อนยังไม่แน่นอนเพียงพอ อย่างไรก็ตามการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชันอุณหภูมิสูง 150°C นาน 2.5 นาที สามารถลดจำนวนแมลงผีเสื้อข้าวเปลือกในระหว่างการเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่างๆ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า ด้วยข้อจำกัดที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวในเรื่องของสี การแตกร้าวและร้อยละต้นข้าว หากเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมากกว่า 150°C (Taweerattanapanish *et al.*, 1999) การปรับเปลี่ยนตัวกลางที่ใช้ในการอบแห้ง เป็นอากาศร้อนขึ้น หรือ ใช้น้ำร้อนยวดยิ่ง (Rattanamechaiskul *et al.*, 2014) อาจเป็นทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมแมลงผีเสื้อข้าวเปลือก เนื่องจากการใช้ตัวกลางดังกล่าวจะเกิดการควบแน่นของไอน้ำขึ้นในช่วงแรกของการอบแห้ง จากการที่อุณหภูมิของเมล็ดข้าวมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศร้อนขึ้น หรือต่ำกว่าอุณหภูมิควบแน่นของไอน้ำร้อนยวดยิ่ง เมื่อมีการควบแน่นอุณหภูมิของเมล็ดข้าวจะมีค่าสูงขึ้นอย่างมากจากการคายพลังงานความร้อนแฝงของไอน้ำ ดังนั้นที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งเดียวกัน อุณหภูมิของเมล็ดข้าวในระหว่างการให้ความร้อนด้วยอากาศร้อนขึ้น หรือ ใช้น้ำร้อนยวดยิ่ง จะมีค่าสูงกว่าการใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการให้ความร้อน

### สรุป

ในขอบเขตของสภาวะการอบแห้งที่ได้ทำการศึกษา ยังไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมแมลงผีเสื้อข้าวเปลือกแทนที่วิธีการรมด้วยเมทิลโบรไมด์ได้ อย่างไรก็ตามการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชันที่อุณหภูมิ 150°C นาน 2.5 นาที สามารถลดจำนวนผีเสื้อข้าวเปลือกในระหว่างการเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่างๆ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

### คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2556. ลด ละ เลิก เมทิลโบรไมด์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: [it.doa.go.th/pibai/pibai/n11/v\\_11-sep/ceaksong.html](http://it.doa.go.th/pibai/pibai/n11/v_11-sep/ceaksong.html) (5 ธันวาคม 2556).
- Beckett, S.J., R. Morton and J.A. Darby. 1998. The mortality of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera : Bostrychidae) and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera : Curculionidae) at moderate temperature. *Journal of Stored Products Research* 34 (4): 363-376.
- Mujumdar, S. and S. Devahastin. 2003. Applications for fluidized bed drying. In: *Handbook of fluidization and fluid-particle systems*. W.C. Yang (Ed.). Taylor & Francis Group LLC., New York. Chapter 18.
- Mourier, H. and K.P. Poulsen. 2000. Control of insects and mites in grain using a high temperature/short time (HTST) technique. *Journal of Stored Products Research* 36 (3): 309-318.
- Taweerattanapanish, A., S. Soponronnarit, S. Wetchakama, N. Kongseri and S. Wongpiyachon. 1999. Effects of drying on head rice yield using fluidization technique. *Drying Technology* 17(1&2): 345-353.
- Soponronnarit, S. and S. Prachayawarakorn. 1994. Optimum strategy for fluidized bed paddy drying. *Drying Technology* 12: 1667-1686.
- Rattanamechaiskul, C., S. Soponronnarit, S. Prachayawarakorn. 2014. Glycemic response to brown rice treated by different drying media. *Journal of Food Engineering* 122: 48-55.