Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 512-515 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 512-515 (2553)

อิทธิพลของการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นต่อลักษณะการอบแห้งและคุณภาพการสีของข้าวเปลือก

Effect of Combined Near-infrared Radiation and Fluidization Drying on Paddy Drying Characteristics and Milling Quality

วงศ์สถิตย์ พวงทอง[1], **ศิริธร ศิริอมรพรรณ**[2] **และ นเรศ มีโส**[1]
Wongsathit Puangtong[1], Sirithon Siriamornpun[2] and Naret Meeso[1]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of combined near-infrared radiation and fluidization drying on the paddy drying characteristics and milling qualities in terms of head rice yield and whiteness. The combined drying conditions studied were as follows: near-infrared radiation powers between 4-9 kW and hot-air temperature at 40 °C, hot-air velocity of 4.5 m/s, paddy bed depth of 6 cm and initial moisture content of paddy of 31.0 % dry basis. The experimental results showed that the increase in near-infrared radiation power significantly ($p \leq 0.05$) increased moisture removal and improved the head rice yield of paddy; however, to maintain the head rice yield, the level of near-infrared radiation power should not exceed 9 kW. Besides, whiteness values under all conditions of combined near-infrared radiation and hot-air fluidized-bed drying were slightly changed as compared with the reference paddy ($p>0.05$).

Key word: fluidization drying, near-infrared radiation, paddy

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นต่อลักษณะการอบแห้งและคุณภาพการสีของข้าวเปลือกในด้านของปริมาณต้นข้าว และความขาว สำหรับเงื่อนไขของการอบแห้งที่ศึกษาได้แก่ กำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น 4 - 9 kW อุณหภูมิของอากาศร้อน 40°C ความเร็วของอากาศร้อน 4.5 m/s ความสูงเบดของข้าวเปลือก 6 cm และความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 31.0 %มาตรฐานแห้ง จากผลการทดลองพบว่า การเพิ่มขึ้นของกำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นจะเพิ่มการลดความชื้นและปรับปรุงปริมาณต้นข้าวอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อรักษาปริมาณต้นข้าว การเพิ่มขึ้นของกำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นไม่ควรเกิน 9 kW นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงความขาวของข้าวเปลือกทั้งหมดภายใต้การอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันโดยใช้รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นร่วมกับอากาศร้อนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกอ้างอิงอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

คำสำคัญ การอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน, รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น, ข้าวเปลือก

คำนำ

การผลิตข้าวในปัจจุบัน มีการใช้เครื่องจักรกลเกษตรแทนแรงงานคนมากขึ้น โดยเฉพาะการเก็บเกี่ยวจะนิยมใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าว สำหรับการเก็บเกี่ยวข้าวเปลือกด้วยเครื่องเก็บเกี่ยวทั่วไปจะต้องมีความชื้นสูงประมาณ 28 % มาตรฐานแห้ง ขึ้นไปเพื่อไม่ให้ข้าวเปลือกร่วงลงสู่พื้นดินในระหว่างการเก็บเกี่ยว ซึ่งข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงหลังการเก็บเกี่ยวจะต้องนำมาลดความชื้นให้เหลือประมาณ 16 % มาตรฐานแห้ง โดยขั้นตอนของกระบวนการลดความชื้นข้าวเปลือก จะเริ่มต้นจากการเป่าด้วยอากาศแวดล้อมเข้าไปภายในกองข้าวเปลือกด้วยอัตราการไหลต่ำๆ เพื่อระบายความร้อนในขณะที่รอการอบแห้งและนำข้าวเปลือกไปทำการอบแห้ง โดยขั้นตอนการอบแห้งจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่หนึ่งจะลดความชื้นข้าวเปลือกอย่างรวดเร็วให้เหลือประมาณ 22.5 % มาตรฐานแห้ง โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด ช่วงที่สองจะนำข้าวเปลือกไปเก็บ

[1] หน่วยวิจัยเทคโนโลยีการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150
[1]Research Unit of Drying Technology for Agricultural Products, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kuntarawichai, Mahasarakham 44150
[2]ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารและโภชนาศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000
[2]Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Muang, Mahasarakham 44000

ในถังเก็บที่อับอากาศ (Tempering) เป็นเวลา 30-35 นาที และช่วงที่สามจะลดความชื้นข้าวเปลือกอย่างช้าๆ จากประมาณ 22.5 เหลือ 16.5 % มาตรฐานแห้ง โดยใช้เครื่องอบแห้งด้วยอากาศร้อนทั่วไป เช่น เครื่องอบแห้งแบบ Lousiana Univercity (LSU) และเครื่องอบแห้งแบบ Recirculation batch เป็นต้น ซึ่งข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการลดความชื้น ดังที่กล่าวผ่านมาเบื้องต้นจะพบว่ามี คุณภาพในด้านปริมาณต้นข้าว ความขาว อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Meeso et al., 1999; Meeso et al., 2004)

จากกระบวนการลดความชื้นข้าวเปลือกดังกล่าว ถึงแม้ว่าจะสามารถลดความชื้นข้าวเปลือกอยู่ในระดับที่มีความปลอดภัยต่อการเก็บรักษา และรักษาคุณภาพอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่กระบวนการลดความชื้นดังกล่าวก็มีข้อจำกัดในด้านของการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยเฉพาะการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน สาเหตุเนื่องจากการอบแห้งด้วยเทคนิคดังกล่าวมีอัตราการอบแห้งสูงจึงส่งผลทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความชื้นที่ผิวของเมล็ดข้าวเปลือกและภายในเมล็ดข้าวเปลือกมีค่ามาก ซึ่งเมื่อข้าวเปลือกถูกลดความชื้นลงต่ำกว่า 22.5 % มาตรฐานแห้ง ก็จะส่งผลทำให้เกิดการแตกร้าวภายในเมล็ดข้าวเปลือกมาก (Poomsa-ad et al., 2002) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำรังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นเข้าร่วมกับการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน โดยคาดหวังว่ารังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นจะช่วยลดความแตกต่างระหว่างความชื้นที่ผิวของเมล็ดข้าวเปลือกและภายในเมล็ดข้าวเปลือก ระหว่างการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันให้มีค่าน้อยลง เนื่องจากรังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นสามารถทะลุทะลวง (Penetration) เข้าไปภายในเมล็ดข้าวเปลือกได้ ทำให้โมเลกุลของเมล็ดข้าวเปลือกดูดกลืนพลังงานบางส่วนจากการแผ่รังสีอินฟราเรดไว้ และเกิดการเปลี่ยนแปลงในสภาวะการสั่นสะเทือนของโมเลกุลกลายเป็นพลังงานความร้อนขึ้นภายในเมล็ดข้าวเปลือก ส่วนความร้อนจะถูกถ่ายโอนจากภายในออกไปยังผิวของเมล็ดข้าวเปลือก โดยการนำความร้อน (Ginzburg, 1969 ; Il'yasov & Krasnikov, 1991 ; Sakai & Hanzawa, 1994) ซึ่งการนำความร้อน คือ ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่ง ๆ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นต่อลักษณะการอบแห้งทางด้าน การลดลงของความชื้น, อุณหภูมิเมล็ดข้าว และคุณภาพการสีของข้าวเปลือกในด้านของปริมาณต้นข้าว และความขาว

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาข้าวเปลือกนาปรัง พันธุ์ชัยนาท 1 จากที่ทำการเพาะปลูกใน อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยนำข้าวเปลือกมาเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 3–5 °C เพื่อรอการอบแห้ง ก่อนทำการอบแห้งจะนำข้าวเปลือกออกมาพักไว้กับอากาศแวดล้อมเพื่อปรับให้อุณหภูมิข้าวเปลือกมีค่าใกล้เคียงกันกับอากาศแวดล้อม แล้วทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดโดยใช้การแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นร่วมกับการพาอากาศร้อน (นเรศ มีโส และศิริธร ศิริอมรพรรณ, 2550) ซึ่ง การพาอากาศร้อน คือ กระบวนการถ่ายโอนความร้อนแบบการพาความร้อนเป็นปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ของพลังงานจากแหล่งอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำกว่า เช่น อากาศร้อน โดยที่โมเลกุลตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปด้วย สำหรับเงื่อนไขของการอบแห้งที่ศึกษา ได้แก่ กำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น 4–9 kW ร่วมกับอุณหภูมิของอากาศร้อน 40 °C ความเร็วของอากาศร้อน 4.5 m/s (ความเร็วที่ทำให้เกิดฟลูอิไดซ์เบดแบบเจือจาง (Diluted-phase fluidized bed)) และความสูงเบด 6 cm หลังจากอบแห้งในแต่ละช่วงเวลาจะทำการเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกมาหาความชื้นตามมาตรฐานของ (AACC,1995) และนำไปสีเพื่อหาคุณภาพการสีของข้าวเปลือก ซึ่งประกอบด้วยปริมาณต้นข้าว และความขาว ซึ่งวัดโดยใช้เครื่องวัดความขาว รุ่น Kett C-300 ส่วนอุณหภูมิของอากาศร้อนและผิวเมล็ดข้าวเปลือกจะวัดโดยใช้ เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้น และอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกภายใต้การอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นที่กำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นต่างกัน ดังแสดงใน Figure 1 จากผลการทดลองพบว่า ความชื้นของข้าวเปลือกจะลดลงตามกำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นเพิ่มขึ้น (4–9 kW) ซึ่งที่กำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น 4 kW จะสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้น้อยที่สุด และที่กำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น 9 kW สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้มากที่สุด ส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกก็จะมีลักษณะตรงกันข้ามกับการเปลี่ยนแปลงความชื้น โดยที่กำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น 4 kW จะเพิ่มอุณหภูมิของเมล็ดข้าวน้อยที่สุด และที่กำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น 9 kW จะเพิ่มอุณหภูมิของเมล็ดข้าวมากที่สุด สาเหตุเนื่องจากกำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้โมเลกุลของเมล็ดข้าวเปลือกดูดกลืนพลังงานจากการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นได้มากขึ้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงในสภาวะการสั่นสะเทือนของโมเลกุลกลายเป็นพลังงานความร้อนภายในเมล็ดข้าวเปลือก

ส่งผลทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกลดลงและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Ginzburg, 1969 ; Il'yasov & Krasnikov, 1991 ; Sakai & Hanzawa, 1994)

Figure 2 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณต้นข้าว (head rice yield) ภายใต้การอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นที่กำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นต่างกัน จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณต้นข้าวในแต่ละกำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณต้นข้าวอ้างอิง ซึ่งมีค่าประมาณ 47.4 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุดังกล่าวนี้น่าจะเกิดจากรังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นทะลุทะลวงเข้าไปและเกิดเป็นความร้อนขึ้นภายในเมล็ดข้าวเปลือกส่งผลทำให้ความชื้นจากภายในเมล็ดข้าวเปลือกเคลื่อนที่ออกมาสู่ผิวของเมล็ดข้าวเปลือก ทำให้ความแตกต่างของความชื้นที่ผิวและภายในเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าน้อยลง (Meeso et al., 2007) จากปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้น่าจะส่งผลทำให้ข้าวเปลือกเกิดการแตกร้าวได้น้อยลง แต่การที่จะรักษาปริมาณต้นข้าวให้อยู่ในระดับที่สูงภายใต้การอบแห้งข้าวเปลือกแบบฟลูอิไดซ์เบดร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นครั้งนี้จะต้องใช้กำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นไม่เกิน 9 kW เพราะว่า จะทำให้ข้าวเปลือกเกิดการพองตัว, ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น และได้ปริมาณต้นข้าวต่ำกว่าข้าวอ้างอิง

Figure 3 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความขาวของข้าวภายใต้การอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นต่างกัน จะพบว่า การเปลี่ยนแปลงกำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นที่ต่างกันไม่มีผลต่อความขาวน้อยมากอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) สาเหตุเนื่องจากอุณหภูมิอากาศร้อนที่ใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือกมีค่าไม่สูงมาก จึงไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือก

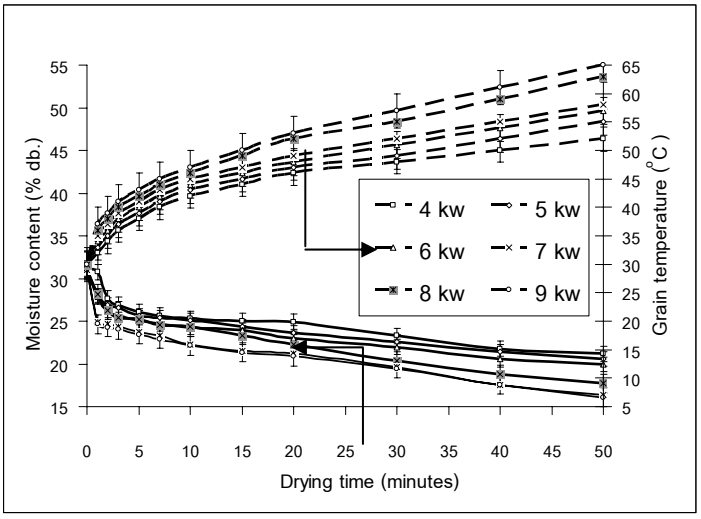

Figure 1 Moisture content and grain temperature of paddy drying using combined near-infrared radiation and fluidized bed drying.

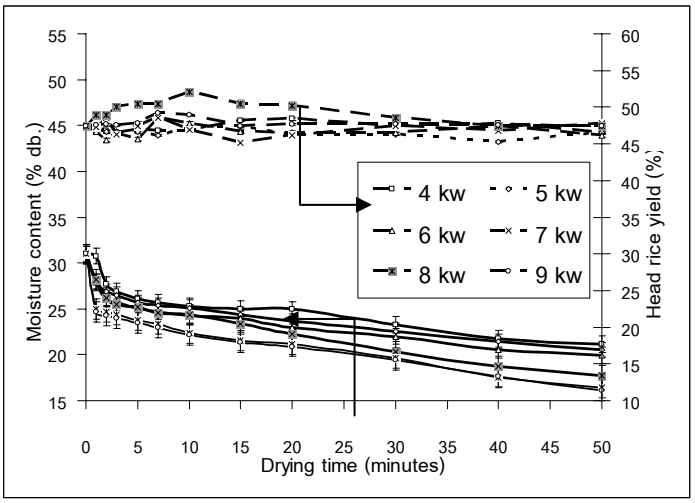

Figure 2 Moisture content and head rice yield of paddy drying using combined near-infrared radiation and fluidized bed drying.

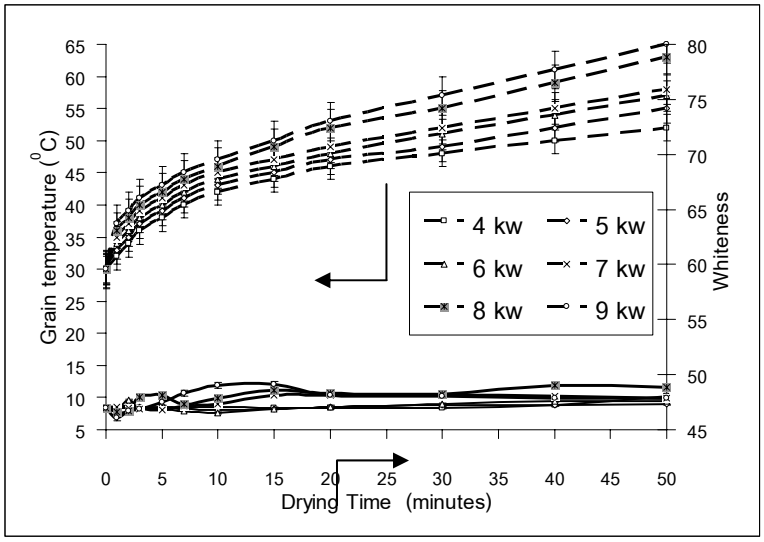

Figure 3 Curves of grain temperature(°C) and whiteness of paddy drying using combined near-infrared radiation and fluidized bed drying.

สรุป

การศึกษาการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น ภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งกำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น 4 - 9 kW อุณหภูมิของอากาศร้อน 40 °C ความเร็วของอากาศร้อน 4.5 m/s ความสูงเบดของข้าวเปลือก 6 cm และความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 31.0 % มาตรฐานแห้ง สรุปได้ว่า การเพิ่มขึ้นของกำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นจะเพิ่มการลดความชื้นและปรับปรุงปริมาณต้นข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามเพื่อรักษาปริมาณต้นข้าว การเพิ่มขึ้นของกำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นไม่ควรเกิน 9 kW เพราะว่า จะทำให้ข้าวเปลือกเกิดการพองตัว, ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น และได้ปริมาณต้นข้าวต่ำกว่าข้าวอ้างอิง นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงความขาวของข้าวทั้งหมดภายใต้การอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันโดยใช้รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นร่วมกับอากาศร้อนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

นเรศ มีโส และ ศิริธร ศิริอมรพรรณ. 2550. เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดโดยใช้การแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นร่วมกับการพาอากาศร้อน. เลขที่คำขอรับอนุสิทธิบัตรไทย 0703000111.

AACC. 1995. Approved Method of the American Association of Cereal Chemists (9th ed.). St. Paul, MN.

Keeratipibul, S., N. Luangsakul and T. Lertsatchayarn. 2008. .The Effect of Thai Glutinous Rice Cultivars, Grain Length and Cultivating Locations on the Quality of Rice Cracker (arare). Food Science and Technology. (*in press*)

Ginzburg, A. S. 1969. Application of Infrared Radiation in Food Processing. Chemical and process Engineering Series London: Leonard Hill.

Il'yasov, S. G. and V.V. Krasnikov. 1991. Fundamental Principle of Infrared Radiation of Food Products. New York: Hemisphere Publishing Corporation.

Meeso, N., S. Soponronnarit, and S. Wetchacama. 1999. Evaluation of Drying System Performance in Rice Mills. In Proceedings of the 19th ASEAN/1st APEC Seminar on Postharvest Technology, Ho Chi Mind City, Vietnam, 9-12 November. 286-295.

Meeso, N., A. Nathakaranakule, T. Madhiyanon, and S. Soponronnarit. 2004. Influence of FIR Irradiation on Paddy Moisture Reduction and Milling Quality after Fluidized bed Drying. Journal of Food Engineering. 65, 293-301.

Meeso, N., A. Nathakaranakule, T. Madhiyanon, and S. Soponronnarit. 2007. Modelling of Far-infrad Irradiation in Paddy Drying Process. Journal of Food Engineering. 78 : 1248-1258.

Poomsa-ad, N., S. Soponronnarit, S. Prachayawarakron and A. Terdyothin. 2002. Effect of Tempering on Subsequent Drying of Paddy Using Fluidization Technique. Drying Technology, 20(1), 195-210.

Tirawanichakul, S., S. Prachayawarakorn, W. Varanyanond, P. Tungtrakul and S. Soponronnarit. 2004. Effect of Fluidized bed Drying Temperature on Various Quality Attributes of Paddy. Drying Technology. 22: 1731-1754.

Sakai, N. and T. Hanzawa. 1994. Applications and Advances in Far-infrared Heating in Japan. Trends in Food Science & Technology. 5, 357-362.