

การลดความชื้นของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบไหลคลุกเคล้าชนิดวนวัสดุ  
ต่อเนื่องร่วมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด

Maize Drying as Animal Feed by Continuously Mixing Flow Hot Air Dryer Combined with  
Infrared Radiation Heating

ชณัฐ วิพัตนะพร<sup>1</sup> สุพรรณ ย้งยีน<sup>1</sup> และ จักรมาส เลหาวิช<sup>1</sup>

Chanat Vipatnaporn<sup>1</sup>, Suphan Yangyuen<sup>1</sup> and Juckamak Laohavanich<sup>1</sup>

Abstract

The aim of this research is to study moisture reduction of maize kennels for animal feeding by simulating continuously mixing flow hot air dryer condition using a bucket conveyer and applying infrared radiation (IR) for heating in order to enhance the efficiency of moisture reduction. In accordance with additional heating, the infrared radiation area was installed at the position between the dryer and the bucket conveyer. The initial moisture content (IMC) of the maize kennels was 20, 30 and 40% (wet basis). Subsequently, the infrared heating with wave length of 1-2  $\mu\text{m}$  was used for 1, 2 and 3 mins. The dried maize kennels were then tempered for 15 min. Finally, hot air with temperature of 45 °C was blown through the kennels for 15 mins. In order to simulate this process 6 cycles were tested. The results showed that the increase in heating time with the use of infrared radiation leads to the decrease in final moisture content (FMC) of the maize kennels for animal feeding. Furthermore, with different initial moisture content, it was found that the higher initial moisture content results in the longer drying time and maize drying cycle in order to provide the moisture reduction at a safe storage level.

**Keywords:** maize, drying, hot air, infrared, continue mixing flow dryer

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดความชื้นของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยการจำลองขั้นตอนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบไหลคลุกเคล้าชนิดวนวัสดุต่อเนื่อง ด้วยกระพ้อลำเลียง และการประยุกต์ใช้รังสีอินฟราเรดในการให้ความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการลดความชื้น ซึ่งจะติดตั้งในตำแหน่งที่เมล็ดไหลผ่านจากเครื่องอบแห้งไปยังกระพ้อลำเลียง การทดสอบใช้เมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นเริ่มต้น 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก นำมาให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดความยาวคลื่นประมาณ 2.47 ไมครอน ระยะเวลา 1 2 และ 3 นาที จากนั้นเก็บในที่อับอากาศเป็นระยะเวลา 15 นาที และนำออกมาเป่าด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที จำลองกระบวนการอบแห้งโดยทดสอบวนรอบจำนวน 6 รอบ จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดเพิ่มขึ้น ค่าความชื้นสุดท้ายของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีแนวโน้มลดลง และที่ความชื้นเริ่มต้นเมล็ดข้าวโพดที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่อความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดข้าวโพดสูง จะต้องใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง และจำนวนรอบเพิ่มขึ้น เพื่อลดความชื้นให้ปลอดภัยสำหรับการเก็บรักษา

**คำสำคัญ:** ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การอบแห้ง ลมร้อน รังสีอินฟราเรด เครื่องอบแห้งแบบไหลคลุกเคล้า

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทั้งภายในประเทศและสามารถเป็นสินค้าส่งออกไปขายยังต่างประเทศ เนื่องจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีหลากหลายสายพันธุ์สามารถปลูกบริเวณประเทศที่มีสภาพอากาศร้อนชื้น ซึ่งเหมาะกับสภาพอากาศของประเทศไทย ข้าวโพดสามารถปลูกได้ปีละ 2 ครั้ง โดยช่วงเวลาที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ในเมื่ออายุ 110-120 วัน (กรมวิชาการ, 2552) หรือในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน คือ เดือนกันยายน-เดือนตุลาคม ดังนั้น ผลผลิตที่ได้จึงเสี่ยงต่อการมีความชื้นสูงส่งผลกระทบต่อกรเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพด เนื่องจากเกิดเชื้อราที่ก่อให้เกิดสารอะฟลาทอกซิน อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อราคาในการจำหน่าย ดังนั้นการลดความชื้นหลังการเก็บเกี่ยวก่อนการนำไปเก็บรักษาจึงเป็นขั้นตอนสำคัญในการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อราและจุลินทรีย์ที่ทำลายคุณภาพเมล็ดข้าวโพด โดยความชื้นที่เหมาะสมก่อนทำการเก็บรักษาอยู่ที่ประมาณไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก (กระทรวงพาณิชย์, 2553) ผลจากความชื้นหลังการเก็บเกี่ยวที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรที่ได้อาจกล่าวมานั้น ผู้ประกอบการด้านการผลิตเมล็ดข้าวโพดใช้สำหรับเป็นอาหารสัตว์ มีความ

<sup>1</sup> คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Faculty of Engineering, Maha Sarakham University, Thailand, 44150

ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบไหลคลุกเคล้าชนิดวนวัสดุต่อเนื่องแบบ L.S.U. (Louisiana State University) จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยนี้

### อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ชุดทดสอบการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดพลังงานไฟฟ้า สามารถสั่นบริเวณฐานเพื่อให้วัสดุที่นำมาลดความชื้นนั้นสัมผัสกับรังสีอินฟราเรดได้อย่างสม่ำเสมอ ชุดทดสอบการอบแห้งด้วยลมร้อน และการเก็บในที่อับอากาศ (Tempering) ประกอบด้วยตู้ควบคุมอุณหภูมิ และขวดโหลแก้วพร้อมฝาปิดผนึก (จักรมาส และสุพรรณ, 2553) โดยมีอุปกรณ์วัดและเก็บข้อมูล ประกอบด้วย เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง เครื่องวัดและเก็บข้อมูลอุณหภูมิ (testo 826-T4) และตู้อบไฟฟ้าแบบลมร้อนเพื่อหาความชื้นตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทดสอบตามวิธีมาตรฐาน ASAE Moisture Measurement: Grain and Seeds, Method S352.2 (ASAE STANDARDS, 1999)

วิธีการและเงื่อนไขทดสอบการลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยการประยุกต์ใช้รังสีอินฟราเรดพลังงานไฟฟ้า ร่วมกับแบบจำลองเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบไหลคลุกเคล้าชนิดวนวัสดุต่อเนื่อง ซึ่งดำเนินการดังแสดงในภาพประกอบที่ 1 ประกอบด้วยการเตรียมเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีความชื้นเริ่มต้นแตกต่างกัน ได้แก่ 20 30 และ 40 % w.b. นำมาทำความสะอาดคัดแยกสิ่งเจือปนออก จากนั้นนำไปอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรด ก่อนนำมาเก็บในที่อับอากาศ (Tempering) เพื่อทำให้เกิดสภาวะความชื้นและความชื้นที่เหมาะสมต่อการถ่ายเทความชื้นระหว่างภายในเมล็ดข้าวโพดกับบริเวณผิวของเมล็ดข้าวโพด แล้วนำไปลดความชื้นด้วยลมร้อนภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิ โดยได้ทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวโพด วัดค่าความชื้นภายหลังกระบวนการอบแห้งทั้งสองวิธี และกระทำซ้ำในแต่ละเงื่อนไขจำนวน 6 รอบ โดยปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ทดสอบ ประกอบด้วย การอบแห้งโดยรังสีอินฟราเรด 1 2 และ 3 นาที แล้วนำไปใส่ขวดโหลปิดผนึกเพื่ออับอากาศระยะเวลา 15 นาที ที่ระดับอุณหภูมิเมล็ดเท่ากับอุณหภูมิเมล็ดจากขั้นตอนการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด หลังจากนั้นนำออกมาอบแห้งโดยใช้ลมร้อน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส เพื่อนำตัวอย่างที่สุ่มวัดความชื้นมาพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เปรียบเทียบเพื่อหาแนวโน้ม และความเป็นไปได้ก่อนการนำไปใช้ในระบบจริง

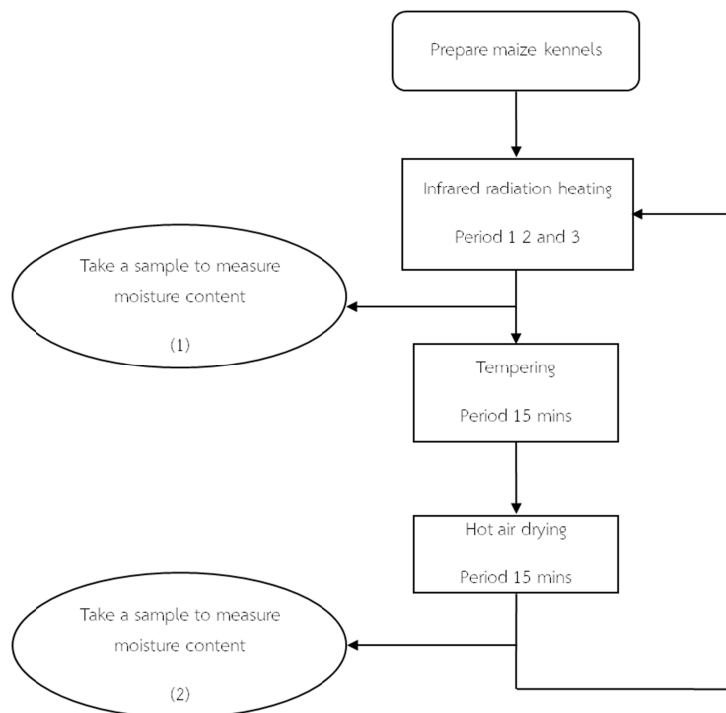


Figure 1 The testing process: The simulation of continuously mixing flow dryer combined with infrared radiation heating.

**ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา**

จากผลการทดลองพบว่า การอบแห้งเมล็ดข้าวโพดโดยใช้รังสีอินฟราเรดเพื่อให้ความร้อนร่วมกับการจำลองขั้นตอนการทำงานของเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบไหลคลุกเคล้าชนิดวนวัสดุต่อเนื่อง พบว่าการเสริมอุปกรณ์รังสีอินฟราเรดเพื่อให้ความร้อนแก่วัสดุ มีอิทธิพลต่อการลดความชื้นตามระยะเวลาการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด เมื่อทดลองจนครบ 6 รอบในแต่ละค่าความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดข้าวโพด ในช่วงเวลาการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด 1 2 และ 3 นาที พบว่าเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดเป็นระยะเวลานานจะมีค่าความชื้นสุดท้ายต่ำกว่า เมื่อพิจารณาจากงานวิจัยการเปรียบเทียบความชื้นและอุณหภูมิของเมล็ดข้าวโพดระหว่างการอบแห้งด้วยอินฟราเรดและลมร้อน(จักรมาศ และสุพรรณ, 2553) โดยพิจารณาที่เงื่อนไขความชื้นเริ่มต้นเมล็ดข้าวโพดประมาณ 20% wb อบแห้งด้วยลมร้อน อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเพื่อลดความชื้นให้ต่ำกว่า 15% wb พบว่าต้องใช้เวลาประมาณ 180 นาที ซึ่งจากการทดลองเสริมอุปกรณ์ให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับการอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถลดความชื้นลงเหลือประมาณ 15% wb ได้ในระยะเวลาประมาณ 90 นาที (4 รอบ) ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว และที่ความชื้นเริ่มต้นสูงจะต้องใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยแสดงค่าความชื้นสุดท้ายแต่ละเงื่อนไขการทดลองที่กำหนด ดังแสดงใน Table 1 2 และ 3 และ Figure 2 3 และ 4 ดังนี้

**Table 1** Final moisture content of 20 %wb maize IMC after drying with IR and HA during time 1 2 and 3 minutes.

**Table 2** Final moisture content of 30 %wb maize IMC after drying with IR and HA during time 1 2 and 3 minutes.

**Table 3** Final moisture content of 40 %wb maize IMC after drying with IR and HA during time 1 2 and 3 minutes.

Final moisture contents (% w.b.)				Final moisture contents (% w.b.)				Final moisture contents (% w.b.)				
Cycle	(IMC 20 % w.b.)			Cycle	(IMC 30 % w.b.)			Cycle	(IMC 40 % w.b.)			
	1min	2mins	3mins		1min	2mins	3mins		1min	2mins	3mins	
1	IR	21.61	20.90	20.05	IR	28.32	27.35	27.12	IR	35.56	34.63	34.87
	HA	20.67	19.53	18.80	HA	27.65	26.88	25.82	HA	33.54	33.03	33.44
2	IR	19.62	18.76	17.87	IR	27.36	25.00	23.69	IR	32.57	31.81	31.49
	HA	18.68	17.31	16.80	HA	26.78	24.60	22.24	HA	30.12	28.73	28.66
3	IR	18.28	16.43	15.54	IR	25.06	22.46	19.93	IR	29.32	27.23	26.75
	HA	17.73	15.28	14.42	HA	24.71	21.59	18.45	HA	27.57	25.49	25.57
4	IR	17.32	15.03	13.79	IR	23.70	20.04	16.98	IR	27.04	24.65	23.92
	HA	16.12	14.05	13.01	HA	23.04	18.31	15.34	HA	24.92	22.48	21.50
5	IR	16.01	13.33	12.16	IR	22.31	17.81	14.90	IR	24.43	21.79	20.41
	HA	14.87	12.51	11.30	HA	21.23	16.17	13.34	HA	22.54	19.84	18.66
6	IR	14.95	12.04	10.58	IR	20.55	15.19	11.95	IR	22.18	19.08	17.65
	HA	13.68	11.10	10.15	HA	19.30	14.01	11.49	HA	20.61	17.23	15.77

Remarks \* IR = Infrared radiation; HA = Hot air; IMC = Initial moisture content

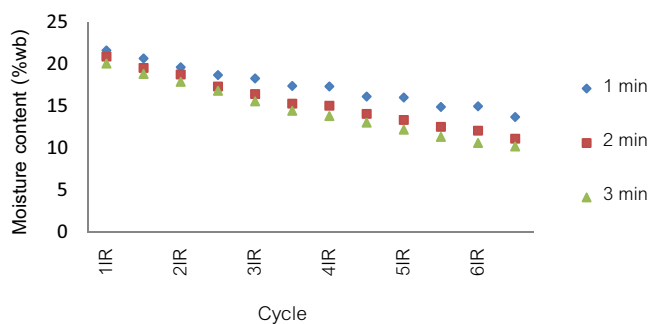


Figure 2 Changes of final moisture content for IMC 20 % wb maize with infrared heating and hot air drying during each cycle

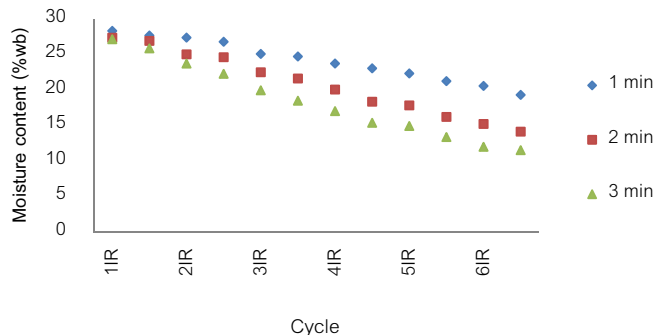


Figure 3 Changes of final moisture content for IMC 30 % wb maize with infrared heating and hot air drying during each cycle

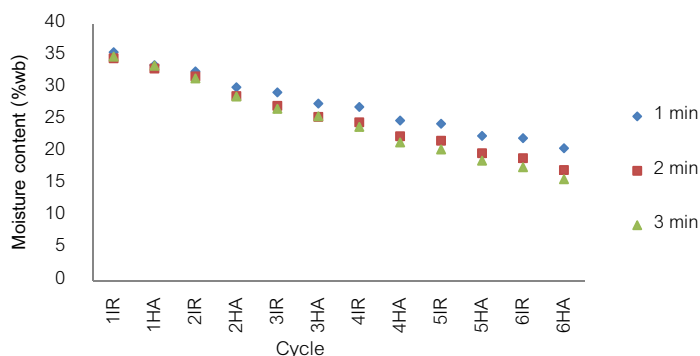


Figure 4 Changes of final moisture content for IMC 40 % wb maize with infrared heating and hot air drying during each cycle

### สรุป

การทดลองอบแห้งเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยเสริมการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับจำลองขั้นตอนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบไหลคลุกเคล้าชนิดวนวัสดุต่อเนื่องโดยแต่ละเงื่อนไขที่กำหนด จำนวน 6 รอบ พบว่าการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดมีอิทธิพลต่อการลดความชื้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามระยะเวลา สรุปได้ดังนี้

1. เมื่อเสริมการให้ความร้อนแก่เมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยรังสีอินฟราเรด ร่วมกับการจำลองเครื่องอบแห้งแบบไหลคลุกเคล้าชนิดวนวัสดุต่อเนื่องพบว่าการเสริมอุปกรณ์รังสีอินฟราเรดเพื่อให้ความร้อนแก่เมล็ดข้าวโพดมีอิทธิพลต่อการลดความชื้นตามระยะเวลาการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด
2. ระยะเวลาในการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดมีผลต่อความชื้นสุดท้ายของเมล็ดข้าวโพด โดยพบว่าเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดเป็นเวลานาน จะมีค่าความชื้นสุดท้ายที่ต่ำกว่า

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้การสนับสนุนสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- จักรมาส เลหาวิช และ สุพรรณ ยั่งยืน. 2553. การเปรียบเทียบความชื้นและอุณหภูมิของเมล็ดข้าวโพดระหว่างการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดและลมร้อน. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ASAE STANDARDS. 1999. Moisture Measurement-Unground Grain and Seeds.
- กรมวิชาการเกษตร. 2552. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=17>. (5 พฤษภาคม 2555)
- กระทรวงพาณิชย์ กรมการค้าภายใน, 2555. นโยบายข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา : [http://www.cabinet.soc.go.th/soc/Program3-3.jsp?com\\_code1=%BE%B3&com\\_code2=65&com\\_set=2&com\\_title=&org\\_serl=](http://www.cabinet.soc.go.th/soc/Program3-3.jsp?com_code1=%BE%B3&com_code2=65&com_set=2&com_title=&org_serl=). (4 ตุลาคม 2555)