Agricultural Sci. J. 33 : 6 (Suppl.): 184-189 (2002) **ว. วิทย. กษ. 33 : 6 (พิเศษ) : 184-189 (2545)**

การปรับปรุงเครื่องลดความชื้นแบบกระบะ
Modification of a Flat-bed Dryer

ทวีชัย นิมาแสง[1]
Taweechai Nimasang[1]

Abstract

Drying process of agricultural products in a conventional flat-bad dryer or dehumidifier is to force heated air through the product from lower tray to the uppers. In such heated-air circulation, the product in each tray is heated and dried in different rate. Current solution to this problem is to switch the tray positions during the drying process, which is not practical and consumes a lot of time and labor. Furthermore, the product is often damaged during the switching.

This research's objective is to modify a flat-bed drying system, forcing heated air from the upper tray to the lowers. With this principle, the product will dry from upper to lower tray consecutively. The dried product in the most upper tray shall be removed from the dryer. Then the drying process can continue without switching tray position.

The test on drying 216-kilogram pepper, using 3 levels of tray with 72-kilogram pepper each, found that the drying period for the upper tray, the middle tray and the lower tray are 29, 32 and 38 hours respectively. The final product of dry pepper is weighted 36.5 kilograms. The transformation rate (fresh product weight: dried product weight) is average 5.92 : 1. And the LP gas consumption is 17.2 kilograms.

The test on drying 450-kilogram longan, using 3 levels of tray with 150-kilogram longan each, found that the drying period for the upper tray, the middle tray and the lower tray are 35, 45 and 52 hours respectively. The final product of dry longan is weighted 138.8 kilograms. The transformation rate is average 3.24 : 1. The electrical consumption of driving fan is 22.36 units and the LP gas consumption is 27.9 kilograms.

Keywords: longan drying, flat bed dryer

บทคัดย่อ

ในการอบแห้งผลผลิตเกษตรหลายชนิด จะอาศัยเครื่องอบแห้งหรือเครื่องลดความชื้นแบบกระบะ ซึ่งมีการขับอากาศร้อนให้ไหลแทรกผ่านชั้นผลผลิตที่บรรจุอยู่บนพื้นตะแกรงจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนของกระบะ การไหลของอากาศในลักษณะดังกล่าวทำให้ผลผลิตได้รับความร้อนและแห้งไม่สม่ำเสมอกัน การแก้ไขปัญหาเท่าที่ทำได้ในปัจจุบันกระทำโดยการสลับชั้นหรือเปลี่ยนตำแหน่งกันระหว่างผลผลิตที่อยู่ส่วนบนกับส่วนล่าง นับว่าเป็นงานที่ค่อนข้างยุ่งยาก สิ้นเปลืองเวลาและแรงงานในการปฏิบัติ นอกจากนี้ยังทำให้ผลผลิตเสียหายขณะทำการขนย้ายอีกด้วย

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงระบบการทำงานเครื่องลดความชื้นแบบกระบะโดยให้มีการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนไหลแทรกผ่านชั้นผลผลิตจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง โดยหลักการนี้ผลผลิตที่อยู่ด้านบนของกระบะจะทยอยแห้งก่อนด้านล่าง และสามารถขนย้ายไปเก็บรักษาไว้ แล้วจึงทำการอบผลผลิตที่เหลือต่อไปโดยไม่ต้องทำการสลับชั้นหรือเปลี่ยนตำแหน่งของผลผลิต

จากการทดลองอบพริกใหญ่จำนวน 216 กิโลกรัม โดยแบ่งการบรรจุออกเป็น 3 ชั้นๆ ละ 72 กิโลกรัม พบว่าใช้เวลาในการอบแห้งพริกชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง เท่ากับ 29, 32 และ 38 ชั่วโมง ตามลำดับ ได้ผลผลิตพริกแห้งรวม 36.5 กิโลกรัม อัตราแปรสภาพ (นน. ผลผลิตสด : นน. ผลผลิตแห้ง) มีค่าเฉลี่ย 5.92 : 1 และสิ้นเปลืองก๊าซหุงต้มจำนวน 17.2 กิโลกรัม

จากการทดลองอบลำไยจำนวน 450 กิโลกรัม โดยแบ่งการบรรจุออกเป็น 3 ชั้นๆ ละ 150 กิโลกรัม พบว่าใช้เวลาในการอบแห้งลำไยชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง เท่ากับ 35, 45 และ 52 ชั่วโมงตามลำดับ ได้ผลผลิตลำไยแห้งรวม 138.8 กิโลกรัม อัตราแปรสภาพ มีค่าเฉลี่ย 3.24 : 1 ใช้กระแสไฟฟ้าเพื่อขับพัดลมจำนวน 22.36 หน่วย และสิ้นเปลืองก๊าซหุงต้ม 27.9 กิโลกรัม

คำนำ

เครื่องลดความชื้นสามารถแบ่งออกตามลักษณะการให้ความร้อนได้เป็น 2 ชนิด คือ Solid Surface Transfer Dryer และ Adiabatic Dryer ชนิดแรกจะมีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำ (Conduction) โดยวัสดุที่ต้องการลดความชื้นจะถูกวางแผ่บนพื้นผิวที่ได้รับความร้อน ได้แก่ เครื่องลดความชื้นแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) สำหรับชนิดที่สอง จะอาศัยอากาศทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อน

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200
Department of Agricultural Engineering Faculty of Engineering, Chiang Mai University Chiangmai , Thailand. 50200

ให้กับวัสดุด้วยวิธีการพา (Convection) ได้แก่ เครื่องลดความชื้นแบบถาด (Tray dryer) เครื่องลดความชื้นแบบอุโมงค์ (Tunnel dryer) และเครื่องลดความชื้นแบบกระบะ (Flat-bed dryer)

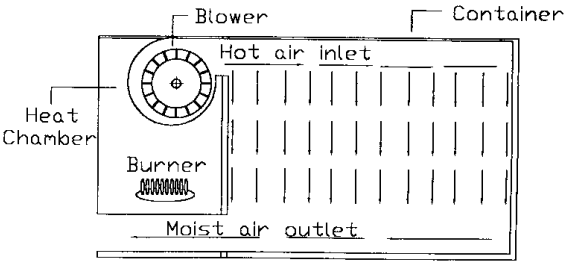
เครื่องลดความชื้นแบบกระบะประกอบด้วยเตาเผาเชื้อเพลิง พัดลม และกระบะบรรจุวัตถุดิบ อากาศร้อนจากการเผาไหม้จะถูกพัดลมขับเข้าสู่ช่องซึ่งอยู่ส่วนล่างของกระบะ ลอดผ่านตะแกรง และแทรกไปตามกองวัสดุ จากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน การอบแห้งลำไยด้วยเครื่องชนิดนี้ พบว่าผลผลิตที่ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอกัน เกิดการสูญเสีย และมีความยุ่งยากในการปฏิบัติงาน ลำไยที่อยู่ชั้นล่างของกระบะจะเริ่มคายความชื้นก่อน มีการเปลี่ยนสภาพอย่างเห็นได้ชัดเมื่ออบไปได้ 12 ชั่วโมง เนื้อของลำไยเริ่มหดตัวและเกิดช่องว่างขึ้นภายใน ทำให้ถูกลำไยชั้นบนซึ่งมีน้ำหนักมากกว่ากดทับจนแตกหรือเสียรูปทรง เกษตรกรและผู้ประกอบการอบแห้งลำไยจึงแก้ไขปัญหาโดยแบ่งลำไยสดที่นำเข้าอบออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นล่าง ชั้นกลาง และชั้นบน แต่ละชั้นมีตาข่ายคั่น และระหว่างการอบจะมีการสลับชั้นลำไย 2 ถึง 3 ครั้ง ทุกๆ 12 –15 ชั่วโมง เพื่อให้ลำไยในแต่ละชั้นแห้งสม่ำเสมอกัน โดยย้ายลำไยชั้นบนลงไปชั้นล่าง และย้ายลำไยจากชั้นล่างขึ้นไปไว้ชั้นบน ในขณะที่ลำไยชั้นกลางถูกจัดวางในตำแหน่งเดิม การอบครั้งหนึ่งจะใช้เวลาประมาณ 42-52 ชั่วโมง นับว่ามีความยุ่งยากในการทำงานเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ระหว่างการขนย้าย ยังทำให้เปลือกของลำไยแตกหรือบุบ เกิดการสูญเสียของผลผลิตไปบางส่วน

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องลดความชื้นแบบปรับปรุง

1. ลักษณะการทำงาน

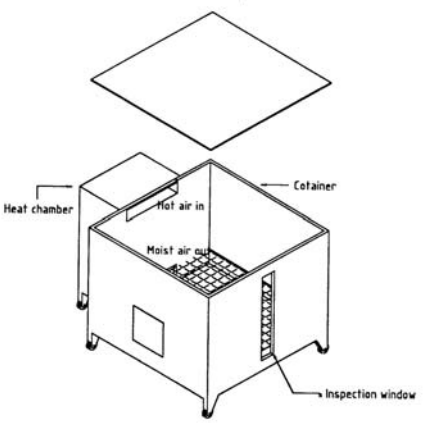
เครื่องลดความชื้นแบบปรับปรุงนี้ จะมีทิศทางการไหลของอากาศร้อนผ่านวัตถุดิบจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง (ภาพที่ 1) ซึ่งต่างจากแบบดั้งเดิมที่มีทิศทางการไหลของอากาศร้อนจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน นับเป็นข้อได้เปรียบที่สามารถทยอยนำผลผลิตที่อยู่ส่วนบนซึ่งแห้งก่อนไปเก็บรักษาไว้ ส่วนผลผลิตที่อยู่ระดับถัดลงไปซึ่งยังแห้งไม่ได้ที่ก็ถูกอบต่อไป



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบปรับปรุง

2. ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งแบบปรับปรุง

2.1 กระบะบรรจุวัตถุดิบ (Container) มีความจุ 0.85 ม.^{3} ชั้นตะแกรงรองรับผลผลิตอยู่สูงจากพื้น 0.15 ม. ด้านหน้ามีช่องกระจกสำหรับตรวจสภาพผลผลิตขณะทำการอบ ผนังด้านหลังซึ่งเชื่อมต่อกับห้องความร้อน มีช่องสำหรับให้อากาศไหลเข้าอยู่ชิดกับขอบบน และช่องอากาศไหลออกอยู่ใต้ตะแกรง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 เครื่องอบแห้งแบบกระบะที่ปรับปรุง

2.2 ห้องความร้อน (Heat chamber) ห้องความร้อน มีส่วนประกอบภายในที่สำคัญ ได้แก่

1) พัดลมแบบแรงเหวี่ยงชนิดใบพัดโค้งหน้า ทำงานที่ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 186 วัตต์ เป็นต้นกำลัง
2) หัวเผาก๊าซ (Gas burner) และอุปกรณ์ประกอบ ได้แก่ Regulator ท่อก๊าซ วาล์วปิด-เปิด และถังก๊าซ
3) ระบบควบคุมความร้อนอัตโนมัติ อาศัยโซลินอยด์วาล์วทำหน้าที่ปิด-เปิดการไหลของก๊าซ โดยมีชุดเทอร์โมสแตททำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิภายในกระบะ

3. การทดสอบเบื้องต้น

3.1 การทดสอบความเร็ว และอัตราการไหลของอากาศ

ตรวจวัดความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านช่องซึ่งเชื่อมระหว่างห้องความร้อนกับกระบะบรรจุ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหลของอากาศ ที่ความเร็วรอบของพัด

ข้อมูล	ขาเข้า	ขาออก
พื้นที่หน้าตัดของช่องอากาศ (m^2)	0.12 × 0.50	0.12 × 0.50
ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/sec)	3.38	3.29
อัตราการไหลของอากาศ (m^3/sec)	12.17	11.84

3.2 อุณหภูมิของอากาศ และอัตราการเผาไหม้ของก๊าซหุงต้ม

ตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศร้อน และอัตราการเผาไหม้ของก๊าซหุงต้ม ที่ความดัน 4 ระดับ

ตารางที่ 2 อุณหภูมิสูงสุดของอากาศร้อนขาเข้า และอัตราการเผาไหม้ของก๊าซ

ข้อมูล	ความดันก๊าซ (บาร์)			
	0.17	0.34	0.52	0.69
อุณหภูมิของอากาศร้อนขาเข้า (°C)	71	76	82	91
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศโดยรอบ (°C)	32	32	32	32
อัตราการเผาไหม้ของก๊าซ (ก.ก./ชม.)	0.68	0.79	0.82	0.88

4. การทดลองอบผลผลิตเกษตร

วิธีการทดลอง

1) นำตัวอย่างผลผลิตไปทดสอบหาความชื้นเริ่มต้น โดยใช้ตู้อบลมร้อน
2) บรรจุผลผลิตบนชั้นตะแกรงสามชั้น ชั้นละเท่าๆกัน
3) อบด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 75 °C สำหรับพริก และ 80 °C สำหรับลำไย
4) บันทึกข้อมูลต่างๆ ได้แก่ น้ำหนักตัวอย่าง อุณหภูมิของอากาศ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และกระแสไฟฟ้า
5) เมื่อผลผลิตชั้นบนแห้ง ให้ขนถ่ายออกจากกระบะ แล้วจึงอบผลผลิตชั้นที่เหลือต่อไปจนกระทั่งผลผลิตชั้นล่างสุดแห้ง ถือเป็นการสิ้นสุดการทดลอง
6) นำตัวอย่างผลผลิตแห้งไปทดสอบหาความชื้นหลังการอบ

ผลการทดลอง

การทดลองอบพริกใหญ่

จากการทดลองพบว่า ใช้เวลาในการอบแห้งพริกใหญ่ ชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง เท่ากับ 29, 32 และ 38 ชั่วโมง ตามลำดับ ได้ผลผลิตพริกแห้งรวม 36.5 โดยมีอัตราแปรสภาพเฉลี่ย 5.92 : 1 และสิ้นเปลืองก๊าซหุงต้ม17.2 กิโลกรัม

ตารางที่ 3 ผลการทดลองอบพริก

ข้อมูล	ชั้นบรรจุ		
	ชั้นบน	ชั้นกลาง	ชั้นล่าง
1. น้ำหนักพริกใหญ่สด (ก.ก.)	72	72	72
2. น้ำหนักพริกแห้ง (ก.ก.)	12.2	11.9	12.4
3. อัตราแปรสภาพ (นน. สด : นน. แห้ง)	5.90 : 1	6.05 : 1	5.81 : 1
4. ความชื้นพริกสด (%)	78.18	78.18	78.18
5. ความชื้นพริกแห้ง (%)	14.76	15.02	14.64
6.เวลาที่ใช้อบแห้ง (ช.ม.)	29	32	38
7. ปริมาณก๊าซที่ใช้ (ก.ก.)		17.2	

การทดลองอบลำไย

จากการทดลองพบว่า ใช้เวลาในการอบแห้งลำไยชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง เท่ากับ 35, 45 และ 52 ชั่วโมง ตามลำดับ ได้ผลผลิตลำไยแห้งรวม 138.8 กิโลกรัม ปริมาณก๊าซหุงต้ม และกระแสไฟฟ้าที่ใช้เท่ากับ 27.9 กิโลกรัม และ 22.36 หน่วย ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

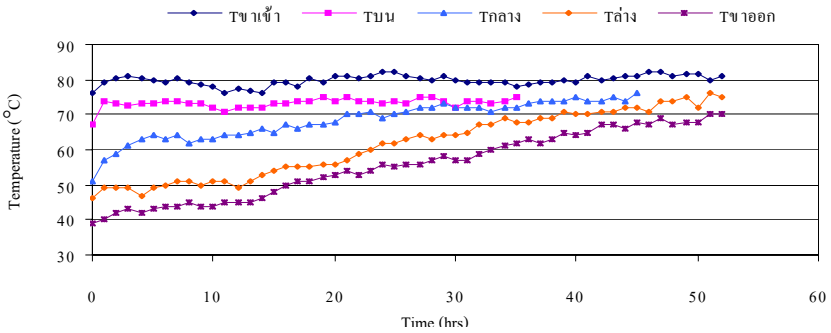
ตารางที่ 4 ผลการทดลองอบลำไย

ข้อมูล	ชั้นบรรจุ		
	ชั้นบน	ชั้นกลาง	ชั้นล่าง
1. น้ำหนักลำไยสด(ก.ก.)	150	150	150
2. น้ำหนักลำไยแห้ง (ก.ก.)	46.3	45.8	46.7
3. ความชื้นลำไยสด (%)	75.84	75.84	75.84
4. ความชื้นลำไยแห้ง (%)	20.4	19.3	19.03
5.เวลาที่ใช้อบแห้ง (ช.ม.)	35	45	52
6. ปริมาณก๊าซที่ใช้ (ก.ก.)		27.9	
7. กระแสไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)		22.36	

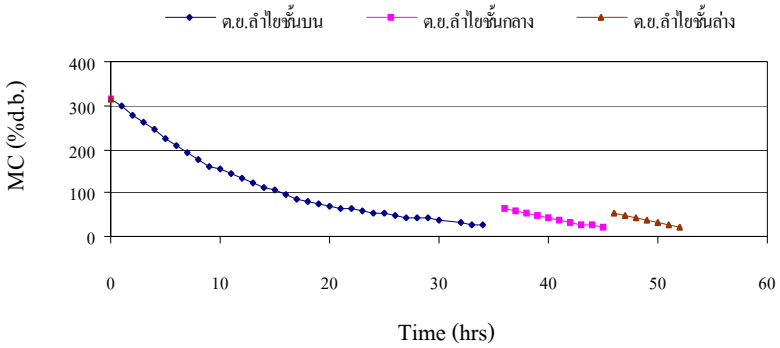
สรุปและวิจารณ์

1) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ

จากการทดลอง พบว่า อุณหภูมิขาเข้ากับอุณหภูมิขาออกตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 10 มีค่าแตกต่างกันมากถึง 34-40 °C และอุณหภูมิที่ระดับกึ่งกลางชั้นบรรจุลำไยชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีค่าแตกต่างกันถึง 10-15 °C (ภาพที่ 3) การที่อุณหภูมิมีค่าแตกต่างกันมาก เนื่องจากลำไยมีความชื้นเริ่มต้นสูงจึงมีอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนที่สูงตามไปด้วย โดยอุณหภูมิที่ระดับกึ่งกลางชั้นบรรจุลำไยชั้นบนลำไยชั้นบนสุดมีค่าค่อนข้างจะคงที่ และมีการแลกเปลี่ยนความร้อนมากที่สุด เพราะได้สัมผัสกับอากาศร้อนที่เข้ามาโดยตรง เมื่อสิ้นสุดชั่วโมงที่ 35 ลำไยชั้นบนก็ถึงจุดที่มีค่าความชื้นตามต้องการ จึงนำออกจากกระบะบรรจุแล้วทำการอบลำไยชั้นที่เหลือต่อไป อุณหภูมิของอากาศขาเข้ากับขาออกมีความแตกต่างกันประมาณ 15 °C ส่วนอุณหภูมิชั้นกลางกับชั้นล่างมีค่าแตกต่างกัน 5-7 °C



ภาพที่ 3 อุณหภูมิของอากาศขาเข้า ออก และอุณหภูมิที่ระดับชั้นต่างๆ



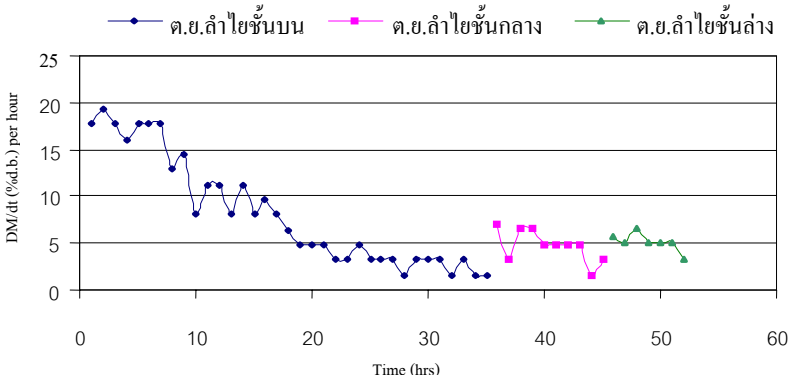
ภาพที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของลำไยชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง

2) การเปลี่ยนแปลงความชื้นของลำไย

จากการบันทึกน้ำหนักตัวอย่างลำไยชั้นบนที่บรรจุในซองลวดตาข่ายทุกๆ ชั่วโมง พบว่าตั้งแต่เริ่มต้นอบจนถึงชั่วโมงที่ 17 ความชื้นของลำไยจะลดลงอย่างเร็ว หลังจากนั้นความชื้นจะค่อยๆ ลดลง กระทั่งสิ้นสุดการอบในชั่วโมงที่ 35 (ภาพที่ 4) สำหรับตัวอย่างลำไยชั้นกลาง สามารถนำออกมาชั่งน้ำหนักได้หลังจากที่ขนย้ายลำไยชั้นบนซึ่งแห้งออกจากกระบะบรรจุแล้ว โดยเริ่มบันทึกตั้งแต่ชั่วโมงที่ 36 ส่วนตัวอย่างลำไยชั้นล่าง ก็สามารถนำออกมาชั่งน้ำหนักได้หลังจากที่ขนย้ายลำไยชั้นกลางออกจากกระบะบรรจุแล้ว โดยเริ่มบันทึกตั้งแต่ชั่วโมงที่ 46 ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความชื้นของลำไยทั้งชั้นกลางและชั้นบนจึงแสดงได้เฉพาะตอนชั่วโมงท้ายๆ ของการทดลองเท่านั้น การยุติการอบละชั้นใช้วิธีการทดสอบค่าความชื้นของตัวอย่างลำไย และวิธีการสังเกตเนื้อลำไยซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เมื่อสัมผัสดูจะรู้สึกนุ่ม ไม่เป็นยางเหนียว เมล็ดข้างในแข็งและกรอบ

3.) อัตราการลดความชื้น

พบว่าอัตราการลดความชื้นของลำไยที่อยู่ชั้นบนในช่วง 9 ชั่วโมงแรกมีค่าเฉลี่ย 16.82% ของน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง โดยในชั่วโมงที่ 2 จะมีค่ามากที่สุดประมาณ 19.4% ของน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 10-18 จะมีอัตราการลดความชื้นเฉลี่ย 9.13% ของน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง และตั้งแต่ชั่วโมงที่ 19 จนได้ความชื้นที่ต้องการในชั่วโมงที่ 35 จะมีอัตราการลดความชื้นเฉลี่ย 3.13% ของน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงความชื้นของลำไยชั้นกลาง และชั้นล่าง ได้เริ่มต้นบันทึกในชั่วโมงที่ 36 และ 46 ตามลำดับ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของอัตราการลดความชื้นของลำไยชั้นกลาง และชั้นล่าง ในช่วงชั่วโมงท้ายๆ ของการอบแห้งเท่ากับ 4.76 และ 5.1% ของน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง ตามลำดับ



ภาพที่ 5 แสดงอัตราการลดความชื้น ชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง (% db per hour)

คำขอบคุณ

งานวิจัยเรื่อง “การปรับปรุงเครื่องลดความชื้นแบบกระบะ” นี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ หมวดเงินอุดหนุนการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย จากโครงการจัดตั้งภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กองเกษตรวิศวกรรม. 2528. รายงานการวิจัยเรื่อง เครื่องลดความชื้นแบบเกษตรกร. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ

ดำรง สุภามูล. 2541. การถนอมผลผลิตลำไยโดยการอบแห้งของเกษตรกรในเขตกิ่งอำเภอดอยหล่อ จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

สมชาย ปกรโฌดม. 2520. กระบวนการผลิตเกษตรทางวิศวกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

Donald, B. Brooker, F. W. Bakker-Arkema and Carl W. Hall. 1992. Drying and Storage of Grains and Oilseeds. An AVI Book Published. New York. USA.

Hall, C.W. 1980. Drying and Storage of Agricultural Crops. AVI Publishing Co.Inc. Westpost. Connecticut. USA.

Henderson, S.M. and R.L. Perry. 1982. Agricultural Process Engineering. Third Edition. AVI Publishing Co. Inc. Westpost. Connecticut. USA.

Klongpanich, W. 1991. Longan Drying in Thailand. Ph.D. Thesis. University of Reading. UK.