# การปรับปรุงเครื่องอบแห้งลำไยแบบไม่แกะเปลือก

# Improvement of Batch Dryer for Un-Peeled Longan Drying

โดย

วีระ ฟ้าเพื่องวิทยากุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พ.ศ. 2541

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ศุภศักดิ์ ลิมปิติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ คล่องพานิช รองศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ วิริยจารี รองศาสตราจารย์ ดร. ประดิษฐ์ เทอดทูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สัมพันธ์ ไชยเทพ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิวัน พลชัยที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำอย่างดียิ่งระหว่างทำการวิจัย

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณค่าใช้จ่ายในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณคุณบุญมา พงษ์คำมา คุณบุญยืน ไชยวรศิลป์ ที่ให้การช่วยเหลือในการใช้วัตถุดิบและสถานที่ในการทำการวิจัยครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ผู้เขียนขอระลึกถึงพระคุณของคุณพ่อและคุณแม่ที่ให้กำเนิด ให้การสนับสนุนและคอยเป็นกำลังใจให้ผู้เขียนเสมอมา

วีระ ฟ้าเฟื่องวิทยากุล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# บทคัดย่อ

การศึกษาแนวทางการปรับปรุงเครื่องอบแห้งลำไยแบบไม่แกะเปลือก จากเครื่องอบแห้งแบบไต้หวัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสะดวกในการใช้งาน เปรียบเทียบคุณภาพ และประเมินความคุ้มค่าในการปรับปรุงวิธีการกลับลำไยในระหว่างการอบที่ใช้ในปัจจุบัน โดยเปรียบเทียบคุณภาพลำไยหลังอบในแง่ เปอร์เซ็นต์ความชื้น สี Water activity (Aw) รสชาติ เนื้อสัมผัสและความพอใจของผู้บริโภค การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ตอนที่ 1 ทดสอบเปรียบเทียบระหว่างวิธีการกลับแบบเดิมที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบันกับวิธีการแบบใหม่ของเครื่องอบแห้งที่ทำการออกแบบปรับปรุงกระบะอบเพื่อพัฒนากรรมวิธีการกลับ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มีวิธีการกลับ 3 ช่วงเวลาเป็น treatment ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในการทดลองนี้การอบแต่ละครั้งจะบรรจุลำไย 2,000 กิโลกรัมสด ความหนาของชั้นลำไยในขณะอบประมาณ 60 เซ็นติเมตร อัตราการไหลของอากาศและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง 0.8 เมตร$^3$/วินาที ( ความเร็วลม 0.7 เมตร/วินาที ) และ 75-80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าในการปรับปรุงกรรมวิธีการกลับในระหว่างการอบ ทำให้มีความสะดวกและมีความคล่องตัวในการทำงานมากกว่าเดิม สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยใช้เวลาในการกลับน้อยลง คุณภาพลำไยมีความสม่ำเสมอและไม่แตกต่างจากแบบเดิมค่าใช้จ่ายในการผลิตลำไยอบแห้งต่อครั้งน้อยกว่าวิธีการเดิม โดยเฉพาะในส่วนของค่าแรงงานในการกลับและราคาเครื่องเริ่มต้น ดังนั้น ถ้าเกษตรกรลงทุนปรับปรุงเครื่องที่มีอยู่แล้ว จะสามารถคืนทุนภายในเวลา 6 ปี โดยคิดว่าเครื่องปรับปรุงสามารถลดค่าแรงได้ 1,200 บาทต่อปีต่อเครื่อง (อบ 10 ครั้งต่อปีต่อเครื่อง) โดยคิดค่าดัดแปลงเครื่องละ 7,200 บาท

ตอนที่ 2 ศึกษาหาช่วงเวลาในการกลับลำไยที่เหมาะสม โดยใช้เครื่องอบแห้งจำลองอบครั้งละประมาณ 60 กิโลกรัม ที่ความหนาของชั้นลำไย 60 เซ็นติเมตร อัตราเร็วของอากาศ 0.6 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิ 60 - 65 องศาเซลเซียส ความชื้นเริ่มต้นของผลลำไยสดประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก ความชื้นเฉลี่ยทั้งผลภายหลังการอบแห้งประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มาตรฐานเปียก ใช้เวลาในการอบประมาณ 48- 53 ชั่วโมงต่อการอบหนึ่งครั้ง พบว่าลำไยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 2.52 เซ็นติเมตร (เกรด AA) อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ช่วงเวลากลับที่เหมาะสมอยู่ที่ 12 ชั่วโมง และเมื่ออบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ช่วงเวลากลับที่เหมาะสมอยู่ที่ 6 ชั่วโมง สำหรับลำไยเกรดคละ AB (คละเกรดระหว่างเกรด A เส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 2.51-2.21 เซ็นติเมตร กับเกรด B เส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 2.20-1.94 เซ็นติเมตร อย่างละครึ่ง) ช่วงเวลากลับที่เหมาะสมอยู่ที่ 6 ชั่วโมงทั้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# ABSTRACT

Turning process for batch drying of longan was studied.The objectives of the study were to reduce the time and labor used in turning longan during drying without adverse effects on quality in terms of moisture content, color, water activity, sensory and consummer preferences. The experiments were carried out in two parts. In part I comparision was made between the use of the conventional Taiwan-type batch dryer and the improved dryer with new turning mechanism. Randomized complete block design ( RCBD) with 3 replications was used for the test. Three turning intervals were assinged as treatments. Two thousand kilograms of fresh longan was used in each drying batch.Depth of longan was 60 cm with air flow rate and drying temperature of 0.8 $m^3$/sec ( air velocity 0.7 m/sec ) and 75-80 $^0$C respectively.Test results showed that the improved dryer was more conveniet in working and required less turning time. Quality of the dried longan was uniform and did not differ from those dried in the Taiwan-type. Cost of drying was reduced due to less labor used. Therefore, if the farmer modified his Taiwan-type dryer it would cost him about 7,200 Baht and he would gain his investment in only 6 years since the saving of labor was about 1,200 Baht per year ( 10 batches of drying per year).

In part II. The study was made on finding the appropriate turning interval for longan drying. The laboratory type dryer was used in the experiment. The dryer could contain 60 kg of fresh fruit at 60 cm depth. Drying temperatures of 60$^0$C and 65$^0$C with 0.6 m/s air flow were used in the test. Initial moisture content of fresh longan was 75 % (wb). Final moisture content of the fruit was 20 % (wb). The total drying time per batch was around 48-53 hours. Test results indicated that for large longan ( grade AA ,diameter more than 2.52 cm) the appropriate turning intervals were 12 and 6 hours at 60$^0$C and 65 $^0$C respectively. For mixed longan of grade A and B 50 % each ( A,diameter between 2.51-2.21 cm and B, diameter between 2.20-1.94 cm ) the suitable period for turning was 6 hours for both 60 $^0$C and 65 $^0$C drying temperatures.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# สารบาญ


| | หน้า |
|---|---|
| กิติกรรมประกาศ | ข |
| บทคัดย่อ | ค |
| Abstract | จ |
| สารบาญ | ฉ |
| สารบาญตาราง | ช |
| สารบาญภาพ | ซ |
| สัญลักษณ์และคำย่อ | ญ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง | 13 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง | 31 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | 48 |
| เอกสารอ้างอิง | 50 |
| ภาคผนวก | 53 |
| ประวัติผู้เขียน | 78 |


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# สารบาญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 3.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูตะแกรงเครื่องคัดขนาด และจำนวนผลลำไยสดต่อกิโลกรัม | 15 |
| 4.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย [มาตรฐานเปียก(wb),มาตรฐานแห้ง(db)] และอัตราการลดความชื้น [เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง (db) ต่อชั่วโมง] ของลำไยทั้งผล ที่ได้จากเครื่องที่ทำการปรับปรุง | 33 |
| 4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย [มาตรฐานเปียก(wb),มาตรฐานแห้ง(db)] และอัตราการลดความชื้น [เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง(db)ต่อชั่วโมง] ที่ได้จากเครื่องอบของเกษตรกร | 35 |
| 4.3 เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย (wb) ของลำไยอบแห้งทั้งผลที่วัดตามตำแหน่งต่างๆ ที่ย้ายไป | 37 |
| 4.4เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย[มาตรฐานเปียก(wb),มาตรฐานแห้ง(db)] และอัตราการลดความชื้น [เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง(db)ต่อชั่วโมง] ที่ได้จากเครื่องอบของเกษตรกรทำการปรับปรุงและเครื่องอบแห้งของเกษตรกร | 38 |
| 4.5 ค่าเฉลี่ยการตรวจคุณภาพลำไยอบแห้งทั้งผล( ตรวจเฉพาะเนื้อ) ในห้องปฏิบัติการหลังอบประมาณ 30 วัน | 41 |
| 4.6 ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพลำไยอบแห้งทั้งผล (ตรวจเฉพาะเนื้อ) หลังอบประมาณ 30 วันโดยการทดสอบด้านประสาทสัมผัส | 42 |


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# สารบาญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.1 | กระบะอบลำไยของเครื่องของเกษตรกร | 17 |
| 3.2 | กระบะอบลำไยของเครื่องที่ปรับปรุง | 17 |
| 3.3 | วิธีการกลับลำไยของเกษตรในระหว่างการอบโดยการสลับชั้นบนและชั้นล่าง | 19 |
| 3.4 | ขั้นตอนการกลับลำไยในระหว่างการอบโดยการสลับด้าน นอก - ใน ของเครื่องของเกษตรกร | 20 |
| 3.5 | ลักษณะการใส่ลำไยในกระบะย่อยของเครื่องที่ปรับปรุง | 22 |
| 3.6 | การกลับในกระบะย่อยของเครื่องที่ปรับปรุง | 23 |
| 3.7 | เครื่องอบแห้งลำไยจำลองขนาดบรรจุ 60 กิโลกรัม | 25 |
| 3.8 | เครื่องมือวัดความเร็วลม ( Anemometer ) | 28 |
| 3.9 | เครื่องมือวัดความชื้นและอุณหภูมิ ( Humidity Temperature Meter) | 28 |
| 3.10 | เครื่องบันทึกข้อมูล ( DATA LOGGER ) | 29 |
| 3.11 | ตราชั่ง ไฟฟ้า ขนาด 100 g $\pm$ 0.01 g | 29 |
| 3.12 | ลักษณะการทำงานของเครื่องที่ทำการปรับปรุง | 30 |
| 4.1 | ลำไยที่เสียรูปทรงในระหว่างการอบของเกษตรกร | 32 |
| 4.2 | ลำไยแตกที่เกิดขึ้นในระหว่างการกลับของเกษตรกร | 32 |
| 4.3 | กราฟอัตราการลดความชื้น (มาตรฐานแห้ง) ลำไยกับเวลาในการอบลำไย ของเครื่องที่ปรับปรุง | 34 |
| 4.4 | กราฟอัตราการลดความชื้น (มาตรฐานแห้ง) ลำไยกับเวลาในการอบลำไย ของเครื่องของเกษตรกร | 36 |
| 4.5 | กราฟอัตราการลดความชื้นเฉลี่ย (มาตรฐานแห้ง) ของเครื่องที่ปรับปรุง และของเครื่องของเกษตรกร | 39 |
| 4.6 | สีเนื้อลำไยอบแห้งหลังอบประมาณ 30 วัน จากเครื่องเกษตรกร ซึ่งส่วนใหญ่พบว่ามีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีน้ำตาลไหม้ | 40 |
| 4.7 | สีเนื้อลำไยอบแห้งหลังอบประมาณ 30 วัน จากเครื่องที่ปรับปรุง ซึ่งพบว่าส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลเข้ม | 40 |


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.8 กราฟความชื้นลำไยกับเวลาในการกลัยลำไยเกรด AA ทุกๆ 3,6 และ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ย 0.6 เมตรต่อวินาที 44

4.9 กราฟความชื้นลำไยกับเวลาในการกลับลำไยเกรด AA ทุกๆ 6 และ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 60 องศาเซลเซียส และ 65 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ย 0.6 เมตรต่อวินาที 45

4.10 กราฟความชื้นลำไยกับเวลาในการกลับลำไยเกรด AA ทุกๆ 6 และ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 60 องศาเซลเซียส และ 65 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ย 0.6 เมตรต่อวินาที 47

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัญญลักษณ์และคำย่อ

| | |
|---|---|
| $\phi$ | ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ |
| $P_v$ | ความดันไอ ( Vapor Pressure ) |
| $P_{vs}$ | ความดันไออิ่มตัว ( Saturated Vapor Pressure ) |
| $M_{eq}$ | ความชื้นสมดุล |
| $A_w$ | Water Activity |
| $P_w$ | Vapor Pressure of water in equilibrium with food |
| $P_{vs}$ | Vapor Pressure of pure water at the same temperature |
| ERH | Equilibrium Relative Humidity |
| %MC | เปอร์เซ็นต์ความชื้นในวัสดุ |
| $M_w$ | น้ำหนักน้ำที่มีในลำไย |
| $M_d$ | น้ำหนักแห้งของเนื้อลำไย |
| wb | มาตรฐานเปียก |
| db | มาตรฐานแห้ง |
| dM/dT | อัตราการลดความชื้น |
| dM/dT(A) | อัตราการลดความชื้นของ BOX A |
| dM/dT(B) | อัตราการลดความชื้นของ BOX B |
| dM/dT(C) | อัตราการลดความชื้นของ BOX C |
| dM/dT(D) | อัตราการลดความชื้นของ BOX D |
| dM/dT(L) | อัตราการลดความชื้นชั้นล่าง |
| dM/dT(M) | อัตราการลดความชื้นชั้นกลาง |
| dM/dT(T) | อัตราการลดความชื้นชั้นบน |
| %mc 3 | เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เวลากลับทุกๆ 3 ชั่วโมง |
| %mc 6 | เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เวลากลับทุกๆ 6 ชั่วโมง |
| %mc 12 | เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เวลากลับทุกๆ 12 ชั่วโมง |
| %mc 6 ( 60 ) | เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เวลากลับทุกๆ 6 ชั่วโมง ที่ $60^0$ C |
| %mc 6 ( 65 ) | เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เวลากลับทุกๆ 6 ชั่วโมง ที่ $65^0$ C |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

%mc 12( 60 ) เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เวลากลับทุกๆ 12 ชั่วโมง ที่ 60 $^{0}$C

%mc 12 (65) เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เวลากลับทุกๆ 12 ชั่วโมง ที่ 65 $^{0}$C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# การปรับปรุงเครื่องอบแห้งลำไยแบบไม่แกะเปลือก

# Improvement of Batch Dryer for Un-Peeled Longan Drying

วีระ ฟ้าเฟื่องวิทยากุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พ.ศ. 2541

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# บทที่ 1

## บทนำ

**ลำไย** เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน จากรายงานของสำนักงานเกษตรภาคเหนือ (2534) กล่าวว่า ในปี พ.ศ 2530 มีพื้นที่ปลูกลำไยรวมทั้งสิ้น 147,566 ไร่ โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญได้แก่ เขตภาคเหนือตอนบนซึ่งมีพื้นที่ปลูกสูงถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ

ในปี พ.ศ 2537 สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงใหม่ รายงานว่า พื้นที่ปลูกลำไยที่ให้ผลผลิตได้ในปี 2537 ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ รวม 49,001 ไร่ ให้ผลผลิตรวม 54.3 ล้านกิโลกรัม เขตที่ให้ผลผลิตมากได้แก่ อำเภอสันป่าตอง อำเภอหางดง อำเภอจอมทอง อำเภอฮอดและอำเภอสารภี โดยมีผลผลิตรวม 43 ล้านกิโลกรัม คิดเป็น 79.2 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั้งหมด ในจังหวัดเชียงใหม่พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดได้แก่พันธุ์ดอ โดยที่ให้ผลผลิตคิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตลำไยที่ผลิตได้และเป็นพันธุ์ที่ทางราชการส่งเสริมให้ทำการปลูก

ผลผลิตลำไยจะออกประมาณเดือน กรกฎาคม-กันยายน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สั้นมาก เป็นผลทำให้ผลผลิตลำไยสดล้นตลาด และมีราคาถูก ประกอบกับลำไยเป็นผลไม้ที่มีปริมาณน้ำตาลสูงดังนั้น โรคเน่าจึงเป็นสาเหตุหนึ่งของความเสียหายของลำไยหลังการเก็บเกี่ยว (ธิดา, 2535 ) ในการแก้ปัญหาดังกล่าว ในปี 2539 กระทรวงพาณิชย์ร่วมกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้มีโครงการส่งเสริมการผลิตและการตลาดลำไยอบแห้งแบบไม่แกะเปลือก โดยมีปริมาณการส่งออกลำไยอบแห้งแบบไม่แกะเปลือกสูงมากเป็นปีแรกจำนวน 27,000 ตัน เพิ่มขึ้น จากปี 2538 ซึ่งมีปริมาณส่งออกเพียง 3,600 ตัน ถึงกว่า 7 เท่าตัว ทำให้การผลิตลำไยอบแห้งมีสัดส่วนการรองรับ ผลผลิตเพิ่มขึ้น จาก 20 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2538 เป็น 45 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2539 โดยที่กรมส่งเสริมการเกษตรได้รับการสนับสนุนงบประมาณ จากกองทุนรวมเพื่อช่วยเหลือเกษตรกร ในการดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหาราคาลำไยตกต่ำในปี พ.ศ. 2539 โดยการแปรรูปเป็นลำไยอบแห้งเป็นเงินจำนวน 72 ล้านบาท แยกเป็นเงินทุนหมุนเวียนจัดซื้อเตาอบลำไยให้กับกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรในเขตจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน เป็นเงินจำนวน 22 ล้านบาท และเงินทุนหมุนเวียนสำหรับการรับซื้อลำไยอบแห้งเป็นเงินจำนวน 50 ล้านบาท (สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ ,2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในปี 2540 รัฐบาลให้การสนับสนุนงบประมาณเงินทุนหมุนเวียนปลอดดอกเบี้ยผ่านทางธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ จากเงินกองทุนรวมเพื่อช่วยเหลือเกษตรกร ในโครงการสนับสนุนการแปรรูปลำไยอบแห้ง โดยมีการซื้อเตาอบแห้งลำไยแบบไต้หวันมาทำการอบแห้งลำไยแบบไม่แกะเปลือกเป็นเงินจำนวน 30 ล้านบาท กำหนดระยะเวลาเริ่มโครงการให้เงินกู้ยืมในเดือนสิงหาคม-กันยายน 2540 และระยะเวลาคืนเงินยืม 15 กุมภาพันธ์ 2541 ระยะเวลาดำเนินงานโครงการเริ่มตั้งแต่ เดือนสิงหาคม 2540 - มีนาคม 2541 เนื่องจากตลาดต่างประเทศมีความต้องการลำไยอบแห้งแบบ ไม่แกะเปลือกสูง อีกทั้งยังเป็นการแก้ปัญหาลำไยสดล้นตลาดได้อีกหนทางหนึ่ง ซึ่งในโครงการมีจำนวนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรเข้าร่วมโครงการรวม 38 กลุ่ม ในเขต 9 อำเภอ มีจำนวนเตาอบแห้งลำไยแบบไต้หวันรวม 230 เตา (สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่, 2540 )

การอบแห้งลำไยเป็นมาตรการหนึ่งในการแก้ปัญหาลำไยสดล้นตลาด ขณะเดียวกันเป็นการเก็บลำไยไว้บริโภคนอกฤดูกาลและทำให้ขายได้ราคาดี ซึ่งนอกจากจะบริโภคในประเทศแล้วยังสามารถส่งไปขายยังต่างประเทศ นำเงินตราต่างประเทศเข้าประเทศมากขึ้น (วิวัฒน์,2533 ) โดยที่กรรมวิธีการอบแห้งลำไยในปัจจุบันมีทำกันอยู่ 2 แบบคือ 1) แบบแกะเปลือกอบเนื้อและ 2) แบบไม่แกะเปลือกอบทั้งลูก (รัตนา และคณะ, 2520) ในปี 2539 เป็นปีแรกที่มีการแก้ปัญหาลำไยสดล้นตลาดด้วยการอบแห้งแบบไม่แกะเปลือก ส่งไปขายยังตลาดต่างประเทศเป็นจำนวนมาก และประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ส่งเข้าไปขายในประเทศจีน จากการสำรวจพบว่าเตาอบแห้งที่รัฐบาลทำการส่งเสริมเป็นเตาอบแห้งลำไยแบบไต้หวัน ใช้น้ำมันหรือก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง อบได้ครั้งละประมาณ 2,000 กิโลกรัมสด ใช้อุณหภูมิอากาศร้อนประมาณ 75-80 องศาเซลเซียส อบเป็นเวลา 48-50 ชั่วโมง ในระหว่างการอบมีการกลับลำไย 3-4 ครั้ง และพบว่ามีปัญหาในด้านคุณภาพลำไยหลังอบโดยเฉพาะลำไยอบแห้งของเกษตรกรรายย่อยที่ใช้เครื่องอบแบบไต้หวันเพียงเครื่องเดียว

ปัญหาคุณภาพลำไยหลังอบแห้งไม่สม่ำเสมอและบางส่วนไม่ได้มาตรฐานการส่งออกเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในปี 2539 สาเหตุหนึ่งมาจากกรรมวิธีการอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนการกลับและช่วงเวลาในการกลับลำไยในขณะทำการอบ ซึ่งในระหว่างทำการอบแห้งลำไย จำเป็นต้องมีการกลับลำไยในขณะทำการอบไปแล้วประมาณ 12-15 ชั่วโมง เพื่อทำให้ลำไยได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง (ประมาณ3-4 ครั้ง) ในทางปฏิบัติเพื่อให้สะดวกในการทำงานในขั้นตอนการกลับเกษตรกรจำเป็นต้องมีเครื่องอบอย่างน้อยสองเครื่อง โดยใช้วิธีการขนถ่ายลำไยจากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง ในระหว่างการกลับทำให้ต้นทุนในการซื้อเครื่องอบสูง เกษตรกรรายย่อยบางราย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีเงินทุนน้อยสามารถซื้อเครื่องอบแห้งได้เพียงเครื่องเดียว ทำให้มีความยุ่งยากในขั้นตอนการกลับและเป็นผลทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากผลลำไยแตกและเสียรูปทรงในระหว่างการกลับแต่ละครั้ง โดยเฉพาะครั้งแรกๆลำไยยังมีความชื้นสูงอยู่ ทำให้คุณภาพลำไยอบแห้งที่ได้บางส่วนมีคุณภาพ ไม่ได้มาตรฐานตามที่ตลาดต่างประเทศต้องการ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการอบแห้งผลไม้ จะทำการอบแห้ง ที่อุณภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส สำหรับการศึกษาการอบแห้งลำไยทั้งผลมีการศึกษากรรมวิธีการอบแห้งไม่มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เตาอบแบบไต้หวันที่รัฐบาลทำการส่งเสริมให้เกษตรกรนำมาใช้ในการอบแห้งลำไยแบบไม่แกะเปลือกในปัจจุบัน จากการค้นคว้าพบว่ายังไม่มีผู้ใด ทำการศึกษาถึงปัญหาการใช้เครื่องอบแห้งแบบไต้หวันอย่างจริงจัง ดังนั้นจึงเห็นควรมีการศึกษากรรมวิธีการใช้เตาอบแห้งแบบไต้หวันในการอบแห้งลำไยแบบไม่แกะเปลือก ให้ได้คุณภาพและมาตรฐานการส่งออก ทำให้เป็นที่ยอมรับของตลาดต่างประเทศต่อไป การออกแบบปรับปรุงเตาอบแห้งลำไยแบบไต้หวันที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน ให้มีลักษณะขั้นตอนการทำงานที่สะดวกต่อการทำงาน จะสามารถช่วยให้เกษตรกรรายย่อยสามารถอบลำไยได้คุณภาพและมาตรฐานตามที่ตลาดต้องการ สามารถแก้ปัญหาคุณภาพลำไยอบแห้งและทำให้เกษตรกรรายย่อยมีรายได้มากขึ้นจากการขาย ผลผลิตลำไยอบแห้ง อีกทั้งยังเป็นการแก้ปัญหาลำไยสดล้นตลาดได้อีกทางหนึ่ง

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. ออกแบบ ปรับปรุงและพัฒนา วิธีการกลับลำไยของเครื่องอบแห้งลำไยแบบไต้หวันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งลำไย
2. ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพ ระหว่างวิธีการเดิมที่เกษตรกรทำอยู่กับวิธีการที่ได้ปรับปรุง
3. หาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการกลับลำไยแต่ละครั้ง
4. ศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับประยุกต์ใช้กับเครื่องอบแห้งลำไยที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# บทที่ 2

## การตรวจเอกสาร

### 2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

**ลำไย** มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Euphoria longana Lam. อยู่ในตระกูล (family) Spindaceae มีชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษว่า longan หรือ lungan เป็นภาษาจีนว่า longyen หรือ lingeng ลักษณะคล้ายลิ้นจี่และเงาะมากที่สุด (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2530) ซึ่ง ฉันทนา (2531) ได้บรรยายลักษณะของลำต้น ใบ ผลและเมล็ดของลำไยไว้ดังนี้

**ลำต้น** ลำไยเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ ลำต้นสูงประมาณ 9-12 เมตร ขนาดทรงพุ่มประมาณ 4.5-6 เมตร เปลือกลำต้นขรุขระมีสีน้ำตาลเทาเข้ม

**ใบ** เป็นใบประเภทใบรวม (compound leaf) โดยมีก้านใบรวม (rachis) ยาวประมาณ 15-30 เซ็นติเมตร ทั้งสองก้าน ใบมีใบย่อย(leaflet) ติดอยู่ประมาณ 2-3 คู่ เรียงแบบ opposite หรือ alternate ใบย่อยมีขนาดกว้าง 3-6 เซ็นติเมตร และยาวประมาณ 7-15 เซ็นติเมตร มีทั้งสีเขียวอ่อนไปจนถึงสีเขียวเข้ม ด้านบนใบมีลักษณะเรียบเป็นมัน ด้านล่างมีลักษณะหยาบสากเล็กน้อย ขอบใบเรียบเป็นคลื่นมีเส้น vein แตกออกจากเส้นกลางใบ (mid rib) เป็นจำนวนมาก

**ผล** มีลักษณะกลมหรือทรงเบี้ยวเปลือกผลมีสีเขียวปนน้ำตาล เขียวปนเหลืองหรือน้ำตาลแดง แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ (variety) เปลือกผลเมื่อยังไม่แก่เต็มที่จะขรุขระเล็กน้อย เมื่อแก่จัดจะมีผิวค่อนข้างเรียบลักษณะผลพองโต

**เมล็ด** มีลักษณะกลมหรือกลมแป้นเมื่อยังไม่แก่เปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) จะมีสีขาวแล้วค่อยๆเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลดำเมื่อผลแก่จัดเต็มที่แล้ว ขนาดของเมล็ดมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่แล้วแต่พันธุ์ หรือบางผลเมล็ดอาจไม่เจริญมีแต่เนื้อเท่านั้น

### 2.2 พันธุ์ลำไยในประเทศไทยและพันธุ์ที่นิยมนำมาทำลำไยอบแห้ง

ลำไยไทยมีคุณภาพสูงเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ ซึ่ง สุรนันท์ (2528) ทำการศึกษาพันธ์ลำไยที่มีปลูกในประเทศไทย สามารถแบ่งได้เป็นสามประเภทคือ 1) ลำไยป่า 2) ลำไยธรรมดาหรือลำไยพื้นเมือง 3) ลำไยกระโหลก ซึ่งพบว่าลำไยพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและรัฐบาลส่งเสริมให้มีการปลูกอย่างแพร่หลายเป็นที่นิยมนำมาอบแห้งมากที่สุดคือลำไยพันธุ์ดอ โดยมีคุณสมบัติและลักษณะดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลำไยพันธุ์ดอ เป็นลำไยพันธุ์เบา ชาวสวนนิยมปลูกเพราะเก็บเกี่ยวก่อน ขายได้ราคาดี ตลาดต่างประเทศนิยม สามารถออกดอกติดผลง่ายแต่อาจไม่คงที่ ผลมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ทรงผลกลมเบี้ยวเล็กน้อย บริเวณผลนูน ผิวเปลือกสีน้ำตาล มีกระหรือตาห่างๆ สีน้ำตาลเข้ม เนื้อผลหนาสีขาวขุ่นค่อนข้างเหนียว รสหวาน ปริมาณน้ำตาลประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดโต ปานกลางและในการอบเพื่อให้ได้ลำไยอบแห้งที่มีคุณภาพดีจำเป็นต้องเก็บเกี่ยวในขณะที่ลำไยแก่เต็มที่แล้ว ดาวเรือง (2530) กล่าวว่า การเติบโตของผลลำไยจนแก่เต็มที่ ใช้เวลาประมาณ 21 สัปดาห์หลังติดผล และการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างสัปดาห์ที่ 16-18 และมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 21 หลังติดผล หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลจะลดลงเล็กน้อย และวิตามินซีจะมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 21 หลังติดผลเช่นกัน ส่วนปริมาณกรดในลำไยมีปริมาณต่ำมากและค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงการเจริญเติบโตของผล การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ขนาด ปริมาตรผล ปริมาณน้ำตาลและปริมาณวิตามินซี มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตสูงมาก จึงเสนอให้ใช้ค่าเหล่านี้เป็นดัชนีความแก่ หรือดัชนีการเก็บเกี่ยวลำไยเพื่อให้ได้ลำไยที่แก่เต็มที่ มีคุณภาพเมื่อนำมาอบแห้งจะทำให้ได้ลำไยอบแห้งที่มีคุณภาพและมาตรฐานตามที่ตลาดต้องการ

**2.3 ทฤษฎีการอบแห้ง กรรมวิธีการผลิตลำไยอบแห้ง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

2.3.1 ทฤษฎีการอบแห้ง สมชาติและสมชาย (2530) ได้อธิบายถึงทฤษฎีการอบแห้งไว้ดังนี้การอบแห้งโดยปกติใช้อากาศแห้งเป็นตัวกลางในการอบวัสดุ โดยการผ่านอากาศไปที่วัสดุ เกิดการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังวัสดุพร้อมๆกับการถ่ายเทมวลจากวัสดุไปยังอากาศ ความร้อนจากอากาศที่วัสดุได้รับ ส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการทำให้น้ำระเหย วัสดุจากสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน เมื่อถูกทำให้แห้งในลักษณะของชั้นบาง อากาศเมื่อไหลผ่านชั้นวัสดุมีสภาวะเกือบไม่เปลี่ยนแปลงที่สภาวะอากาศคงที่ ( อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วอากาศคงที่) อัตราการอบแห้งจะคงที่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นอัตราการอบแห้งจะลดลง ความชื้นของวัสดุในขณะที่อัตราการอบแห้งเริ่มเปลี่ยนจากคงที่เป็นลดลง เรียกว่าความชื้นวิกฤต ค่าความชื้นวิกฤตจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของวัสดุและสภาวะการอบแห้ง อย่างไรก็ตามการอบแห้ง ผลไม้ซึ่งถือว่ามีความชื้นสูงและเมื่ออบแห้งแบบชั้นหนามากๆ (อากาศเมื่อไหลผ่านวัสดุมีสภาวะเปลี่ยนแปลงตามระยะทาง) อัตราการอบแห้งจะคงที่ในระยะแรกและจากนั้นจะลดลง ซึ่งในกระบวนการอบแห้งมีขั้นตอนการถ่ายเทความร้อนคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก. การถ่ายเทความร้อนโดยการพา ในกรณีที่ความร้อนไหลผ่านชั้นวัสดุ ตัวอากาศร้อนจะทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุ และนำความร้อนออกไปด้วย ถ้าอากาศมีอุณหภูมิและความชื้นคงที่ จะพบว่ามีขบวนการอบแห้งเกิดขึ้นสองขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกอัตราการอบแห้งคงที่ และเมื่ออบต่อไปจนถึงความชื้นค่าหนึ่ง จะพบว่าอัตราการอบแห้งจะลดลง เรียกความชื้นที่จุดนี้ว่า ค่าความชื้นวิกฤติ ถ้าค่าความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่าค่าความชื้นวิกฤติ ในการ อบแห้งนั้นจะมีแต่ช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเท่านั้น ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ผิวของวัสดุ จะมีน้ำเกาะอยู่เป็นจำนวนมาก อัตราการอบแห้งจะถูกควบคุมโดย ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง อิทธิพลของสภาวะอากาศภายนอกจะลดลงด้วย อัตราการอบแห้งจะถูกควบคุมโดยอัตราการแพร่ของน้ำภายในวัสดุ ไปสู่ผิวเท่านั้น

ข. ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ อัตราการอบแห้งคงที่ ในช่วงนี้จะมีการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลระหว่างวัสดุและอากาศ เหมือนกับการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลที่เกิดขึ้นที่กระเปาะเปียกของเทอร์โมมิเตอร์ การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลเกิดขึ้นที่ผิวนอกของวัสดุเท่านั้น น้ำจะเกาะอยู่ที่ผิวของวัสดุเป็นจำนวนมาก เมื่อเพิ่มความเร็วลมที่ไหลผ่านวัสดุจะทำให้ฟิล์มอากาศนิ่งมีความหนาลดลง เป็นผลให้ความต้านทานต่อการไหลของความร้อนและมวลลดลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศอบแห้ง จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างที่ผิววัสดุและของกระแสอากาศที่ไหลอย่างอิสระมีมากขึ้นเป็นผลทำให้ การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลดีขึ้น เมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแห้งลง จะเป็นผลทำให้ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นอิ่มตัวที่ผิววัสดุและอัตราส่วนความชื้นอิ่มตัวของกระแสอากาศที่ไหลอย่างอิสระมีค่ามากขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลดีขึ้น ดังนั้นตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งในช่วงนี้คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วของอากาศ

ค. ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ความชื้นของวัสดุมีค่าต่ำกว่าค่าความชื้นวิกฤติ (ความชื้นวัสดุขณะที่อัตราการอบแห้งเริ่มเปลี่ยนจากคงที่เป็นลดลง) การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะที่ผิววัสดุเท่านั้น แต่จะเกิดขึ้นภายในผิวและเนื้อวัสดุด้วย การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในวัสดุมายังผิวช้ากว่าการพาความชื้นจากผิววัสดุไปยังอากาศ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง และจะถูกควบคุมโดยความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำในวัสดุทำให้เกิดเกรเดียนท์ความชื้นและอุณหภูมิในวัสดุ อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ การเคลื่อนที่ของน้ำในวัสดุส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเหลวซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของความเข้มข้นของความชื้น โดยที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศอบแห้ง จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิมีมากขึ้น มีผลทำให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นเพิ่มขึ้น เมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้งลง จะเป็นผลทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นเพิ่มขึ้น ทำให้สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิหรือลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ จะเป็นผลให้การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลดีขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วลมจะพบว่า ความหนาของฟิลม์อากาศนิ่งมีค่าลดลง เป็นผลให้ความต้านทานลดลงซึ่งในผลไม้บางชนิด เช่น องุ่น มักมีคราบไขมันเกาะติดที่ผิวเป็นผลทำให้ความต้านทานระหว่างผิว (ระหว่างผิวชั้นในและผิวชั้นนอก) มีค่ามาก และมากกว่าตัวอื่นๆ ดังนั้นถ้ากำจัดคราบไขมันนี้ออกก่อน โดยการแช่สารละลายบางอย่าง จะพบว่าอัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น รวมทั้งขนาดของวัสดุ ก็มีผลต่ออัตราการอบแห้งเช่นกัน ถ้าลดขนาดให้เล็กลงจะเป็นผลให้ความต้านทานในเนื้อวัสดุลดลงด้วยและทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น

ง. ความชื้นสมดุล ( Equilibrium Moisture Content ) ความชื้นสมดุลของวัสดุมีความสำคัญต่อกระบวนการอบแห้ง เพราะเมื่อทำการอบแห้งวัสดุโดยใช้อากาศที่สภาวะคงที่ (อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คงที่) ความชื้นของวัสดุจะลดลงต่ำจนถึงจุด ๆ หนึ่งซึ่งไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะนั้นความชื้นในวัสดุมีความดันไอเท่ากับความดันไอในบรรยากาศ ที่อยู่รอบๆ และอุณหภูมิของวัสดุก็เท่ากับอุณหภูมิของอากาศรอบๆด้วย ซึ่งเรียกความชื้น ในขณะนั้นว่า ความชื้นสมดุล ค่าความชื้นสมดุลขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ความชื้นสมดุลขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ อุณหภูมิและ Water activity ของวัสดุนั้น ค่า Water activity หรือความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium Relative Humidity , ERH ) ของวัสดุจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์คำนวณได้จากสูตร

$\phi = P_V/P_{VS}$

$\phi$ = ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

Pv = ความดันไอ (Vapor Pressure )

$P_{VS}$ = ความดันไออิ่มตัว (Saturated vapor pressure)

และความชื้นสัมพัทธ์สมดุล( ERH)= (100) .Aw

Robinson ( 1965 ) ค่า Aw คำนวณได้จาก $Aw = P_W/ P_{WO}$

$P_W$ = Vapor pressure of water in equilibrium with food

$P_{WO}$ = Vapor pressure of pure water at the same temperrature

รจนาและรสริน ( 2540 ) ทำการศึกษาความชื้นสมดุลของลำไยพันธ์ดอ ที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 20 -90 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีสถิต (แบบคายความชื้น) พบว่า ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 20 -60 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสมดุลจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในช่วง 60 -90 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสมดุลจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่รวดเร็วกว่า และได้สรุป ค่าความชื้นสมดุลจากรูปแบบสมการของ Oswin ไว้ดังนี้

$$M_{eq} = A [ RH/(1-RH)]^B$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| ที่อุณหภูมิ 40 °C | A = 0.3918 | ที่อุณหภูมิ 50 °C | A = 0.3131 |
| | B = 0.2447 | | B = 0.2477 |
| ที่อุณหภูมิ 60 °C | A = 0.1990 | ที่อุณหภูมิ 70 °C | A = 0.2247 |
| | B = 0.4198 | | B = 0.3562 |

2.3.2. กรรมวิธีการผลิตลำไยอบแห้ง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรรมวิธีการอบแห้งสามารถกระทำได้หลายแบบซึ่ง Hall (1980) สรุปวิธีการอบแห้งผลไม้ไว้ 2 แบบคือ

ก.แบบให้ความร้อนส่งผ่านโดยตรง ปราศจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งวิธีนี้ขนาดของเครื่องให้ความร้อนจะต้องใหญ่ และอาจทำให้ผลผลิตเสียหายเพราะผลกระทบจากควันที่เกิดจากการเผาไหม้โดยตรงได้

ข.แบบให้ความร้อนส่งผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วให้อากาศผ่านพื้นผิวเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนผ่านเข้าไปยังผลผลิตเพื่อทำการอบแห้ง วิธีนี้เหมาะกับการอบแห้งผลไม้เพราะไม่มีผลกระทบเนื่องจากควันที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ในกระบวนการอบแห้งเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพยังต้องพิจารณาถึงปัจจัยตัวแปรอื่นๆอีก

จากการสำรวจพบว่าในปัจจุบันการอบแห้งลำไยแบบอบทั้งเปลือกนิยมใช้เครื่องอบแห้งลำไยแบบไต้หวันซึ่งมีลักษณะการทำงานเหมือนแบบที่ 1 และในระหว่างการอบ ต้องคำนึงถึงตัวแปรอื่นๆที่มีผลกระทบต่อคุณภาพลำไยหลังอบด้วย ทักษณา (2528) ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ เช่นอุณหภูมิและความเร็วลมที่มีผลต่อการอบแห้ง พุทรา ละมุด องุ่น และมะยม โดยใช้อุณหภูมิอบแห้งในช่วง 55-72 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.6-1.2 เมตรต่อวินาที พบว่าอุณหภูมิและความเร็วลมที่สูงเกินไปจะเกิดปัญหาการเสื่อมสภาพของผลผลิตได้ สุภวรรณ (2533) ทำการศึกษาแนวทางการอบถั่วเหลืองแบบเป็นงวด ในการทดลองทำการอบแห้งเมล็ดถั่วเหลือง ในถังอบแห้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.75 เมตร สูง 2.75 เมตร ความหนาของชั้นเมล็ดถั่วเหลือง 0.60 เมตร อัตราการไหลของอากาศและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งระหว่าง 4.0-13.0 เมตร$^3$/นาที/เมตร$^3$ถั่วเหลือง และ 45 - 75 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การทดลองแบ่งออกเป็น 1) อัตราการไหลอากาศสูง (11.3 - 13.0 เมตร$^3$/นาที /เมตร$^3$ถั่วเหลือง) อุณหภูมิต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(45-55 องศาเซลเซียส), HFLT 2) อัตราการไหลอากาศต่ำ (4.7-10.6 เมตร$^3$/นาที/เมตร$^3$ถั่วเหลือง) อุณหภูมิสูง (65-75องศาเซลเซียส), LFHT 3) อัตราการไหลอากาศต่ำ ( 4.7 - 10.6 เมตร$^3$/นาที/เมตร$^3$ถั่วเหลือง) อุณหภูมิต่ำ ( 45 -55 องศาเซลเซียส ) ,LFLT และทดสอบสำหรับความหนาของชั้นเมล็ด 0.40 เมตร และ 0.60 เมตร ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดถั่วเหลืองประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก ความชื้นเฉลี่ยในถังอบภายหลังการอบแห้งประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก จากการทดลองพบว่า เมื่ออัตราการไหลของอากาศอบแห้งลดลงหรืออุณหภูมิ อบแห้งสูงขึ้นและความหนาของชั้นอบแห้งเพิ่มขึ้น เกรเดียนท์ความชื้นและอุณหภูมิของชั้นเมล็ดถั่วเหลืองจะเพิ่มขึ้น สำหรับเวลาในการอบแห้งแบบที่ 3,LFLT ( 34-56 ชั่วโมง) จะใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าแบบ 2 ,LFHT ( เวลา 23 -60 ชั่วโมง) และแบบที่ 1,HFLT (เวลา 11-32 ชั่วโมง)

ณัฐวุฒิ (2534) ทำการวิจัยการอบแห้งผลไม้ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริมได้กล่าวถึงตัวแปรต่างๆที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้งคือ อุณหภูมิอากาศร้อนที่ใช้อบแห้ง และอัตราการไหลจำเพาะของอากาศ จากการทดสอบการอบแห้งกล้วยน้ำว้าพบว่าอัตราการไหลจำเพาะของอากาศที่เหมาะสมต่อการอบแห้งในช่วงอุณหภูมิอบแห้ง 60-70 องศาเซลเซียส คือ 10.5-11.8 กิโลกรัม/ชั่วโมง-กิโลกรัม-กล้วยอบแห้ง ในขณะที่ ศิวะและสมชาติ (2532 ก) พบว่าถ้าใช้อุณหภูมิสูงในช่วง 70-80 องศาเซลเซียส กล้วยจะมีการหดและบิดตัวเสียรูปทำให้ผิวไม่เรียบ และพบว่าการอบแห้งมะละกอแบบต่างๆ โดยใช้อัตราการไหลของอากาศประมาณ 35 กิโลกรัม/ชั่วโมง-กิโลกรัม-มะละกออบแห้ง และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะมีการใช้พลังงานจากแหล่งต่างๆอย่างมีประสิทธิผล โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งผ่านความร้อนผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งจะทำให้ประหยัดพลังงาน ต้นทุน และได้ประสิทธิภาพ

ศิวะและสมชาติ (2533) ทำการทดสอบหาความชื้นสมดุลของมะละกอแช่อิ่มพบว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสมดุลมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่ความชื้นสมดุลมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ เมื่อความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ที่เป็นเช่นนี้สันนิษฐานว่ามะละกอแช่อิ่มมีน้ำตาลสูง ดังนั้นผลึกน้ำตาลจะดูดความชื้นไว้มากที่อุณหภูมิสูงเป็นผลให้ความชื้นสมดุลสูง หากเปรียบเทียบกับการอบเมล็ดพืชและมะละกอแช่อิ่มแล้ว พบว่าความชื้นสมดุลของมะละกอแช่อิ่มมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูง แต่ในเมล็ดพืชความชื้นสมดุลเพิ่มขึ้นไม่รวดเร็วนัก

ศิวะและสมชาติ.(2532 ข) ทำการทดสอบ หาความชื้นสมดุลของกล้วยน้ำว้าเปรียบเทียบกับกรณีของเมล็ดพืชและมะละกอแช่อิ่ม พบว่าที่ช่วงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเพิ่มของความชื้นสมดุลจะเป็นไปได้อย่างรวดเร็วที่สุดในกรณีของมะละกอแช่อิ่ม ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลมาก รองลงมาได้แก่กล้วยน้ำว้า และที่ช้าที่สุดคือเมล็ดพืช จะเห็นว่าลำไยเป็นผลไม้ที่มีความชื้นและปริมาณน้ำตาลสูงคล้ายคลึงกับ มังคุด กล้วย และมะละกอแช่อิ่มมาก ดังนั้นตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของผลไม้ดังกล่าว น่าจะมีผลต่อคุณภาพของลำไยอบแห้งด้วยเช่นกัน

ในปี 2539 กรมส่งเสริมการเกษตร ทำการสำรวจการผลิตลำไยอบแห้งในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน พบว่ามีเตาอบลำไยแบบต่างๆที่ใช้ในการผลิตลำไยอบแห้งดังนี้

เตาอบลำไยขนาดเล็ก เป็นเตาอบลำไยที่พัฒนามาจากแบบของชาวบ้านเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และลดเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง มีขนาด กว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 1.2 × 1.2 × 2.4 เมตร สามารถอบแห้งลำไยได้ครั้งละประมาณ 100-200 กิโลกรัม ใช้ฟืนหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิงเป็นเตาอบแห้งชนิดแกะเปลือกอบเนื้อ ให้ความร้อนแบบส่งผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

เตาบ่มใบยาสูบดัดแปลง เป็นเตาที่ดัดแปลงโรงบ่มใบยาสูบที่มีอยู่เพื่ออบแห้งลำไย สามารถอบลำไยได้ครั้งละประมาณ 1,000-1,300 กิโลกรัม ใช้ถ่านลิกไนท์เป็นเชื้อเพลิง (ค่าดัดแปลงโรงบ่มประมาณ 10,000 บาท)

เตาอบลำไยแบบใช้พัดลม สามารถอบแห้งลำไยแบบทั้งเปลือกและลำไยแกะเปลือกให้แห้งได้รวดเร็ว สะอาด และมีราคาถูก โดยอาศัยพัดลมเป็นตัวพัดพาความชื้นออกจากลำไย และใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง เตาอบแห้งแบบนี้สามารถอบได้ครั้งละประมาณ 1,000 - 1,200 กิโลกรัม

เตาอบแห้งแบบตู้ พัฒนาโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง เป็นเตาอบชนิดแกะเปลือกอบเนื้อ ให้ความร้อนแบบส่งผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน มีสองขนาดอบได้ครั้งละประมาณ 500 กิโลกรัม และ 1,000 กิโลกรัม

เตาอบลำไยแบบไต้หวัน อบครั้งละประมาณ 2,000 กิโลกรัม ใช้ก๊าซหุงต้มหรือน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เป็นเตาอบชนิดอบทั้งเปลือก ให้ความร้อนแบบส่งผ่านโดยตรง จากการสำรวจพบว่าในปี 2539 เกษตรกรนิยมอบแห้งลำไยทั้งเปลือกโดยใช้เตาอบแบบไต้หวัน เพราะราคาถูก อบได้ปริมาณมากถึงประมาณ 2,000 กิโลกรัมต่อครั้ง และเป็นชนิดที่รัฐบาลทำการส่งเสริมให้ใช้

ณอคุณ และคณะ (2530) ได้ทำการศึกษาถึงความต้องการใช้เครื่องอบแห้งกับผลผลิตการเกษตรในภาคเหนือของประเทศไทย กับกลุ่มผู้ใช้ 3 กลุ่ม คือเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร และพ่อค้าคนกลาง ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลผลิตที่เกี่ยวข้องได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความหนาแน่น อัตราการอบแห้ง ความชื้นสมดุลและการสูญเสียความดัน เมื่อผ่านชั้นผลผลิตและทำการประเมินความเป็นไปได้ในการดัดแปลงเครื่องอบแห้งชนิดต่างๆ ที่มีอยู่กับการอบแห้งของผลผลิตการเกษตรดังกล่าว ผลการดำเนินงานสรุปได้ว่า ในระดับเกษตรกรควรมีเครื่องอบแห้งที่สามารถอบแห้งถั่วเหลืองทั้งต้นได้ประมาณ 250 กิโลกรัม อบแห้งพริกและลำไยได้คราวละประมาณ 100 กิโลกรัม ส่วนในระดับพ่อค้าคนกลางควรมีเครื่องอบแห้งที่สามารถอบแห้งพริกและลำไย คราวละ 1,000 กิโลกรัม และสามารถใช้หรือดัดแปลงเครื่องอบแห้งที่มีอยู่ในประเทศคือ เครื่องอบแห้งของกองเกษตรวิศวกรรม เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย สำหรับ โรงบ่มใบยาสูบมีความเป็นไปได้ในการนำผลผลิตมาอบแห้งในโรงบ่มใบยาสูบที่ดัดแปลงและ สร้างขึ้นมาตามขนาดความต้องการของผู้ใช้คือเกษตรกรและพ่อค้าคนกลาง

Klongpanich (1991) พบว่าปัญหาการอบแห้งลำไยชั้นหนา คือ เนื้อลำไยแห้งไม่สม่ำเสมอ และเสนอว่าควรมีกลไกหรือวิธีการแก้ปัญหานี้ คือ 1) ใส่ลำไยทั้งหมดลงบนตะแกรงและพลิกกลับไปมาเพื่อให้ลำไยแห้งสม่ำเสมอ 2) ใส่ลำไยลงบนตะแกรงเป็นชั้นๆและทำการสลับชั้นตะแกรงเพื่อให้ลำไยแห้งสม่ำเสมอ สมชาติและวิไลพร (2530) พบว่าในการอบพืชลักษณะชั้นหนา (เช่น ความหนา 1.80-2.10 เมตร) อากาศร้อนอุ้มไอน้ำจากพืชเป็นจำนวนมากมักจะทำให้เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำในชั้นบนของพืช ซึ่งยังมีอุณหภูมิต่ำอยู่ ดังนั้นพืชชั้นบนจะมีความชื้นเพิ่มขึ้น วิธีแก้ไขก็คือเพิ่มอัตราเร็วของลมที่เป่าผ่านและการลดความหนาของชั้นพืชลง จากปัญหาดังกล่าวจะเห็นว่าการอบแห้งลำไยโดยใช้เตาอบแห้งแบบไต้หวันก็เป็นการอบแห้ง แบบชั้นหนาซึ่งในการอบจะใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบที่ 1 แต่ความเร็วลมใช้ความเร็วลมตามข้อกำหนดที่ทางบริษัทผู้ผลิตกำหนดประมาณ 0.7-1 เมตร/วินาที และอุณหภูมิอากาศร้อนประมาณ 75-80 องศาเซลเซียส

วิวัฒน์ (2533) ทำการทดลองอบแห้งลำไยโดยดัดแปลงเตาอบแห้งแบบไต้หวันให้มีขนาดพอเหมาะสำหรับเกษตรกรรายย่อยโดยสามารถอบลำไยแบบไม่แกะเปลือก ครั้งละไม่เกิน 100 กิโลกรัม โดยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นตัวทำให้อากาศร้อน ส่งผ่านความร้อนผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วใช้พัดลมเป่าลมร้อนผ่านลำไย ที่อุณหภูมิอากาศร้อนประมาณ 65-75 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 45-50 ชั่วโมง การทดลองกระทำ 2 วิธี คือ 1) ใส่ลำไยทั้งหมดลงบนตะแกรงและต้องกวนพลิกกลับไปมาบ่อยๆเพื่อให้ได้ลำไยแห้งอย่างสม่ำเสมอ วิธีที่ 2) ใส่ลำไยบนตะแกรงเป็นชั้นๆและต้องคอยสลับถาดเพื่อให้ลำไยแห้งอย่างสม่ำเสมอเช่นกัน ผลการทดลองพบว่าวิธีแรกลำไยมีคุณภาพไม่ดีพอ เพราะแห้งไม่สม่ำเสมอกันและยาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่อการคัดออก ส่วนวิธีที่ 2 คุณภาพลำไยพอใช้ได้ ซึ่งจะเห็นว่าวิธีการที่ใช้กับเตาอบลำไยแบบไต้หวัน ในปัจจุบันเหมือนกับวิธีการแรกที่ได้ทำการทดลองซึ่งมีปัญหาด้านคุณภาพลำไยยังไม่ดีพอ

รัตนาและคณะ (2520) ทำการอบลำไยที่อุณหภูมิต่างๆกันคือ 140 องศาฟาเรนไฮ ( 60 องศาเซลเซียส) 150 องศาฟาเรนไฮ (65.5 องศาเซลเซียส) และ 160 องศาฟาเรนไฮ (71 องศาเซลเซียส) เพื่อศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบลำไยแต่ละพันธ์โดยพิจารณาถึง รส กลิ่น สี ตลอดจนลักษณะของเนื้อภายหลังการคืนรูปของลำไยแห้ง พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งลำไยทั้งเปลือก สำหรับพันธุ์ดอคือ ที่ 140 องศาฟาเรนไฮ (60 องศาเซลเซียส) ระยะเวลาที่ใช้ในการอบเพื่อให้มีความชื้นเหลือประมาณ 11-13 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลา 40 ชั่วโมง จะมีสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นหอม และสามารถคืนรูปได้ดีเมื่อนำมาต้มทำน้ำลำไย พบว่าในการพิจารณาคุณภาพลำไยต้องคำนึงถึง รสชาติ กลิ่น สี และเนื้อสัมผัสหลังการอบ

Sitthipong (1989) ทำการทดลองอบลำไยทั้งลูกความชื้นเริ่มต้นประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก ให้ลดลงเหลือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียกโดยใช้อุณหภูมิ 60, 70, 80, องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.95 เมตรต่อวินาที จะใช้เวลา 44, 34, 18 ชั่วโมงตามลำดับ และการส่งออกลำไยอบแห้งแบบไม่แกะเปลือกสามารถวัดคุณภาพลำไยได้โดยการวัดความชื้นหลังอบและดูสีของเนื้อลำไย พบว่าความชื้นอยู่ในช่วง 20-25 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียกและมีสีน้ำตาล

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2537) พบว่าปัญหาด้านคุณภาพลำไยอบแห้งโดยเฉพาะเชื้อราในลำไยหลังอบแห้งอาจเกิดจากคุณภาพของลำไยสดก่อนอบ เพราะอุณหภูมิอากาศร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส ไม่สามารถฆ่าเชื้อราได้ ประกอบกับลำไยเป็นผลไม้ที่มีรส หวานปริมาณน้ำตาลสูง ความเป็นกรดน้อย จัดเป็นพวกที่มีความชื้นสูง (Hight moisture food) ซึ่งมีค่า Aw ระหว่าง 0.85 - 1.00 ซึ่งค่าดังกล่าว เชื้อราสามารถเจริญได้ดี เนื่องจากเชื้อรา มีค่า Aw ต่ำสุดที่เจริญได้คือ 0.80 ยีสต์มีค่า Aw ต่ำสุดที่เจริญได้คือ 0.88 แบคทีเรียมีค่า Aw ต่ำสุดที่เจริญได้ 0.91 ความเสียหายที่เกิดกับลำไยอบแห้งที่พบเมื่อแกะเปลือกออกมักจะพบว่าเนื้อลำไยแห้งติดเมล็ดยากที่จะแกะเมล็ดออกได้และมักจะมีเชื้อราขึ้นอยู่เต็ม นอกจากนี้ ในด้านความแห้งของลำไยยังพบว่าแห้งไม่สม่ำเสมอกันบางทีแห้งเกินไป จนไม่สามารถคืนรูปได้เท่าที่ควร (Rehydration) บางทีก็ชื้นมากจนเชื้อจุลินทรีย์สามารถขึ้นได้ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นคล้ายสาเหล้า เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ผลไม้แช่อิ่มและผลไม้แห้ง กำหนดไว้ว่า รา ต้องน้อยกว่า 500 cfu/g ยีสต์ น้อยกว่า $1x10^4$ cfu/g และจุลินทรีย์รวมน้อยกว่า $1x10^6$ cfu/g ( กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2536)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# บทที่ 3

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### 3.1 วัสดุอุปกรณ์

ลำไยที่ใช้ในการทดลองคือลำไยพันธุ์ดอ จากอำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

1.เตาอบลำไยแบบใต้หวันใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงขนาดกระบะอบ บรรจุลำไยได้ประมาณ 2,000 กิโลกรัมสด ความหนาของชั้นลำไยประมาณ 60 เซ็นติเมตร ซึ่งเกษตรกรใช้ในการอบแห้งลำไยในปัจจุบัน

2.เตาอบลำไยแบบใต้หวัน เหมือนกับของเกษตรกร ทำการออกแบบปรับปรุงกระบะอบใหม่เพื่อทำให้การกลับลำไยทำได้สะดวก ระหว่างการอบแห้งลำไย กระบะอบบรรจุลำไยได้ประมาณ 2,000 กิโลกรัมสด ความหนาของชั้นลำไยประมาณ 60 เซ็นติเมตร เท่ากับของเกษตรกร

3.ตะกร้าพลาสติกขนาดบรรจุ 20 กิโลกรัมสด ใช้ในระหว่างการอบแห้งลำไย

4.เครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer)

5.เครื่องมือวัด อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

6.ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven )

7.เตาอบแห้งจำลองแบบใช้ Heater ไฟฟ้า ขนาดบรรจุลำไยประมาณ 60 กิโลกรัมสด ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมสแตท

8.ตราชั่งไฟฟ้าขนาด 10 กิโลกรัม (ละเอียด 0.005 กิโลกรัม)
ตราชั่งไฟฟ้าขนาด 1 กิโลกรัม (ละเอียด 0.01 กิโลกรัม)
ตราชั่งไฟฟ้าขนาด 100 กรัม (ละเอียด 0.01 กรัม)

9.เทอร์โมมิเตอร์ 100 องศาเซลเซียส และ 200 องศาเซลเซียส

10.เครื่องวัดสี ( Color meter )

11. เครื่องวัด Water activity

12. เครื่อง pH meter

13 กล้องถ่ายรูป PENTAX รุ่น K1000

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 การออกแบบและปรับปรุงเครื่องอบแห้งแบบได้หวัน

3.2 1 สำรวจข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการออกแบบ สำรวจการใช้เตาอบของเกษตรกร พื้นที่ที่ทำการสำรวจการใช้เตาอบของเกษตรกรบางรายได้ข้อมูลดังนี้

ก) เกษตรกรอำเภอสารภี เป็นการทำธุรกิจขนาดเล็กมีเตาอบจำนวน 8 เตา ชนิดใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง กระบวนผลิตใช้แรงงานคนในทำงานและการกลับลำไยขณะทำการอบ กรรมวิธีการอบใช้อุณภูมิลมร้อน 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ทำการกลับลำไยทุกๆ 12-15 ชั่วโมง หลังจากนั้นใช้อุณภูมิในการอบ 75 องศาเซลเซียส ทำการกลับลำไยทุก 12-15 ชั่วโมงเช่นเดิม จนเสร็จใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ในการอบแต่ละครั้งใช้ลำไยสดประมาณ 2,000 กิโลกรัมสด และการกลับใช้วิธีการขนถ่ายลำไยจากกระบะหนึ่งไปยังอีกกระบะหนึ่ง เมื่อถึงเวลาในการกลับ จะทำการหยุดเตาแต่เปิดพัดลมเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ถ้าอีกเตาหนึ่งไม่ว่างก็จะรอ โดยทำการอุ่นด้วยลมร้อนที่อุณภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส จนมีเตาว่างจึงทำการกลับโดยการขนถ่ายลำไย ในการกลับแต่ละครั้งใช้คนงานในการกลับ 4 คน โดยใช้เวลากลับประมาณ 1 ชั่วโมงต่อการกลับหนึ่งครั้ง ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 240-250 ลิตร มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ กับ Blower ขนาด 1 แรงม้า มีปัญหาความยุ่งยากในการกลับลำไยในระหว่างการอบเพราะจำเป็นต้องใช้แรงงานคนมากและการทำงานของเครื่องอบเพื่อให้สะดวกควรเดินเครื่องอย่างน้อยสองเครื่องพร้อมกันดังนั้นปริมาณของลำไยจึงจำเป็นต้องมีปริมาณมากถ้าปริมาณน้อยจะไม่คุ้มเพราะต้องจ้างแรงงานคนมาก ( 3-4 คน)

ข) เกษตรกรอำเภอสันป่าตอง เป็นธุรกิจครอบครัวมีจำนวนเตาอบ 3 เตา ใช้อุณภูมิลมร้อนในการอบ 75-80 องศาเซลเซียส อบครั้งละประมาณ 2,000 กิโลกรัม และการกลับใช้วิธีการขนถ่ายลำไยจากกระบะหนึ่งไปยังอีกกระบะหนึ่ง เมื่อถึงเวลาในการกลับจะทำการหยุดเตา แต่เปิดพัดลมประมาณ 1 ชั่วโมง ใช้คนงานในการกลับ 2 คน ใช้เวลาในการกลับประมาณ 2 ชั่วโมงต่อครั้ง ปัญหาที่พบคือความยุ่งยากในขั้นตอนการกลับในระหว่างการอบ

ค) เกษตรกรอำเภอบ้านโฮ่ง เป็นธุรกิจครอบครัวมีจำนวนเตาอบ 2 เตา ใช้อุณหภูมิลมร้อน ในการอบประมาณ 75-80 องศาเซลเซียส อบครั้งละประมาณ 2,000 กิโลกรัม และการกลับใช้วิธีการโกยใส่ภาชนะหรือกระสอบป่าน เมื่อถึงเวลากลับจะทำการหยุดเตา แต่เปิดพัดลมประมาณ 1 ชั่วโมง ใช้คนงานในการกลับ 4 คน ใช้เวลาในการกลับประมาณ 2 ชั่วโมง ปัญหา ความยุ่งยากในการกลับมีมากและใช้เวลานานอีกทั้งปัญหาความไม่สม่ำเสมอของลำไยหลังอบ จะมีมากกว่าสองอำเภอที่กล่าวมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการผลิตในโรงงานขนาดใหญ่ (เตาอบมากกว่า 20 เตา) การกลับจะใช้ระบบรอกช่วยยกขนถ่ายลำไยจากเตาหนึ่งไปยังอีกเตาหนึ่งซึ่งมีปัญหาความไม่สม่ำเสมอของลำไยหลังอบอยู่บ้างโดยเฉพาะบริเวณตรงกลางกระบะอบจะมีความชื้นสูงกว่าบริเวณอื่นๆ กรรมวิธี การกลับจะทำการใช้รอกยกลำไยออกเป็นชั้น (ใช้ตาข่ายไนล่อนปูรองเพื่อแยกชั้น) แล้วทำการหมุนชั้นลำไยไป 180 องศา ก่อนนำไปใส่ในอีกกระบะหนึ่ง

3.2.2 การกำหนดขนาดลำไยและขนาดรูเจาะของเครื่องคัดขนาดลำไยหลังอบ

ตารางที่ 3.1 ขนาดของรูตะแกรงคัดขนาดและจำนวนผลลำไยสดต่อกิโลกรัม

| รายการ | เกรด | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | AA | A | B | C | D |
| ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูตะแกรง (เซ็นติเมตร) | >2.52 | 2.51-2.21 | 2.20-1.94 | 1.93-1.57 | <1.57 |
| จำนวนผลลำไยสดต่อกิโลกรัม | <80 | 80-94 | 93-114 | - | - |

**3.3 การทดลองเปรียบเทียบระหว่างเครื่องอบของเกษตรกรกับเครื่องอบที่ปรับปรุง**

ทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลการอบแห้งลำไย ระหว่างวิธีการผลิตลำไยอบแห้งของที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบันกับเครื่องอบแห้งที่ปรับปรุงกระบะอบ เพื่อพัฒนาวิธีการกลับลำไยในระหว่างการอบ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD ใช้วิธีการกลับที่ช่วงเวลา 12 ,24 และ 36 ชั่วโมง เป็น treatments ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.3.1 รายละเอียดของเครื่องอบแห้งของเกษตรกรที่ใช้ในการทดลอง ลักษณะโครงสร้างของเครื่องแบ่งออกได้ 3 ส่วน ( ภาพที่ 3.1 )

ส่วนที่ 1 หัวเผาและพัดลม หัวเผาเป็นแบบใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ควบคุมปริมาณน้ำมันด้วยระบบขดลวดโซลินอยด์และวาล์วน้ำมัน มีสเกลตัวเลขบอกปริมาณตั้งแต่ 0-10 พัดลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบพัด 38 เซ็นติเมตร ใช้มอเตอร์ 1 HP 220 Volt สายพานขนาด A-37 มู่เลย์พัดลมและมู่เล่ย์ที่ติดมอเตอร์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.80 เซ็นติเมตร มอเตอร์ไม่สามารถปรับความเร็วได้ ชุดพัดลมต่อเข้ากับกระบะอบที่เปิดช่องไว้ด้วยผ้าใบเพื่อนำลมร้อนเข้าด้านล่างของกระบะในขณะทำการอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนที่ 2 กระบะอบ ขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 235x235x94 เซ็นติเมตร ความสูงของตะแกรงจากพื้นล่าง (ช่องลม) 34 เซ็นติเมตร รูตะแกรง เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ความสูงของส่วนที่เป็นกระบะใส่ลำไย 60 เซ็นติเมตร สามารถถอดประกอบได้ทั้งชุด

ส่วนที่ 3 ถังบรรจุน้ำมัน ขนาด 200 ลิตร มีวาล์วปิด -เปิดน้ำมัน และต่อท่อสายยางขนาดเล็กจากด้านล่างขึ้นด้านบนเพื่อใช้ตรวจเช็คระดับน้ำมันในถังขณะทำงาน และถังจะตั้งสูงกว่าระดับหัวเผาเล็กน้อยเพื่อให้แรงดึงดูดของโลกช่วยในการไหลของน้ำมันในท่อสายยางเข้าหัวฉีดได้สะดวกขึ้น

3.3.2 รายละเอียดของเครื่องอบแห้งลำไยแบบไต้หวันที่ทำการออกแบบปรับปรุงกระบะอบใหม่ ลักษณะโครงสร้างแบ่งออกเป็น 3 ส่วน เหมือนกับเครื่องของเกษตรกร แต่มีการปรับปรุงในส่วนกระบะอบลำไย ดังนี้ (ภาพที่3.2 )

1) ขนาดกระบะ กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 235x235x104 เซ็นติเมตร ปรับปรุงความสูงเป็น 104 เซ็นติเมตร (ของเกษตรกร 94 เซ็นติเมตร)

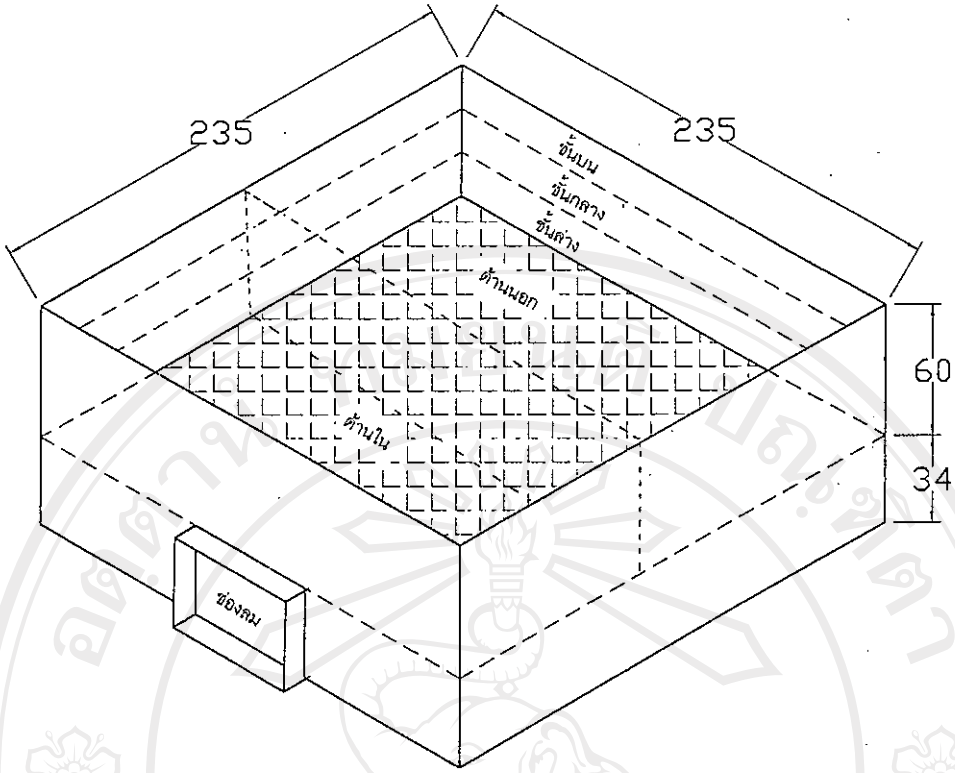
2) ปรับความลาดเอียงของตะแกรงชั้นล่างที่ใช้อบเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนตัวของลำไยในขณะทำการกลับ โดยมีความชันประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์

3) เพิ่มตะแกรงชั้นที่สองที่ระดับสูงจากพื้น 80 เซ็นติเมตร ลาดเอียงเข้าด้านในมีทิศตรงกันข้ามกับตะแกรงชั้นล่างโดยมีความชันประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ ทำการเปิดช่องให้ลำไยไหลลงด้านล่างได้สะดวกในการกลับลำไยระหว่างการอบ

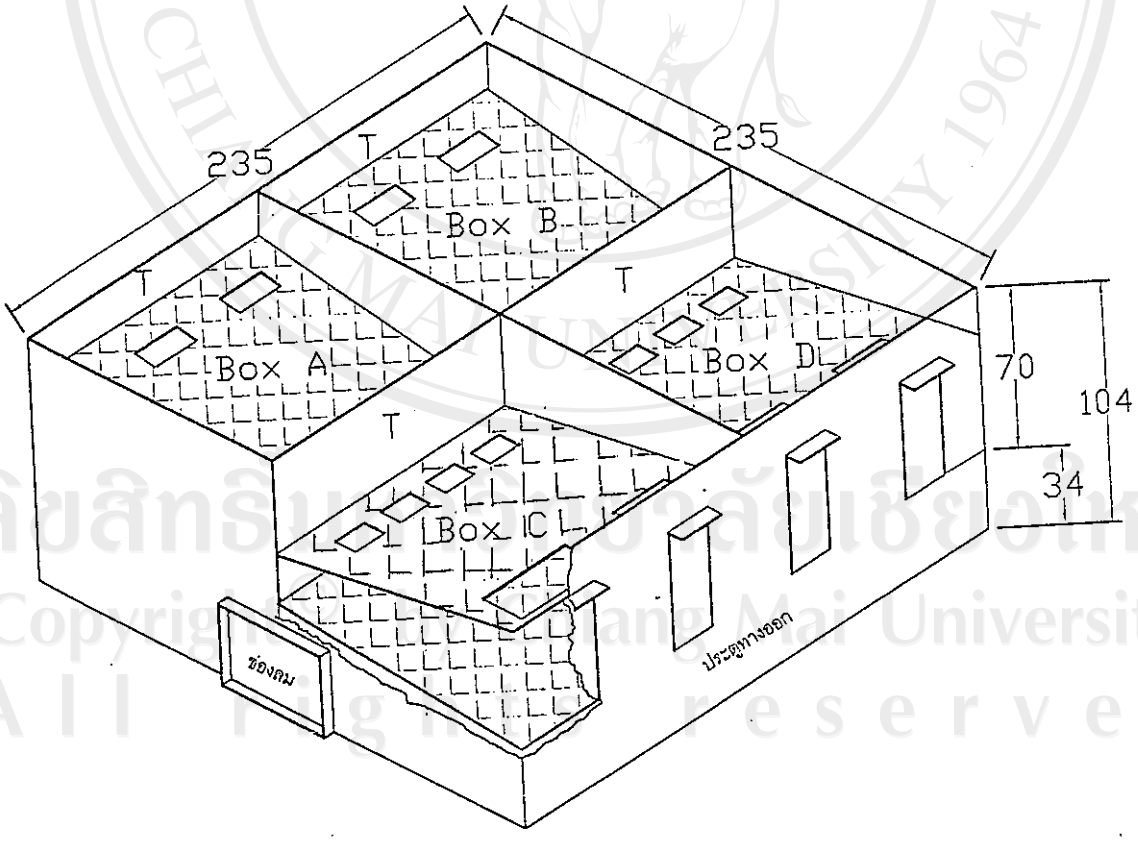
4)แบ่งกระบะอบออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนประกอบด้วยตะแกรงสองชั้น ในแต่ละชั้นสามารถบรรจุลำไยสดได้ประมาณ 250 กิโลกรัม ( 8x250 เท่ากับ 2,000 กิโลกรัม)

5) เปิดช่องประตูด้านข้างของชั้นล่างส่วนละ 2 ประตู (รวม 8 ประตู) เพื่อเปิดช่องให้ลำไยชั้นล่างไหลออกสะดวกขณะทำการกลับ ประตูสูงจากพื้นประมาณ 40 เซ็นติเมตร ขนาด 30เซ็นติเมตรx40เซ็นติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




ภาพที่ 3.1 กระบะอบลำไยของเครื่องของเกษตรกร




ภาพที่ 3.2 กระบะอบลำไยของเครื่องอบที่ปรับปรุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.3 วิธีการทดลอง

ก) การทดลองของเครื่องอบแห้งของเกษตรกร

**ขั้นตอนที่** 1 นำลำไยพันธุ์ดอ เกรด A ประมาณ 2,000 กิโลกรัม (100 ตะกร้า พลาสติก ตะกร้าละประมาณ 20 กิโลกรัม) โดยแบ่งออกเป็นชั้นหยาบๆด้วยตาข่ายพลาสติกได้ 3 ชั้น ชั้นล่าง ชั้นกลางและชั้นบน (ภาพที่ 3.1 )

ชั้นล่าง เทลำไยลงบนตะแกรงอบประมาณ 660 กิโลกรัม ( 33 ตะกร้า) ความหนาประมาณ 15-18 เซ็นติเมตร เกลี่ยให้ผิวหน้าเสมอกัน นำเอาตาข่ายพาสติกมาวางด้านบนเพื่อแยกชั้นคร่าวๆ

ชั้นกลาง เทลำไยประมาณ 660 กิโลกรัม ( 33 ตะกร้า) ความหนาประมาณ 15-18 เซ็นติเมตร เกลี่ยให้ผิวหน้าเสมอกัน นำตาข่ายพลาสติกมาวางด้านบนเหมือนกับชั้นล่าง

ชั้นบน เทลำไยที่เหลือประมาณ 680 กิโลกรัม ( 34 ตะกร้า)ความหนาประมาณ 15-18 เซ็นติเมตร เกลี่ยให้ผิวหน้าเสมอกัน นำกระสอบป่านมาคลุมด้านบนจนมิดไม่ให้มีช่องว่างเลย

**ขั้นตอนที่** 2

การจุดเตา ทำการจุดไส้ที่ชุบด้วยน้ำมันหลังจากนั้นเอาไส้ที่ติดไฟแล้วไปไว้ที่บริเวณหัวฉีดน้ำมัน เพื่อเผาหัวให้ร้อนเป็นเวลาประมาณ 2-3 นาที หลังจากนั้นค่อยๆเปิดวาล์วน้ำมันและทำการเปิดสวิทซ์ขดลวด ควบคุมวาล์วน้ำมันพร้อมกับเปิดมอเตอร์พัดลม เมื่อไฟที่หัวฉีดติดแล้ว ทำการปรับวาล์วน้ำมันจนอุณหภูมิของลมร้อนอยู่ที่ 80 องศาเซลเซียส สังเกตจาก เกจวัดอุณหภูมิที่ติดมากับเครื่องอบ แต่ถ้าไฟไม่ติดให้ปิดพัดลมและสวิทซ์ขดลวดแล้วเริ่มต้นใหม่ (ทำการทดสอบเกจวัดเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์ซนิดปรอท 100 องศาเซลเซียสก่อนนำมาติดตั้ง)

**ขั้นตอนที่3 (การกลับ)**

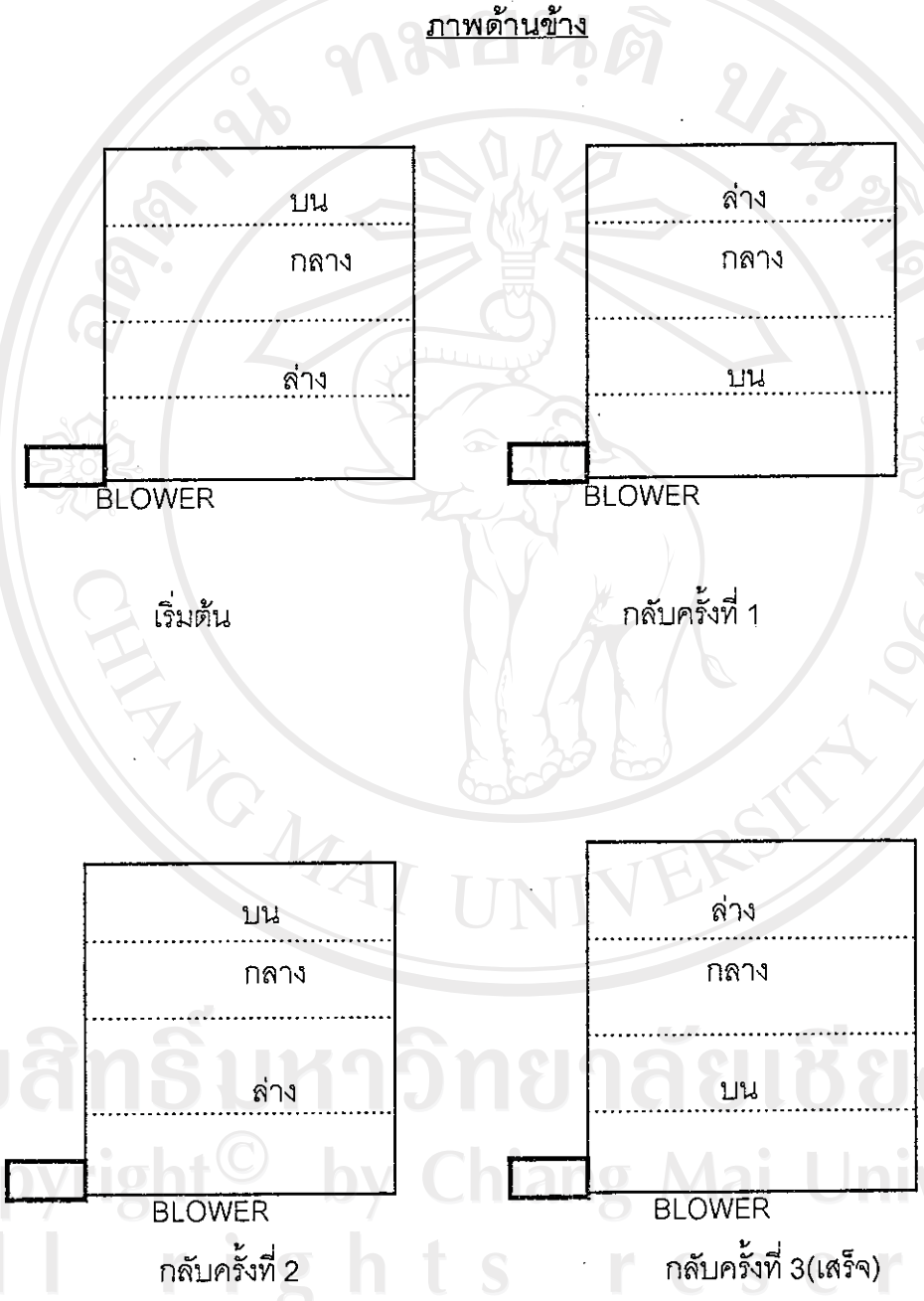
จากภาพที่ 3.3 และ 3.4 แสดงภาพด้านข้างและด้านบนของกระบะอบซึ่งในการกลับจะทำการแบ่งชั้นลำไยออกเป็น 3 ชั้น ชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และทำการแบ่งกระบะออกเป็น 2 ด้าน คือด้านนอกและด้านใน ( ด้านนอกไกล Blower และ ด้านในใกล้ Blower )

<u>การกลับครั้งที่ 1</u>

ทำการอบเป็นเวลาประมาร 12 ชั่วโมง ทำการกลับครั้งที่ 1 ก่อนเริ่มทำการกลับจะดับไฟและเป่าลมทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นทำการกลับโดย เอาลำไยชั้นบนลงไว้ชั้นล่าง ในขณะเดียวกันทำการสลับเอาด้านนอกเข้าไว้ด้านในเอาด้านในไว้ด้านนอกสำหรับลำไยชั้นกลางเอาไว้ตำแหน่งเดิมแต่ทำการสลับตำแหน่งนอก-ในด้วย คือเอาด้านนอกมาไว้ด้านใน เอาด้านในไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

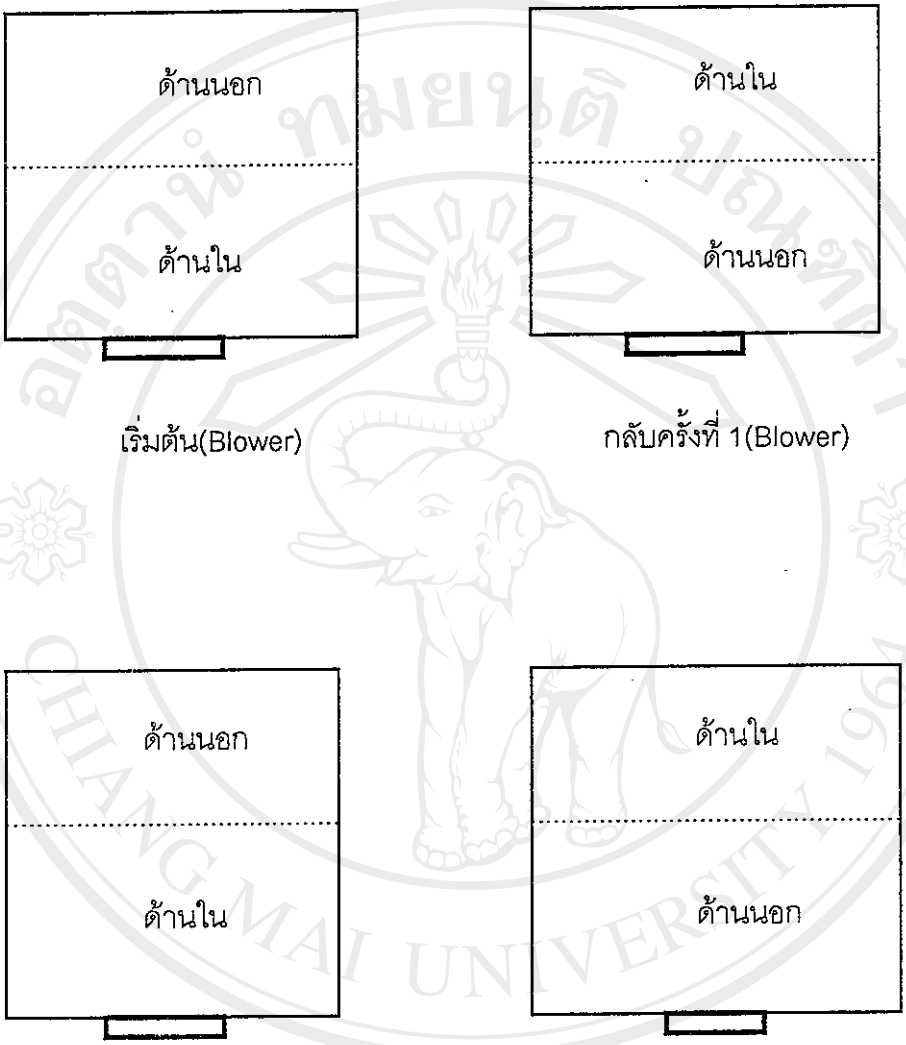
ไว้ด้านนอก (ดังภาพที่ 3.3และ 3.4 ) ลำไยชั้นล่างเอาขึ้นมาไว้ด้านบนพร้อมกับทำการสลับตำแหน่งนอก-ในด้วย




ภาพที่ 3.3 วิธีการกลับลำไยของเกษตรกรในระหว่างการอบโดยการสลับชั้นบนและล่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ภาพด้านบน</u>




ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการกลับลำไยในระหว่างการอบโดยการสลับด้านนอก-ใน

<u>การกลับครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3</u> ทำเหมือนกับการกลับครั้งที่ 1 โดยการสลับชั้นและสลับด้าน ( ดังภาพที่ 3.3 และ 3.4)

หลังจากการกลับครั้งที่ 1 ทำการอบต่อด้วยอุณหภูมิลมร้อน 80 องศาเซลเซียส เท่าเดิมประมาณ 12-15 ชั่วโมง ทำการกลับครั้งที่ 2 อบต่อที่อุณหภูมิลมร้อนประมาณ 75 องศาเซลเซียส ประมาณ 12-15 ชั่งโมง ทำการกลับครั้งที่ 3 อบต่อที่อุณหภูมิลมร้อนประมาณ 75 องศาเซลเซียส จนเสร็จกระบวนอบแห้งประมาณ 48-53 ชั่วโมง ทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง( 3 Lots )

ข.การทดลองของเครื่องที่ปรับปรุง

**ขั้นตอนที่ 1** .เริ่มต้นเปิดตะแกรงชั้นบนออกหมดทุก BOX นำลำไยพันธุ์ดอเกรด A ประมาณ 2,000 กิโลกรัม ( 100 ตะกร้าพลาสติก ) เทใส่ในแต่ละโดยที่ชั้นล่างของแต่ละ BOX ๆ ละประมาณ 260 กิโลกรัม (13 ตะกร้า) นำตะแกรงวางบนบ่าที่ทำไว้ในแต่ละ BOX เสร็จแล้วเอาลำไยมาเทลงในชั้นบนของแต่ละ BOX ๆประมาณ 240 กิโลกรัม ( 12 ตะกร้าพลาสติก) ความหนาของชั้นลำไยแต่ละชั้นประมาณ 30 เซ็นติเมตร เมื่อใส่ลำไยเสร็จนำเอากระสอบป่านมาคลุมจนมิดไม่ให้มีช่องว่างเลย

**ขั้นตอนที่** 2. ทำการจุดเตา (เหมือนกับของเกษตรกร) ใช้อุณหภูมิลมร้อนอบที่ 80 องศาเซลเซียส โดยการสังเกตจากมาตรวัดที่ติดมากับเครื่องอบที่ทำการเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แล้ว

**ขั้นตอนที่ 3 (การกลับ)**

จากภาพที่ 3.5 และ 3.6 แสดงลักษณะการใส่ลำไยของเครื่องที่ปรับปรุงและขั้นตอนการกลับในกระบะย่อย

<u>การกลับครั้งที่ 1</u>

ทำการอบลำไยเป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ทำการกลับครั้งที่ 1 โดยทำการดับไฟและพัดลม ทำการกลับในแต่ละกระบะย่อยตามภาพที่ 3.6 ทำแต่ละกระบะย่อยจนครบทุกกระบะ

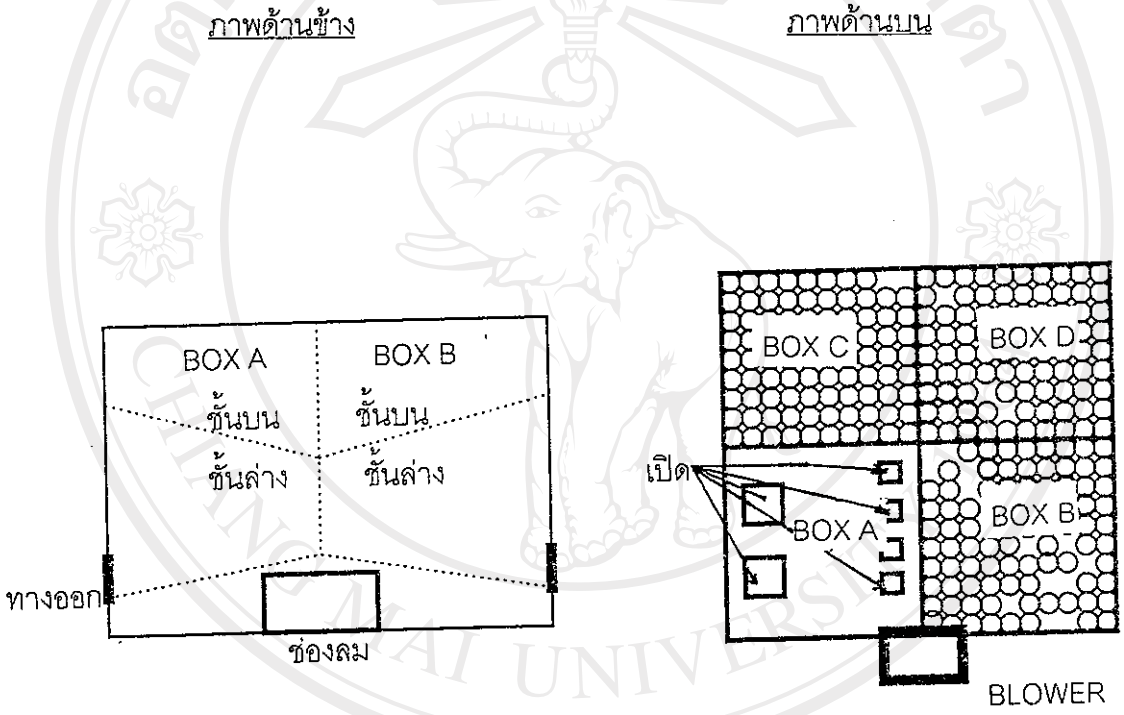
<u>การกลับครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3</u>

หลังจากการกลับครั้งที่ 1 ทำการอบต่อด้วยอุณหภูมิลมร้อน 80 องศาเซลเซียส เท่าเดิม เป็นเวลาประมาณ 12-15 ชั่วโมง ทำการกลับครั้งที่ 2 หลังจากนั้นทำการอบต่อที่อุณหภูมิลมร้อนประมาณ 75 องศาเซลเซียส ประมาณ 12-15 ชั่วโมง ทำการกลับครั้งที่ 3 แล้วทำการอบต่อที่อุณหภูมิลมร้อนประมาณ 75 องศาเซลเซียส จนเสร็จกระบวนอบแห้ง (ประมาณ 48-53 ชั่วโมง) ทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง( 3 Lots)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.4 วิธีการกลับในแต่ละกระบะย่อยของเครื่องที่ปรับปรุง

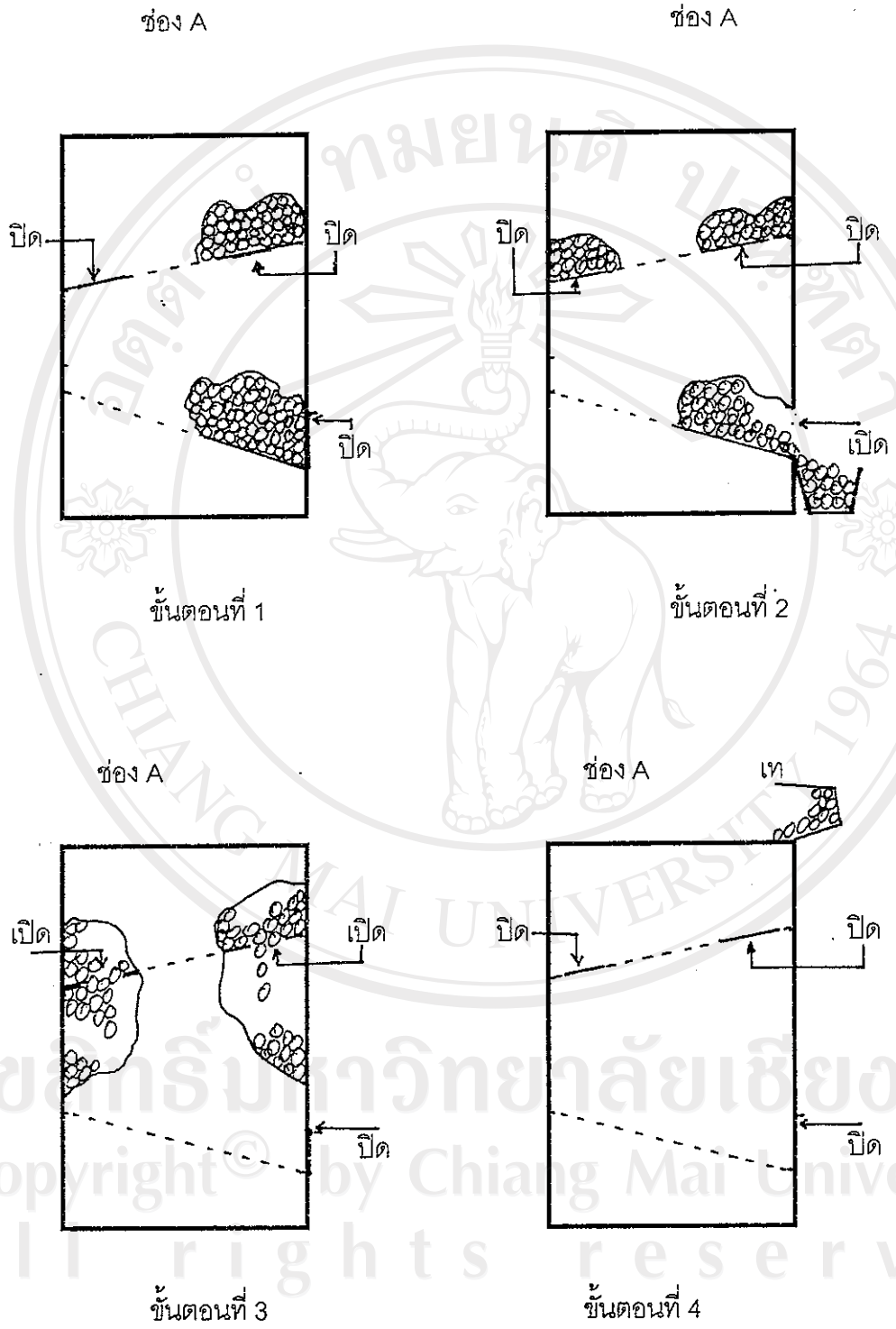
แบ่งกระบะลำไยออกเป็น 4 ส่วนดังภาพที่ 3.5 การกลับจะทำการกลับสลับล่าง-บนภายใน BOX (ดังภาพที่ 3.6) การกลับครั้งที่ 1 เอาชั้นล่างขึ้นบน-ชั้นบนลงล่าง กลับครั้งที่ 2 เอาชั้นล่าง(ชั้นบนเริ่มต้น)ขึ้นบน-ชั้นบน(ชั้นล่างเริ่มต้น) ลงล่าง กลับครั้งที่ 3 เอาชั้นล่าง(ชั้นล่างเริ่มต้น)ขึ้นบน-ชั้นบน(ชั้นบนเริ่มต้น)ลงล่าง ในการกลับแต่ละ BOX จะไม่มีการสลับด้านใน - นอก เหมือนของเกษตรกร




ภาพที่ 3.5 ลักษณะการใส่ลำไยในกระบะย่อยของเครื่องที่ปรับปรุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ขั้นตอนการกลับในกระบะย่อย</u>




ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างการกลับลำใยในกระบะย่อยของเครื่องที่ปรับปรุง ใน BOX A

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.5 การเก็บข้อมูลในระหว่างการทดลอง

จากเตาอบลำไยแบบใต้หวันที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบันและเตาอบลำไยแบบใต้หวันที่ทำการออกแบบปรับปรุงกระบะอบใหม่

ก.อุณหภูมิอากาศก่อนเข้ากระบะอบ อุณหภูมิอากาศผ่านลำไยด้านบนและความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้เครื่องวัด %RH-TEMP แบบ DIGITAL วัดโดยเปิดเครื่องอ่านอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศบริเวณรอบนอกใกล้เครื่องอบ แล้วนำไปทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศที่ผ่านออกทางด้านบนของลำไย

ข.วัดความเร็วลม โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) โดยนำเอาใบพัดขนาดเล็กของเครื่องวัดความเร็วลมไปทำการวัดที่จุดต่างๆด้านบนของเครื่องก่อนทำการกลับโดยวัดในแต่ละส่วน 5 ตำแหน่งแล้วนำมาคิดค่าเฉลี่ย

ค. การหาความชื้นของลำไยระหว่างการอลและหลังอบ โดยใช้การเก็บตัวอย่างแล้วนำไปหาความชื้นทันที ตามวิธีการที่ระบุโดย Hall,(1980) ด้วยวิธีการอบแห้งที่อุณภูมิ 103 องศาเซียลเซียส เป็นเวลา 72-96 ชั่วโมง.

ง. ข้อมูลการใช้แรงงานต่อชั่วโมงคิดเฉพาะการทำงานในระหว่างการกลับโดยคิด 1 คน ต่อ 1 แรงต่อชั่วโมงการทำงาน

## 3.4 การศึกษาช่วงเวลาในการกลับลำไยที่เหมาะสมโดยการใช้เครื่องอบแห้งลำไยจำลองขนาด 60 กิโลกรัม

3.4.1รายละเอียดส่วนประกอบของเครื่อง

ก.ภาชนะบรรจุลำไย แบ่งออกเป็น 4 ช่องสามารถบรรจุลำไยช่องละ 15 กิโลกรัม สูง 60 เซ็นติเมตร แต่ละช่องแบ่งออกเป็น 3 กล่อง( Box ) แต่ละกล่องบรรจุลำไย ได้ประมาณ 5 กิโลกรัม

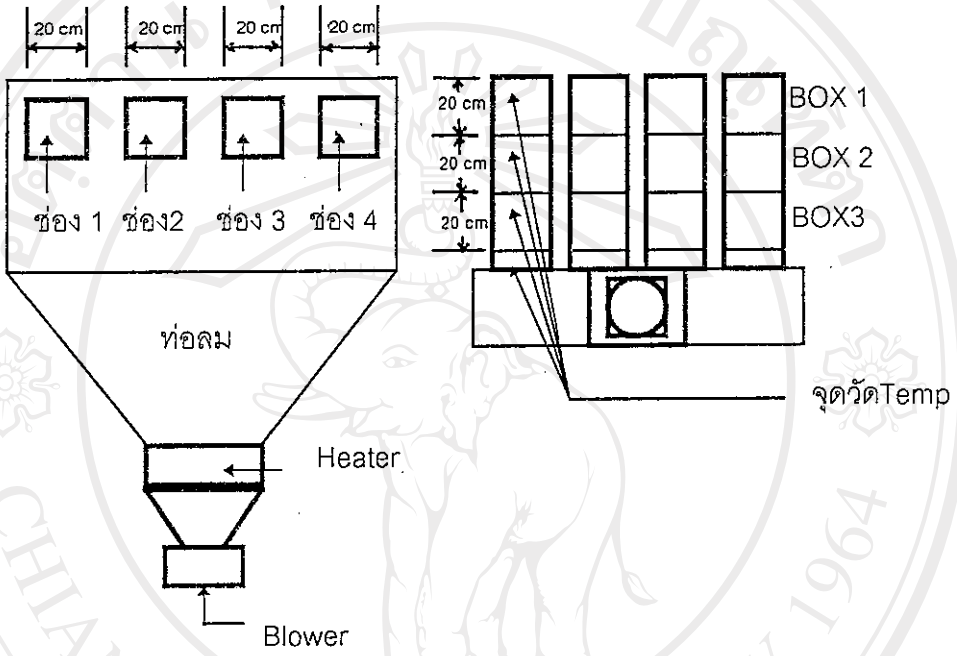
ข.Heater ขนาด 2 กิโลวัตต์ จำนวน 3 เส้น ขนาด 3 กิโลวัตต์ จำนวน 2 เส้น เทอร์โมสแตท 1 ตัว ( ช่วงอุณหภูมิ 30-90 องศาเซลเซียส )

ค. Blower ขนาด 350 cfm ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด ½ Hp 1 ชุด

ง. DATA LOGGER 1ชุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้งจำลอง




ภาพที่ 3.7 เครื่องอบแห้งลำไยจำลอง ขนาดบรรจุ 60 กิโลกรัม

3.4.2 วิธีการทำการทดลอง

ก. ทำการศึกษาช่วงเวลาในการกลับลำไยพันธุ์ดอเกรด AA นำลำไยพันธุ์ดอจากอำเภอสารภีเกรด AA ใส่ในแต่ละ Box แล้วทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าขนาด 10 กิโลกรัม สุ่มจับฉลากเลือกช่องเพื่อกำหนดเวลากลับ (3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง) เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักทุกๆ 3 ชั่วโมง โดยการชั่งน้ำหนักของลำไยในแต่ละช่องทีละ Box (ช่องละ 3 Box) หลังจากชั่งเสร็จจะคละลำไยทั้ง 3 Box ที่นำมาจากช่องที่ครบกำหนดเวลากลับก่อนนำกลับไปอบต่อจนเสร็จการทดลองส่วนลำไยจากช่องที่ยังไม่ครบกำหนดเวลากลับจะชั่งหาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก โดยไม่มีการคละ ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 65 องศาเซลเซียส อย่างละครั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข.ทำการศึกษาช่วงเวลาในการกลับลำไยพันธุ์ดอเกรด AB(คละ) นำลำไยพันธุ์ดอจากอำเภอสารภีเกรด AB (คละเกรดระหว่าง A ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.51-2.21 เซ็นติเมตร ,เกรด AB เส้นผ่าศูนย์ 2.20-1.94 เซ็นติเมตร ใส่ในแต่ละ Box แล้วทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าขนาด 10 กิโลกรัม สุ่มจับฉลากเลือกช่องเพื่อกำหนดเวลากลับ (3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง) เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักทุกๆ 3 ชั่งโมง (เช่นเดียวกับการทดสอบลำไยเกรด AA ) โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 65 องศาเซลเซียส อย่างละครั้ง

3.4.3 ข้อมูลที่ทำการวัดจากแบบจำลองการอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม

ก.การวัดอุณภูมิและความชื้นของอากาศโดยใช้เครื่องวัด %RH-TEMP แบบ DIGITAL วัดโดยเปิดเครื่องอ่านอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศบริเวณรอบนอกใกล้เครื่องอบ แล้วนำไปทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ด้านบนของอากาศผ่านลำไย

ข.การวัดอุณหภูมิของอากาศก่อนผ่านลำไย ในแต่ละความสูงของชั้นลำไยและอากาศที่ผ่านลำไยแล้ว โดยใช้เครื่องมือ DATA LOGGER ต่อสายเทอร์โมคอปเปิลวัดที่ความสูง 20 เซ็นติเมตร 40 เซ็นติเมตร และ 60 เซ็นติเมตร จดค่าอุณหภูมิทุกๆ 3 ชั่วโมง

ค.การหาค่าน้ำหนักลำไยที่ลดลง โดยใช้ตราชั่งแบบ Digital ขนาด 10.000 กิโลกรัมอ่านได้ละเอียด 0.005 กิโลกรัม

**3.5 การตรวจสอบคุณภาพ**

3.5.1.การวัดสี นำตัวอย่างลำไยที่เตรียมไว้มาแกะเอาแต่เนื้อแล้วนำไปปั่นด้วยเครื่อง หลังจากนั้นนำ ลำไยที่ปั่นแล้วใส่ลงในถาดแก้วเส้นผ่าศูนย์กลา10 เซ็นติเมตรแล้วเกลี่ยให้มีความหนาสม่ำเสมอ นำไปทำการวัดสีด้วย color meter ทำการบันทึกค่า L , a , b ทำ 3 ซ้ำ ( Yang,c.c.and Chinna,M.S. 1987)

3.5.2.การวัดค่า Water activity (Aw) นำเนื้อลำไยบดประมาณ 10 กรัม ใส่ลงในภาชนะพาสติกที่ใช้สำหรับวัดค่า Aw จำนวน 3 ซ้ำ เอาเข้าเครื่องวัด Aw เป็นเวลาประมาณ 30 นาทีหรือจนกว่าค่าที่อ่านได้คงที่ทำการ บันทึกค่าที่ปรากฏบนเครื่องทั้งสามค่า เสร็จแล้วจึงนำตัวอย่างออกจากเครื่อง

3.5.3.การวัดค่า pH นำตัวอย่างประมาณ 10 กรัม ใส่บิกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 100 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นเสร็จแล้วกรองเอาแต่น้ำไปทำการวัด pH ด้วย pH meter ทำการบันทึกค่าที่อ่านได้ ทำ 3 ซ้ำ

3.5.4.การเพาะเชื้อเพื่อทำการหาเชื้อรานำตัวอย่างหลังอบแล้วประมาณ 30 วัน ( Sidney,1984)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.6 การประเมินคุณภาพจากการทดสอบด้านประสาทสัมผัส จากคุณสมบัติต่าง ๆดังนี้

ก) สี

ข) กลิ่น

ค) รสชาติ

ง) เนื้อสัมผัส

จ) ความพอใจของผู้บริโภค โดยแบ่งระดับการให้คะแนนดังนี้

1 = ไม่ชอบมาก

2 = ไม่ชอบปานกลาง

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

4 = เฉย ๆ

5 = ชอบเล็กน้อย

6 = ชอบปานกลาง

7 = ชอบมาก

วิธีการประเมิน

นำตัวอย่างลำไยอบแห้งตัวอย่างละ 2 ผลจำนวน 3 ซ้ำ(ของเกษตรกร 3 ซ้ำ ของเครื่องที่ปรับปรุง 3 ซ้ำ) ให้กับคนทดลองชิมจำนวน 20 คน แล้วให้คะแนนโดยมีระดับคะแนน 1 ถึง 7 และกรอกลงในแบบฟอร์มตามที่ให้ไว้ในภาคผนวก

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.7.1 เครื่องอบแห้งของเกษตรกร วิเคราะห์ความชื้นลำไยเปรียบเทียบในแต่ละชั้น

3.7.2เครื่องอบแห้งที่ทำการปรับปรุงวิเคราะห์ความชื้นลำไยเปรียบเทียบในแต่ละ BOX

3.7.3 วิเคราะห์ ความชื้นลำไยเปรียบเทียบ ระหว่างเครื่องอบของเกษตรกรกับเครื่องอบที่ทำการปรับปรุง

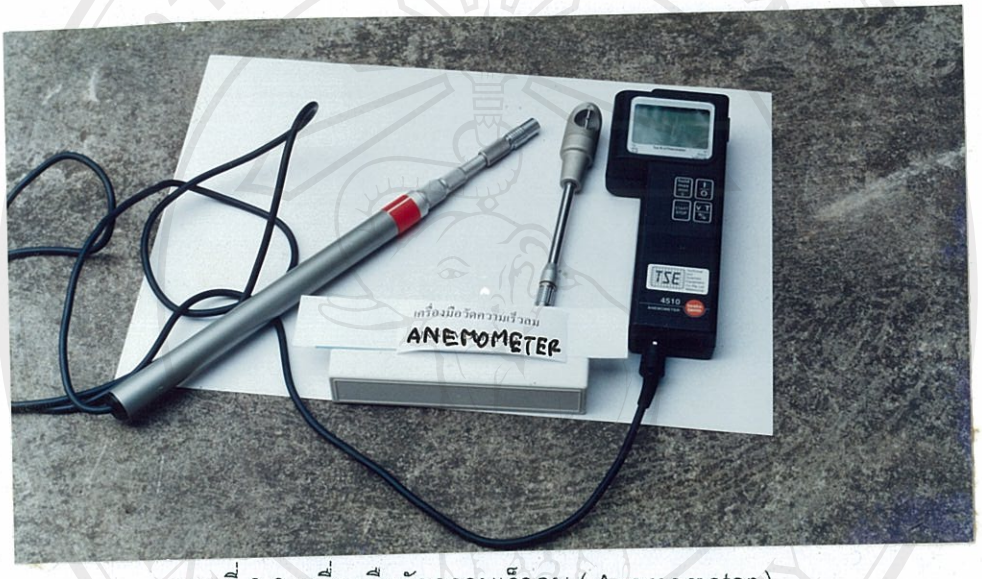
3.7.4 วิเคราะห์ ข้อมูลคุณภาพลำไยเปรียบเทียบ ระหว่างเครื่องของเกษตรกร กับเครื่องที่ทำการปรับปรุงโดยการเปรียบเทียบ สี Aw และ pH

3.7.5 วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพลำไยจากการทดสอบด้านประสาทสัมผัส (สี,กลิ่น,รสชาติ ,เนื้อสัมผัส ,ความชอบรวม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 3.8 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างเครื่องที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบันกับเครื่องที่ทำการปรับปรุงและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้งานกับเครื่องที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน ทำการวัดช่วงเวลาการทำงานดดยเฉพาะช่วงเวลาที่ใช้ในการกลับแต่ละครั้งของแต่ละเครื่อง สำหรับในงานวิจัยนี้จะพิจารณามูลค่าปัจจุบัน (Present worth) โดยเปรียบเทียบการลงทุนต่อเครื่องระหว่างเครื่องที่ทำการปรับปรุงกับเครื่องที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน




ภาพที่ 3.8 เครื่องมือวัดความเร็วลม ( Anemometer )

ภาพที่ 3.9 เครื่องมือวัดความชื้นและอุณหภูมิ ( Humidity / Temp Meter )

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3.10 เครื่องบันทึกข้อมูล ( Data Logger )

ภาพที่ 3.11 ตราชั่ง Electronic ขนาด 100 g ±0.01 g

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3.12 ลักษณะการทำงานข้อเครื่องที่ทำการปรับปรุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# บทที่ 4

## ผลการทดลองและอภิปรายผล

### 4.1 ผลจากการออกแบบปรับปรุงกระบะอบ

4.1.1 ทำให้ใช้เครื่องอบเพียงเครื่องเดียวก็สามารถทำงานได้สะดวกในขณะที่วิธีการเดิมถ้าจะให้สะดวกจำเป็นต้องใช้ถึง 2 เครื่อง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการปรับปรุงเครื่องอบทำให้สามารถลดเงินทุนเริ่มต้นในการซื้อเครื่องอบลงได้ ซึ่งเกษตรกรรายย่อยสามารถทำการอบแห้งลำไยได้ง่ายเพราะใช้เงินลงทุนน้อยกว่าวิธีการเดิม

4.1.2 การทำงานระหว่างการกลับ ใช้แรงงานในการกลับเพียง 1 หรือ 2 คน ก็สามารถทำงานได้สะดวก ทำให้ลดค่าแรงงานในการดำเนินงานและเกษตรกรรายย่อยสามารถทำการอบแห้งลำไยได้ง่าย เป็นผลทำให้ผลผลิตลำไยอบแห้งมีเพิ่มขึ้น ช่วยแก้ปัญหาลำไยสดล้นตลาดและราคาตกต่ำ การเอาเปรียบจากพ่อค้าคนกลางในการกำหนดราคาก็จะลดลง ทำให้เกษตรกรผู้ผลิตมีรายได้เพิ่มขึ้น

4.1.3 ลดช่วงเวลาในการทำงานลง เพราะในการกลับจากวิธีการที่ทำการปรับปรุงจะดับเครื่องและทำการกลับได้ทันที ในขณะที่วิธีการเดิมต้องทำการปิดเตา แต่เปิดพัดลมระบายอากาศประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อรอให้อุณหภูมิลำไยลดลงจนสามารถทำงานได้สะดวก จึงทำการกลับหรือถ้าไม่มีกระบะอบว่างก็ต้องรอ โดยการเปิดเครื่องอุ่นอากาศใช้อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเครื่องอบอีกเครื่องว่าง แต่วิธีการที่ทำการปรับปรุง ไม่จำเป็นต้องรอเครื่องว่างทำการกลับได้ทันทีเพราะทำงานลำพังเพียงเครื่องเดียวได้

4.1.4 ราคาเครื่องจากการสร้างใหม่ 32,000 บาท (รวมค่าแรงและอุปกรณ์) พบว่าถูกกว่าราคาเครื่องแบบได้หวันที่เกษตรกรใช้ในปัจจุบัน 3,000 บาท

4.1.5 ลดการสูญเสียเนื่องจากการเสียรูปทรงและลำไยแตกซึ่งเกิดจากการกดทับกันของลำไยและการกลับ เครื่องที่ปรับปรุงแบ่งกระบะอบออกเป็น 2 ชั้นทำให้ลำไยชั้นล่างรับน้ำหนักน้อยกว่าวิธีการเดิมครึ่งหนึ่ง (เดิมส่วนล่างของกระบะจะรับน้ำหนักลำไยที่กดลงถึง 500 กิโลกรัม) การเสียรูปทรงของลำไยและการแตกในระหว่างการกลับโดยเฉพาะช่วงแรกๆจะมี ลักษณะตามภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2 ดังนั้นเครื่องที่ปรับปรุงจึงช่วยให้เกษตรกรได้ผลผลิตคุณภาพดีเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.1 ลำไยที่เสียรูปทรงในระหว่างการอบของเกษตรกร

ภาพที่ 4.2 ลำไยแตกที่เกิดขึ้นในระหว่างการกับของเกษตรกร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.2 ผลการทดสอบเครื่องอบแห้งลำไยแบบปรับปรุงเปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งลำไยแบบไต้หวันที่เกษตรกรใช้ในปัจจุบัน**

4.2.1 ความชื้นและอัตราการลดความชื้นของเครื่องที่ปรับปรุง

จากตารางที่ 4.1 พบว่าความชื้นของลำไยอบแห้งที่เวลาและตำแหน่งต่างๆภายในกระบะอบที่ทำการปรับปรุงมีความสม่ำเสมอทั่วกันทั้งกระบะกล่าวคือ ลำไยอบแห้งในส่วนของ BOX A และ BOX B (ด้านใน) BOX C และ BOX D (ด้านนอก) มีความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการออกแบบชั้นวางให้มีความลาดเอียง และการเพิ่มจำนวนตะแกรงในเครื่องที่ปรับปรุงไม่เกิดผลกระทบต่อการลดความชื้นของแต่ละ BOX และจากการวัดความเร็วลม ที่ไหลผ่านลำไย ขณะทำการอบแห้งพบว่าความเร็วลมที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกันคือเฉลี่ยประมาณ 0.7 เมตรต่อวินาที และความเร็วลมระหว่างตรงกลางกับบริเวณขอบนอกมีความแตกต่างกันเล็กน้อยซึ่งกรรมวิธีการกลับทำให้สามารถขจัดผลที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากความเร็วลมที่แตกต่างไปได้ทำให้ผลสุดท้ายลำไยอบแห้งมีความชื้นไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นความชื้นเฉลี่ย [มาตรฐานเปียก(wb),มาตรฐานแห้ง(db)] ของลำไยอบแห้งทั้งผลและอัตราการลดความชื้น [เปอร์เซ็นมาตรฐานแห้ง(db)ต่อชั่วโมง] ของเครื่องที่ปรับปรุง

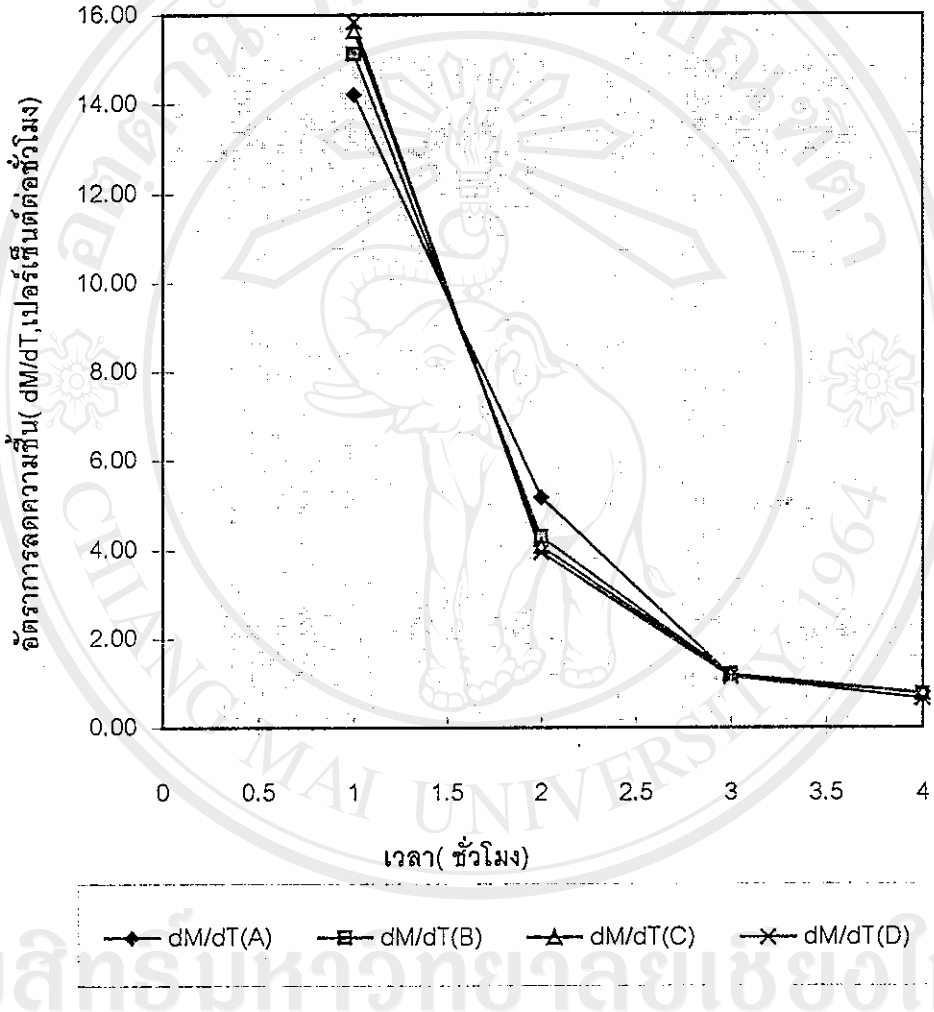
| เวลากลับ | BOX A | | BOX B | | BOX C | | BOX D | | เฉลี่ย | | dM/dT (db) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั่วโมง | wb | db | wb | db | wb | db | wb | db | wb | db | |
| 0 | 75.00 | 300.00 | 75.00 | 300.00 | 75.00 | 300.00 | 75.00 | 300.00 | 75.00 | 300.00 | 0.00 |
| 12 | 56.42 | 129.46 | 54.26 | 118.63 | 52.92 | 112.40 | 52.37 | 109.95 | 53.99 | 117.34 | 15.22 |
| 27 | 34.16 | 51.88 | 35.19 | 54.30 | 33.86 | 51.19 | 33.66 | 50.74 | 34.22 | 52.02 | 4.35 |
| 39 | 27.34 | 37.61 | 28.45 | 39.76 | 26.84 | 36.69 | 26.95 | 36.89 | 27.39 | 43.68 | 1.19 |
| 53(เสร็จ) | 19.99 | 24.98 | 21.54 | 27.45 | 19.30 | 23.92 | 20.82 | 26.29 | 20.41 | 25.15 | 0.86 |

**หมายเหตุ**

การคิดเวลาอบไม่รวมช่วงเวลากลับในแต่ละครั้งและทำการกลับทันทีที่ถึงเวลากลับไม่มีการเปิดพัดลมเป่าระบายความร้อน 1 ชั่วโมงเหมือนกับของเกษตรกร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากภาพที่ 4.3 พบว่าอัตราการลดความชื้นในแต่ละ BOX ของเครื่องที่ปรับปรุงมีค่าใกล้เคียงกันแสดงให้เห็นได้ชัดว่าการออกแบบปรับปรุงเครื่องอบใหม่ ทำให้อัตราการลดความชื้นของลำไยอบแห้งมีความสม่ำเสมอทั้ง 4 ส่วนของกระบะอบที่ปรับปรุง




ภาพที่ 4.3 กราฟอัตราการลดความชื้น(มาตรฐานแห้ง)กับเวลาของการอบลำไยของเครื่องที่ปรับปรุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 ความชื้นและอัตราการลดความชื้นของเครื่องเกษตรกร

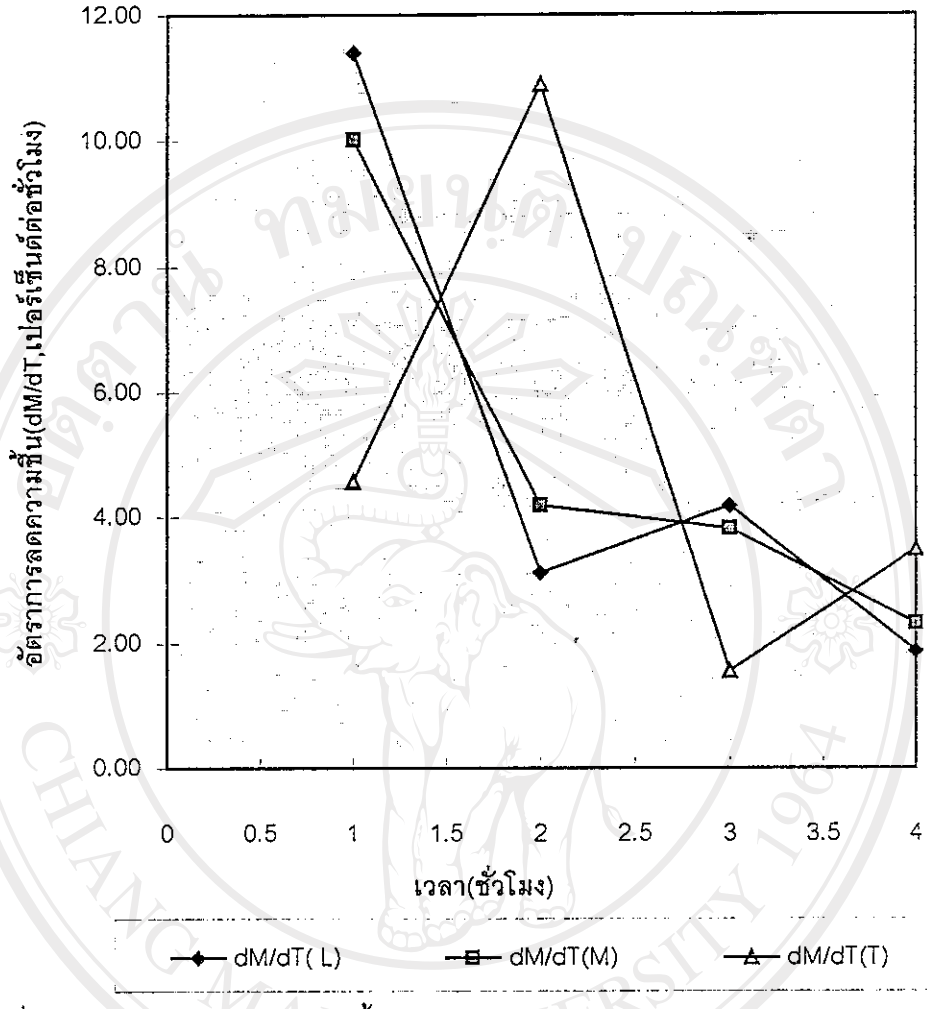
ตารางที่ 4.2 แสดงความชื้นของลำไยอบแห้งทั้งผลที่ตำแหน่งต่างๆ (ล่าง กลาง บน) ภายในกระบะอบของเกษตรกร พบว่าความชื้นสุดท้ายของลำไยชั้นล่าง ชั้นกลางและชั้นบนมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าการกลับมีผลทำให้ความชื้นลำไยในกระบะอบมีความสม่ำเสมอมากกว่าไม่กลับ จากการวัดความเร็วลมในระหว่างทำการอบ ด้านในกับด้านนอกมีความแตกต่างกันเล็กน้อย (0.6 กับ 0.7 เมตร/วินาที) แต่ลักษณะการกลับของเกษตรกรที่มีการสลับ นอก-ใน ทุกครั้งที่ทำการกลับทำให้ลดผลกระทบที่มักเกิดความแตกต่างของความชื้นในแต่ละชั้นของการอบแบบ Batch type ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ปกติที่เกิดขึ้นเสมอดังรายงานของนักวิจัยหลายคน ( Hall 1980, วิวัฒน์ 2533 )

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย [มาตรฐานเปียก(wb),มาตรฐานแห้ง(db)] ของลำไยอบแห้งทั้งผลและอัตราการลดความชื้น [เปอร์เซ็นมาตรฐานแห้ง(db)ต่อชั่วโมง] ที่ได้จากเครื่องอบของเกษตรกร

| เวลากลับ | ชั้นล่าง | | ชั้นกลาง | | ชั้นบน | | เฉลี่ย | | dM/dT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (ชั่วโมง) | wb | db | wb | db | wb | db | wb | db | |
| 0 | 75.00 | 300. | 75.00 | 300.00 | 75.00 | 300.00 | 75.00 | 300.00 | 0.00 |
| 13 | 60.30 | 151.89 | 62.95 | 169.91 | 70.65 | 240.72 | 64.63 | 182.73 | 9.02 |
| 27 | 51.98 | 108.25 | 52.68 | 111.33 | 46.92 | 88.39 | 50.53 | 102.14 | 5.72 |
| 41 | 33.22 | 49.75 | 36.69 | 57.95 | 39.98 | 66.61 | 36.65 | 57.85 | 3.20 |
| 53(เสร็จ) | 21.71 | 27.73 | 23.18 | 30.17 | 19.80 | 24.69 | 21.56 | 27.49 | 2.53 |

ภาพที่ 4.4 แสดงอัตราการลดความชื้นของการอบของเครื่องของเกษตรกร ในช่วงที่ 1 พบว่าอัตราการลดความชื้นของชั้นล่างมีค่าสูงส่วนชั้นบนมีค่าต่ำ ในช่วงที่ 2 หลังจากทำการกลับโดยการสลับตำแหน่งของชั้นล่างกับชั้นบนมีผลทำให้อัตราการลดความชื้นของลำไยชั้นบนมีค่าสูงขึ้น( ลำไยแห้งเร็ว) ส่วนของชั้นล่างมีอัตราการลดความชื้นลดลง (ลำไยแห้งช้า) และในช่วงที่ 3 อัตราการลดความชื้นของชั้นบนมีค่าน้อย ส่วนชั้นล่างมีค่ามาก และในช่วงที่ 4 ชั้นบนมีอัตราการลดความชื้นมากส่วนชั้นล่างมีค่าน้อย จากผลที่เกิดขึ้นทำให้การลดความชื้นของชั้นบนมีการลดความชื้นเร็วขึ้น ส่วนของชั้นล่างมีการลดความชื้นช้าลงทำให้ความชื้นรวมมีค่าใกล้เคียงกันเมื่ออบเสร็จ แสดงให้เห็นได้ชัดว่าการกลับลำไยเป็นระยะๆมีผลทำให้ความชื้นลำไยหลังอบมีความสม่ำเสมอมากกว่าการอบที่ไม่มีการกลับ สำหรับการอบแบบชั้นหนา ( หนา 60 เซ็นติเมตร )

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




ภาพที่ 4.4 กราฟอัตราการลดความชื้น (มาตรฐานแห้ง)กับเวลาของการอบลำไยของเกษตรกร

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นเนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่ง

ตารางที่ 4.3 แสดงความชื้นเฉลี่ยลำไยอบแห้งของเกษตรกร ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างความชื้นโดยวัดความชื้นที่ตำแหน่งตัวอย่างเริ่มต้นและติดตามวัดความชื้นตามตำแหน่งที่เปลี่ยนไป พบว่าการกลับทำให้มีการลดความชื้นสม่ำเสมอมากขึ้นสามารถทำให้ลำไยชั้นบนมีการลดความชื้นเร็วขึ้นในขณะที่ชั้นล่างมีการลดความชื้นช้าลง มีผลทำให้ความชื้นในกระบะอบมีความสม่ำเสมอดีขึ้นกว่าการอบโดยไม่มีการกลับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่** 4.3 เปอร์เซ็นความชื้น (wb) เฉลี่ยของลำไยอบแห้งทั้งผลที่วัดตามตำแหน่งต่างๆ ที่ย้ายไปในเครื่องเกษตรกร

| เวลากลับ (ชั่วโมง) | ลำไยเริ่มต้นจากล่าง | | ลำไยเริ่มต้นจากกลาง | | ลำไยเริ่มต้นจากบน | | %MC(เฉลี่ย) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ตำแหน่งที่วัด MC | % MC | ตำแหน่งที่วัด MC | % MC | ตำแหน่งที่วัด MC | %MC | |
| 0 | ล่าง | 75.00 | กลาง | 75.00 | บน | 75.00 | 75.00 |
| 13 | บน | 60.30 | กลาง | 62.95 | ล่าง | 70.65 | 64.63 |
| 27 | ล่าง | 46.92 | กลาง | 52.68 | บน | 51.98 | 50.53 |
| 41 | บน | 33.22 | กลาง | 36.69 | ล่าง | 39.98 | 36.65 |
| 53 | ล่าง | 19.80 | กลาง | 23.18 | บน | 21.71 | 21.56 |

**หมายเหตุ**

เวลาที่ใช้ในการอบแห้งไม่รวมเวลาที่ใช้กลับในระหว่างการอบซึ่งก่อนกลับวึ่งจะทำการเปิดพัดลมเพียงอย่างเดียวประมาณ 1 ชม.

### 4.2.4 เปรียบเทียบความชื้นเฉลี่ยและอัตราการลดความชื้นของเครื่องเกษตรกรและเครื่องที่ปรับปรุง

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความชื้นเฉลี่ยที่เวลาต่างๆของการอบแห้ง พบว่าความชื้นสุดท้ายของลำไยอบแห้งที่ได้จากเครื่องของเกษตรกรมีค่าใกล้เคียงกับของเครื่องที่ทำการปรับปรุง ซึ่งเครื่องที่ทำการปรับปรุงมีอัตราการลดความชื้นในช่วงแรกมากกว่าเครื่องของเกษตรกร ในช่วงหลังมีอัตราการลดความชื้นลดลงมีค่าใกล้เคียงกัน จะเห็นว่าอัตราการลดความชื้นเป็นไปตามทฤษีการอบแห้งของผลไม้ตามที่นักวิจัยหลายคนได้ทำการวิจัยมาแล้ว ( สมชาติ และสมชาย 2530, วิวัฒน์ 2533, ณอคุณและคณะ 2530 ) กล่าวคืออัตราการลดความชื้นจะสูงในช่วงต้นและลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

ภาพที่ 4.5 ค่าอัตราการลดความชื้นเฉลี่ย พบว่าในช่วงแรกอัตราการลดความชื้นเฉลี่ยของเครื่องที่ปรับปรุงมีค่ามากกว่าของเกษตรกรแสดงว่าความชื้นของเครื่องที่ปรับปรุงถึงจุดที่ใกล้ความชื้นที่ต้องการได้เร็วกว่าของเกษตรกรในช่วงแรกแต่ในช่วงหลังอัตราการลดความชื้นของ

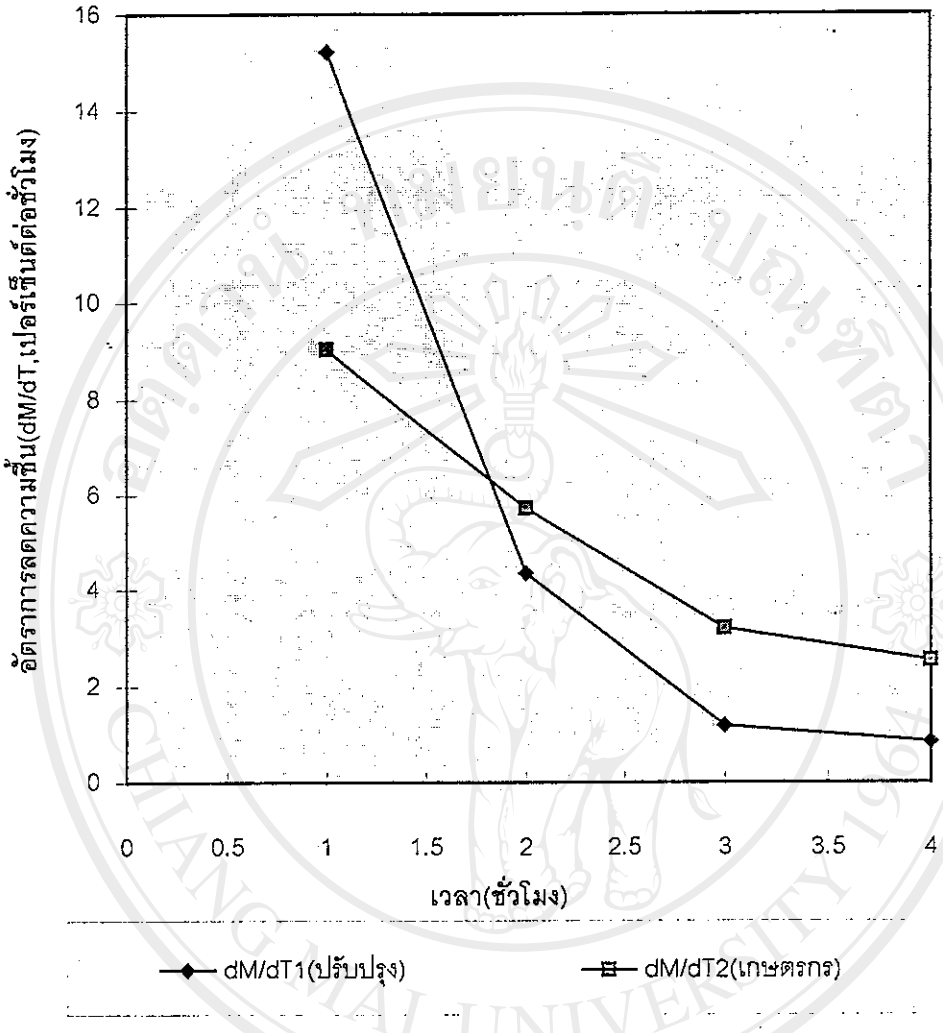
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกษตรกรมีค่ามากกว่า เนื่องจากความชื้นของผลลำไยอบแห้งยังมีค่าสูงกว่า อย่างไรก็ตามความชื้นสุดท้ายของเครื่องที่ปรับปรุงมีค่าน้อยกว่าของเกษตรกร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการกลับของเครื่องที่ปรับปรุงมีผลทำให้อัตราการลดความชื้นได้ดีขึ้นโดยความชื้นของลำไยในเครื่องที่ปรับปรุงมีค่าต่ำกว่าความชื้นลำไยในเครื่องเกษตรกรตลอดทุกช่วงของการอบเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะทุกครั้งก่อนการกลับเกษตรกรต้องเปาลมทิ้งไว้ก่อนประมาณ 1 ชั่วโมง ทำให้อุณหภูมิลำไยลดลง

**ตารางที่** 4.4 เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย [มาตรฐานเปียก(wb),มาตรฐานแห้ง(db)] ของลำไยอบแห้งทั้งผลและอัตราการลดความชื้น [เปอร์เซ็นมาตรฐานแห้ง(db)ต่อชั่วโมง] ที่ได้จากเครื่องที่ปรับปรุงและเครื่องของเกษตรกร

| เวลากลับ (ชั่วโมง) | เครื่องที่ปรับปรุง | | dM/dT(db) | เครื่องของเกษตรกร | | dM/dT(db) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ความชื้น | | เปอร์เซ็นต์ | ความชื้น | | เปอร์เซ็นต์ |
| | wb | db | ต่อชั่วโมง | wb | db | ต่อชั่วโมง |
| 0 | 75.00 | 300.00 | 0 | 75.00 | 300.00 | 0 |
| 12-14 | 53.99 | 117.34 | 15.22 | 64.63 | 182.73 | 9.02 |
| 26-27 | 34.22 | 52.02 | 4.35 | 50.53 | 102.14 | 5.72 |
| 39-40 | 27.39 | 43.68 | 1.19 | 36.55 | 57.85 | 3.20 |
| 53 | 20.41 | 25.15 | 0.86 | 21.56 | 27.49 | 2.53 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




ภาพที่ 4.5 กราฟอัตราการลดความชื้นเฉลี่ย (มาตรฐานแห้ง) ของเครื่องที่ปรับปรุงและของเกษตรกร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.6 สีเนื้อลำไยอบแห้งหลังอบประมาณ 30 วัน จากเครื่องเกษตรกรซึ่งส่วนใหญ่พบว่ามีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีน้ำตาลไหม้

ภาพที่ 4.7 สีเนื้อลำไยอบแห้งหลังอบประมาณ 30 วัน จากเครื่องที่ปรับปรุงซึ่งพบว่าส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลเข้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.5 คุณภาพของลำไยหลังอบ

ตารางที่ 4.5 การตรวจสอบคุณภาพลำไยอบแห้งหลังอบประมาณ 30 วันพบว่าค่าเฉลี่ยของ Lและ b ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่สำหรับ a ของเครื่องที่ปรับปรุง

มากกว่าของเกษตรกร แสดงว่าสีเนื้อลำไยของเครื่องที่ปรับปรุงมีเฉดสีแดงมากกว่าของเกษตรกร ดังภาพที่ (4.6และ4.7) ซึ่งจากการสังเกตด้วยตาพบว่าสีเนื้อลำไยของเกษตรกรหลังการอบประมาณ 30 วันมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มจนถึงน้ำตาลดำ (ภาพที่4.6) ในขณะที่สีเนื้อลำไยที่ได้จากเครื่องที่ปรับปรุงมีลักษณะสีเนื้อที่อ่อนกว่าคือสีน้ำตาลจนถึงสีน้ำตาลเข้ม (ภาพที่ 4.7) ส่วนค่า pH และ Aw มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยที่ค่า pH และ Aw ของเครื่องที่ปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 5.551 และ 0.6067 ในขณะที่เครื่องของเกษตรกรเท่ากับ 5.057 และ 0.4789 ตามลำดับ แสดงว่าลำไยอบแห้งของเกษตรกรมีความเป็นกรดมากกว่าของเครื่องที่ปรับปรุง และลำไยที่ได้จากเครื่องที่ปรับปรุงสามารถเก็บไว้ในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (ERH) ที่สูงกว่าของเกษตรกร อย่างไรก็ดีค่า Aw จากทั้งสองเครื่องมีค่าน้อยกว่าค่าที่เชื้อรา,ยีสต์ และแบคทีเรียจะเจริญได้ดี (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2537)

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยการตรวจสอบคุณภาพลำไยอบแห้งทั้งผล (ตรวจสอบเฉพาะเนื้อ) ในห้องปฏิบัติการหลังอบประมาณ 30 วัน

| วิธีการกลับ | ค่าเฉลี่ยสี | | | ค่าเฉลี่ย pH | ค่าเฉลี่ย Aw |
|---|---|---|---|---|---|
| | L | a | b | | |
| เครื่องที่ปรับปรุง | 34.01 | 6.801a | -0.481 | 5.551a | 0.6067a |
| เครื่องของเกษตรกร | 33.48 | 5.033b | 2.272 | 5.057b | 0.4789b |
| LSD | NS | 1.4013 | NS | 0.273 | 0.0454 |

หมายเหตุ

อักษรตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leqslant 0.05$)

ค่า L แสดงค่าความสว่างของสี a แสดงค่าเป็นบวกหมายถึง วัตถุมีสีแดง ค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียว b แสดงค่าเป็นบวกหมายถึงวัตถุมีสีเหลือง ค่าเป็นลบ หมายถึงวัตถุมีสีน้ำเงิน

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพเนื้อลำไยหลังอบประมาณ 30 วัน พบว่าลำไยที่ได้จากเครื่องทั้งสองมีค่าไม่แตกต่างกันแต่เครื่องที่ปรับปรุงได้รับการยอมรับในส่วนของเนื้อสัมผัสมากกว่าของเกษตรกร และผลจากการตรวจคุณภาพลำไยในห้องปฏิบัติการ พบว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ( total plate count) เชื้อยีสต์ รา ทั้งหมด ( total yeasts and mold count )มีค่าใกล้เคียงกัน เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด อยู่ในช่วง 0 ถึง 100 cfu/g และเชื้อยีสต์ รา ทั้งหมดอยู่ในช่วง 0 ถึง 50 cfu/g ซึ่งทั้งสองคุณสมบัติมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนด (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2536)

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพเนื้อลำไยหลังอบประมาณ 30 วันโดยการทดสอบด้านประสาทสัมผัส

| วิธีการกลับ | คุณภาพลำไย | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | ความชอบรวม |
| เครื่องที่ปรับปรุง | 5.18 | 5.25 | 4.55 | 5.23a | 2.93 |
| เครื่องของเกษตรกร | 4.90 | 4.80 | 4.35 | 4.23b | 2.58 |
| LSD | NS | NS | NS | 0.6762 | NS |

หมายเหตุ

อักษรตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)

### 4.2.6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้เตาอบของเกษตรกรและของเครื่องที่ปรับปรุง

จากการใช้เตาอบของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรใช้อุณภูมิลมร้อนในการอบ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นใช้อุณภูมิในการอบ 75 องศาเซลเซียส จนเสร็จ และในการอบแต่ละครั้งใช้ลำไยสดประมาณ 2,000 กิโลกรัมสด การกลับในระหว่างการอบใช้วิธีการถ่ายขนถ่ายลำไยจากกระบะหนึ่งไปยังอีกกระบะหนึ่งเมื่อถึงเวลากลับ แต่ถ้าไม่มีกระบะว่างก็จะต้องรอ โดยทำการอุ่นลำไยด้วยลมร้อนที่อุณภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ในการกลับแต่ละครั้งจะใช้แรงงานในการกลับ 2 คน โดยใช้เวลากลับ 2 ชั่วโมงต่อการกลับหนึ่งครั้ง ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมดประมาณ 240-250 ลิตร ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับ Blower ขนาด 1 Hp จากการคิดเทียบการใช้เตาอบ 1 เตาของเครื่องที่ปรับปรุงกับเครื่องของเกษตรกร โดยใช้แรงงานในการกลับ 2 คนเท่ากัน คิดเฉพาะเวลาในการกลับแต่ละครั้ง พบว่าเครื่องของเกษตรกรจะใช้เวลาในการกลับ 2 ชั่วโมงต่อการกลับ 1 ครั้ง ส่วนของเครื่องที่ปรับปรุงใช้เวลาในการกลับ 1.50 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่อการกลับ 1 ครั้ง ดังนั้น ในการอบ 1 Lot เครื่องของเกษตรกรจะใช้แรงงานในการกลับและขนถ่ายลำไยออกเมื่อเสร็จ เท่ากับ 16 คน-ชั่วโมง (2 คน x 4 ครั้ง x 2 ชั่วโมงต่อครั้ง) เครื่องที่ปรับปรุงจะใช้แรงงานเท่ากับ 12 คน-ชั่วโมง (2 คน x 4 ครั้ง x 1.50 ชั่วโมงต่อครั้ง) ถ้าคิดค่าแรง 30 บาทต่อชั่วโมง เครื่องที่ ปรับปรุงจะเสียค่าใช้จ่ายในการกลับเท่ากับ 12x30= 360 บาท ของเกษตรกรเท่ากับ 16x16= 480 บาท ซึ่งน้อยกว่าเครื่องของเกษตร 120 บาท ต่อ Lot (1,200 บาท ต่อปี, คิดการอบ 10 Lots ต่อปีต่อเครื่อง)

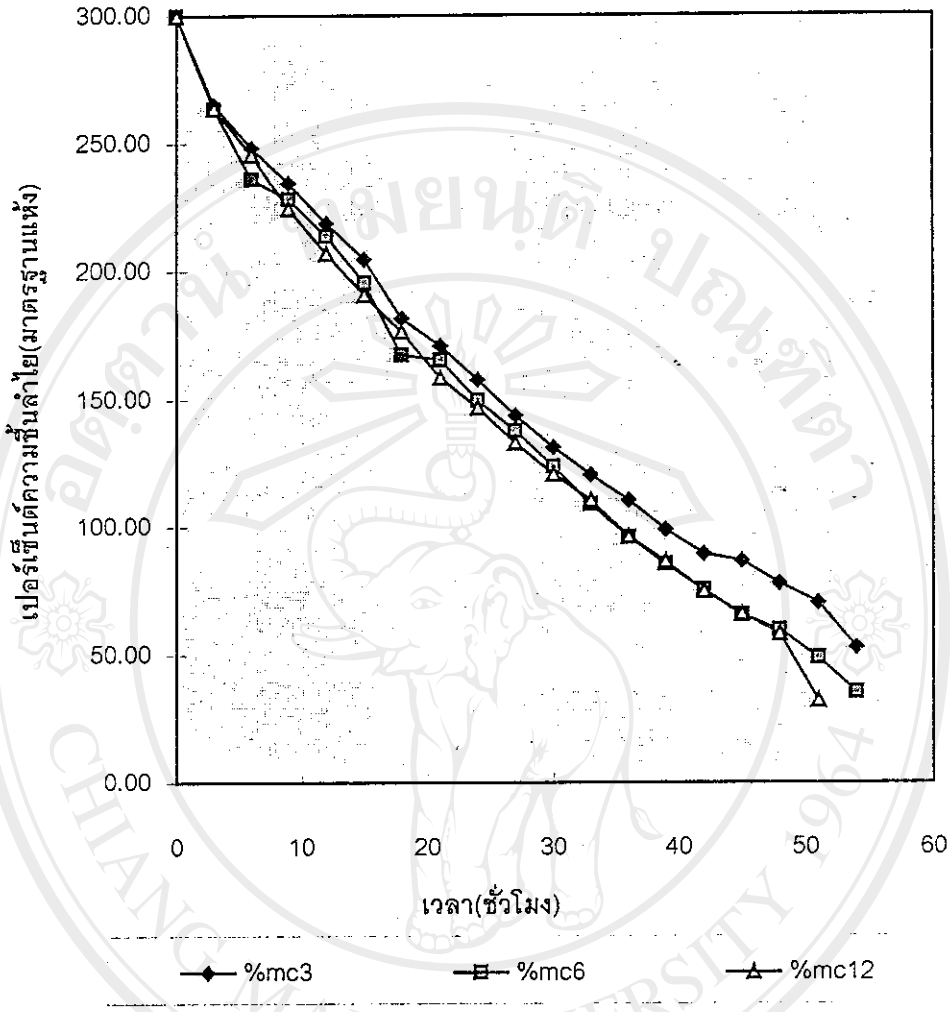
ดังนั้นจากการประเมินเฉพาะค่าแรงงานในการกลับของเครื่องที่ทำการปรับปรุงและเครื่องของเกษตรกร พบว่าค่าใช้จ่ายต่อปีต่อเครื่อง ( อบปีละ 10 Lotsต่อเครื่อง ) เครื่องที่ปรับปรุงมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเครื่องของเกษตรกร 1,200 บาทต่อปีต่อเครื่อง ซึ่งจะเห็นว่าในการปรับปรุงเฉพาะในส่วนของกระบะอบแห้งเพียงอย่างเดียวในขณะที่เกษตรกรมีกระบะอบอยู่แล้วจะสามารถคืนทุนได้ภายใน 6 ปี คิดการปรับปรุงเครื่องที่เกษตรกรมีอยู่แล้วเสียค่าใช้จ่าย 7,200 บาท

**4.3 การศึกษาช่วงเวลาในการกลับลำไยที่เหมาะสมโดยใช้เครื่องอบแห้งจำลอง**

4.3.1 ผลของระยะเวลากลับ

ภาพที่ 4.8 การลดความชื้นของลำไยเกรด AA อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าที่เวลากลับทุกๆ 6 และ 12 ชั่วโมง มีการลดความชื้นใกล้เคียงกัน และมีค่ามากกว่าที่เวลากลับทุกๆ 3 ชั่วโมง แสดงว่าการกลับถี่เกินไปกับมีโอกาสทำให้การลดความชื้นน้อยลง เนื่องจากในการกลับแต่ละครั้งจะทำให้อุณหภูมิของลำไยลดต่ำลง เมื่อเริ่มอบใหม่จึงจำเป็นต้องใช้ความร้อนส่วนหนึ่งในการทำให้อุณหภูมิของลำไยสูงขึ้น และการกลับทุกๆ 3 ชั่วโมง ในทางปฏิบัติก็มีขั้นตอนการทำงานมากเกินไปและอาจทำให้เกิดการการสูญเสียเนื่องจากลำไยแตกระหว่างการกลับได้ เพราะลำไยยังสดอยู่ ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการกลับจึงควรใช้ 12 ชั่วโมงสำหรับลำไยเกรด AA อบที่อุณหภูมิต่ำ (60 องศาเซลเซียส )

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



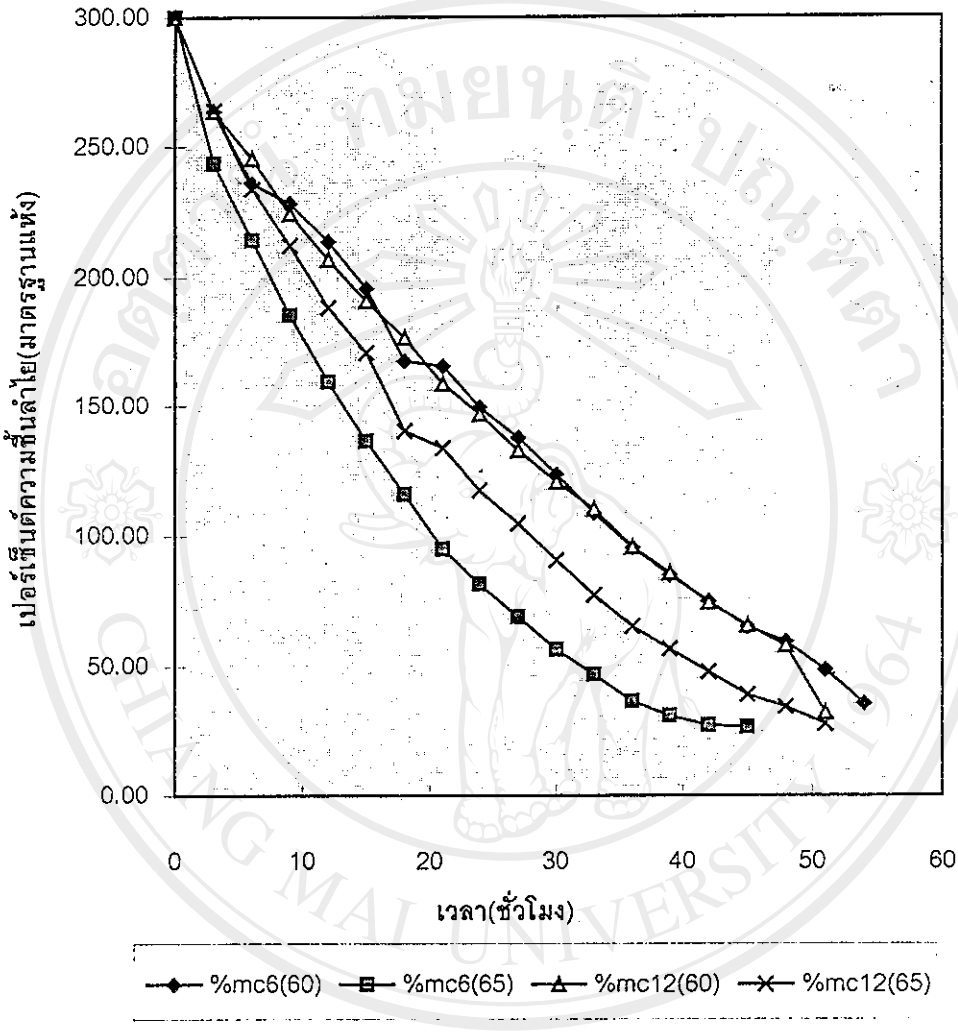

ภาพที่ 4.8 กราฟความชื้นลำไยกับเวลาในการกลับลำไยเกรด AA ทุก ๆ 3, 6 และ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ย 0.6 เมตรต่อวินาที

4.3.2 ผลของอุณภูมิ

ภาพที่ 4.9 แสดงการลดความชื้นลำไยที่อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลากลับทุก ๆ 6 ชั่วโมงมีการลดความชื้นได้มากกว่า 12 ชั่วโมง และใช้เวลาในการอบน้อยกว่า แสดงว่าที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส การกลับทุก ๆ 6 ชั่วโมง มีความเหมาะสมกว่าที่เวลา 12 ชั่วโมง แต่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลากลับทุกๆ 6 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมงมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นเวลากลับที่เหมาะสมคือที่เวลา 12 ชั่วโมงเพราะมีขั้นตอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทำงานน้อยกว่า และการอบแห้งที่อุณหภูมิอบแห้งต่างกันคือ 60 และ 65 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีการลดความชื้นของลำไยมากกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส




ภาพที่ 4.9 กราฟความชื้นลำไยกับเวลาในการกลับลำไยเกรด AA ทุก ๆ 6 และ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 60 องศาเซลเซียส และ65 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ย 0.6 เมตรต่อวินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.3 ผลของขนาดลำไย

ภาพที่ 4.10 แสดงการอบลำไยเกรด AB ที่อุณหภูมิ 60 และ65 องศาเซลเซียส พบว่าที่เวลากลับทุก ๆ 6 ชั่วโมงมีการลดความชื้นมากกว่าทุกๆ 12 ชั่วโมงและใช้เวลาในการอบน้อยกว่า 12 ชั่วโมง แสดงว่าลำไยเกรด AB เวลาที่เหมาะสมในการกลับคือทุกๆ 6 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างจากผล

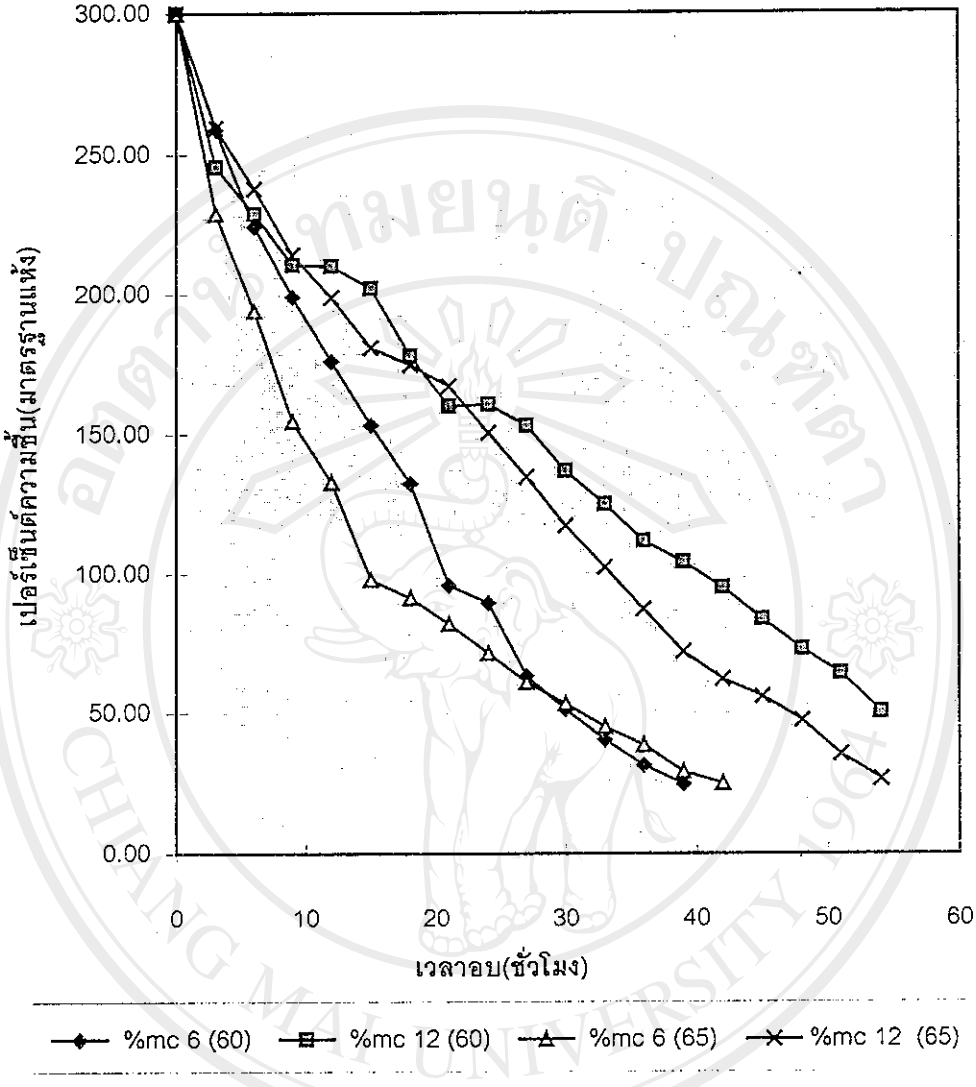
ที่ได้ในการอบลำไยเกรด AA ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลาที่เหมาะสมในการกลับคือ 12 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า ลำไยขนาดเล็กกว่า การแห้งของลำไยเริ่มเกิดขึ้นได้เร็วกว่าจึงต้องมีการกลับบ่อยกว่าลำไยขนาดโตกว่า ซึ่งเปรียบเทียบจากภาพที่ 4.8 และ 4.10 จะเห็นว่าลำไยเกรด AA ใช้เวลาในการอบถึง 54 ชั่วโมงในขณะที่ลำไยเกรด AB ใช้เวลาเพียง 42 ชั่วโมง ( ที่อุณหภูมิการอบ 60 องศาเซลเซียส เท่ากัน ) ความชื้นสามารถลดลงถึงระดับที่ต้องการ และการกลับลำไยทุกๆ 6 ชั่วโมงและ 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันเวลากลับเวลาเดียวกันการลดความชื้นไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงให้เห็นว่าในลำไยขนาดเล็กกว่าผลของการกลับที่เวลาต่างๆกันมีผลต่อการลดความชื้นของลำไยอบแห้งมากกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วง 60ชั่วโมงกับ 65 องศาเซลเซียส

จากการทดลองหาช่วงเวลากลับที่เหมาะสมของลำไยในระหว่างทำการอบแห้งสามารถแยกออกได้ดังนี้

สำหรับลำไยเกรด AA ที่อุณภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลากลับทุกๆ 6 และ 12 ชั่วโมงมีการลดความชื้นไม่แตกต่างกัน ดังนั้นควรเลือกเวลากลับที่ 12 ชั่วโมงเพราะทำให้ลดค่าแรงงานและลดขั้นตอนการทำงานลง ส่วนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลากลับ ทุก 6 ชั่วโมง เหมาะสมกว่า 12 ชั่วโมง

สำหรับลำไยเกรด AB การกลับทุก ๆ 6 ชั่วโมง มีการลดความชื้นได้ดีกว่าที่เวลากลับทุกๆ 12 ชั่วโมงทั้งอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังนั้นสำหรับลำไยเกรด AB เวลากลับที่เหมาะสมคือทุกๆ 6 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




ภาพที่ 4.10 กราฟความชื้นลำไยกับเวลาในการกลับลำไยเกรด AB ทุก ๆ 6 และ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 60 องศาเซลเซียส และ 65 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ย 0.6 เมตรต่อวินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลการสำรวจการใช้เตาอบแบบได้หวันของเกษตรกรรายย่อย พบว่ามีปัญหาในการใช้เครื่องอบโดยเฉพาะในขั้นตอนการกลับลำไยในระหว่างการอบ ซึ่งมีผลทำให้ความชื้นลำไยหลังอบไม่สม่ำเสมอและเกิดการสูญเสียในระหว่างการอบ เช่น ลำไยแตก ลำไยเสียรูปทรง เป็นต้น

5.1.2 ผลการทดลองใช้เครื่องที่ปรับปรุงเปรียบเทียบกับของเกษตรกรพบว่า เครื่องที่ปรับปรุงสามารถทำงานได้คล่องตัว สะดวก และความชื้นลำไยหลังอบสม่ำเสมอ ในระหว่าการทำงานสามารถทำงานได้โดยใช้แรงงานเพียง 1 หรือ 2 คนและยังสามารถทำงานเพียงเครื่องเดียวได้โดยลำพัง

5.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลการใช้แรงงานในการกลับลำไยของเครื่องเกษตรกรและเครื่องที่ปรับปรุง พบว่าเครื่องที่ปรับปรุงลดชั่วโมงการทำงานลง 4 คน-ชั่วโมงต่อการอบ 1 ครั้ง หรือคิดเป็นค่าแรง 1,200 บาทต่อปี ( อบ 10 ครั้ง) ถ้าเกษตรกรดัดแปลงเครื่องเดิมจะสามารถคืนทุนภายใน 6 ปี

5.4 ผลการตรวจสอบคุณภาพพบว่าลำไยที่ได้จากเครื่องที่ปรับปรุงมีความชื้นเฉลี่ย 20.41 เปอร์เซ็นต์ ( wb ), Aw = 0.6067 ,pH = 5.55 ของเกษตรกร ความชื้นเฉลี่ย 21.56 เปอร์เซ็นต์ ( wb) , Aw = 0.4789 , pH = 5.06 ซึ่งพบว่าคุณภาพโดยรวมไม่แตกต่างกัน

5.5 การทดสอบด้านประสาทสัมผัสพบว่า ลำไยที่ได้จากเครื่องที่ทำการปรับปรุงกับเครื่องของเกษตรกร ได้รับความนิยมจากผู้บริโภครวมไม่แตกต่างกัน แต่เนื้อสัมผัสมีความแตกต่างกันโดยที่เครื่องที่ปรับปรุงได้รับความนิยมมากกว่าของเกษตรกร และสีที่ได้จากเครื่องที่ทำการปรับปรุงมีสีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้มส่วนของเกษตรกรมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงน้ำตาลดำ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อราและยีสต์ ทั้งหมด ไม่แตกต่างกัน และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

5.6 ผลจากการศึกษาช่วงเวลาในการกลับที่เหมาะสม พบว่าลำไยเกรด AA อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาในการกลับที่เหมาะสมอยู่ที่ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาในการกลับที่เหมาะสมอยู่ที่ 6 ชั่วโมง สำหรับลำไยเกรด AB อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียสช่วงเวลาในการกลับที่เหมาะสมอยู่ที่ 6 ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงเวลาเร็วกว่าที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในกรณีที่จะทำการตรวจสอบคุณภาพลำไยหลังอบโดยการตรวจสอบเชื้อรา ควรมีการตรวจสอบเชื้อราก่อนทำการอบเพื่อให้แน่ใจว่าเชื้อราไม่ได้เกิดขึ้นตั้งแต่ก่อนทำการอบ

5.2.2ในการทดลองเปรียบเทียบควรมีเครื่องสำรองหรืออะไหล่ไว้คอยเปลี่ยน ชิ้นส่วนที่อาจเสียในระหว่างทำการทดลองเช่นสายพาน ตลับลูกปืน ขดลวดควบคุมวาวล์น้ำมัน เป็นต้น

5.2.3 ในการเก็บข้อมูลความชื้นควรมีการทำการวัดหาความชื้นทันทีเมื่ออบเสร็จและทำการถ่ายภาพทันทีที่อบเสร็จ ( เน้นแสดงสีเนื้อลำไยหลังอบ)

5.2.4 สำหรับเครื่องอบแห้งจำลองจำเป็นต้องทดสอบเครื่องเพื่อควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งให้ได้คงที่แน่นอนก่อนลงมือทดลอง เช่น ควบคุมอุณหภูมิลมร้อนของอากาศขาเข้า ความเร็วลม เป็นต้น

5.2.5 ควรจัดเตรียมเรื่องเครื่องมือวัดให้พร้อมและสามารถใช้งานได้สะดวกรวดเร็ว

5.2.6 ในการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ควรนำข้อมูลราคาขายลำไยอบแห้งจากเครื่องที่ปรับปรุงกับเครื่องของเษตรกรมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งจะสามารถวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

## เอกสารอ้างอิง


กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2536 เอกสารแนบท้ายประกาศ เรื่อง เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ลงวันที่ 26 สิงหาคม 2536 .8 หน้า

กรมส่งเสริมการเกษตร.2539.รายงานการสำรวจการอบแห้งลำไยในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.50 หน้า

กลุ่มเกษตรสัญจร.2530. ลิ้นจี่-ลำไย.สหมิตรออฟเซท.กรุงเทพฯ 71 หน้า.

ฉันทนา ศรีดา.2531. การศึกษาการเจริญของดอกและผลลำไย. วิทยานิพนธ์.ภาควิชาพืช ศาสตร์และบัณฑิตวิทยาลัย.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 44 หน้า.

ณัฐวุฒิ ดุษฎี. 2534. การพัฒนาระบบการอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม. วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 120 หน้า.

ณอคุณ สิทธิพงศ์, วิวัฒน์ คล่องพานิช,ประพันธ์ ศิริพลับพลา,ประดิษฐ์ เทอดทูล,ธีระ ศิระธนาพันธ์ และ สาทิส ถาวรนันท์.2530." โครงการเครื่องอบแห้งพืชหลายชนิด" เอกสารการประชุมทางวิชาการเรื่อง "เทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม" จัดโดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .หน้า 125-132.

ดาวเรือง ศรีกอก. 2530. ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาผลลำไยพันธุ์ดอ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 98 หน้า

ทักษณา ลอยจิรกุล.2528. ลักษณะสมบัติของการอบแห้งของผลิตภัณฑ์เกษตรบางชนิดในประเทศไทย วิทยานิพยธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.91.หน้า.

ธิดา ไชยวังศรี.2535. โรคของลำไยพันธ์ดอก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ วิทยศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงพหม่. 134 หน้า.

รจนา วงศ์ณิชชากุลและ รสริน พันธุ์วุฒิ 2540 การศึกษาหาความชื้นสมดุลและอัตราการอบแห้งลำไย โครงงานวิศวกรรม หลักสูตรปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .90 หน้า.


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รัตนา อัตตปัญโญ ลักขณา มีน่วมและสุนทร วงศ์สวัสดิ์. 2520.การศึกษาเปรียบเทียบ เพื่อหาวิธีการทำลำไยแห้งที่เหมาะสมกับลำไยแต่ละพันธุ์. รายงานผลการวิจัย. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 51 หน้า.

วิวัฒน์ คล่องพานิช. 2533. การศึกษาการอบแห้งลำไยโดยใช้ก๊าซหุงต้ม.รายงานผลการวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 36 หน้า

ศิวะ อัจฉริยวิริยะ และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์.2532ก. การศึกษาพารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งกล้วยน้ำว้า วารสารวิศวกรรมศาสตร์ เล่ม 4 ประจำปี 2532.หน้า 80-85.

_____.2532ข. การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งมะละกออบแห้งที่เหมาะสม การประชุมวิชาการร่วมสาขาวิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมเคมี. 12-13 ธันวาคม 2532. ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.7หน้า.

ศิวะ อัฉริยวิริยะ และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์.2533.การศึกษาพารามิเตอร์สำหรับการอบแห้งมะละกอแช่อิ่ม ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 24,196-207

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.2537. แผนการวิจัยและพัฒนาลำไยครบวงจร (กรุงเทพ).หน้า 2-57.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และ วิไลพร นพรัตน์ไกรลาส. 2530 อุปกรณ์การศึกษาอัตราการอบแห้งเมล็ดพืชและผลการทดสอบข้าวเปลือก การประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 28-30 ตุลาคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 8 หน้า.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และ สมชาย ฉินสกลธนากร. 2530.อิทธิพลของความร้อนจากการหายใจต่ออัตราการอบแห้งเมล็ดพืช การประชุมสัมมนาทางวิชาการเรื่อง เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 28-30 ตุลาคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 10 หน้า.

สำนักงานเกษตรภาคเหนือ.2534. สรุปสถานการณ์ลำไยและแนวทางการพัฒนา นำเสนอในการประชุม คณะอนุกรรมการวิจัยและพัฒนาการผลิตการตลาดลำไยภาคเหนือ วันที่ 8 กรกฎาคม 2534 ณ สำนักงานเกษตรภาคเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. 66 หน้า.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่.2540. สรุปรายงานโครงการส่งเสริมการอบแห้งลำไยปี 40 สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่.60หน้า.

สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงใหม่.2537. รายงานสถานการณ์การผลิตและการตลาดลำไย จังหวัดเชียงใหม่.15 หน้า.

สุภาวรรณ วชิรมน. 2533. การศึกษาหาแนวทางการอบแห้งถั่วเหลืองแบบเป็นงวดที่เหมาะสม วิทยานิพนธ์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี .121 หน้า.

สุรนันท์ สุภัทร์พันธุ์.2528.สาเหตุที่ทำให้ผลผลิตลำไยต่ำ.เอกสารประกอบการสัมมนา สถาบันวิจัยพืชสวน.กรมวิชาการเกษตร. 54 หน้า.

Hall, C.W. 1980. Drying and Storage of Agricultural Crops.AVI Publishing Company,Inc.Westport Connecticat.USA 382pp.

Klongpanich,W. 1991. Longan Drying in Thailand, Ph.D Thesis.University of Reading.UK.241 pp.

Robinson,C. 1965. Interferometric Studies in Diffusion. Determination of Concentration Distribution. Proc.Roy.Soc.Agr.204:339.

Sitthipong,N.1989. Multi-crop dryers Project, Final Report, First Phase (1986- 1988), Chaing Mai University,Thailand.160.pp.

Yang, C.C. and Chinna,M.S. 1987. Modeling of Color Development of Tomatoes in Modified Atmoshere Storage.Transaction of the ASAE.Vol.30(2):548-553

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 1 ข้อมูลการทดลองครั้งที่ 1 ของเครื่องที่ปรับปรุง

(เริ่ม 10.00 pm )

กลับครั้งที่ 1

| BOX | TIME | AIRtemp | %Rhair | AIRvel | AIRtem | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 10.00am | 40 | 56 | 0.7 | 40.1 | 72 | 55.56 |
| B | 10.00am | 40 | 56 | 0.7 | 38.1 | 73 | 54.68 |
| C | 10.00am | 40 | 56 | 0.8 | 43.1 | 68.5 | 53.15 |
| D | 10.00am | 40 | 56 | 0.7 | 42.5 | 69.3 | 51.26 |

กลับครั้งที่ 2

| BOX | TIME | AIRtemp | %Rhair | AIRvel | AIRtem | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 11.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.7 | 36.5 | 70 | 32.47 |
| B | 11.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.7 | 38.1 | 72 | 34.25 |
| C | 11.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.8 | 40.6 | 65.8 | 33.56 |
| D | 11.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.7 | 42.1 | 67.3 | 32.18 |

กลับครั้งที่ 3

| BOX | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 02.00pm | 39.5 | 50.1 | 0.7 | 39.5 | 58 | 26.21 |
| B | 02.00pm | 39.5 | 50.1 | 0.7 | 40.5 | 56 | 27.65 |
| C | 02.00pm | 39.5 | 50.1 | 0.8 | 41 | 53 | 26.47 |
| D | 02.00pm | 39.5 | 50.1 | 0.7 | 43 | 52 | 26.74 |

สิ้นสุดการอบ

| BOX | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 03.00am | 34.4 | 72 | 0.7 | 43 | 65 | 19.54 |
| B | 03.00am | 34.4 | 72 | 0.7 | 42 | 67 | 23.08 |
| C | 03.00am | 34.4 | 72 | 0.8 | 44 | 64.3 | 19.42 |
| D | 03.00am | 34.4 | 72 | 0.7 | 43 | 65.1 | 20.05 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 2 ข้อมูลการทดลองครั้งที่ 2 ของเครื่องที่ปรับปรุง

(เริ่ม 10.00 pm)

กลับครั้งที่ 1

| BOX | TIME | AIRtemp | %Rhair | AIRvel | AIRtem | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 10.30am | 37.5 | 67.5 | 0.7 | 38 | 75 | 57.21 |
| B | 10.30am | 37.5 | 67.5 | 0.7 | 38.5 | 75 | 53.84 |
| C | 10.30am | 37.5 | 67.5 | 0.8 | 39 | 77 | 52.68 |
| D | 10.30am | 37.5 | 67.5 | 0.7 | 40 | 78 | 53.47 |

กลับครั้งที่ 2

| BOX | TIME | AIRtemp | %Rhair | AIRvel | AIRtem | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 11.00pm | 39.5 | 53 | 0.7 | 40.2 | 58 | 35.84 |
| B | 11.00pm | 39.5 | 53 | 0.7 | 39.5 | 57 | 36.14 |
| C | 11.00pm | 39.5 | 53 | 0.8 | 41.5 | 59 | 34.15 |
| D | 11.00pm | 39.5 | 53 | 0.7 | 41.2 | 58.5 | 35.14 |

กลับครั้งที่ 3

| BOX | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 12.00am | 39 | 65 | 0.7 | 42 | 63 | 28.46 |
| B | 12.00am | 39 | 65 | 0.7 | 41 | 65 | 29.24 |
| C | 12.00am | 39 | 65 | 0.8 | 43 | 62 | 27.21 |
| D | 12.00am | 39 | 65 | 0.7 | 43 | 61 | 27.16 |

สิ้นสุดการอบ

| BOX | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 02.00am | 34.4 | 72 | 0.7 | 43 | 65 | 20.45 |
|  | 02.00am | 34.4 | 72 | 0.7 | 42 | 67 | 20 |
| C | 02.00am | 34.4 | 72 | 0.8 | 44 | 64.3 | 19.17 |
| D | 02.00am | 34.4 | 72 | 0.7 | 43 | 65.1 | 21.58 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 3 ข้อมูลการทดลองครั้งที่ 3 ของเครื่องที่ปรับปรุง

(เริ่ม 12.00 pm)

กลับครั้งที่ 1

| BOX | TIME | AIRtemp | %Rhair | AIRvel | AIRtem | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 02.00am | 35.2 | 50.1 | 0.7 | 39.5 | 58 | 56.49 |
| B | 02.00am | 35.2 | 50.1 | 0.7 | 40.5 | 56 | 56.24 |
| C | 02.00am | 35.2 | 50.1 | 0.8 | 41 | 53 | 52.93 |
| D | 02.00am | 35.2 | 50.1 | 0.7 | 43 | 52 | 52.38 |

กลับครั้งที่ 2

| BOX | TIME | AIRtemp | %Rhair | AIRvel | AIRtem | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 04.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.7 | 36.5 | 70 | 34.17 |
| B | 04.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.7 | 38.1 | 72 | 35.18 |
| C | 04.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.8 | 40.6 | 65.8 | 33.87 |
| D | 04.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.7 | 42.1 | 67.3 | 33.66 |

กลับครั้งที่ 3

| BOX | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 05.00am | 39.5 | 50.1 | 0.7 | 39.5 | 58 | 27.32 |
| B | 02.00am | 39.5 | 50.1 | 0.7 | 40.5 | 56 | 28.46 |
| C | 02.00am | 39.5 | 50.1 | 0.8 | 41 | 53 | 26.84 |
| D | 02.00am | 39.5 | 50.1 | 0.7 | 43 | 52 | 26.95 |

สิ้นสุดการอบ

| BOX | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 04.00pm | 34.4 | 72 | 0.7 | 43 | 65 | 19.98 |
| B | 04.00pm | 34.4 | 72 | 0.7 | 42 | 67 | 21.54 |
| C | 04.00pm | 34.4 | 72 | 0.8 | 44 | 64.3 | 19.31 |
| D | 04.00pm | 34.4 | 72 | 0.7 | 43 | 65.1 | 20.83 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 4 ข้อมูลการทดลองครั้งที่ 1 ของเครื่องเกษตรกร

( เริ่ม 10.00 pm )

กลับครั้งที่ 1

| ชั้น | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ล่าง | 10.00am | 40 | 56 | 0.7 | 42 | 71 | 59.18 |
| กลาง | 10.00am | 40 | 56 | 0.7 | 39 | 72 | 69.33 |
| บน | 10.00am | 40 | 56 | 0.8 | 42 | 70 | 70.37 |

กลับครั้งที่ 2

| ชั้น | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ล่าง | 12.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.7 | 37.8 | 69 | 46.67 |
| กลาง | 12.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.7 | 39.1 | 67 | 58.14 |
| บน | 12.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.8 | 40.6 | 65.8 | 52.62 |

กลับครั้งที่ 3

| ชั้น | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ล่าง | 02.00pm | 39.5 | 50.1 | 0.7 | 41 | 57 | 34.52 |
| กลาง | 02.00pm | 39.5 | 50.1 | 0.7 | 39 | 58 | 35.71 |
| บน | 02.00pm | 39.5 | 50.1 | 0.8 | 40 | 60 | 39.51 |

| ชั้น | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ล่าง | 03.00am | 34.4 | 72 | 0.7 | 42 | 64.5 | 19.44 |
| กลาง | 03.00am | 34.4 | 72 | 0.7 | 40 | 66 | 24.24 |
| บน | 03.00am | 34.4 | 72 | 0.8 | 43 | 65 | 25 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 5 ข้อมูลการทดลองครั้งที่ 2 ของเครื่องเกษตรกร

( เริ่ม 10.00 pm )

กลับครั้งที่ 1

| ชั้น | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ล่าง | 10.30am | 37.5 | 67.5 | 0.7 | 39 | 74 | 61.89 |
| กลาง | 10.30am | 37.5 | 67.5 | 0.7 | 38.1 | 73.5 | 65.41 |
| บน | 10.30am | 37.5 | 67.5 | 0.8 | 40 | 75 | 69.24 |

กลับครั้งที่ 2

| ชั้น | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ล่าง | 12.00pm | 39.5 | 53 | 0.7 | 41 | 59 | 47.25 |
| กลาง | 12.00pm | 39.5 | 53 | 0.7 | 40 | 57 | 53.14 |
| บน | 12.00pm | 39.5 | 53 | 0.8 | 42 | 58.5 | 50.48 |

กลับครั้งที่ 3

| ชั้น | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ล่าง | 01.00pm | 39 | 65 | 0.7 | 43 | 64 | 33.35 |
| กลาง | 01.00pm | 39 | 65 | 0.7 | 40 | 65 | 37.21 |
| บน | 01.00pm | 39 | 65 | 0.8 | 42.5 | 63.5 | 39.98 |

สิ้นสุดการอบ

| ชั้น | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ล่าง | 02.00am | 34.4 | 72 | 0.7 | 42 | 61 | 19.95 |
| กลาง | 02.00am | 34.4 | 72 | 0.7 | 44 | 66 | 23.07 |
| บน | 02.00am | 34.4 | 72 | 0.8 | 41.9 | 63 | 22.1 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 6 ข้อมูลการทดลองครั้งที่ 3ของเครื่องเกษตรกร

( เริ่ม 12.00 pm )

กลับครั้งที่ 1

| ชั้น | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ล่าง | 02.00am | 35.2 | 50.1 | 0.7 | 39.5 | 58 | 59.83 |
| กลาง | 02.00am | 35.2 | 50.1 | 0.7 | 40.5 | 56 | 54.11 |
| บน | 02.00am | 35.2 | 50.1 | 0.8 | 41 | 53 | 72.34 |

กลับครั้งที่ 2

| ชั้น | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ล่าง | 04.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.7 | 36.5 | 70 | 46.84 |
| กลาง | 04.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.7 | 38.1 | 72 | 46.76 |
| บน | 04.00pm | 35.5 | 54.2 | 0.8 | 40.6 | 65.8 | 52.84 |

กลับครั้งที่ 3

| ชั้น | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ล่าง | 05.00am | 39.5 | 50.1 | 0.7 | 39.5 | 58 | 31.79 |
| กลาง | 02.00am | 39.5 | 50.1 | 0.7 | 40.5 | 56 | 37.15 |
| บน | 02.00am | 39.5 | 50.1 | 0.8 | 41 | 53 | 40.45 |

สิ้นสุดการอบ

| ชั้น | TIME | AIRtem | %Rhair | AIRvel | AIRtemp | %Rhtop | %MC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ล่าง | 04.00pm | 34.4 | 72 | 0.7 | 43 | 65 | 20.01 |
| กลาง | 04.00pm | 34.4 | 72 | 0.7 | 42 | 67 | 22.23 |
| บน | 04.00pm | 34.4 | 72 | 0.8 | 44 | 64.3 | 18.03 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 7 ข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องเกษตรกรและของเครื่องที่ปรับปรุง

| รายการ | pH | pH | pH | เฉลี่ย | Aw | Aw | Aw | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เครื่องที่ปรับปรุง(ต.ย)1 | 5.86 | 5.88 | 5.81 | 5.85 | 0.63 | 0.65 | 0.63 | 0.64 |
| 2 | 5.33 | 5.6 | 5.58 | 5.5 | 0.61 | 0.63 | 0.6 | 0.61 |
| 3 | 5.35 | 5.28 | 5.27 | 5.3 | 0.58 | 0.58 | 0.55 | 0.57 |
| เครื่องเกษตรกร(ต.ย)1 | 5.47 | 5.48 | 5.38 | 5.44 | 0.55 | 0.55 | 0.53 | 0.54 |
| 2 | 4.84 | 4.88 | 4.88 | 4.87 | 0.48 | 0.48 | 0.47 | 0.47 |
| 3 | 4.9 | 4.85 | 4.83 | 4.86 | 0.43 | 0.4 | 0.42 | 0.42 |

| รายการ | L | L | L | เฉลี่ย | a | a | a | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เครื่องที่ปรับปรุง(ต.ย)1 | 28.97 | 33.58 | 31.46 | 31.34 | 6.58 | 6.61 | 7.98 | 7.06 |
| 2 | 37.14 | 36.02 | 37.09 | 37.08 | 7.82 | 7.12 | 7.99 | 7.98 |
| 3 | 35.87 | 33.17 | 31.81 | 33.62 | 5.11 | 5.63 | 5.79 | 5.51 |
| เครื่องเกษตรกร(ต.ย)1 | 37.16 | 36.48 | 36.39 | 36.68 | 5.8 | 6.19 | 5.68 | 5.89 |
| 2 | 28.94 | 33.59 | 31.26 | 31.26 | 1.77 | 3.11 | 3.25 | 2.71 |
| 3 | 31.24 | 32.48 | 33.32 | 32.35 | 6.33 | 6.54 | 6.63 | 6.5 |

| รายการ | b | b | b | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|
| เครื่องที่ปรับปรุง(ต.ย)1 | 1.46 | 0.7 | -0.53 | 0.54 |
| 2 | -0.66 | 0.29 | 0.44 | 0.02 |
| 3 | -2.5 | -1.71 | -1.81 | -2.01 |
| เครื่องเกษตรกร(ต.ย)1 | -4.55 | -2.14 | -2.99 | -3.23 |
| 2 | 4.09 | 3.57 | 2.35 | 3.34 |
| 3 | 8.02 | 6.1 | 6 | 6.71 |

| รายการ | pH(เฉลี่ย) | Aw(เฉลี่ย) | L (เฉลี่ย) | a (เฉลี่ย) | b (เฉลี่ย) |
|---|---|---|---|---|---|
| เครื่องที่ปรับปรุง(ต.ย)1 | 5.85 | 0.636 | 31.3367 | 7.0567 | 0.5433 |
| 2 | 5.5033 | 0.611 | 37.0833 | 7.9767 | 0.02 |
| 3 | 5.3 | 0.5727 | 33.6167 | 5.51 | -2.01 |
| เครื่องเกษตรกร(ต.ย)1 | 5.4433 | 0.5443 | 36.6767 | 5.89 | -3.2267 |
| 2 | 4.8667 | 0.472 | 31.2633 | 2.71 | 3.3367 |
| 3 | 4.86 | 0.4167 | 32.3467 | 6.5 | 6.7067 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 8 ข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพโดยประสาทสัมผัส ต.ย ที่1ของเครื่องที่ปรับปรุง

| คนที่ | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | ความชอบรวม |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 6 | 5 | 2 | 3 |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 5 | 3 | 2 | 6 | 5 | 4 |
| 6 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 7 | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 |
| 8 | 7 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 10 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| 11 | 6 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 12 | 6 | 5 | 7 | 6 | 5 |
| 13 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 14 | 7 | 3 | 5 | 6 | 5 |
| 15 | 7 | 7 | 6 | 7 | 7 |
| 16 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 |
| 17 | 5 | 7 | 6 | 5 | 5 |
| 18 | 4 | 5 | 4 | 6 | 5 |
| 19 | 5 | 6 | 6 | 4 | 5 |
| 20 | 5 | 6 | 4 | 4 | 4 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 9 ข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพโดยประสาทสัมผัส ต.ย.ที่ 2 ของเครื่องปรับปรุง

| คนที่ | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | ความชอบรวม |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7 | 7 | 6 | 5 | 6 |
| 2 | 6 | 6 | 4 | 6 | 6 |
| 3 | 5 | 4 | 6 | 4 | 4 |
| 4 | 6 | 7 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 |
| 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 7 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 |
| 8 | 4 | 6 | 6 | 5 | 5 |
| 9 | 7 | 4 | 6 | 6 | 5 |
| 10 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| 11 | 5 | 5 | 4 | 6 | 5 |
| 12 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 13 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| 14 | 3 | 3 | 5 | 7 | 4 |
| 15 | 3 | 7 | 6 | 3 | 6 |
| 16 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 17 | 5 | 4 | 6 | 5 | 5 |
| 18 | 6 | 7 | 6 | 4 | 5 |
| 19 | 4 | 6 | 4 | 4 | 5 |
| 20 | 5 | 3 | 6 | 4 | 5 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่10ข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพโดยประสาทสัมผัส ต.ย.ที่ 3 ของเครื่องที่ปรับปรุง

| คนที่ | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | ความชอบรวม |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7 | 7 | 6 | 5 | 6 |
| 2 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 4 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 5 | 5 | 4 | 7 | 7 | 6 |
| 6 | 6 | 5 | 6 | 4 | 5 |
| 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 8 | 7 | 5 | 6 | 3 | 5 |
| 9 | 5 | 5 | 6 | 7 | 5 |
| 10 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 11 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| 12 | 6 | 6 | 7 | 6 | 6 |
| 13 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| 14 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 15 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 16 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 17 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| 18 | 7 | 6 | 5 | 6 | 6 |
| 19 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 20 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 11 ข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพโดยประสาทสัมผัส ต.ย.ที่1ของเกษตรกร

| คนที่ | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | ความชอบรวม |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| 4 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 |
| 5 | 5 | 3 | 7 | 7 | 6 |
| 6 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 7 | 5 | 7 | 5 | 5 | 5 |
| 8 | 7 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| 9 | 3 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| 10 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 11 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 12 | 7 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| 13 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 14 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 15 | 4 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 16 | 7 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 17 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 |
| 18 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 |
| 19 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 |
| 20 | 7 | 5 | 5 | 6 | 5 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่12 ข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพโดยประสาทสัมผัส ต.ยที่ 2 ของเครื่องของเชตรกร

| คนที่ | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | ความชอบรวม |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| 5 | 7 | 6 | 3 | 4 | 4 |
| 6 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 |
| 7 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 2 | 5 | 5 | 2 | 3 |
| 9 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 |
| 10 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 |
| 11 | 6 | 5 | 3 | 6 | 3 |
| 12 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 |
| 13 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 14 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 15 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 |
| 16 | 3 | 6 | 2 | 2 | 3 |
| 17 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 18 | 6 | 5 | 4 | 5 | 4 |
| 19 | 5 | 4 | 2 | 3 | 3 |
| 20 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 13 ข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพโดยประสาทสัมผัส ต.ย.ที่3 ของเกษตรกร

| คนที่ | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | ความชอบรวม |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 4 | 5 | 3 | 5 |
| 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | 6 | 4 | 2 | 3 | 3 |
| 4 | 3 | 5 | 2 | 3 | 3 |
| 5 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 6 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 3 | 4 | 2 | 1 | 3 |
| 9 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 11 | 5 | 4 | 3 | 2 | 3 |
| 12 | 6 | 3 | 1 | 4 | 3 |
| 13 | 5 | 5 | 3 | 1 | 4 |
| 14 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 15 | 3 | 5 | 5 | 1 | 4 |
| 16 | 3 | 4 | 2 | 3 | 1 |
| 17 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 18 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 |
| 19 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 20 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 14 ข้อมูลการอบแห้งลำไยด้วยเครื่องอบแห้งจำลอง เกรด AA กลับทุก 3 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย 60 องศาเซลเซียส

| Time | air vel | t in | t out | m1 | m2 | m3 | %mc1 | %mc2 | %mc3 | %mc av |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.6 | 61.4 | 28.7 | 4975 | 4710 | 5245 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| 3 | 0.6 | 60.2 | 37.6 | 4115 | 4445 | 5165 | 69.78 | 73.51 | 74.61 | 72.63 |
| 6 | 0.6 | 60.5 | 40 | *4440 | 4545 | 3970 | 70.51 | 71.81 | 72.22 | 71.28 |
| 9 | 0.6 | 59.4 | 40.5 | *4395 | 4605 | 3510 | 69.15 | 70.37 | 70.79 | 70.1 |
| 12 | 0.6 | 58.9 | 40.3 | *4185 | 4365 | 3350 | 67.71 | 68.9 | 69.24 | 68.62 |
| 15 | 0.6 | 58.9 | 41.7 | *3955 | 4175 | 3105 | 65.67 | 67.85 | 68.3 | 67.16 |
| 18 | 0.6 | 59.1 | 42 | *3720 | 3800 | 2830 | 63.19 | 64.87 | 65.48 | 64.51 |
| 21 | 0.6 | 60.5 | 40.9 | *3460 | 3505 | 2590 | 62.07 | 63.3 | 63.92 | 63.1 |
| 24 | 0.6 | 60.4 | 42.1 | *3255 | 3210 | 2620 | 60.56 | 61.09 | 61.87 | 61.17 |
| 27 | 0.6 | 59.9 | 42.9 | *3155 | 3195 | 2230 | 57.97 | 59.17 | 59.69 | 58.94 |
| 30 | 0.6 | 58.6 | 44.5 | *3110 | 3085 | 1885 | 55.71 | 56.94 | 57.48 | 56.71 |
| 33 | 0.6 | 58.4 | 46.7 | *2830 | 2860 | 1915 | 53.43 | 54.89 | 55.42 | 54.58 |
| 36 | 0.6 | 61.2 | 46.6 | *2715 | 2745 | 1690 | 51.43 | 52.54 | 53.27 | 52.41 |
| 39 | 0.6 | 60.8 | 46.2 | *2585 | 2565 | 1620 | 49.23 | 49.56 | 50.22 | 49.67 |
| 42 | 0.6 | 60 | 45.8 | *2455 | 2485 | 1395 | 45.92 | 47.38 | 48.62 | 47.11 |
| 45 | 0.6 | 59 | 42.6 | *2360 | 2375 | 1345 | 44.53 | 45.44 | 48.97 | 46.31 |
| 48 | 0.6 | 59.7 | 46.8 | *2275 | 2020 | 905 | 42.45 | 43.84 | 46.52 | 43.67 |
| 51 | 0.6 | 59 | 47 | 2160 | 1925 | 855 | 39.43 | 40.61 | 43.4 | 41.15 |
| 54 | 0.6 | 58.7 | 47.1 | 2005 | 1850 | 765 | 34.76 | 38.2 | 36.75 | 34.51 |



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 57 | 0.6 | 59.9 | 47.2 | 1825 | 1645 | 685 | 28.32 | 30.5 | 29.36 | 29.39 |
| 60 | 0.6 | 60.8 | 46.8 | 1675 | 1450 | 625 | 21.9 | 21.15 | 22.58 | 21.87 |

หมายเหตุ

เครื่องหมาย * หมายถึงทำการกลับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 15 ข้อมูลการอบแห้งลำไยด้วยเครื่องอบแห้งจำลอง เกรด AA กลับทุก 6 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย 60 องศาเวลเซียส

| Time | air vel | t in | t out | m1 | m2 | m3 | %mc1 | %mc2 | %mc3 | %mc av |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.6 | 61 | 28.4 | 4790 | 4790 | 5010 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 |
| 3 | 0.6 | 58.5 | 39.4 | 3965 | 4480 | 4895 | 69.80 | 73.27 | 74.41 | 72.49 |
| 6 | 0.6 | 60.2 | 41.6 | *4180 | 4290 | 3200 | 69.02 | 70.47 | 71.21 | 70.23 |
| 9 | 0.6 | 60.8 | 39.8 | 4080 | 4180 | 3140 | 68.26 | 69.69 | 70.66 | 69.54 |
| 12 | 0.6 | 61.1 | 43.3 | *3845 | 4005 | 3040 | 66.32 | 68.36 | 69.70 | 68.13 |
| 15 | 0.6 | 59.8 | 43.4 | 3600 | 3715 | 3095 | 64.40 | 66.75 | 67.38 | 66.18 |
| 18 | 0.6 | 59.2 | 44.1 | 3095 | 3400 | 2935 | 58.59 | 63.67 | 65.60 | 62.62 |
| 21 | 0.6 | 58.8 | 42 | *3340 | 3395 | 2470 | 62.06 | 62.40 | 62.55 | 62.34 |
| 24 | 0.6 | 58.6 | 44.8 | 3040 | 3210 | 2385 | 58.31 | 60.23 | 61.22 | 59.92 |
| 27 | 0.6 | 59.4 | 44.7 | *3025 | 2980 | 2145 | 56.96 | 58.12 | 58.69 | 57.93 |
| 30 | 0.6 | 59.2 | 45.8 | 2785 | 2820 | 2050 | 53.25 | 55.74 | 56.78 | 55.26 |
| 33 | 0.6 | 58.7 | 48.2 | *2765 | 2800 | 1595 | 50.28 | 52.75 | 53.17 | 52.07 |
| 36 | 0.6 | 60.9 | 50.1 | 2620 | 2590 | 1500 | 47.53 | 48.92 | 50.20 | 48.88 |
| 39 | 0.6 | 61.4 | 50.9 | *2390 | 2410 | 1505 | 45.05 | 46.14 | 46.80 | 46.00 |
| 42 | 0.6 | 58 | 49.9 | 2225 | 2280 | 1445 | 40.98 | 43.07 | 44.59 | 42.88 |
| 45 | 0.6 | 59.4 | 50.1 | *2145 | 2160 | 1265 | 38.48 | 39.70 | 40.30 | 39.49 |
| 48 | 0.6 | 59 | 49.1 | 2050 | 2085 | 1235 | 35.63 | 37.53 | 38.85 | 37.34 |
| 51 | 0.6 | 60.1 | 52.4 | *1980 | 2040 | 885 | 33.82 | 29.17 | 35.22 | 32.74 |
| 54 | 0.6 | 61 | 55.4 | 1880 | 1940 | 825 | 25.87 | 26.61 | 26.10 | 26.19 |



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 57 | 0.6 | 58.9 | 56 | 1800 | 1850 | 800 | 22.58 | 23.04 | 23.79 | 23.14 |

หมายเหตุ

เครื่องหมาย * หมายถึงทำการกลับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 16 ข้อมูลการอบแห้งลำไยด้วยเครื่องอบแห้งจำลอง เกรด AA กลับทุก 12 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย 60 องศาเซลเซียส

| Time | air vel | t in | t out | m1 | m2 | m3 | %mc1 | %mc2 | %mc3 | %mc av |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.6 | 60.9 | 28.3 | 5010 | 5005 | 5300 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| 3 | 0.6 | 61 | 40.9 | 4310 | 4605 | 5050 | 70.94 | 72.83 | 73.76 | 72.51 |
| 6 | 0.6 | 60.4 | 43.5 | 3980 | 4430 | 4880 | 68.53 | 71.76 | 72.85 | 71.05 |
| 9 | 0.6 | 60.9 | 45 | 3595 | 4225 | 4730 | 65.16 | 70.38 | 71.98 | 69.18 |
| 12 | 0.6 | 58.9 | 45.9 | 3285 | 4025 | 4610 | 61.87 | 68.91 | 71.26 | 67.41 |
| 15 | 0.6 | 58.5 | 44.6 | *3950 | 4050 | 3375 | 64.7 | 65.94 | 66.22 | 65.62 |
| 18 | 0.6 | 60 | 43.9 | 3650 | 3865 | 3290 | 61.8 | 64.31 | 65.34 | 63.82 |
| 21 | 0.6 | 61 | 44.9 | 3285 | 3665 | 3170 | 57.56 | 62.36 | 64.03 | 61.32 |
| 24 | 0.6 | 59 | 45.3 | 3065 | 3515 | 3090 | 54.51 | 60.76 | 63.1 | 59.46 |
| 27 | 0.6 | 58.3 | 44.5 | *3310 | 3305 | 2595 | 56.03 | 57.26 | 57.82 | 57.04 |
| 30 | 0.6 | 61.2 | 46.9 | 3050 | 3155 | 2515 | 52.28 | 55.23 | 56.47 | 54.66 |
| 33 | 0.6 | 61 | 48.3 | 2830 | 3010 | 2435 | 48.57 | 53.75 | 55.04 | 52.45 |
| 36 | 0.6 | 59.8 | 48 | 2575 | 2835 | 2340 | 43.48 | 50.18 | 53.22 | 48.93 |
| 39 | 0.6 | 59.3 | 47.7 | *2450 | 2525 | 2355 | 44.94 | 46.58 | 47.27 | 46.26 |
| 42 | 0.6 | 59.5 | 47.4 | 2250 | 2370 | 2260 | 40.05 | 43.09 | 45.05 | 42.73 |
| 45 | 0.6 | 58.6 | 45.8 | 2100 | 2260 | 2175 | 35.76 | 40.32 | 42.91 | 39.66 |
| 48 | 0.6 | 61.2 | 46.4 | 1980 | 2150 | 2105 | 31.87 | 37.27 | 41 | 36.7 |
| 51 | 0.6 | 60.2 | 47 | 1800 | 1750 | 1650 | 25.06 | 22.98 | 24.74 | 24.26 |

หมายเหตุ

เครื่องหมาย * หมายถึงทำการกลับ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 17 ข้อมูลการอบแห้งลำไยด้วยเครื่องอบแห้งจำลอง เกรด AA กลับทุก 6 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย 65 องศาเซลเซียส

| Time | air vel | t in | t out | m1 | m2 | m3 | %mc1 | %mc2 | %mc3 | %mc av |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.6 | 65.5 | 28.4 | 5085 | 4915 | 4985 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| 3 | 0.6 | 64.3 | 45.8 | 3875 | 4405 | 4685 | 67.19 | 72.1 | 73.4 | 70.9 |
| 6 | 0.6 | 66.6 | 48.6 | 3345 | 4120 | 4515 | 61.99 | 70.18 | 72.4 | 68.19 |
| 9 | 0.6 | 66.8 | 46.6 | *3845 | 4075 | 2940 | 62.42 | 65.84 | 66.61 | 64.96 |
| 12 | 0.6 | 64.8 | 49.8 | 3290 | 3770 | 2820 | 56.09 | 63.08 | 65.19 | 61.45 |
| 15 | 0.6 | 65.2 | 51.3 | *3170 | 3425 | 2450 | 55.65 | 58.32 | 59.17 | 57.71 |
| 18 | 0.6 | 64.4 | 53.6 | 2775 | 3145 | 2330 | 49.34 | 54.61 | 57.07 | 53.67 |
| 21 | 0.6 | 64.5 | 55 | *2655 | 2765 | 1895 | 46.12 | 49.18 | 50.97 | 48.75 |
| 24 | 0.6 | 64 | 56.3 | 2415 | 2590 | 1805 | 40.76 | 45.74 | 48.52 | 45 |
| 27 | 0.6 | 64.8 | 52.6 | *2390 | 2470 | 1390 | 39.25 | 41.1 | 42.23 | 40.86 |
| 30 | 0.6 | 66 | 57.9 | 2165 | 2290 | 1315 | 32.93 | 36.47 | 38.94 | 36.11 |
| 33 | 0.6 | 65.2 | 64.5 | *1905 | 1870 | 1640 | 30.96 | 31.89 | 32.88 | 31.91 |
| 36 | 0.6 | 66 | 65.9 | 1760 | 1735 | 1540 | 25.27 | 26.59 | 28.52 | 26.79 |
| 39 | 0.6 | 63.9 | 67.4 | *1805 | 1675 | 1335 | 22.96 | 23.51 | 24.54 | 23.67 |
| 42 | 0.6 | 65.2 | 70 | 1750 | 1625 | 1300 | 20.53 | 21.16 | 22.51 | 21.39 |
| 45 | 0.6 | 66 | 67.6 | *1605 | 1680 | 1260 | 20.36 | 20.94 | 21.47 | 20.92 |

หมายเหตุ

เครื่องหมาย * หมายถึงทำการกลับ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 18 ข้อมูลการอบแห้งลำไยด้วยเครื่องอบแห้งจำลอง เกรด AA กลับทุก 12 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย 65 องศาเซลเซียส

| Time | air vel | t in | t out | m1 | m2 | m3 | %mc1 | %mc2 | %mc3 | %mc av |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.6 | 65.2 | 28.5 | 4645 | 4805 | 5150 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 |
| 3 | 0.6 | 64.8 | 38.5 | 3860 | 4495 | 5025 | 69.92 | 73.28 | 74.38 | 72.52 |
| 6 | 0.6 | 64.9 | 45 | 3375 | 4215 | 4785 | 65.59 | 71.50 | 73.09 | 70.06 |
| 9 | 0.6 | 66 | 41.9 | 2990 | 4040 | 4680 | 61.16 | 70.27 | 72.49 | 67.97 |
| 12 | 0.6 | 65.2 | 46.1 | 2640 | 3800 | 4525 | 56.01 | 68.39 | 71.55 | 65.32 |
| 15 | 0.6 | 64.9 | 44.4 | 3590 | 3815 | 2800 | 61.30 | 63.67 | 64.19 | 63.05 |
| 18 | 0.6 | 65.7 | 45.9 | 2980 | 3450 | 2640 | 53.37 | 59.83 | 62.02 | 58.41 |
| 21 | 0.6 | 65.1 | 42.3 | 2855 | 3365 | 2600 | 51.33 | 58.81 | 61.43 | 57.19 |
| 24 | 0.6 | 64.7 | 44 | 2575 | 3150 | 2500 | 46.04 | 56.00 | 59.89 | 53.98 |
| 27 | 0.6 | 64.4 | 47 | 2730 | 2860 | 2115 | 49.70 | 51.51 | 52.37 | 51.19 |
| 30 | 0.6 | 64.8 | 48.1 | 2470 | 2680 | 2025 | 44.41 | 48.25 | 50.25 | 47.64 |
| 33 | 0.6 | 64.4 | 50.5 | 2245 | 2500 | 1930 | 38.84 | 44.52 | 47.80 | 43.72 |
| 36 | 0.6 | 66.8 | 52.6 | 2055 | 2330 | 1835 | 33.18 | 40.48 | 45.10 | 39.59 |
| 39 | 0.6 | 66.2 | 52.2 | 2170 | 2230 | 1435 | 34.88 | 36.64 | 37.07 | 36.20 |
| 42 | 0.6 | 65 | 52 | 2010 | 2105 | 1380 | 29.70 | 32.87 | 34.57 | 32.38 |
| 45 | 0.6 | 65.3 | 51.9 | 1870 | 1985 | 1310 | 24.44 | 28.82 | 31.07 | 28.11 |
| 48 | 0.6 | 65.5 | 51.6 | 1795 | 1920 | 1270 | 21.28 | 26.41 | 28.90 | 25.53 |
| 51 | 0.6 | 66.1 | 52 | 1765 | 1865 | 790 | 17.61 | 23.62 | 23.66 | 21.63 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 19 ข้อมูลการอบแห้งลำไยด้วยเครื่องอบแห้งจำลอง เกรด AB กลับทุกๆ 6 ชั่วโมง อุรหภูมิเฉลี่ย 60 องศาเซลเซียส

| Time | Airvel | Tin | Toul | m1 | m2 | m3 | %mc1 | %mc2 | %mc3 | %mcav |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.6 | 60.1 | 44 | 4910 | 4765 | 5420 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 |
| 3 | 0.6 | 61 | 43 | 4055 | 4410 | 5155 | 69.73 | 72.99 | 73.71 | 72.14 |
| 6 | 0.6 | 59.5 | 46.3 | *3315 | 4115 | 5110 | 62.97 | 71.05 | 73.48 | 69.17 |
| 9 | 0.6 | 61.5 | 45.7 | 2895 | 3890 | 4960 | 57.60 | 69.38 | 72.68 | 66.55 |
| 12 | 0.6 | 58.4 | 45.9 | *3905 | 3665 | 3630 | 64.00 | 63.71 | 63.51 | 63.74 |
| 15 | 0.6 | 61 | 45.7 | 3435 | 3315 | 3530 | 59.07 | 59.88 | 62.47 | 60.47 |
| 18 | 0.6 | 61.5 | 43.3 | *2995 | 3095 | 3530 | 53.09 | 54.61 | 63.24 | 56.98 |
| 21 | 0.6 | 60.2 | 45.8 | 2745 | 2865 | 3375 | 48.82 | 50.96 | 61.55 | 53.78 |
| 24 | 0.6 | 60.4 | 51.8 | *2385 | 2805 | 2945 | 41.09 | 49.91 | 55.93 | 48.98 |
| 27 | 0.6 | 59.4 | 51.2 | 2365 | 2570 | 2810 | 39.94 | 50.49 | 51.27 | 47.23 |
| 30 | 0.6 | 62 | 47 | *2310 | 2070 | 2535 | 33.45 | 38.53 | 45.98 | 39.32 |
| 33 | 0.6 | 59.4 | 51.4 | 2310 | 2350 | 1355 | 33.45 | 35.50 | 32.70 | 33.88 |
| 36 | 0.6 | 61.3 | 57 | *1950 | 2150 | 1340 | 23.90 | 29.50 | 31.94 | 28.45 |
| 39 | 0.6 | 60.5 | 51.7 | 1950 | 1905 | 1305 | 23.90 | 23.97 | 23.83 | 23.90 |
| 42 | 0.6 | 58.4 | 52.7 | *1915 | 1845 | 1305 | 22.51 | 21.50 | 23.83 | 22.61 |
| 45 | 0.6 | 59.9 | 51.2 | 1855 | 1800 | 1295 | 20.01 | 19.53 | 23.24 | 20.93 |

หมายเหตุ

เครื่องหมาย * หมายถึงทำการกลับ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 20 ข้อมูลการอบแห้งลำไยด้วยเครื่องอบแห้งจำลอง เกรด AB กลับทุกๆ 12 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย 60 องเซลเซียส

| Time | Airvel | Tin | Tout | m1 | m2 | m3 | %mc1 | %mc2 | %mc3 | %mcav |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.6 | 60.2 | 37.7 | 4880 | 4920 | 4780 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 |
| 3 | 0.6 | 59.1 | 43 | 3795 | 4365 | 4515 | 67.85 | 71.82 | 73.53 | 71.07 |
| 6 | 0.6 | 61 | 45 | 3325 | 4125 | 4390 | 63.31 | 70.18 | 72.78 | 68.76 |
| 9 | 0.6 | 62.6 | 44.7 | 3025 | 3915 | 4240 | 59.67 | 68.58 | 71.82 | 66.69 |
| 12 | 0.6 | 60.5 | 43.7 | *3255 | 3125 | 3015 | 62.39 | 62.17 | 64.70 | 63.09 |
| 15 | 0.6 | 58.9 | 43.9 | 2815 | 2905 | 2785 | 56.51 | 59.40 | 61.79 | 59.23 |
| 18 | 0.6 | 58.9 | 43.9 | 2545 | 2675 | 2585 | 51.89 | 55.10 | 58.83 | 55.27 |
| 21 | 0.6 | 59.1 | 44.3 | 2215 | 2515 | 2425 | 44.73 | 52.14 | 56.11 | 50.99 |
| 24 | 0.6 | 59.7 | 40.9 | *2985 | 3100 | 1655 | 45.58 | 46.34 | 48.19 | 46.70 |
| 27 | 0.6 | 59.9 | 40.6 | 2845 | 2925 | 1505 | 42.91 | 43.13 | 43.02 | 43.02 |
| 30 | 0.6 | 59.8 | 44.4 | 2615 | 2715 | 1415 | 37.88 | 38.73 | 39.40 | 38.67 |
| 33 | 0.6 | 60.1 | 41.2 | 2485 | 2565 | 1345 | 34.63 | 35.14 | 36.25 | 35.34 |
| 36 | 0.6 | 58.1 | 46.7 | *2285 | 2455 | 1695 | 31.02 | 31.16 | 32.89 | 31.69 |
| 39 | 0.6 | 60.3 | 47.2 | 2105 | 2305 | 1585 | 25.12 | 26.68 | 28.23 | 26.68 |
| 42 | 0.6 | 60.7 | 51.1 | 1985 | 2145 | 1485 | 20.59 | 21.21 | 23.40 | 21.73 |
| 45 | 0.6 | 61 | 51 | 1925 | 2100 | 1455 | 18.12 | 19.52 | 21.82 | 19.82 |

หมายเหตุ

เครื่องหมาย * หมายถึงทำการกลับ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 21 ข้อมูลการอบแห้งลำไยด้วยเครื่องอบแห้งจำลอง เกรด AB กลับทุกๆ 6 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย 65 องศาเซลเซียส

| Time | Avel | Tin | Tout | m1 | m2 | m3 | %mc1 | %mc2 | %mc3 | %mcav |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.6 | 65.5 | 30.7 | 4595 | 4135 | 4475 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 |
| 3 | 0.6 | 65.2 | 43.3 | 3475 | 4005 | 3420 | 67.27 | 74.19 | 67.29 | 69.58 |
| 6 | 0.6 | 66.3 | 44.1 | *3840 | 3785 | 3315 | 65.29 | 65.56 | 67.13 | 65.99 |
| 9 | 0.6 | 64.8 | 44.6 | 3540 | 3685 | 3245 | 62.34 | 64.63 | 66.42 | 64.46 |
| 12 | 0.6 | 66.1 | 42 | *3545 | 3715 | 2545 | 57.42 | 58.90 | 59.76 | 58.69 |
| 15 | 0.6 | 65.7 | 43.1 | 3285 | 3495 | 2345 | 54.05 | 56.31 | 56.33 | 55.56 |
| 18 | 0.6 | 65.1 | 43.2 | *3435 | 3485 | 2155 | 49.71 | 50.43 | 52.55 | 50.90 |
| 21 | 0.6 | 64.5 | 45.2 | 3100 | 3205 | 1985 | 44.27 | 46.10 | 48.49 | 46.29 |
| 24 | 0.6 | 66.1 | 45.7 | *3250 | 3210 | 1950 | 38.95 | 41.38 | 44.53 | 41.62 |
| 27 | 0.6 | 65.3 | 45.4 | 3025 | 2950 | 1815 | 34.41 | 36.22 | 40.41 | 37.01 |
| 30 | 0.6 | 65.8 | 48 | *2465 | 2585 | 1355 | 31.51 | 33.59 | 37.70 | 34.27 |
| 33 | 0.6 | 64.8 | 48.1 | 2295 | 2485 | 1315 | 26.43 | 30.92 | 35.80 | 31.05 |
| 36 | 0.6 | 65.4 | 49.1 | *2245 | 2385 | 1285 | 24.79 | 28.02 | 34.30 | 29.04 |
| 39 | 0.6 | 64.9 | 49 | 2175 | 2325 | 1195 | 22.37 | 26.16 | 29.36 | 25.96 |
| 42 | 0.6 | 65.6 | 48.9 | 2085 | 2195 | 1100 | 19.02 | 21.79 | 23.25 | 21.35 |

หมายเหตุ

เครื่องหมาย * หมายถึงทำการกลับ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 22 ข้อมูลการอบแห้งลำไยด้วยเครื่องอบแห้งจำลอง เกรด AB กลับทุกๆ 12 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย 65 องศาเซลเซียส

| Time | Airvel | Tin | Tout | m1 | m2 | m3 | %mc1 | %mc2 | %mc3 | %mcav |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.6 | 65.3 | 31.6 | 4420 | 4678 | 4930 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 |
| 3 | 0.6 | 64.3 | 42.6 | 3805 | 4305 | 4755 | 70.96 | 72.83 | 74.08 | 72.62 |
| 6 | 0.6 | 66.5 | 44.8 | 3385 | 3955 | 4385 | 67.36 | 70.43 | 71.89 | 69.89 |
| 9 | 0.6 | 64.5 | 45.9 | 2895 | 3585 | 4225 | 61.83 | 67.38 | 70.83 | 66.68 |
| 12 | 0.6 | 66.2 | 44.7 | *3705 | 3710 | 2545 | 63.72 | 64.12 | 64.73 | 64.19 |
| 15 | 0.6 | 64.4 | 46.5 | 2945 | 3125 | 2245 | 54.36 | 57.40 | 60.02 | 57.26 |
| 18 | 0.6 | 65.4 | 47.1 | 2785 | 3005 | 2185 | 51.74 | 55.70 | 58.92 | 55.45 |
| 21 | 0.6 | 64.8 | 46.5 | 2385 | 2375 | 1345 | 52.82 | 52.99 | 53.42 | 53.08 |
| 24 | 0.6 | 64.5 | 48.4 | *2005 | 2105 | 1195 | 43.88 | 46.96 | 47.57 | 46.14 |
| 27 | 0.6 | 65 | 49.9 | 1825 | 1845 | 1055 | 38.34 | 39.49 | 40.62 | 39.48 |
| 30 | 0.6 | 64.2 | 48.7 | 1705 | 1725 | 985 | 34.00 | 35.28 | 36.40 | 35.22 |
| 33 | 0.6 | 64.9 | 53.2 | 1585 | 1585 | 1105 | 32.81 | 34.41 | 35.27 | 34.16 |
| 36 | 0.6 | 64.8 | 50.7 | *1475 | 1500 | 1045 | 27.80 | 30.69 | 31.55 | 30.01 |
| 39 | 0.6 | 65.1 | 56.1 | 1365 | 1415 | 985 | 21.99 | 26.53 | 27.38 | 25.30 |
| 42 | 0.6 | 64.5 | 58.9 | 1315 | 1345 | 945 | 19.02 | 22.71 | 24.31 | 22.01 |

: หมายเหตุ

เครื่องหมาย * หมายถึงทำการกลับ

# ประวัติผู้เขียน

เดือน ปี เกิด 8 กุมภาพันธ์ 2504

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม เมื่อปีการศึกษา 2516 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ

ประสบการณ์ในการทำงาน

พ.ศ.2526-2527 รับราชการในตำแหน่งวิศวกรประจำโรงงาน บริษัท แหลมทองผลิตภัณฑ์อาหาร อำเภออ้อมน้อย จังหวัดนครปฐม

พ.ศ.2528-2534 รับราชการในตำแหน่งวิศวกร 3 - 5 สังกัดสำนักงานปฏิบัติการฝนหลวง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ

พ.ศ.2534 ถึง ปัจจุบัน รับราชการในตำแหน่งอาจารย์ สังกัดภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved