

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 ข้อมูลพื้นฐานในการทดลอง

##### 4.1.1 อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และความเร็วลม ของการอบลำไยแบบแห้งเปลือก

อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และความเร็วของลมร้อนขาเข้า เป็นปัจจัยที่จะต้องควบคุมให้คงที่ตลอดการทดลอง จากการเก็บข้อมูล พบว่าในการทดลองทั้ง 3 ความหนา ค่าอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และความเร็วลมขาเข้า เป็นดังนี้

การอบด้วยความหนา 20 เซนติเมตร ค่าอุณหภูมิลมร้อนที่เข้ากล่องที่บรรจุลำไย เกรด A เกรด B เกรด C และ เกรดคละ มีค่าเท่ากับ 80.81 , 81.43 , 80.11 และ 81.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 1 ภาคผนวก) และความเร็วของลมร้อนขาเข้าที่ใช้ในการอบเฉลี่ย 0.69 เมตร/วินาที

การอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร ค่าอุณหภูมิลมร้อนที่เข้ากล่องที่บรรจุลำไย เกรด A เกรด B เกรด C และ เกรดคละ มีค่าเท่ากับ 75.39 องศาเซลเซียส ทั้ง 4 ขนาดผล (ภาพที่ 2 ภาคผนวก) และความเร็วของลมร้อนที่ใช้ในการอบเฉลี่ย 0.71 เมตร/วินาที

การอบด้วยความหนา 60 เซนติเมตร ค่าอุณหภูมิลมร้อนที่เข้ากล่องที่บรรจุลำไย เกรด A เกรด B เกรด C และ เกรดคละ มีค่าเท่ากับ 80.89 , 80.33 , 81.17 และ 80.25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 3 ภาคผนวก) และความเร็วของลมร้อนที่ใช้ในการอบเฉลี่ย 0.69 เมตร/วินาที

##### 4.1.2 Bulk density ของลำไย 4 ขนาดผล ที่ใช้ในการทดลอง

จากข้อมูลของน้ำหนักลำไยทั้ง 4 ขนาดผล bulk density หมายถึง มวลลำไย (กิโลกรัม) ต่อหน่วยปริมาตร (เมตร<sup>3</sup>) ของภาชนะที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{น้ำหนักมวลของวัสดุ (กิโลกรัม)}}{\text{ปริมาตรของภาชนะที่บรรจุ (เมตร<sup>3</sup>)}}$$

(M) 0.008 m<sup>3</sup>

ค่า Bulk density จะมีค่ามากหรือน้อยนั้นสามารถชี้ให้เห็นถึงปริมาณของพื้นที่ช่องว่างที่เหลือในภาชนะบรรจุ ที่ใช้ในการอบลำไยทั้ง 4 ขนาดผล ถ้าเปรียบเทียบใน 4 ขนาด การที่มีค่า Bulk density

อยู่มากหมายถึงการอัดตัวของลำไยในภาชนะมีลักษณะแน่น ทำให้เหลือปริมาณพื้นที่ช่องว่างในภาชนะบรรจุน้อย อาจมีผลกระทบต่อกรอบแห้งลำไยที่มีขนาดแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1 Bulk density ก่อนอบของลำไย 4 ขนาด ที่อบด้วยความหนา 3 ระดับ

ความหนา ในการอบ	Bulk density (kg/m <sup>3</sup> )			
	เกรด A	เกรด B	เกรด C	เกรด Mixed
20 cm	610.69±2.79 c Δ	625.23±5.48 b	643.62±4.52 a	616.55±3.81 c
40 cm	609.68±5.38 c Δ	622.89±5.78 b	641.96±5.70 a	614.89±4.08 bc
60 cm	609.69±2.38 c Δ	624.56±5.03 b	643.29±7.02 a	616.22±4.40 bc
เฉลี่ย	610.02±3.29 d	624.23±4.82 b	642.96±5.11 a	615.89±3.63 c

หมายเหตุ : ตัวเลขในแนวอนที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p>0.05)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าในการทดลองอบลำไยด้วยความหนาที่ต่างกันทั้ง 3 ระดับ ค่า Bulk density ของเกรด A น้อยกว่าเกรดอื่นๆ แสดงว่าการเรียงตัวในภาชนะของลำไยเกรด A มีช่องว่างระหว่างผลมากกว่าเกรดอื่นๆ เนื่องจากเกรด A มีขนาดใหญ่ที่สุด ในขณะที่เดียวกัน เกรดคละ เกรด B เกรด C จะมีค่า Bulk density มากขึ้นตามลำดับ การอัดเรียงตัวของผลลำไยภายในภาชนะมีลักษณะที่แน่นขึ้น และปริมาณของพื้นที่ช่องว่างระหว่างผลจะน้อยลงลักษณะเช่นนี้ อาจทำให้มีความต้านทานการไหลเวียนของลมร้อนที่ใช้ในการอบลำไยเพิ่มขึ้นได้

#### 4.2 การทดลองที่ 1 อบด้วยชั้นความหนา 20 เซนติเมตร

##### 4.2.1 ผลของชั้นความหนาในการอบแห้งต่ออุณหภูมิลมร้อนขาออก

จากภาพที่ 1 ภาคผนวก ค่าอุณหภูมิลมร้อนขาออกตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดของการอบแห้งลำไย จะมีค่าอุณหภูมิจากอากาศเริ่มจากน้อยไปมาก โดยในชั่วโมงที่ 3 อุณหภูมิลมร้อนขาออกของเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ มีค่าเท่ากับ 74.47 , 67.50 , 65.67 และ 71.67 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และค่าอุณหภูมิลมร้อนขาออกจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า โดยในชั่วโมงที่ 27 ของการอบแห้งลำไยมีค่าอุณหภูมิเท่ากับ 74.97 , 76.20 , 75.47 และ 77.80 องศาเซลเซียสตามลำดับ การที่อุณหภูมิลมร้อนขาออกมีลักษณะเพิ่มขึ้นดังกล่าว อาจเนื่องมาจากช่วงแรกความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง ใช้ในการระเหยน้ำออกจากลำไย อากาศที่ร้อนและแห้งที่มีอุณหภูมิสูงจะไหลผ่านลำไยที่อุณหภูมิต่ำกว่า อากาศจะรับน้ำบริเวณผิวรอบนอกของลำไยออกไปด้วย ทำให้ช่วงแรกมีอุณหภูมิลมร้อนขาออกที่ลดลง เมื่อเวลาในการอบผ่านไปน้ำบริเวณผิวรอบ



นอกของลำไยที่สามารถระเหยได้ง่ายมีปริมาณน้อยลง น้ำที่ต้องระเหยออกมาจากลำไยจะอยู่ในส่วนแกนกลางของผล ซึ่งจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ออกมาและยากขึ้น ทำให้ลมร้อนขาออกมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ การอบด้วยชั้นความหนา 20 เซนติเมตร จัดว่าเป็นชั้นความหนาที่บางสำหรับการอบแห้งลำไยแบบทั้งเปลือก ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ drying front ขึ้นสู่ผิววัสดุด้านบนอย่างรวดเร็ว ทำให้การระเหยน้ำของการอบแห้งลำไยค่อนข้างดี จากภาพที่ 1 ภาคผนวกจะเห็นว่าเวลาผ่านไป 15 ชั่วโมง เส้นกราฟของอุณหภูมิลมร้อนขาออกทั้ง 4 ขนาดผลเริ่มมีค่าเข้าใกล้เส้นกราฟอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

#### 4.2.2 ผลของขนาดผลลำไยต่อระยะเวลาการอบแห้ง

จากการทดลองได้เก็บข้อมูลค่าความชื้นลำไยทุก 3 ชั่วโมง ของลำไยทั้ง 4 ขนาดผล คือเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ โดยจะลดความชื้นลำไยลงให้เหลือประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) ผลวิเคราะห์ค่าความชื้นลำไยทั้ง 4 ขนาดผล (ตารางที่ 4.2) ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ตลอดระยะเวลาทำการอบ

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือก 4 ขนาดผลที่อบด้วยความหนา 20 เซนติเมตร

ระยะเวลาการอบ (ชั่วโมง)	%M <sub>w</sub> (wet basis)				%M <sub>d</sub> (dry basis)			
	เกรด A	เกรด B	เกรด C	เกรด Mixed	เกรด A	เกรด B	เกรด C	เกรด Mixed
0	73.06	72.68	73.00	72.27	271.39	266.35	270.79	260.62
3	67.70	66.56	66.80	66.57	209.68	199.59	201.23	199.15
6	62.39	61.03	61.37	61.05	165.95	157.37	158.90	156.80
9	56.75	55.47	54.94	54.32	131.23	124.93	121.94	119.02
12	49.42	47.76	46.40	45.93	97.73	91.73	86.68	85.11
15	41.74	40.97	38.86	37.73	71.68	69.51	63.66	60.84
18	34.01	32.95	30.57	30.46	51.53	49.25	44.21	43.86
21	27.36	26.75	24.29	23.84	37.67	36.64	32.28	31.31
24	21.68	21.23	18.59	18.67	27.74	27.02	22.98	22.96
27	17.31	16.87	14.86	15.33	21.14	20.34	17.67	18.16

การอบแห้งในการอบด้วยความหนา 20 เซนติเมตร มีความชื้นลำไยเริ่มต้นทั้ง 4 ขนาดผล เท่ากับ 73.06 , 72.68 , 73.00 และ 72.27 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) ตามลำดับ ค่าความชื้นจะลดลงตามระยะเวลาการอบ เกรด A เกรด B เกรด C และ เกรดคละ ใช้เวลาในการอบให้ความชื้นเหลือ 18 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) เท่ากับ 27.75 , 26.44 , 25.21 และ 24.96 ชั่วโมงตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) ซึ่งผลการวิเคราะห์ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของทั้ง 4 ขนาดผล ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ( $p>0.05$ ) วิวัฒน์และชลธิศ (2533) ได้อบลำไยแบบทิ้งเปลือกที่ชื้นความหนาที่ 45 เซนติเมตร พบความไม่สม่ำเสมอของความชื้นลำไย และได้ลดชั้นความหนาลงเป็น 32 เซนติเมตร โดยแบ่งเป็นถาด ซ้อนกันจำนวน 4 ถาด (ถาดสูง 8 เซนติเมตร) ให้ผลดีกว่าวิธีแรกแต่ยังพบความไม่สม่ำเสมอของความชื้นอยู่ อาจเนื่องจากการกระจายลมร้อนให้ทั่วถึง จะส่งผลต่อความชื้นของลำไยอบแห้งให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น ได้มีข้อเสนอในการลดชั้นความหนาลงจากการทดลองนี้ การอบด้วยความหนา 20 เซนติเมตร เป็นความหนาที่น่าจะทำให้การกระจายของลมร้อนไปได้ทั่ว อีกทั้งปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าประมาณ 80 องศาเซลเซียส ความเร็วลมประมาณ 0.7 เมตร/วินาที หรือใช้ปริมาณลมร้อนในการอบเท่ากับ 1.68 เมตร<sup>3</sup>/นาที ในการอบแห้งเป็นอัตราที่ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับน้ำหนักลำไยที่ใช้ออบ

ตารางที่ 4.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบลำไยที่ชื้นความหนา 20 เซนติเมตร ของลำไย 4 ขนาดผล ให้ความชื้น 18 เปอร์เซ็นต์ (w.b.)

การอบครั้งที่	ระยะเวลาในการอบ (ชั่วโมง)			
	A	B	C	Mixed
1	31.33	27.77	26.88	25.49
2	26.86	26.39	26.25	24.84
3	25.05	25.17	22.50	24.56
เฉลี่ย	27.75±3.23	26.44±1.30	25.21±2.37	24.96±0.48

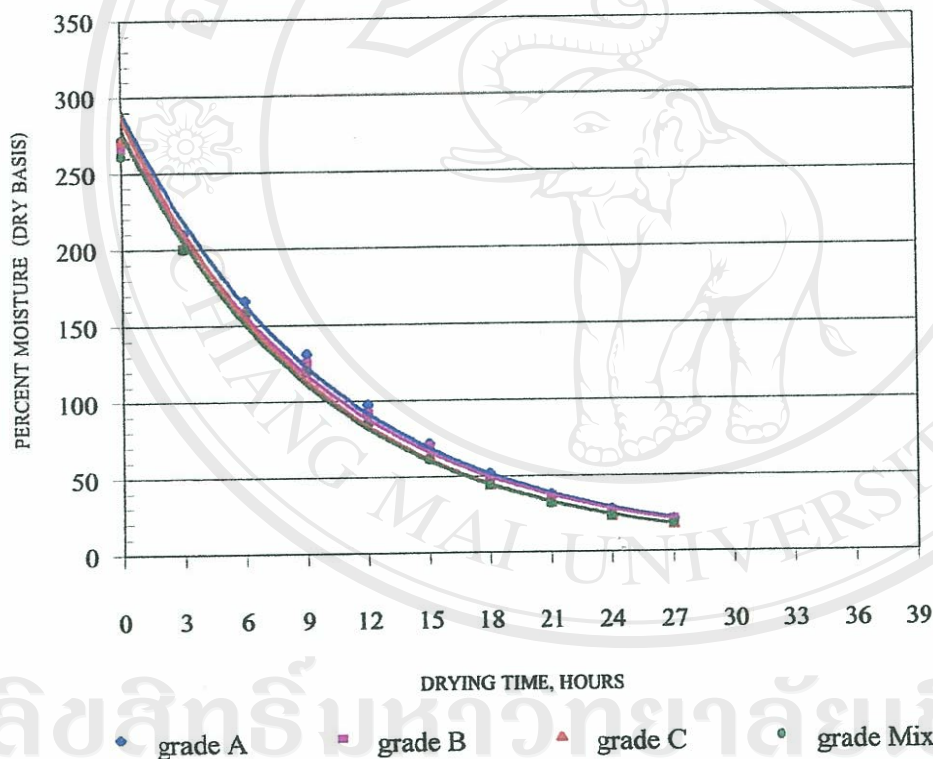
#### 4.2.3 Drying Curve ของการอบด้วยชั้นความหนา 20 เซนติเมตร

เมื่อนำข้อมูลของความชื้นที่ลดลงมาหาสมการของ Drying curve ในแต่ละขนาดผล (ภาพที่ 4.1) พบว่าสมการ Exponential ซึ่งพลอตระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้น (dry basis) ของลำไยทั้ง 4 ขนาดผล กับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง มีค่า  $R^2$  อยู่ระหว่าง 0.998-0.9971 และเมื่อกำหนดกลับเพื่อหาระยะเวลาในการอบแห้งเมื่อความชื้นลำไยลดลงเหลือ 18 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) หรือ 21.95 เปอร์เซ็นต์ (dry basis) จากสมการจะได้ค่าดังนี้



ลำไยเกรด A ได้สมการ  $y = 291.07e^{-0.0963x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9971$  ใช้เวลาเท่ากับ 26.84 ชั่วโมง  
 ลำไยเกรด B ได้สมการ  $y = 278.4e^{-0.096x}$  มีค่า  $R^2 = 0.998$  ใช้เวลาเท่ากับ 26.46 ชั่วโมง  
 ลำไยเกรด C ได้สมการ  $y = 286.94e^{-0.1032x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9978$  ใช้เวลาเท่ากับ 24.91 ชั่วโมง  
 และในลำไยเกรดคละ ได้สมการ  $y = 277.81e^{-0.102x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9977$  ใช้เวลาเท่ากับ 24.88 ชั่วโมง

โดยค่า  $y$  คือ ค่าความชื้นมาตรฐานแห้ง, เปอร์เซ็นต์  
 $x$  คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง, ชั่วโมง  
 $e$  คือ ค่า exponential มีค่าเท่ากับ 2.7183  
 $R^2$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright © by Chiang Mai University  
 All rights reserved

ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis) กับเวลาการอบลำไย

ด้วยความหนา 20 เซนติเมตร

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นว่าเมื่ออบด้วยชั้นความหนา 20 เซนติเมตร เส้นของกราฟ Drying curve มีแนวโน้มใกล้เคียงกันทั้ง 4 ขนาดผลตลอดระยะเวลาการอบแห้ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะชั้นความหนา 20 เซนติเมตรเป็นชั้นที่บาง และลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้งยังมีปริมาณที่มากเกินไป ทำให้ลำไยที่อยู่ในภาชนะบรรจุได้รับความร้อนในการอบทั่วถึงกันทุกส่วนอย่างรวดเร็ว ค่าความชื้นที่ลดลงของลำไยจึงลดได้อย่างรวดเร็ว และมีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการอบแห้ง ฉะนั้นในการอบด้วยความหนา 20 เซนติเมตร การลดความชื้นลำไยไม่มีความแตกต่างกันในการลดลงของความชื้นของลำไยขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานของ Rapusas (1995) ที่อบแห้งหอมหัวใหญ่ในแบบชั้นบาง (Thin-layer) พบว่าขนาดชั้นใหญ่จะใช้เวลาในการอบนานกว่าขนาดชั้นเล็ก เช่นเดียวกับรัตน (2520) ที่กล่าวว่า ลำไยที่มีขนาดผลใหญ่จะใช้เวลาในการอบมากกว่าลำไยที่มีขนาดผลเล็ก ทั้งนี้อาจเนื่องจากปัจจัยของการอบแห้ง เช่น อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้ ความเร็วลม ชั้นความหนาในการอบ นอกจากนี้ลักษณะที่แตกต่างกันของวัสดุและความชื้นของวัสดุที่ใช้อบ

#### 4.2.4 Drying rate ของการอบด้วยชั้นความหนา 20 เซนติเมตร

จากค่าอัตราการลดความชื้น ( $dM_d/dt$ ) ของการอบแห้งลำไยของ 4 ขนาดผล จากภาพที่ 4.2 พบว่า อัตราการลดความชื้นของลำไยทั้ง 4 ขนาดผล มีค่าอัตราการลดความชื้นใกล้เคียงกัน หรืออีกนัยหนึ่งการอบด้วยความหนา 20 เซนติเมตร อัตราการลดความชื้นของผลขนาดต่างกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ได้แสดงการวิเคราะห์ค่าอัตราการลดความชื้นไว้ในตารางที่ 4 ในภาคผนวก ในภาพที่ 4.2 แสดงกราฟที่พล็อตระหว่างค่าอัตราการลดความชื้น กับระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ได้สมการ Exponential ของลำไยทั้ง 4 ขนาดผล มีค่า  $R^2$  อยู่ระหว่าง 0.9736-0.9644 ดังนี้

ลำไยเกรด A ได้สมการ  $y = 27.867e^{-0.0874x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9713$

ลำไยเกรด B ได้สมการ  $y = 27.626e^{-0.0891x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9736$

ลำไยเกรด C ได้สมการ  $y = 31.411e^{-0.0983x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9671$

และในลำไยเกรดคละ ได้สมการ  $y = 30.809e^{-0.0998x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9644$

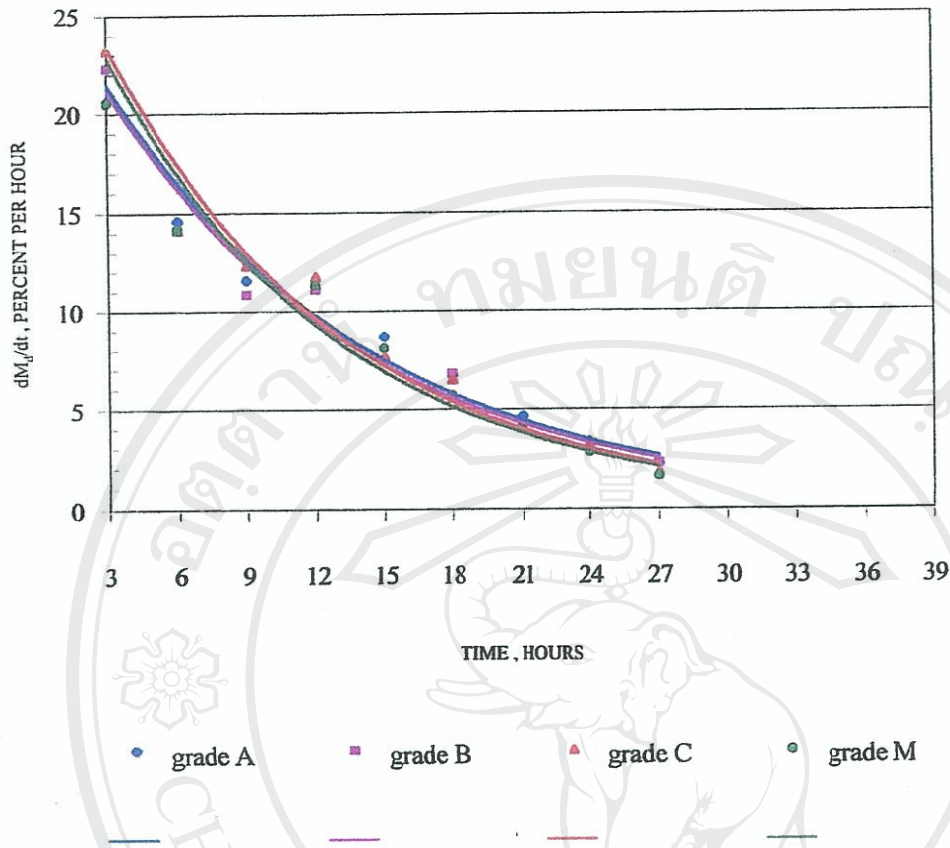
โดยค่า  $y$  คือ ค่าอัตราการลดความชื้น ( $dM_d/dt$ ) , เปอร์เซ็นต์ ต่อชั่วโมง

$x$  คือ ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง, ชั่วโมง

$e$  คือ ค่า exponential มีค่าเท่ากับ 2.7183

$R^2$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์





ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงอัตราการลดความชื้น ( $dM_u/dt$ ) กับเวลาการอบลำไยของ 4 ขนาดผล ด้วยระดับความหนา 20 เซนติเมตร

จากตารางที่ 4 ภาคผนวก แสดงค่าอัตราการลดความชื้น ( $dM_u/dt$ ) ของการอบแห้งลำไยทั้ง 4 ขนาดผลนั้นคือ เกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ ค่าอัตราการลดความชื้นของทั้ง 4 ขนาดไม่แตกต่างกันในต้นชั่วโมงของการอบแห้งอัตราจะมีค่าที่สูงทั้ง 4 ขนาดผล คือ 20.57 , 22.26 , 23.18 และ 20.49 เปอร์เซ็นต์ (d.b.) ต่อชั่วโมง ตามลำดับ เนื่องจากช่วงแรกลำไยมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่สูง น้ำอิสระที่สามารถระเหยออกมาได้มีปริมาณมากและอยู่บริเวณรอบนอกของผลลำไยซึ่งระเหยออกมาได้ง่ายอัตราการลดความชื้นในช่วงแรกสูง และเมื่อเวลาผ่านไปอัตราการลดความชื้นก็จะลดลงเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการอบแห้ง จนในชั่วโมงที่ 27 ของการอบแห้ง ค่าความชื้นของลำไยทั้ง 4 ขนาดผลมีค่าประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) ค่าอัตราการลดความชื้น มีค่า

เท่ากับ 2.20, 2.22, 1.77 และ 1.60 เปอร์เซ็นต์ความชื้นต่อชั่วโมง ตามลำดับ การที่ค่าอัตราการลดความชื้นมีค่าน้อยลงเมื่อเทียบกับช่วงแรกของการอบ นั้นสาเหตุจากเมื่อระยะเวลาในการอบผ่านไปความชื้นในลำไยมีค่าน้อยลง ปริมาณน้ำที่อยู่ในลำไยก็จะอยู่ลึกเข้าไปในส่วนของแกนกลางผล ความสามารถที่น้ำจะเคลื่อนที่ออกมายังผิว ช้ำกว่าการพาความชื้นจากผิววัสดุไปยังอากาศ จึงทำให้ค่าอัตราการลดความชื้นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการลดความชื้น (Hall, 1980)

#### 4.3 การทดลองที่ 2 อบด้วยชั้นความหนา 40 เซนติเมตร

##### 4.3.1 ผลของชั้นความหนาต่ออุณหภูมิร้อนขาออก

จากภาพที่ 2 ภาคผนวก ค่าอุณหภูมิร้อนขาออกตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดของการอบแห้งลำไย จะมีค่าอุณหภูมิของอากาศเริ่มจากน้อยไปมาก โดยในชั่วโมงที่ 3 อุณหภูมิร้อนขาออกของเกรด A เกรด B เกรด C และ เกรดคละ มีค่าเท่ากับ 62.00, 62.00, 60.75 และ 59.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และค่าอุณหภูมิร้อนขาออกจะมีแนวโน้มคล้ายกับค่าอุณหภูมิร้อนขาออกของการอบด้วยความหนา 20 เซนติเมตร แต่อุณหภูมิร้อนขาออกของการอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตรมีค่าน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอุณหภูมิขาเข้าของอากาศร้อนมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า และนอกจากนี้ชั้นความหนาที่ใช้ในการอบแห้งที่มากกว่ายังส่งผลให้อุณหภูมิร้อนขาออกมีอุณหภูมिन้อยกว่าด้วย เพราะลมร้อนจะรับน้ำในปริมาณที่มากขึ้นกว่าการอบแห้งด้วยความหนา 20 เซนติเมตร เมื่อระยะเวลาการอบแห้งผ่านไป น้ำบริเวณผิวรอบนอกที่ระเหยออกได้ง่ายมีปริมาณที่น้อยลง การระเหยของน้ำที่อยู่ภายในก็จะระเหยออกมาได้ยากขึ้น ทำให้อุณหภูมิร้อนขาออกมีอุณหภูมิต่ำขึ้นเรื่อยๆ โดยในชั่วโมงที่ 33 ของการอบแห้งลำไยมีค่าอุณหภูมิเท่ากับ 71.25, 71.25, 71.75 และ 71.00 องศาเซลเซียสตามลำดับ การอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร ซึ่งมีความหนาที่เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าเมื่อเทียบกับการทดลองที่ 1 มีผลต่ออุณหภูมิร้อนขาออก คล้ายคลึงกับการอบด้วยความหนา 20 เซนติเมตร คือเมื่อความหนาในการอบแห้งมากขึ้น เวลาที่เส้นกราฟของอุณหภูมิร้อนขาออกทั้ง 4 ขนาดผล จะเริ่มมีค่าเข้าใกล้เส้นกราฟอุณหภูมิร้อนขาเข้านั้นใช้เวลามากขึ้นตาม จากภาพที่ 2 ภาคผนวก จะเห็นว่าใช้เวลาถึง 24 ชั่วโมง ค่าอุณหภูมิร้อนขาออกถึงเริ่มที่จะเข้าใกล้เส้นกราฟอุณหภูมิร้อนขาเข้า

##### 4.3.2 ผลของขนาดผลลำไยต่อระยะเวลาการอบแห้ง

จากตารางที่ 4.4 พบว่าความชื้นเริ่มต้นในการอบแห้งของลำไยขนาด A, B, C และคละ มีค่าเท่ากับ 72.76, 71.12, 71.33 และ 71.67 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) ตามลำดับ ซึ่งความชื้นลำไยมีความแตกต่างของค่าความชื้นตั้งแต่เริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ทั้ง 4 ขนาดผล โดยเกรด A



จะมีค่าความชื้นที่มากที่สุด ส่วนเกรด B เกรด C และเกรดคละ ไม่มีความแตกต่างกัน ( $p>0.05$ ) ของความชื้นเริ่มต้น การอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร ค่าความชื้นทั้ง 4 ขนาดผล ลดลงตามระยะเวลาของการอบแห้ง ทำการอบแห้งทั้ง 4 ขนาดผล จนลำไยเกรด A มีค่าความชื้นลดเหลือประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ (w.b.)

ตารางที่ 4.4 เปรอ์เซ็นต์ความชื้นของลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือก 4 ขนาดผลที่อบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร

ระยะเวลาการอบ (ชั่วโมง)	%M <sub>w</sub> (wet basis)				%M <sub>d</sub> (dry basis)			
	เกรด A	เกรด B	เกรด C	เกรด Mixed	เกรด A	เกรด B	เกรด C	เกรด Mixed
0	72.76 a	71.12 b	71.33 b	71.67 b	267.11	246.21	248.74	252.96
3	67.12 a	64.50 b	64.62 b	65.43 b	204.31	181.80	182.69	189.26
6	59.80 a	56.05 c	55.84 c	57.79 b	148.74	127.54	126.45	136.92
9	52.67 a	47.68 c	47.39 c	50.60 b	111.36	91.13	90.08	102.43
12	46.09 a	41.33 c	39.55 d	42.34 b	85.52	70.45	65.44	73.44
15	40.85 a	35.54 c	33.72 d	36.73 b	69.10	55.15	50.88	58.06
18	36.08 a	30.11 a	26.90 c	30.61 a	56.50	43.09	36.82	44.13
21	32.26 a	25.16 b	22.58 c	25.49 b	47.64	33.62	29.18	34.23
24	28.07 a	21.88 bc	19.79 c	22.54 b	39.08	28.00	24.68	29.17
27	24.41 a	19.00 bc	17.36 c	20.26 b	32.31	23.47	21.01	25.45
30	21.06 a	16.65 b	14.13 c	17.18 b	26.68	20.01	16.46	20.79
33	17.68 a	14.82 b	11.08 c	12.69 c	21.49	17.42	12.46	14.54

หมายเหตุ : ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p>0.05$ )

ค่าความชื้นตลอดระยะเวลาของการอบแห้ง ความชื้นของลำไยทั้ง 4 ขนาดผล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยพบว่าค่าความชื้นเกรด A มีขนาดผลที่ใหญ่จะมีค่าความชื้นสูงกว่าเกรดอื่น ในทางกลับกันเกรด C ซึ่งมีขนาดเล็กที่สุดก็มีค่าความชื้นที่ต่ำกว่าเกรดอื่น ตลอดระยะเวลาของการอบแห้ง ส่วนค่าความชื้นที่ลดลงในเกรด B และ เกรดคละ จะมีค่าอยู่ระหว่างหรือใกล้เคียงกับค่าความชื้นของเกรด A และเกรด C ตลอดการอบเช่นกัน ฉะนั้นจากข้อมูล

ความชื้นเริ่มต้นในการทดลอง การเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากขนาดผลจะเปรียบเทียบข้อมูลในกลุ่มของเกรด B เกรด C และเกรดคละ เนื่องจากความชื้นเริ่มต้นของลำไยทั้ง 3 ขนาดมีค่าความชื้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) เมื่อเกรด B มีขนาดผลที่ใหญ่ที่สุดในกลุ่ม และใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมากกว่าเกรดอื่น ส่วนเกรด C เป็นเกรดที่มีขนาดผลเล็กที่สุดในกลุ่ม และใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยสุด

ตารางที่ 4.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบลำไยที่ขึ้นความหนา 40 เซนติเมตร ของลำไย 4 ขนาดผล ให้ได้ความชื้น 18 เปอร์เซ็นต์ (w.b.)

การอบครั้งที่	ระยะเวลาในการอบ (ชั่วโมง)			
	A	B	C	Mixed
1	33.65	30.32	26.72	27.40
2	32.01	26.86	25.90	30.61
3	32.72	28.30	26.22	29.21
เฉลี่ย	32.79±0.82 a	28.49±1.74 bc	26.28±0.41 c	29.07±1.61 b

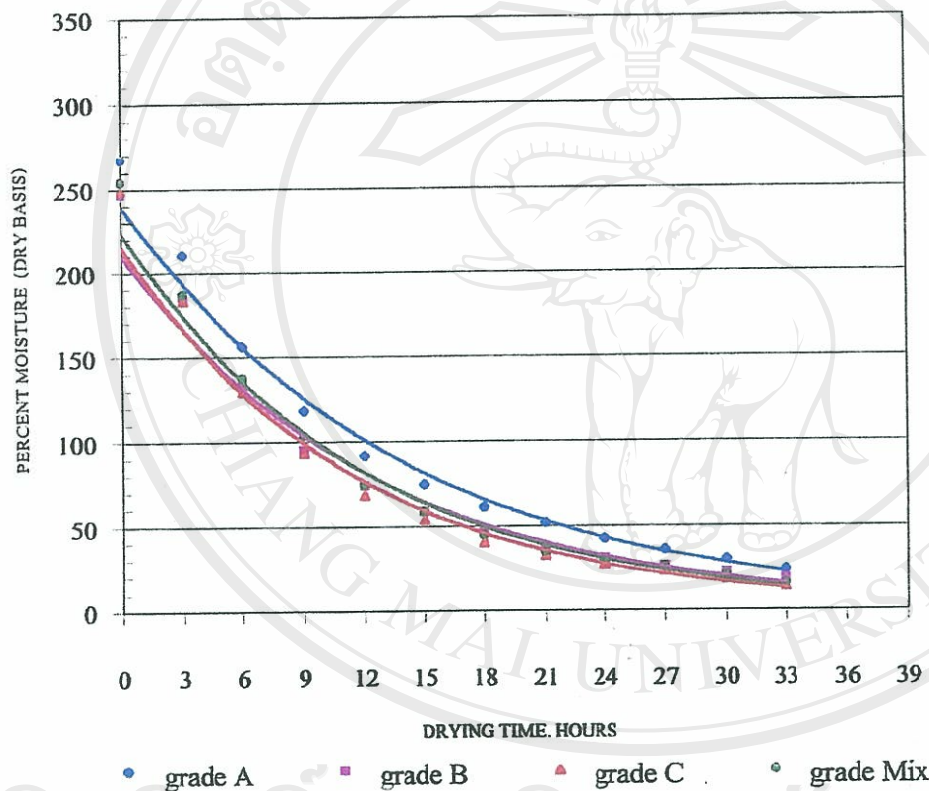
หมายเหตุ : ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p>0.05$ )

จากตารางที่ 4.5 เกรด A เกรด B เกรด C และ เกรดคละ ระยะเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นลงเหลือ 18 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 32.79 , 28.49 , 26.28 และ 29.07 ชั่วโมงตามลำดับ การอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตรขนาดผลที่ใหญ่ใช้เวลาในการอบนานกว่าขนาดผลที่เล็ก สอดคล้องกับงานของรัตนาและคณะ (2520) และ Elustondo *et al* (1996) อาจเนื่องจากความหนาที่เพิ่มขึ้นนั้น ทำให้ความต้านทานการไหลของลมร้อนมากขึ้นไปด้วย นอกจากนี้ลำไยขนาดใหญ่จะพื้นที่ผิวสัมผัสน้อยกว่าในลำไยขนาดเล็กเมื่อเทียบในปริมาตรภาชนะบรรจุที่เท่ากัน การระเหยน้ำออกจากลำไยจึงสามารถออกได้น้อยกว่าขนาดเล็ก อีกทั้งความชื้นเกรด C มีค่าความชื้นที่น้อยกว่าเกรดอื่นๆ ตั้งแต่เริ่มต้น เมื่อเวลาในการอบผ่านไปน้ำในส่วนที่จะระเหยออกต่อนั้นอยู่ในส่วนแกนกลางของผลลำไยขนาดของผลที่ใหญ่ก็จะมีระยะทางที่มากกว่าขนาดเล็ก การเคลื่อนที่ออกมาของน้ำสู่บริเวณผิวลำไยขนาดเล็กก็ยังสามารถออกได้เร็วกว่าขนาดใหญ่ จะเห็นได้จากตารางในขณะเกรด C มีค่าความชื้นต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 27 คือมีความชื้นเท่ากับ 17.36 เปอร์เซ็นต์ เกรดอื่นๆ คือเกรด A เกรด B และเกรดคละ ยังมีความชื้นที่มากกว่า 18 เปอร์เซ็นต์อยู่ มีค่าเท่ากับ 24.41, 19.00 และ 20.26 ตามลำดับ



### 4.3.3 Drying Curve ของการอบด้วยชั้นความหนา 40 เซนติเมตร

เมื่อนำข้อมูลความชื้นที่ลดลงของลำไย หาสถาปัตยกรรม Drying curve ในแต่ละขนาดผล (ภาพที่ 4.3) พบว่าสมการ Exponential ซึ่งพลอตระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้น (dry basis) ของทั้ง 4 ขนาด กับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง มีค่า  $R^2$  อยู่ระหว่าง 0.9918-0.9864 และเมื่อคำนวณกลับเพื่อหาระยะเวลาในการอบแห้งเมื่อความชื้นลำไยลดลงเหลือ 18 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) หรือ 21.95 เปอร์เซ็นต์ (dry basis) จากสมการจะได้ค่าดังนี้



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis) กับเวลาการอบลำไย ด้วยความหนา 40 เซนติเมตร

ลำไยเกรด A ได้สมการ  $y = 239.56e^{-0.0717x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9918$  ใช้เวลาเท่ากับ 33.33 ชั่วโมง  
 ลำไยเกรด B ได้สมการ  $y = 215.64e^{-0.0811x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9864$  ใช้เวลาเท่ากับ 28.17 ชั่วโมง  
 ลำไยเกรด C ได้สมการ  $y = 223.3e^{-0.0901x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9875$  ใช้เวลาเท่ากับ 25.74 ชั่วโมง  
 และในลำไยเกรดคละ ได้สมการ  $y = 226.78e^{-0.0849x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9887$  ใช้เวลาเท่ากับ 27.50 ชั่วโมง

โดยค่า  $y$  คือ ค่าความชื้นมาตรฐานแห้ง,เปอร์เซ็นต์

$x$  คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง, ชั่วโมง

$e$  คือ ค่า exponential มีค่าเท่ากับ 2.7183

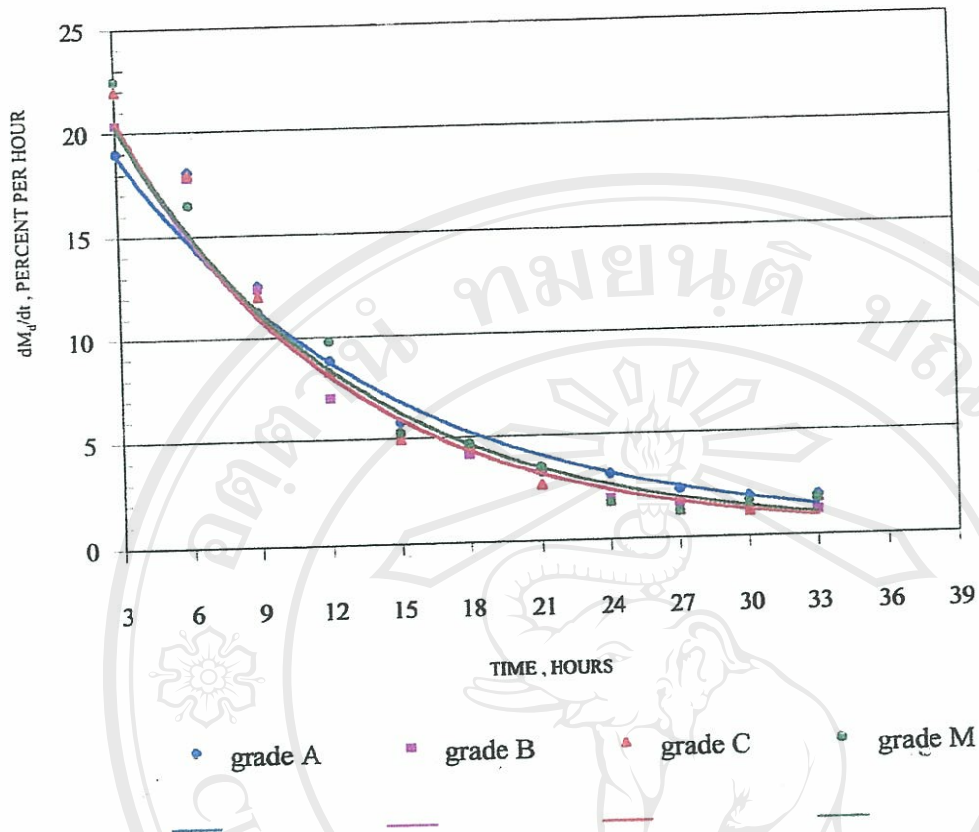
$R^2$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์

จากภาพที่ 4.3 จะเห็นว่าเมื่ออบด้วยชั้นความหนา 40 เซนติเมตร เส้นของกราฟ Drying curve ตำแหน่งของเกรด A จะอยู่สูงกว่าเกรดอื่นๆ อย่างชัดเจน โดยที่แนวโน้มการลดลงของเส้นกราฟทั้ง 4 ขนาดผลมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการอบแห้ง สาเหตุอาจเนื่องมาจากเกรด A มีค่าความชื้นมากกว่าเกรดอื่นๆ ตั้งแต่เริ่มต้น เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติมีความแตกต่างกันของความชื้นในแต่ละเกรดอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ที่ขนาดผลใหญ่กว่าใช้เวลานานกว่าในการลดความชื้นจนถึงระดับที่ต้องการ น่าจะมาจากขนาดผลใหญ่ (เกรด A) มีปริมาณน้ำมาก แต่กลับกันขนาดผลเล็ก (เกรด B และเกรด C) ก็จะมีปริมาณน้ำน้อยเมื่อเทียบในน้ำหนักลำไยที่เท่าๆกัน ถ้ามีการระเหยน้ำออกในปริมาณที่เท่าๆกัน ขนาดผลที่เล็กจะใช้เวลาเพื่อให้ถึงความชื้นที่ต้องการได้เร็วกว่าขนาดใหญ่

#### 4.3.4 Drying rate ของการอบด้วยชั้นความหนา 40 เซนติเมตร

ค่าอัตราการลดความชื้น ( $dM_u/dt$ ) ของการอบแห้งลำไยของ 4 ขนาดผล ได้วิเคราะห์จากตารางที่ 5 ภาคผนวก พบว่าอัตราการลดความชื้นของลำไยทั้ง 4 ขนาดผล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในช่วงชั่วโมงที่ 3, 12 และ 21 ของการอบ พบว่าในชั่วโมงที่ 3 ของการอบค่าอัตราการลดความชื้น เริ่มมีความแตกต่างกันของอัตราการลดความชื้น ( $p < 0.05$ ) โดยเกรด C มีขนาดผลที่เล็กจะมีค่าที่สูง คือมีค่าเท่ากับ 22.01 เปอร์เซ็นต์ (d.b.) ต่อชั่วโมง เมื่อเทียบกับขนาดใหญ่ที่สุด เกรด A มีค่าอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 20.93 เปอร์เซ็นต์ (d.b.) ต่อชั่วโมง ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด ส่วนเกรด B และ เกรดคละ มีค่าเท่ากับ 22.26 และ 23.18 เปอร์เซ็นต์ (d.b.) ต่อชั่วโมง ตามลำดับ จะเห็นว่าการที่ขนาดผลเล็กมีพื้นที่ผิวสัมผัสผิวนั้นสามารถทำให้มีอัตราในการลดความชื้นได้เร็ว นอกจากนี้ขนาดผลเล็กสามารถรับความร้อนได้ดีกว่าขนาดผลใหญ่ และคาดว่าความต้านทานการไหลของลมร้อนของผลเล็กไม่สูงกว่าผลใหญ่มากนัก จึงทำให้ใช้เวลาเพิ่มอุณหภูมิของลำไยในการอบเร็วกว่า และสามารถระเหยน้ำออกได้ก่อนขนาดผลใหญ่





ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงอัตราการลดความชื้น ( $dM_w/dt$ ) กับเวลาการอบลำไยของ 4 ขนาดผล ด้วยระดับความหนา 40 เซนติเมตร

แต่เมื่อเวลาอบผ่านไปอุณหภูมิของลำไยขนาดใหญ่มีค่าสูง ทำให้ค่าอัตราการลดความชื้นมีค่าใกล้เคียงกับขนาดเล็ก ได้พบความแตกต่างของอัตราการลดความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) อีก ในชั่วโมงที่ 12 และ 21 โดยชั่วโมงที่ 12 เกรดคละจะมีค่ามากที่สุด รองมาคือเกรด A , เกรด C และเกรด B มีค่าเท่ากับ 9.66, 8.61, 8.22 และ 6.89 เปอร์เซ็นต์ (d.b.) ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนชั่วโมงที่ 21 พบว่าเกรดคละมีอัตราการลดความชื้นมากที่สุด รองมาคือเกรด B , เกรด A และเกรด C มีค่าเท่ากับ 3.30, 3.15, 2.95 และ 2.55 เปอร์เซ็นต์ (d.b.) ต่อชั่วโมงตามลำดับ จะเห็นว่าอัตราการลดความชื้น

จะลดลงตามระยะเวลาการอบแห้ง เนื่องจากความชื้นของลำไยที่เหลืออยู่จะมีค่าน้อยลงแตกต่างกันไป ซึ่งขนาดผลที่ใหญ่มีความชื้นเหลืออยู่มากจึงทำให้มีค่าอัตราการลดความชื้นมากกว่าขนาดผลเล็กมีความชื้นเหลืออยู่น้อย จากนั้นนำค่าอัตราการลดความชื้นของลำไยทั้ง 4 ขนาดผล พล็อตกับระยะเวลาการอบแห้ง ดังภาพที่ 4.4 จำนวนสมการ Exponential ของ 4 ขนาดผล มีค่า  $R^2$  อยู่ระหว่าง 0.9610-0.9923 ดังนี้

ลำไยเกรด A	ได้สมการ $y = 24.394e^{-0.0854x}$	มีค่า $R^2 = 0.9679$
ลำไยเกรด B	ได้สมการ $y = 29.45e^{-0.1083x}$	มีค่า $R^2 = 0.9881$
ลำไยเกรด C	ได้สมการ $y = 34.949e^{-0.1226x}$	มีค่า $R^2 = 0.9923$
และในลำไยเกรดคละ	ได้สมการ $y = 30.909e^{-0.1089x}$	มีค่า $R^2 = 0.9610$

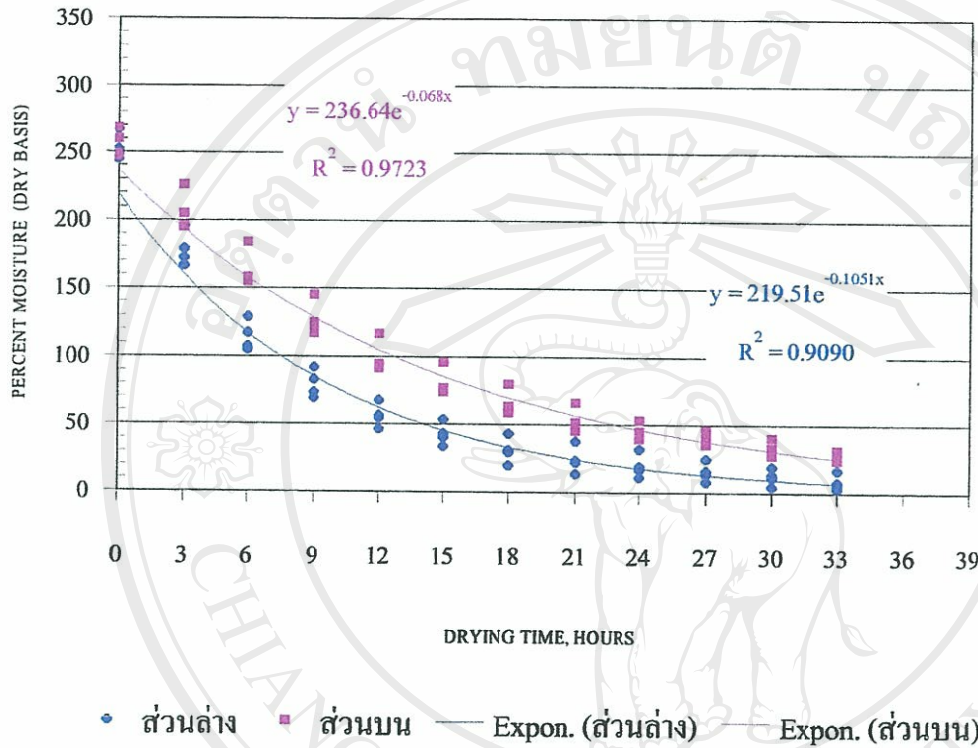
โดยค่า  $y$  คือ ค่าอัตราการลดความชื้น ( $dM_u/dt$ ), เปอร์เซ็นต์ ต่อชั่วโมง  
 $x$  คือ ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง, ชั่วโมง  
 $e$  คือ ค่า exponential มีค่าเท่ากับ 2.7183  
 $R^2$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์

#### 4.3.5 Moisture gradient ที่เกิดขึ้นเมื่ออบด้วยชั้นความหนา 40 เซนติเมตร

การเพิ่มชั้นความหนาเป็น 40 เซนติเมตรนั้น พบความแตกต่างระหว่างความชื้นลำไยในภาชนะบรรจุลำไยส่วนล่าง และภาชนะบรรจุลำไยส่วนบน เมื่อแบ่งชั้นความหนา 40 เซนติเมตร ออกเป็น 2 ส่วน (ส่วนละ 20 เซนติเมตร) ในภาพที่ 4.5 ได้เปรียบเทียบเส้นกราฟความชื้นเฉลี่ยของลำไย 4 ขนาดผล ทั้ง 2 ส่วน คือส่วนบนและส่วนล่าง ได้สมการ Exponential ของเปอร์เซ็นต์ความชื้น (dry basis) เฉลี่ย 4 ขนาดผลในส่วนบน และส่วนล่าง พล็อตกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งนั้น ส่วนล่างมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9071 และส่วนบนมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.967 โดยจะเห็นได้ชัดเจนว่าเส้นกราฟของความชื้นในส่วนล่าง จะอยู่ต่ำกว่าเส้นกราฟของความชื้นลำไยในส่วนบน หมายความว่าในส่วนล่างจะมีการลดความชื้นได้เร็วกว่าส่วนบน สาเหตุอาจเนื่องจากส่วนล่างได้รับลมร้อนก่อน ส่วนบน และลมร้อนก็จะนำน้ำของลำไยส่วนล่างออกไปก่อน ทำให้ลมร้อนที่ออกจากส่วนล่างมีอุณหภูมิลดลงเนื่องจากอากาศมีความชื้นที่เพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้นความร้อนที่จะสามารถถ่ายเทให้กับลำไยในส่วนบนจะน้อยกว่าในส่วนล่าง ส่งผลให้การระเหยน้ำในส่วนบนน้อยลงไปด้วย จากตารางวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความชื้นลำไยทั้ง 4 ขนาดผลในตารางที่ 6 ภาคผนวก ได้แสดงค่าความชื้นแบ่งออกเป็นส่วนล่างและส่วนบน พบความแตกต่างของค่าความชื้น ( $p < 0.05$ ) ของทั้ง 2 ส่วนชัดเจน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ ในส่วนล่างจะมีค่าความชื้นที่สูงกว่าในส่วนบน โดยที่ค่าความชื้นจะมีลักษณะเช่นนี้ตลอดระยะเวลาการอบแห้ง นอกจากนั้นยังพบ

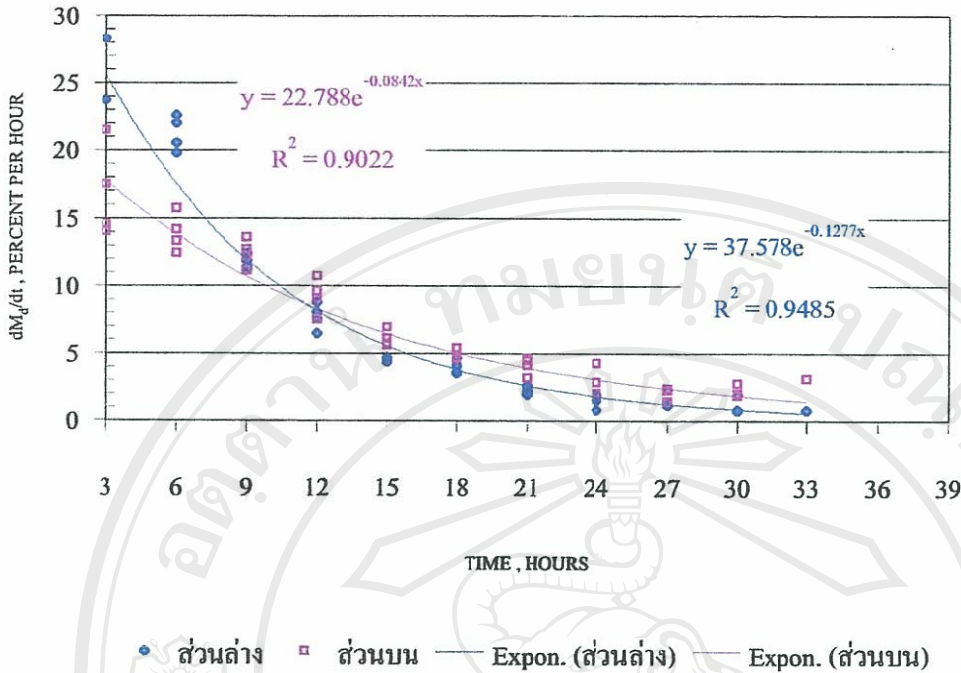


ว่าความแตกต่างของความชื้นลำไย 4 ขนาด ทั้งในส่วนบนและส่วนล่างมีลักษณะคล้ายกัน คือเกรด A (ขนาดใหญ่) และเกรด C (ขนาดเล็ก) มีค่าความชื้นที่สูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการอบแห้ง



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis) กับเวลาการอบลำไย แสดงส่วนบน และส่วนล่าง ของการอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร

เมื่อวิเคราะห์อัตราการลดลงของความชื้นเฉลี่ย ทั้ง 4 ขนาดผล ( $dM_u/dt$ ) ของการอบแห้งลำไยด้วยความหนา 40 เซนติเมตรที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วนเช่นกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในตารางที่ 6 ภาคผนวก จะเห็นว่าในช่วงแรกของการอบแห้งของส่วนล่างจะมีอัตราการลดความชื้นที่สูงมาก แตกต่างจากกลุ่มของส่วนบน จนในชั่วโมงที่ 12 ของการอบแห้ง (ภาพที่ 4.6) เส้นอัตราการลดความชื้นในส่วนบนตัดกับเส้นอัตราการลดความชื้นในส่วนล่าง เนื่องจากความชื้นลำไยส่วนบนยังสูงกว่าส่วนล่าง ดังนั้นอัตราการระเหยน้ำในส่วนบนจึงเพิ่มมากขึ้น จนอัตราการลดความชื้นในส่วนบนมากกว่าส่วนล่าง



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงอัตราการลดลงของความชื้น ( $dM_u/dt$ ) กับเวลาในการอบลำไย ได้แสดงให้เห็นส่วนบน และส่วนล่าง ของการอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร

เมื่อความชื้นเฉลี่ยของลำไยลดลงถึงระดับที่ต้องการ ส่วนล่างจะ overdrying ในขณะที่ส่วนบนจะยังมีความชื้นสูงอยู่ (under dried) ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะพบในการลดความชื้นแบบชั้นหนา (deep layer drying) แสดงว่าความหนา 40 เซนติเมตร เป็นความหนาที่มากเกินไป จนทำให้เกิด moisture gradient ในชั้นของวัสดุที่นำมาลดความชื้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved



#### 4.4 การทดลองที่ 3 อบอุ่นชั้นความหนา 60 เซนติเมตร

##### 4.4.1 ผลของชั้นความหนาต่ออุณหภูมิความร้อนขาออก

จากภาพที่ 3 ภาคผนวก ค่าอุณหภูมิความร้อนขาออกตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดของการอบแห้ง ลำไย จะมีค่าอุณหภูมิของอากาศเริ่มจากต่ำไปสูง โดยในชั่วโมงที่ 3 อุณหภูมิความร้อนขาออกของ เกรด A เกรด B เกรด C และ เกรดคละ มีค่าเท่ากับ 55.43 , 53.10 , 53.97 และ 53.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และค่าอุณหภูมิความร้อนขาออกจะมีแนวโน้มคล้ายกับค่าอุณหภูมิความร้อนขาออก ของ การอบด้วยความหนา 20 และ 40 เซนติเมตรเช่นกัน อย่างไรก็ตามชั้นความหนาในการอบแห้งที่ มากกว่า ส่งผลให้อุณหภูมิความร้อนขาออกของการอบด้วยความหนา 60 เซนติเมตรจึงมีค่าลดต่ำลง ไปอีก เพราะลมร้อนจะรับน้ำในปริมาณที่มากขึ้นกว่าการอบแห้งด้วยความหนา 20 และ 40 เซนติเมตร และในทำนองเดียวกับการอบด้วยความหนา 20 และ 40 เซนติเมตร เมื่อระยะเวลา การอบแห้งผ่านไป น้ำบริเวณผิวรอบนอกที่ระเหยออกได้ง่ายมีปริมาณที่น้อยลง การระเหยออกของ น้ำที่อยู่ลึกในส่วนในก็จะออกมาได้ยากขึ้น ทำให้อุณหภูมิความร้อนขาออกมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นเรื่อยๆ โดยในชั่วโมงที่ 39 ของการอบแห้งลำไยแต่ละเกรด มีค่าอุณหภูมิเท่ากับ 77.13 , 74.13 , 75.77 และ 73.53 องศาเซลเซียสตามลำดับ การอบด้วยความหนา 60 เซนติเมตร ซึ่งมีความหนาที่เพิ่มขึ้น เป็น 3 เท่าเมื่อเทียบกับการทดลองที่ 1 ก็มีผลที่สอดคล้องกับการอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร คือเมื่อความหนาในการอบแห้งมากขึ้น เวลาที่เส้นกราฟของอุณหภูมิความร้อนขาออกทั้ง 4 ขนาดผล จะเริ่มมีค่าเข้าใกล้เส้นกราฟอุณหภูมิความร้อนขาเข้านั้นใช้เวลามากขึ้นตาม จากภาพที่ 3 ภาคผนวก จะเห็นว่าใช้เวลาถึง 33 ชั่วโมง ค่าอุณหภูมิความร้อนขาออกถึงเริ่มที่จะเข้าใกล้เส้นกราฟอุณหภูมิ ร้อนขาเข้า

##### 4.4.2 ผลของขนาดผลลำไยต่อระยะเวลาการอบแห้ง

จากตารางที่ 4.6 พบว่าความชื้นเริ่มต้นในการอบแห้งของลำไยมีค่าเท่ากับ 72.78 , 72.64 , 71.56 และ 72.17 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) ตามลำดับ ซึ่งความชื้นลำไยมีความแตกต่างของค่าความชื้นตั้งแต่เริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ทั้ง 4 ขนาดผล โดยเกรด A , B และเกรดคละ จะมีค่า ความชื้นที่ไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) ส่วนอีกกลุ่มคือเกรดคละ และ เกรด C ก็มีค่าความชื้นที่ไม่แตก ต่างกัน ( $p > 0.05$ ) การอบด้วยความหนา 60 เซนติเมตร เกรด A จะใช้เวลาในการอบมากที่สุด รองมา คือ เกรด B เกรดคละ และเกรด C ในการอบลดความชื้นให้เหลือประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) ดัง ตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซนต์ความชื้นของลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือก 4 ขนาดผลที่อบด้วยความ  
หนา 60 เซนติเมตร

ระยะเวลา การอบ (ชั่วโมง)	%M <sub>w</sub> (wet basis)				%M <sub>d</sub> (dry basis)			
	เกรด A	เกรด B	เกรด C	เกรด Mixed	เกรด A	เกรด B	เกรด C	เกรด Mixed
0	72.78 a	72.64 a	71.56 b	72.17 ab	267.64	265.63	251.71	259.44
3	69.88 a	69.02 ab	67.72 c	68.41 bc	232.33	223.85	210.18	217.27
6	66.55 a	65.37 ab	63.86 b	64.76 b	199.89	190.91	177.63	185.61
9	62.55 a	61.09 ab	58.72 c	60.14 bc	168.59	159.77	144.01	153.67
12	58.40 a	56.03 ab	53.85 b	55.24 b	142.91	131.78	119.45	127.26
15	54.21 a	51.34 ab	48.79 b	50.42 b	121.43	110.52	98.63	106.21
18	49.06 a	45.57 ab	42.33 b	44.43 b	99.73	88.94	77.04	84.68
21	43.47 a	39.60 ab	35.55 b	38.27 b	80.34	70.35	58.55	66.23
24	38.27 a	34.08 b	29.09 c	32.67 b	65.19	55.64	43.86	51.98
27	33.36 a	29.18 b	23.12 c	27.29 b	52.75	44.29	32.21	40.12
30	28.74 a	24.62 b	17.30 c	22.62 b	42.37	34.80	22.31	30.93
33	24.43 a	20.41 b	12.22 c	18.09 b	33.70	26.93	14.73	23.00
36	21.30 a	17.46 b	8.73 d	14.79 c	27.98	21.98	10.06	17.88
39	18.88 a	15.14 b	5.81 d	12.33 c	23.88	18.34	6.43	14.34

หมายเหตุ : ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (  $p > 0.05$  )

จากตารางที่ 4.6 พบความแตกต่างของค่าความชื้นลำไยอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ของ 4 ขนาดผลตลอดระยะเวลาการอบแห้งคล้ายกับการอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร โดยค่าความชื้นเกรด A มีค่าสูงที่สุด และเกรด C จะมีค่าความชื้นน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการอบแห้ง เมื่อเปรียบเทียบการลดความชื้นของลำไยเกรด A และเกรด B ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นไม่ต่างกัน พบว่าเกรด A ใช้เวลาในการอบแห้งมากกว่าเกรด B และเกรดคละ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า



ตารางที่ 4.7 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบลำไยที่ชั้นความหนา 60 เซนติเมตร ของลำไย 4 ขนาดผล ให้ได้ความชื้น 18 เปอร์เซ็นต์ (w.b.)

การอบครั้งที่	ระยะเวลาในการอบ (ชั่วโมง)			
	A	B	C	Mixed
1	39.62	35.29	30.71	33.65
2	40.81	37.83	30.23	33.87
3	40.72	34.62	29.51	33.13
เฉลี่ย	40.38±0.66 a	35.91±1.69 b	30.15±0.60 d	33.55±0.38 c

หมายเหตุ : ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p>0.05)

ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานของรัตนาและคณะ (2520) เช่นเดียวกับการอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร คือลำไยที่ขนาดผลใหญ่ใช้เวลาในการอบนานกว่าขนาดผลเล็ก อาจเนื่องจากพื้นที่ผิวในการระเหยน้ำที่น้อยกว่าลำไยลูกเล็ก อีกทั้งเมื่อเวลาอบแห้งผ่านไปน้ำที่จะระเหยออกนั้นจะอยู่ลึกกว่า การที่จะเคลื่อนออกมาถึงบริเวณผิวลำไยจะใช้เวลาที่นานขึ้น นอกจากนี้ผลของชั้นความหนาในการอบที่มากก็มีส่วนทำให้ใช้เวลาในการอบที่มากขึ้นด้วย จากตารางที่ 4.7 เกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ ใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นลงเหลือประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 40.38 , 35.91 , 30.15 และ 33.55 ชั่วโมง ตามลำดับ

#### Drying Curve ของการอบด้วยชั้นความหนา 60 เซนติเมตร

จากข้อมูลความชื้นที่ลดลงได้สมการของกราฟ Drying curve ในแต่ละขนาดผล (ภาพที่ 4.7) การพลอตค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น (dry basis) ของลำไย 4 ขนาดกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง พบว่าสมการ Exponential มีค่า  $R^2$  อยู่ระหว่าง 0.9848-0.9961 และเมื่อคำนวณกลับเพื่อหาระยะเวลาในการอบแห้งเมื่อความชื้นลำไยลดลงเหลือ 18 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) หรือ 21.95 เปอร์เซ็นต์ (dry basis) จากสมการจะได้ค่าดังนี้

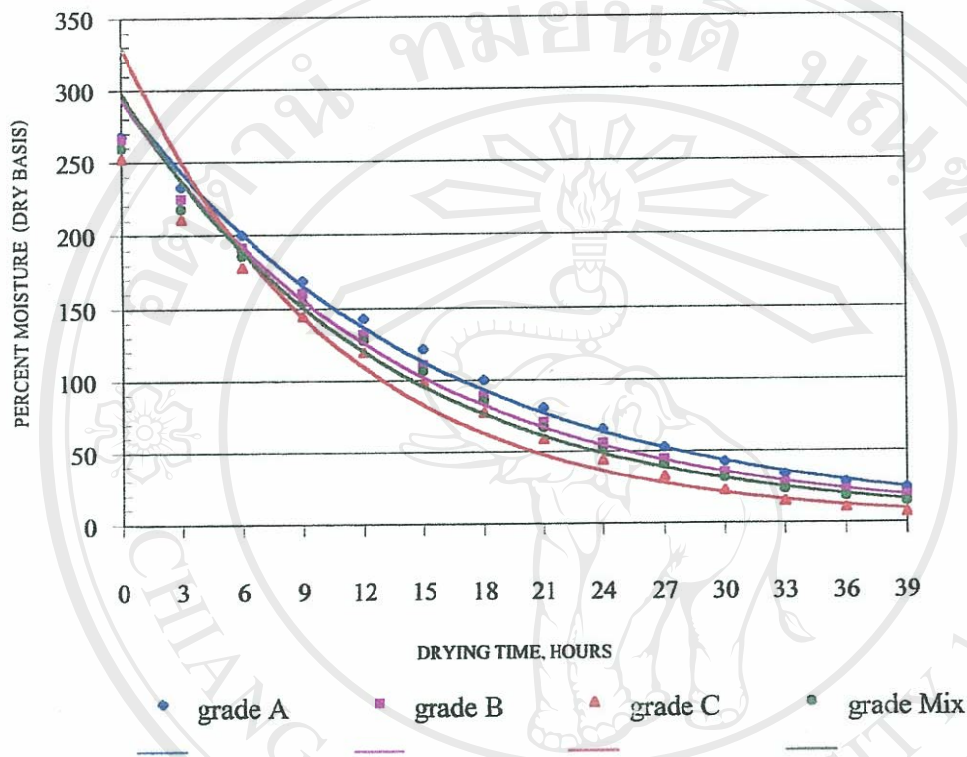
ลำไยเกรด A ได้สมการ  $y = 294.96e^{-0.0641x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9961$  ใช้เวลาเท่ากับ 40.53 ชั่วโมง

ลำไยเกรด B ได้สมการ  $y = 292.85e^{-0.0703x}$  มีค่า  $R^2 = 0.995$  ใช้เวลาเท่ากับ 35.34 ชั่วโมง

ลำไยเกรด C ได้สมการ  $y = 285.57e^{-0.0789x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9848$  ใช้เวลาเท่ากับ 32.52 ชั่วโมง

และในลำไยเกรดคละ ได้สมการ  $y = 288.61e^{-0.0729x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9916$  ใช้เวลาเท่ากับ 36.85 ชั่วโมง

โดยค่า  $y$  คือ ค่าความชื้นมาตรฐานแห้ง ,เปอร์เซ็นต์  
 $x$  คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ,ชั่วโมง  
 $e$  คือ ค่า exponential มีค่าเท่ากับ 2.7183  
 $R^2$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis) กับเวลาการอบด้วย ความหนา 60 เซนติเมตร

จะเห็นว่าเมื่ออบด้วยชั้นความหนา 60 เซนติเมตร เส้นของกราฟ Drying curve ดังภาพที่ 4.7 ค่าความชื้นของเกรด A จะอยู่สูงกว่าเกรดอื่นๆ ส่วนเกรด B และเกรดคละ มีแนวโน้มใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการอบแห้ง ส่วนเกรด C จะอยู่ต่ำกว่าเกรดอื่น ๆ การที่เส้นกราฟเป็นเช่นนี้ สาเหตุ น่าจะทำงานองเดียวกับการอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร คือ ค่าความชื้นเริ่มต้นของเกรด A มีค่าสูง และปริมาณน้ำที่ต่างกันในแต่ละขนาดผลเทียบจากลำไยที่มีน้ำหนักเท่ากัน ซึ่งทั้ง 2 สาเหตุ นั้น ทำให้การลดความชื้นของขนาดผลที่ใหญ่ใช้เวลาในการลดความชื้นมากกว่าขนาดผลที่เล็ก เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติของความชื้น พบความแตกต่างในการอบด้วยความหนา 60 เซนติเมตรของ



ลำไย 4 ขนาดอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยขนาดผลที่ใหญ่ยังคงใช้ระยะเวลาในการลดความชื้น นานกว่าขนาดผลลำไยที่เล็ก

#### 4.4.4 Drying rate ของการอบด้วยชั้นความหนา 60 เซนติเมตร

จากตารางที่ 8 ภาคผนวกได้วิเคราะห์ค่าอัตราการลดความชื้น ( $dM_u/dt$ ) ของการอบแห้ง ลำไยของ 4 ขนาดผล พบว่าความแตกต่างของอัตราการลดความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) อยู่ 2 ช่วง คือในช่วงที่ 3-6 และในช่วงที่ 33-36 ของการอบ ซึ่งความแตกต่างของ อัตราการลดความชื้นทั้ง 2 ช่วง จะเห็นว่าเกรด A และเกรด B เป็นขนาดที่เริ่มต้นด้วยความชื้นที่ไม่ ต่างกัน แต่ในช่วงที่ 3 เกรด B (ขนาดเล็ก) จะมีอัตราการลดความชื้นสูงกว่า เกรด A (ขนาดใหญ่) มีค่าเท่ากับ 13.92 และ 11.77 เปอร์เซ็นต์ (d.b.) ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนในช่วงที่ 6 ทั้ง 2 ขนาด เริ่มมีค่าอัตราการลดความชื้นที่ใกล้เคียงกัน เหตุผลทำนองเดียวกันกับการอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร อาจเนื่องจากพื้นที่ผิวสัมผัส ร่วมกับความสามารถของการรับความร้อนของขนาดผลที่ ต่างกัน นอกจากนี้ความต้านทานการไหลของลมร้อนในเกรด B น่าที่จะใกล้เคียงกับเกรด A จึงทำ ให้เกรด B ใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมิของลำไยเร็วกว่า และสามารถระเหยน้ำได้ก่อนเกรด A เมื่อ เวลาอบผ่านไปอุณหภูมิของลำไยเกรด A ก็ค่าสูงขึ้น ทำให้อัตราการลดความชื้นมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในช่วงที่ชั่วโมงที่ 33-36 พบความแตกต่างของอัตราการลดความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) อีกครั้ง คือ เกรด A จะมีค่าอัตราการลดความชื้นที่สูงกว่าเกรด B C และเกรดคละ ในช่วงที่ 33 มี ค่าเท่ากับ 2.89, 2.62, 2.56 และ 2.65 เปอร์เซ็นต์ (d.b.) ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนชั่วโมงที่ 36 มีค่า เท่ากับ 1.91, 1.65, 1.56 และ 1.71 เปอร์เซ็นต์ (d.b.) ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ค่าอัตราการลดความชื้นจะ ลดลงตามระยะเวลาของการอบแห้ง สาเหตุจากความชื้นลำไยที่เหลืออยู่มากน้อยต่างกันในแต่ละ ขนาด โดยที่ลำไยขนาดใหญ่ยังเหลือความชื้นอยู่มาก จึงทำให้มีค่าอัตราการลดความชื้นที่มากกว่า ลำไยขนาดเล็ก จากภาพที่ 4.8 นำค่าอัตราการลดความชื้นของ 4 ขนาดผล พล็อตกับระยะเวลาของ การอบแห้ง ได้สมการ Exponential ของลำไยทั้ง 4 ขนาด มีค่า  $R^2$  อยู่ระหว่าง 0.8529-0.9453 ดังนี้

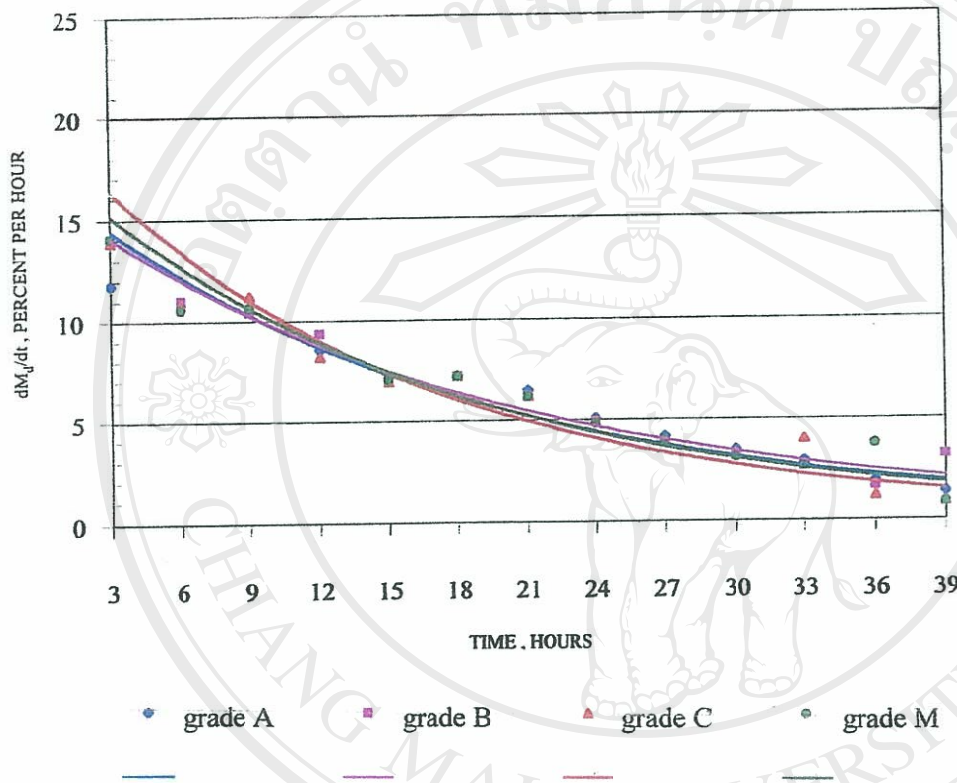
ลำไยเกรด A ได้สมการ  $y = 17.091e^{-0.0566x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9453$

ลำไยเกรด B ได้สมการ  $y = 16.477e^{-0.0527x}$  มีค่า  $R^2 = 0.9204$

ลำไยเกรด C ได้สมการ  $y = 19.991e^{-0.0666x}$  มีค่า  $R^2 = 0.8657$

และในลำไยเกรดคละ ได้สมการ  $y = 18.121e^{-0.0594x}$  มีค่า  $R^2 = 0.8529$

- โดยค่า  $y$  คือ ค่าอัตราการลดความชื้น, ( $dM_u/dT$ ), เปอร์เซ็นต์ ต่อ ชั่วโมง  
 $x$  คือ ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง, (ชั่วโมง)  
 $e$  คือ ค่า exponential มีค่าเท่ากับ 2.7183  
 $R^2$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงอัตราการลดความชื้น ( $dM_u/dt$ ) กับเวลาการอบแห้งของ 4 ขนาดผล

ด้วยระดับความหนา 60 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

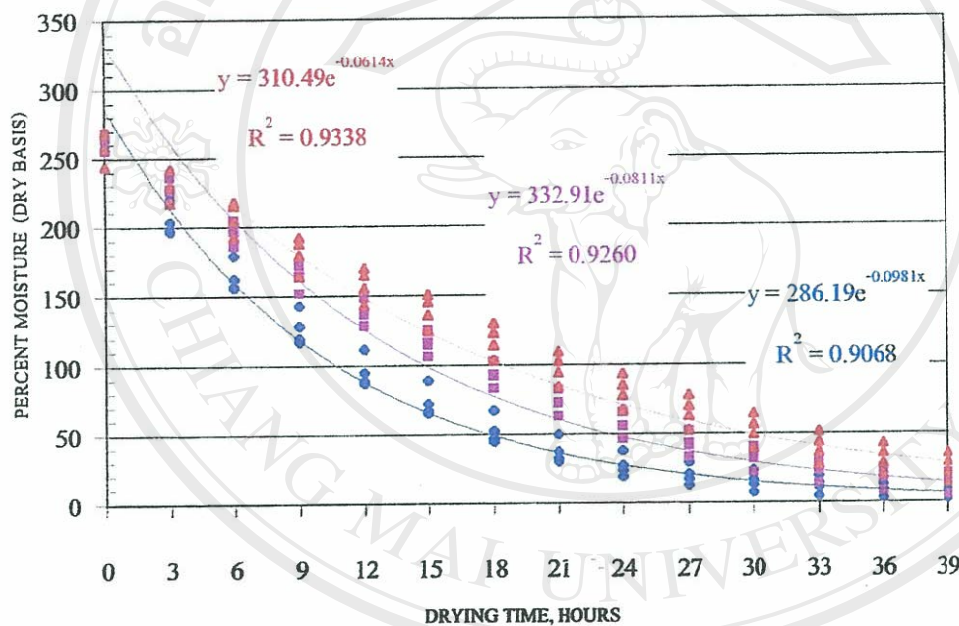
Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved



#### 4.4.5 Moisture gradient ที่เกิดขึ้นเมื่ออบด้วยชั้นความหนา 60 เซนติเมตร

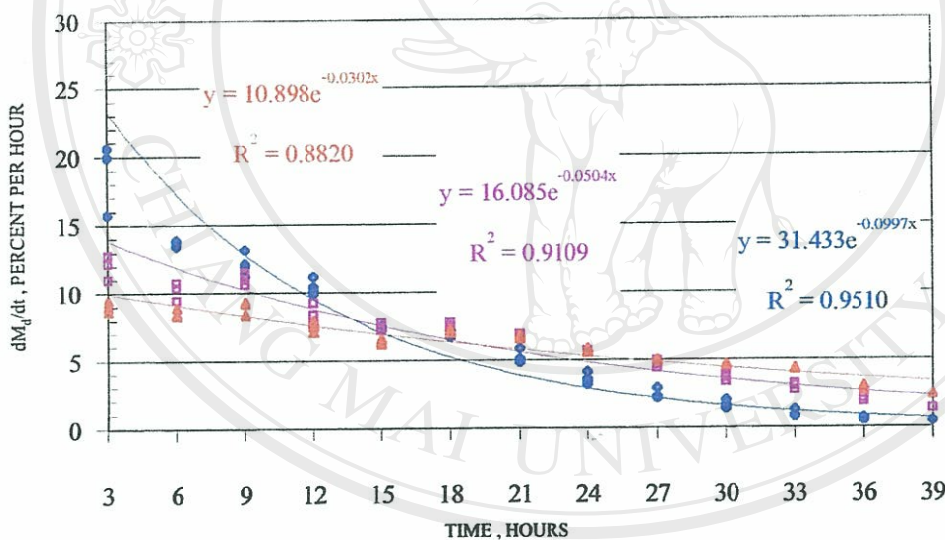
การเพิ่มความหนาในการอบเป็น 60 เซนติเมตรนั้น จะเห็นความแตกต่างระหว่างความชื้นเฉลี่ยของลำไยในภาชนะบรรจุลำไยส่วนล่าง ส่วนกลาง และส่วนบน (เฉลี่ยของ 4 ขนาดของทั้ง 3 ส่วน ) โดยแต่ละส่วนมีความหนา 20 เซนติเมตร ในภาพที่ 4.9 เปรียบเทียบความชื้น (dry basis) กับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ได้สมการ Exponential ของความชื้นเฉลี่ย 4 ขนาดผลในแต่ละส่วน โดยในส่วนล่างมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9351 ส่วนกลางมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9702 และส่วนบนมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9626 จะเห็นได้เส้นกราฟความชื้นทั้ง 3 เส้น แยกห่างจากกันค่อนข้างชัดเจน



- ส่วนล่าง  
Expon. (ส่วนล่าง)
- ส่วนกลาง  
Expon. (ส่วนกลาง)
- ▲ ส่วนบน  
Expon. (ส่วนบน)

ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis) กับเวลาการอบลำไย แสดงส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง ของการอบด้วยความหนา 60 เซนติเมตร

ในตารางที่ 9 ภาคผนวก ได้วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความชื้นลำไยทั้ง 4 ขนาดผล ที่ได้แบ่งออกเป็น ส่วนล่าง ส่วนกลาง และส่วนบน เช่นกัน พบความแตกต่างกันของค่าความชื้น ( $p < 0.05$ ) สาเหตุอาจเนื่องจากส่วนล่างได้รับลมร้อนก่อนส่วนกลาง และส่วนบน และลมร้อนก็จะนำน้ำของลำไย ส่วนล่างออกไปก่อน ทำให้ลมร้อนที่ออกจากส่วนล่างมีอุณหภูมิต่ำลงเนื่องจากอากาศมีความชื้นที่เพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้นความร้อนที่จะสามารถถ่ายเทให้กับลำไยในส่วนกลาง และส่วนบนจะน้อยกว่าในส่วนล่าง ส่งผลให้การระเหยน้ำในส่วนกลาง และส่วนบนน้อยลงไปตามลำดับด้วย จะเห็นได้ว่าค่าความชื้นของเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ ในส่วนล่างจะมีค่าที่สูงกว่าในส่วนกลาง และส่วนบน โดยที่ค่าความชื้นจะมีลักษณะเดียวกันตลอดระยะเวลาการอบแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่าความแตกต่างของความชื้นลำไย 4 ขนาด ทั้งในส่วนบนและส่วนล่างมีลักษณะคล้ายกัน คือ เกรด A (ขนาดใหญ่) และเกรด C (ขนาดเล็ก) มีค่าความชื้นที่สูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการอบแห้ง คล้ายกับที่เกิดขึ้นในการอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © by Chiang Mai University

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงอัตราการลดลงของความชื้น ( $dM_u/dt$ ) กับเวลาในการอบลำไย ได้แสดงให้เห็นส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง ของการอบด้วยความหนา 60 เซนติเมตร

จากตารางที่ 10 ภาคผนวก ได้วิเคราะห์อัตราการลดลงของความชื้น ( $dM_u/dt$ ) ในการอบแห้งลำไยเฉลี่ย 4 ขนาดด้วยความหนา 60 เซนติเมตร และได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน พบว่ามีความแตก



ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จะเห็นว่าในช่วงแรกของการอบแห้งของส่วนล่างจะมีอัตราการลดความชื้นที่สูงมาก แตกต่างจากกลุ่มของส่วนกลาง และส่วนบน จนในชั่วโมงที่ 15 ของการอบ อัตราการลดความชื้นในส่วนกลางของบางขนาดผลเริ่มใกล้เคียงกับส่วนล่าง เมื่อดูจากภาพที่ 4.10 ก็จะทำให้เห็นว่าในช่วงเวลาดังกล่าวเส้นกราฟอัตราการลดความชื้นเฉลี่ย 4 ขนาดของส่วนล่างตัดกับเส้นกราฟอัตราการลดความชื้นเฉลี่ย 4 ขนาดของส่วนกลาง และส่วนบน ซึ่งที่กล่าวมามีลักษณะคล้ายกับการอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร อาจเนื่องจากในส่วนล่างเข้าช่วงการเปลี่ยนอัตราการอบแห้งลดลงช่วงที่ 2 ซึ่งน้ำที่อยู่ลึกภายในเคลื่อนที่ออกมาได้ยากขึ้น จึงทำให้ลำไยในส่วนกลาง เป็นส่วนที่ได้รับความร้อนต่อจากส่วนล่าง ซึ่งมีปริมาณน้ำมากและมีน้ำอยู่บริเวณผิวออกสู่อากาศง่าย จนกระทั่งในช่วงชั่วโมงที่ 21 ของการอบ อัตราการลดความชื้นในส่วนกลางของบางขนาดผลเริ่มใกล้เคียงกับส่วนบน เมื่อความชื้นเฉลี่ยของลำไยลดลงถึงระดับที่ต้องการ ส่วนล่างจะ over drying ในขณะที่ส่วนบนจะยังมีความชื้นสูงอยู่ under dried เช่นเดียวกับเมื่ออบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ปกน 664.84

0462W

เลขที่.....

สำนักเอกสาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

#### 4.5 การเปรียบเทียบผลของการลดความชื้น ที่อบด้วยชั้นความหนา 20 , 40 และ 60 เซนติเมตร ต่อการลดความชื้น

ในการทดลองอบลำไยที่ชั้นความหนาแตกต่างกัน 3 ระดับ โดยการอบทั้ง 3 ระดับนั้น ใช้ความเร็วลมประมาณ 0.7 เมตร/วินาที อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าเฉลี่ย 80 องศาเซลเซียส พบว่าผลของความหนาที่ต่างกัน ส่งผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของลำไยด้วยความหนาทั้ง 3 ระดับนั้นแตกต่างกัน การอบที่ชั้นความหนา 20 เซนติเมตรจะใช้เวลาในการอบน้อยที่สุด คือทั้ง 4 ขนาดผล จะใช้เวลาอยู่ในช่วง 24.96 – 27.75 ชั่วโมง การอบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร จะใช้ระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้นทั้ง 4 ขนาดผลเช่นกัน คือ จะใช้เวลาอยู่ในช่วง 26.28 – 32.79 ชั่วโมง ส่วนในการอบด้วยความหนา 60 เซนติเมตร จะใช้ระยะเวลาในการอบมากกว่า 2 ความหนาที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการอบทั้ง 4 ขนาดผล อยู่ในช่วง 30.15 – 40.38 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Klongpanich (1991) ที่ได้สร้างกราฟ Drying curve (ภาพที่ 2.4) ซึ่งให้เห็นถึงผลของความแตกต่างในการลดลงของความชื้น เมื่ออบด้วยความหนาที่ต่างกัน โดยจะควบคุมปัจจัยในการอบแห้งอื่นๆ ให้คงที่คือ ความเร็วลม อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า โดยใช้ความหนาของการอบแห้งที่ต่างกัน คืออบด้วยความหนา 0.025 , 0.25 และ 0.30 เมตร พบว่าการใช้ความหนาในการอบที่ 0.025 เมตร จะลดความชื้นได้เร็วที่สุด รองมาคือ 0.25 และ 0.30 ตามลำดับ นอกจากนี้การอบด้วยชั้นความหนา 40 และ 60 เซนติเมตร พบผลกระทบของปัจจัยในเรื่องความหนาอีกประการหนึ่งคือ พบความชื้นที่แตกต่างกันในแต่ละส่วนของความหนา หมายถึง ในส่วนล่างที่ได้รับลมร้อนก่อนจะมีการลดลงของความชื้นเร็วกว่าส่วนบน ทำให้เมื่อลดความชื้นได้ความชื้นที่ต้องการแล้ว ในส่วนล่างจะมีความชื้นที่ต่ำกว่าส่วนบนอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการอบแห้งเมล็ดพืชในแบบชั้นหนา เมื่ออบด้วยชั้นความหนาที่หนามาก ส่วนล่างที่ได้รับปัจจัยในการอบแห้งก่อนจะมีความชื้นที่ต่ำมาก ในทางกลับกันส่วนที่อยู่ด้านบนจะมีความชื้นที่สูง ส่งผลให้เกิดคุณภาพของความชื้นหลังอบที่ไม่สม่ำเสมอ จากภาพที่ 4.6 และ 4.10 จะเห็นความแตกต่างของอัตราในการลดลงของความชื้นในแต่ละส่วน ซึ่งปัญหาดังกล่าวเกษตรกรที่ทำการอบแห้งลำไยจะแก้ไขโดยการพลิกกลับส่วนล่างและส่วนบน หรือโดยวิธีการแบ่งลำไยออกเป็น 3 ส่วน และสลับตำแหน่งการวางในขณะที่ทำการอบแห้ง เพื่อให้แต่ละส่วนที่แบ่งนั้นได้รับลมร้อนที่ทั่วถึงกัน (วีระ , 2541 )



#### 4.6 ผลการตรวจสอบคุณภาพลำไยหลังอบ

การตรวจสอบคุณภาพของลำไยอบแห้งที่ได้จาก 3 การทดลอง ได้แบ่งเป็นการตรวจวัดคุณภาพออกเป็น 2 ส่วน คือการตรวจวัดสมบัติทางเคมีและกายภาพในห้องปฏิบัติการ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยเกษตรกรผู้ชำนาญการอบลำไย แสดงลักษณะที่ปรากฏไว้ดังภาพที่ 4.11 – 4.13

##### 4.6.1 คุณภาพทางกายภาพ

สมบัติทางกายภาพที่ศึกษาของลำไยอบแห้งแบบทั้งผล คือ สีของเนื้อลำไยหลังการอบแห้ง วัดด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลเป็นค่า  $L$ ,  $a$  และ  $b$  นอกจากนี้ได้วัดค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Water activity ;  $A_w$ ) วัดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อลำไยและเมล็ดลำไยอบแห้ง ของขนาดผลต่างกัน 4 ขนาด คือเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ ที่อบด้วยความหนา 3 ความหนา ปรากฏผลดังต่อไปนี้

##### 4.6.1.1 การอบด้วยชั้นความหนา 20 เซนติเมตร

สีของเนื้อลำไยหลังอบแห้ง สีของเนื้อลำไยหลังการอบแห้งเป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพที่สำคัญ ซึ่งมีผลต่อลักษณะปรากฏภายนอก ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องวัดสี ค่าที่วัดได้อยู่ในรูปของค่า  $L$  ค่า  $a$  และค่า  $b$  โดยค่า  $L$  เป็นค่าของความสว่างเริ่มจากสีขาว ( $L = 100$ ) ไปจนถึงสีดำ ( $L = 0$ ) ค่า  $a$  เป็นค่าของสีแดง เมื่อ  $a$  มีค่าเป็นบวก หรือสีเขียวเมื่อ  $a$  มีค่าเป็นลบ ค่า  $b$  เป็นค่าของสีเหลือง เมื่อ  $b$  มีค่าเป็นบวก หรือสีน้ำเงิน เมื่อ  $b$  มีค่าเป็นลบ (McGuire, 1992)

จากตารางที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพที่วัด สีของเนื้อลำไยอบแห้งที่ได้ทั้ง 4 ขนาดผล คือเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ เมื่อพิจารณาจากค่าที่วัด คือ ค่า  $L$  ค่า  $a$  และค่า  $b$  พบว่าไม่แตกต่างกันมาก โดยค่า  $L$  ซึ่งเป็นค่าความสว่างนั้นมีค่าสีที่ค่อนข้างเข้ม อยู่ในช่วง 28.93 – 31.24 เกรด C มีค่า  $L$  มากที่สุด (สว่างมากที่สุด) มีค่าเท่ากับ 31.24 รองมาคือ เกรด A เกรด B และเกรดคละ ตามลำดับ สำหรับค่า  $a$  เป็นตัวบ่งชี้สีแดงของเนื้อลำไยแห้งนั้นมีค่า  $a$  อยู่ในช่วง 3.28 – 3.93 เกรด B มีสีเนื้อลำไยออกแดงที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.93 รองมาคือเกรด C เกรด A และเกรดคละ ตามลำดับ และค่า  $b$  เป็นตัวบ่งชี้สีเหลืองของเนื้อลำไยแห้ง มีค่า  $b$  อยู่ในช่วง 4.27 – 6.33 เกรดคละมีสีเนื้อลำไยออกเหลืองที่สุดมีค่าเท่ากับ 6.33 รองลงมาคือเกรด C เกรด A และเกรด B ตามลำดับ สีของเนื้อลำไยจะออกสีน้ำตาลแดง กล่าวคือมีค่า  $L = 3028 a - 3.62 b + 5.30$  เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าสีเนื้อลำไยหลังอบมีค่าสี (ค่า  $L$  ค่า  $a$  และค่า  $b$ ) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

### ค่า Water activity ( $A_w$ ) , ความชื้นเนื้อลำไย และความชื้นเมล็ดของลำไยอบแห้ง

การวัดค่า  $A_w$  ความชื้นเนื้อ และเมล็ดลำไยอบแห้งนั้น เป็นการศึกษาปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ โดยค่า  $A_w$  เป็นตัวบ่งบอกปริมาณน้ำอิสระที่อยู่รอบ ๆ อาหาร เป็นน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำน้ำส่วนนี้ไปใช้การเติบโตได้ ถ้าผลิตภัณฑ์มีค่า  $A_w$  สูง เชื้อจุลินทรีย์จะสามารถเกิดขึ้นได้ง่าย ส่วนการหาความชื้นเนื้อลำไย และเมล็ดลำไยแห้งเป็นการหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักของผลิตภัณฑ์นั้น

ผลการวัดค่า  $A_w$  ในเนื้อลำไยแห้ง ค่าความชื้นเนื้อลำไย และค่าความชื้นของเมล็ดลำไย พบว่าทั้ง 4 ขนาดผล มีค่า  $A_w$  ค่าความชื้นเนื้อและเมล็ดลำไยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยค่า  $A_w$  อยู่ในช่วง 0.345 – 0.374 ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ สามารถเก็บรักษาได้นาน ไพโรจน์ (2539) กล่าวว่าค่า  $A_w$  ที่ต่ำนั้นสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดได้ ยกเว้นเชื้อจุลินทรีย์ที่ทนแล้งมากๆ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการเก็บรักษา จากผลการทดลองที่ได้พบว่ามีเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ มีค่า  $A_w$  0.371 , 0.374 , 0.352 และ 0.345 ตามลำดับ สำหรับค่าความชื้นของเนื้อลำไยแห้งนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 17.35 – 19.32 เปอร์เซ็นต์ โดยเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ มีค่า 19.32 , 18.92 , 17.35 และ 19.07 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และค่าความชื้นเมล็ดลำไยแห้งมีค่าอยู่ระหว่าง 8.60 – 9.76 เปอร์เซ็นต์ โดยเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ มีค่า 9.76 , 9.03 , 8.78 และ 8.60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ กล่าวโดยสรุปลำไยเกรดต่าง ๆ มีค่า  $A_w$  โดยเฉลี่ยเป็น 0.361 ความชื้นของเนื้อลำไย 18.67 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นเมล็ดเป็น 9.04 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ค่าการวัดสี (ค่า L , a และ b) ค่า Water activity ( $A_w$ ) ค่าความชื้นของเนื้อลำไยแห้ง และค่าความชื้นของเมล็ดลำไย อบด้วยความหนา 20 เซนติเมตร

คุณภาพ		เกรด A	เกรด B	เกรด C	เกรด Mixed	ค่าเฉลี่ย
สีเนื้อลำไย	ค่า L	30.78±2.61	30.15±1.62	31.24±2.67	28.93±0.56	30.28
	ค่า a	+3.42±1.34	+3.93±0.96	+3.84±1.28	+3.28±0.23	+3.62
	ค่า b	+4.98±1.08	+4.27±2.34	+5.61±1.64	+6.33±0.24	+5.30
ค่า $A_w$		0.371±0.12	0.374±0.12	0.352±0.004	0.345±0.006	0.361
ความชื้นเนื้อลำไย (เปอร์เซ็นต์)		19.32±1.30	18.92±1.46	17.35±0.89	19.07±2.14	18.67
ความชื้นเมล็ด (เปอร์เซ็นต์)		9.76±0.75	9.03±0.65	8.78±1.43	8.60±0.43	9.04



#### 4.6.1.2 การอบด้วยชั้นความหนา 40 เซนติเมตร

สีของเนื้อลำไยหลังอบแห้ง ที่การอบด้วยชั้นความหนา 40 เซนติเมตร พบว่าค่า L ค่า a และค่า b ของทั้ง 4 ขนาดผลมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.9) และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยค่า L เป็นค่าความสว่างนั้นมีค่าสีที่ค่อนข้างเข้ม อยู่ในช่วง 27.61 – 28.36 เกรด C มีค่า L มากที่สุด (สว่างมากที่สุด) มีค่าเท่ากับ 28.36 รองมาคือ เกรด A เกรดคละและ เกรด B ตามลำดับ สำหรับค่า a เป็นตัวบ่งชี้สีแดงของเนื้อลำไยแห้งนั้นมีค่า a อยู่ในช่วง 2.25 – 4.31 เกรด C มีสีเนื้อลำไยออกแดงที่สุดมีค่าเท่ากับ 34.31 รองมาคือ เกรดคละ เกรด B และเกรด A ตามลำดับ และค่า b เป็นตัวบ่งชี้สีเหลืองของเนื้อลำไยแห้ง มีค่า b อยู่ในช่วง 5.05 – 6.45 เกรด C มีสีเนื้อลำไยออกเหลืองที่สุดมีค่าเท่ากับ 6.45 รองลงมาคือ เกรด B เกรดคละและเกรด A ตามลำดับ สีของเนื้อลำไยจะออกสีน้ำตาลแดง เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าสีเนื้อลำไยหลังอบมีค่าสี (ค่า L ค่า a และค่า b) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ดังนั้นลำไยที่อบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร ในเกรดต่าง ๆ จะมีสีของเนื้อลำไยอบแห้งเป็นสีน้ำตาลแดง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของ L เท่ากับ 27.85 a = +3.17 b และ b = +5.83

#### ค่า Water activity ( $A_w$ ) , ความชื้นเนื้อลำไย และความชื้นเมล็ดของลำไยอบแห้ง

ผลการวัดค่า  $A_w$  ความชื้นเนื้อลำไย และความชื้นของเมล็ดลำไย ไม่พบว่ามี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) โดยค่า  $A_w$  ของทั้ง 4 ขนาดผลมีค่าใกล้เคียงกัน มีค่า  $A_w$  อยู่ใน ช่วง 0.453 – 0.470 โดยเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ มีค่า  $A_w$  ของเนื้อลำไยดังนี้ 0.460 , 0.463 , 0.453 และ 0.470 ตามลำดับ ค่า  $A_w$  ในการอบด้วยชั้นความหนา 40 เซนติเมตรนี้ ยังมีค่าน้อย สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ ยกเว้นพวกที่ทนแล้ง สามารถเก็บรักษาได้ค่อนข้างนาน กล่าวคือ มีค่า  $A_w$  ในลำไยเกรดต่าง ๆ โดยเฉลี่ยเป็น 0.462

ค่าของความชื้นของเนื้อลำไยแห้งและค่าความชื้นเมล็ดลำไยแห้ง ทั้ง 4 ขนาดผล ไม่พบว่ามี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ค่าของความชื้นของเนื้อลำไยแห้งใกล้เคียงกัน อยู่ใน ช่วง 13.70 – 19.26 เปอร์เซ็นต์ โดยเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ มีค่าของความชื้นของเนื้อ ลำไยดังนี้คือ 17.88 16.23 13.70 และ 19.26 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนค่าความชื้นเมล็ดลำไยแห้ง นั้น ไม่พบว่ามี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) มีค่าความชื้นเมล็ดลำไยแห้งใกล้เคียงกัน อยู่ใน ช่วง 8.96 – 9.40 เปอร์เซ็นต์ โดยเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ มีค่าของความชื้นของ เมล็ดลำไยดังนี้คือ 8.96 , 9.03 , 9.40 และ 9.28 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ กล่าวคือ ค่าความชื้นของเนื้อ ลำไยและเมล็ดลำไยแห้งที่อบด้วยชั้นความหนา 40 เซนติเมตร ในเกรดต่าง ๆ มีค่าโดยเฉลี่ยเป็น 16.77 เปอร์เซ็นต์ และ 9.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

#### 4.6.1.3 การอบด้วยชั้นความหนา 60 เซนติเมตร

สีของเนื้อลำไยหลังอบแห้ง ที่การอบด้วยชั้นความหนา 60 เซนติเมตร พบว่าค่า  $L$  ไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 4.10) โดยค่า  $L$  เป็นค่าความสว่างนั้น มีค่าสีที่ค่อนข้างเข้ม อยู่ในช่วง 26.97 – 28.14 เกรด B มีค่า  $L$  มากที่สุด (สว่างมากที่สุด) มีค่าเท่ากับ 28.14 รองมาคือ เกรด C เกรดคละและเกรด A ส่วนค่า  $a$  และค่า  $b$  ของ 4 ขนาดที่อบด้วยความหนา 60 เซนติเมตรนั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยค่า  $a$  เป็นตัวบ่งชี้สีแดง ของเนื้อลำไยแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 0.98 – 3.67 โดยเกรด A มีค่าน้อยที่สุดคือ 0.98 รองมาคือเกรด B มี ค่าเท่ากับ 1.72 เกรดคละ มีค่าเท่ากับ 2.42 ส่วนเกรด C มีค่า  $a$  มากที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.67 ส่วนค่า  $b$  เป็นตัวบ่งชี้สีเหลืองของลำไยแห้ง มีค่าอยู่ในช่วง 3.97 – 7.15 โดยเกรด A เกรด B และเกรดคละ มี ค่า  $b$  ใกล้เคียงกันคือ 3.97 5.25 และ 5.40 ตามลำดับ ส่วนเกรด C มีค่า  $a$  มากที่สุดมีค่าเท่ากับ 7.15 กล่าวคือ ลำไยเกรด C มีสีน้ำตาลแดง ส่วน เกรด A, เกรด B และเกรดคละ มีสีออกน้ำตาลดำ

#### ค่า Water activity ( $A_w$ ) , ความชื้นเนื้อลำไย และความชื้นเมล็ดของลำไยอบแห้ง

ผลการวัดค่า  $A_w$ , ความชื้นเนื้อลำไย และความชื้นของเมล็ดลำไย ไม่พบว่ามีความแตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยค่า  $A_w$  ของทั้ง 4 ขนาดผลมีค่าใกล้เคียงกัน มีค่า  $A_w$  อยู่ใน ช่วง 0.383 – 0.410 โดยเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ มีค่า  $A_w$  ของเนื้อลำไยดังนี้ 0.410 , 0.387 , 0.383 และ 0.400 ตามลำดับ ค่า  $A_w$  ในการอบด้วยชั้นความหนา 60 เซนติเมตรนี้ ยังมีค่าน้อย สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ ยกเว้นพวกที่ทนแล้ง สามารถเก็บรักษาได้ค่อนข้างนาน เช่นกัน กล่าวคือ ลำไยที่อบที่ความหนา 60 เซนติเมตร มีค่า  $A_w$  โดยเฉลี่ยประมาณ 0.395 ค่าของ ความชื้นของเนื้อลำไยแห้ง ทั้ง 4 ขนาดผล ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) มีค่าของความชื้นของเนื้อลำไยแห้งใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 15.25 – 19.52 เปอร์เซ็นต์ โดย เกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ มีค่าของความชื้นของเนื้อลำไยดังนี้คือ 19.52 , 17.84 , 15.25 และ 16.73 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนค่าความชื้นเมล็ดลำไยแห้งนั้น ไม่พบว่ามีความแตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) มีค่าความชื้นเมล็ดลำไยแห้งใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 9.62 – 10.22 เปอร์เซ็นต์ โดยเกรด A เกรด B เกรด C และเกรดคละ มีค่าของความชื้นของเมล็ดลำไยดังนี้ คือ 10.22 , 9.90 , 9.62 และ 10.09 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ กล่าวคือ ลำไยที่อบด้วยความหนา 60 เซนติเมตร มีปริมาณความชื้นของเนื้อลำไยและเมล็ดอบแห้ง 17.33 เปอร์เซ็นต์ และ 9.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ค่าการวัดสี (ค่า L , a และ b) ค่า Water activity ( $A_w$ ) ค่าความชื้นของเนื้อลำไยแห้ง และค่าความชื้นของเมล็ดลำไย อบด้วยความหนา 40 เซนติเมตร

คุณภาพ		เกรด A	เกรด B	เกรด C	เกรด Mixed	ค่าเฉลี่ย
สีเนื้อลำไย	ค่า L	27.76±1.15	27.61±1.15	28.36±1.46	27.68±1.20	27.85
	ค่า a	+2.25±0.10	+2.90±1.47	+4.31±1.45	+3.21±1.28	+3.17
	ค่า b	+5.05±0.51	+5.98±1.45	+6.45±2.33	+5.83±1.24	+5.83
ค่า $A_w$		0.460±0.04	0.463±0.05	0.453±0.06	0.470±0.02	0.462
ความชื้นเนื้อลำไย (เปอร์เซ็นต์)		17.88±1.52	16.23±1.52	13.70±1.51	19.26±1.07	16.77
ความชื้นเมล็ด (เปอร์เซ็นต์)		8.96±1.54	9.03±1.65	9.40±1.38	9.28±1.18	9.17

ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ค่าการวัดสี (ค่า L , a และ b) ค่า Water activity ( $A_w$ ) ค่าความชื้นของเนื้อลำไยแห้ง และค่าความชื้นของเมล็ดลำไย อบด้วยความหนา 60 เซนติเมตร

คุณภาพ		เกรด A	เกรด B	เกรด C	เกรด Mixed	ค่าเฉลี่ย
สีเนื้อลำไย	ค่า L	26.97±0.51	28.04±0.54	28.14±1.42	27.39±0.67	27.64
	ค่า a	+0.98±0.99c	+1.72±1.04bc	+3.67±1.50a	+2.42±0.91ab	+2.20
	ค่า b	+3.97±1.33b	+5.25±1.49b	+7.15±2.64a	+5.40±1.75b	+5.44
ค่า $A_w$		0.410±0.04	0.387±0.04	0.383±0.06	0.400±0.05	0.395
ความชื้นเนื้อลำไย (เปอร์เซ็นต์)		19.52±1.12	17.84±1.36	15.25±2.20	16.73±0.56	17.33
ความชื้นเมล็ด (เปอร์เซ็นต์)		10.22±0.63	9.90±0.49	9.62±0.83	10.09±0.84	9.95

หมายเหตุ : ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p>0.05$ )

#### 4. 6.2 คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพของลำไยอบแห้งแบบทิ้งผลด้านประสาทสัมผัส โดยเกษตรกรผู้ชำนาญการที่อบแห้งลำไยแบบทิ้งผล ได้แบ่งลักษณะเฉพาะของลำไยแห้งออกเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่ สีของเนื้อลำไยแห้งที่ปรากฏ ลักษณะของลำไยแห้งที่ปรากฏ ความกรอบของเมล็ดลำไยเมื่อทุบ และการยอมรับรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน และใช้วิธีทดสอบแบบ Scoring Test โดยสเกลของสีของเนื้อลำไยแห้งที่ปรากฏ ลักษณะของลำไยแห้งที่ปรากฏ และการยอมรับรวม ที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย สเกลคะแนน 5 ระดับและคำอธิบาย (ดูตัวอย่างแบบทดสอบในภาคผนวก) ในการอธิบายลักษณะนั้นๆ จากความเข้มหนึ่งไปยังอีกความเข้มหนึ่ง ผู้ทดสอบจะประเมินโดยแถบสีของลำไยและประเมินคุณภาพลักษณะของลำไยแห้งที่ปรากฏ โดยกาเครื่องหมายลงบนสเกล ที่คำอธิบายที่เหมาะสมต่อการแสดงความรู้สึก ส่วนความกรอบของเมล็ดลำไย จะใช้สเกลเพียง 2 ระดับ เกณฑ์การประเมินด้านประสาทสัมผัสที่เกษตรกรใช้ คือ เกษตรกรจะชอบสีน้ำตาลอ่อน มีคะแนนเท่ากับ 3 เนื้อสัมผัสจะชอบแห้งพอดี มีคะแนนเท่ากับ 3 ส่วนความกรอบของเมล็ดจะชอบเมล็ดกรอบแห้งแต่กล้วย มีคะแนนเท่ากับ 2 ผลการทดสอบลักษณะของลำไยแห้งโดยเกษตรกรผู้ชำนาญการอบแห้ง เป็นดังนี้

##### 4.6.2.1 การอบด้วยชั้นความหนา 20 เซนติเมตร

สีของเนื้อลำไยแห้งที่ปรากฏ การสังเกตสีของลำไยอบแห้งของ 4 ขนาดผล กำหนดให้คะแนนน้อยหมายถึงลำไยที่มีสีเหลืองอ่อน คะแนนมากหมายถึงลำไยที่มีสีน้ำตาลดำ พบว่าสีที่เกษตรกรต้องการคือสีน้ำตาลอ่อน มีคะแนนเท่ากับ 3 (ตารางที่ 4.11) โดยเกษตรกรให้คะแนนลำไยแห้งทั้ง 4 ขนาดผลใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 2.98 – 3.10 ลำไยมีสีน้ำตาลอ่อน เกรด A มีสีน้ำตาลอ่อนที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 2.98 รองมาคือเกรด B เกรด C และเกรดคละตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ค่าสีไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) กล่าวคือ มีคะแนนเฉลี่ยของลำไยทุกเกรด เป็น 3.03

ลักษณะของลำไยแห้งที่ปรากฏ ลักษณะปรากฏของเนื้อลำไย คือความเหนียว หรือความแห้งแข็งของผิวเนื้อลำไยแห้ง กำหนดให้คะแนนน้อยหมายถึงลำไยอบแห้งที่มีผิวเหนียวมากและนิ่ม คะแนนมากหมายถึงลำไยอบแห้งที่มีผิวแห้งมากและแข็ง คะแนนที่เกษตรกรชอบมากจะอยู่ที่แห้งพอดีมีค่าเท่ากับ 3 ผลการทดสอบด้วยประสาทสัมผัสพบว่าลำไยอบแห้งทั้ง 4 ขนาดผลนั้นมีลักษณะปรากฏต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) โดยเกรดคละ และเกรด C มีลักษณะที่



แห้งพอดี มีคะแนนในช่วง 3.00 - 3.05 เกรด A จะมีลักษณะที่แน่นกว่าเกรดอื่น มีคะแนนเท่ากับ 2.88 ส่วนเกรด B และเกรด C มีลักษณะแห้งค่อนข้างแข็ง มีคะแนน 3.13 และ 3.05 ตามลำดับ ส่วน

ความกรอบของเมล็ดลำไยโดยการทุบให้แตก กำหนดคะแนนน้อยหมายถึงลักษณะเมื่อทุบเมล็ดลำไยเหนียวแตกยาก คะแนนมากหมายถึงลักษณะเมื่อทุบเมล็ดลำไยกรอบแตกง่าย พบว่า เกรด A ที่มีลักษณะเมล็ดที่แห้งแต่แตกยากกว่าเกรดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีคะแนนเท่ากับ 1.88 ส่วนเกรดอื่นเมล็ดแห้งกรอบแตกง่ายโดยมีค่าเท่ากับ 2 ซึ่งความกรอบแตกง่ายของเมล็ดเกษตรกรได้ให้เป็นตัวตัดสินใจถึงคุณภาพของลำไยอบแห้งอีกลักษณะหนึ่ง ถ้าในการอบแห้งไม่มีเครื่องวัดความชื้น ความแห้งกรอบแตกง่ายของเมล็ดจะเป็นตัวช่วยตัดสินใจได้

การยอมรับรวม การยอมรับรวมของคุณภาพลำไยอบแห้งกำหนดให้คะแนนน้อยหมายถึงไม่ชอบมาก คะแนนมากหมายถึงชอบมาก มีค่าเท่ากับ 5 พบว่าเกษตรกรพอใจเกรด B เกรดคละ และเกรด C มากที่สุด โดยมีคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยมีคะแนนช่วง 4.9-5 เกรด A มีค่าคะแนนอยู่ที่ 4.75 ก็มีความชอบเช่นกันแต่น้อยกว่าเกรด B เกรด C และเกรดคละ แสดงว่าคุณภาพของลำไยแห้งทั้ง 4 เกรดที่ได้จากการทดลอง มีคุณภาพในเกณฑ์ที่เกษตรกรผู้ชำนาญการอบแห้งยอมรับ

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ค่าการประเมินโดยเกษตรกร ในด้านสีของเนื้อลำไยแห้งที่ปรากฏ ลักษณะของลำไยแห้งที่ปรากฏ ความกรอบของเมล็ดลำไยเมื่อทุบ และการยอมรับรวม ที่อบด้วยชั้นความหนา 20 เซนติเมตร

คุณภาพ	เกรด A	เกรด B	เกรด C	เกรด Mixed	ค่าเฉลี่ย
สีเนื้อลำไย	2.98±0.16	3.03±0.16	3.10±0.30	3.03±0.28	3.03
ลักษณะปรากฏ	2.88±0.33c	3.13±0.33a	3.05±0.22ab	3.00±0b	3.01
ความกรอบของเมล็ด	1.88±0.33b	2.00±0 a	2.00±0 a	2.00±0a	1.97
การยอมรับรวม	4.75±0.67b	5.00±0 a	4.90±0.44ab	5.00±0a	4.91

หมายเหตุ : ตัวเลขในแนวนอน ที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p>0.05$ )

กล่าวโดยสรุปในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส เกษตรกรผู้ชำนาญการ ให้ความรู้สึกต่อลำไยแห้งเกรด B เกรด C และเกรดคละ ที่ดีในลักษณะต่าง ๆ ที่สัมผัสของลำไยอบแห้งที่อบด้วยความหนา 20 เซนติเมตร

#### 4.6.2.2 การอบด้วยชั้นความหนา 40 เซนติเมตร

สีของเนื้อลำไยแห้งที่ปรากฏ ที่การอบด้วยชั้นความหนา 40 เซนติเมตร ผลของการสังเกตสีของลำไยอบแห้งของ 4 ขนาดผล กำหนดให้คะแนนน้อยหมายถึงลำไยที่มีสีเหลืองอ่อน คะแนนมากหมายถึงลำไยที่มีสีน้ำตาลดำ พบว่าสีที่เกษตรกรต้องการคือสีน้ำตาลอ่อน มีคะแนนเท่ากับ 3 (ตารางที่ 4.12) เช่นเดียวกับสีของความหนา 20 เซนติเมตร ผลการทดสอบพบว่าสีของขนาดผลที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยเกษตรกรให้คะแนนอยู่ในช่วง 2.81 – 3.05 เกรด C มีสีน้ำตาลอ่อน มีค่าเท่ากับ 3.05 และเกรดคละ มีสีที่อ่อนกว่าเกรด C มีคะแนนเท่ากับ 2.95 ส่วนเกรด A และเกรด B มีสีที่อ่อนกว่าเกรดคละ มีคะแนนเท่ากับ 2.81-2.85 พบว่าเกษตรกรมีความชอบสีของลำไยแห้งเกรด C หรือ เกรดคละ มากกว่าเกรดอื่น ๆ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการวัดด้วยเครื่องวัดสี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะตัวอย่างที่ใช้วัดด้วยเครื่องวัดสีและตัวอย่างที่การทดสอบด้วยประสาทสัมผัสมีการเตรียมคนละอย่าง

ลักษณะของลำไยแห้งที่ปรากฏ กำหนดให้คะแนนน้อยหมายถึงลำไยอบแห้งที่มีผิวแฉะมากและนิ่ม คะแนนมากหมายถึงลำไยอบแห้งที่มีผิวแห้งมากและแข็ง คะแนนที่เกษตรกรชอบมากจะอยู่ที่แห้งพอดีมีค่าเท่ากับ 3 ผลการทดสอบด้วยประสาทสัมผัสพบว่าลำไยอบแห้งทั้ง 4 ขนาดผลนั้นมีลักษณะปรากฏต่างกันทั้ง 4 ขนาดผล มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยเกรด B จะมีลักษณะที่แห้งพอดี มีคะแนนเท่ากับ 3 เกรด A และเกรดคละ จะมีลักษณะที่ค่อนข้างและกว่าเกรด B มีคะแนนเท่ากับ 2.90 และ 2.85 ส่วนเกรด C จะแห้งค่อนข้างแห้งแข็งกว่าเกรด B มีคะแนน 3.10

ความกรอบของเมล็ดลำไยโดยการทุบให้แตก กำหนดคะแนนน้อยหมายถึงลักษณะเมื่อทุบเมล็ดลำไยเหนียวแตกยาก คะแนนมากหมายถึงลักษณะเมื่อทุบเมล็ดลำไยกรอบแตกง่าย จากการประเมินพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ของความกรอบของเมล็ด โดย เกรด B และเกรด C เมล็ดมีลักษณะแห้งแตกง่ายมีคะแนนเท่ากับ 2.00 ส่วนเกรด A และเกรดคละ เมล็ดที่มีลักษณะแห้งแต่แตกยากกว่าเกรด B และ เกรด C มีคะแนนเท่ากับ 1.91 และ 1.85 ตามลำดับ

การยอมรับรวม การยอมรับรวมของคุณภาพลำไยอบแห้งกำหนดให้คะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบมาก คะแนนชอบมาก มีค่าเท่ากับ 5 การยอมรับรวมของคุณภาพลำไยอบแห้งทั้ง 4 ขนาดผลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยพบว่าเกรด C เกษตรกรพอใจอยู่ในระดับชอบมาก มีคะแนนเท่ากับ 5 ส่วนเกรดอื่นๆ คือ เกรด A เกรด B และเกรดคละ มีการยอมรับของเกษตรกรน้อยกว่าเกรด C มีช่วงคะแนนอยู่ในช่วง 4.60 – 4.70



โดยสรุป เกษตรกรผู้ชำนาญการมีความพอใจในลำไยอบแห้งเกรด C ค่อนข้างมากกว่าเกรดอื่น ๆ เมื่อทำการอบลำไยที่ชั้นความหนา 40 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ค่าการประเมินโดยเกษตรกร ในด้านสีของเนื้อลำไยแห้งที่ปรากฏ ลักษณะของลำไยแห้งที่ปรากฏ ความกรอบของเมล็ดลำไยเมื่อทุบ และการยอมรับรวม ที่อบด้วยชั้นความหนา 40 เซนติเมตร

คุณภาพ	เกรด A	เกรด B	เกรด C	เกรด Mixed	ค่าเฉลี่ย
สีเนื้อลำไย	2.81±0.24c	2.85±0.23c	3.05±0.15a	2.95±0.15 b	2.92
ลักษณะปรากฏ	2.90±0.20c	3.00±0 b	3.10±0.20a	2.85±0.23 c	2.96
ความกรอบของเมล็ด	1.90±0.20b	2.00±0 a	2.00±0 a	1.85±0.23 b	1.94
การยอมรับรวม	4.60±0.40b	4.70±0.46b	5.00±0 a	4.60±0.49 b	4.73

หมายเหตุ : ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (  $p>0.05$  )

#### 4.6.2.3 การอบด้วยชั้นความหนา 60 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.13)

สีของเนื้อลำไยแห้งที่ปรากฏ จากการทดสอบพบว่าสีของขนาดผลที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) โดยเกรดคละและ เกรด B มีสีน้ำตาลอ่อน คะแนนอยู่ในช่วง 2.97 – 3.00 ส่วนเกรด A มีสีที่อ่อนกว่าเกรดคละ และเกรด B มีคะแนนเท่ากับ 2.77 ส่วนเกรด C มีสีที่เข้มกว่าเกรด B มีคะแนนเท่ากับ 3.10

ลักษณะของลำไยแห้งที่ปรากฏ ผลการประเมินพบว่า เกรด B และเกรดคละ มีลักษณะที่แห้งพอดีกว่าเกรดอื่น มีคะแนนเท่ากับ 3.07 เกรด A จะมีลักษณะที่ค่อนข้างแฉะเกรด B และเกรดคละมีคะแนนเท่ากับ 2.9 ส่วนเกรด C จะแห้งค่อนข้างแห้งแข็งกว่าเกรด B และเกรดคละมีคะแนน 3.13

ความกรอบของเมล็ดลำไยโดยการทุบให้แตก ในการประเมินความกรอบของเมล็ดลำไย ซึ่งผ่านการอบที่ความหนา 60 เซนติเมตรนั้น ไม่มีคะแนนความกรอบสูงถึงระดับ 2 แสดงให้เห็นว่า ลำไยที่อบด้วยความหนา 60 เซนติเมตรจะพบความชื้นที่ไม่สม่ำเสมอของลำไยแห้ง และยังคงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ของลักษณะความกรอบของเมล็ดทั้ง 4 ขนาด โดยเกรด B และเกรด C จะแห้งแตกง่ายที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 1.93 รองมาคือเกรดคละ มีคะแนนเท่ากับ 1.90 และเกรด A มีคะแนนเท่ากับ 1.80 ตามลำดับ

การยอมรับรวม พบว่าการยอมรับรวมของคุณภาพลำไยอบแห้งทั้ง 4 ขนาดผลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) โดยเกษตรกรพอใจคุณภาพลำไยอยู่ในเกณฑ์ชอบแต่ไม่

ถึงชอบมาก โดยเกรด B มีค่ามากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 4.47 ส่วนเกรด C และเกรดคละมีคะแนนเท่ากับ 4.27 และเกรด A มีค่าน้อยที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 4.00

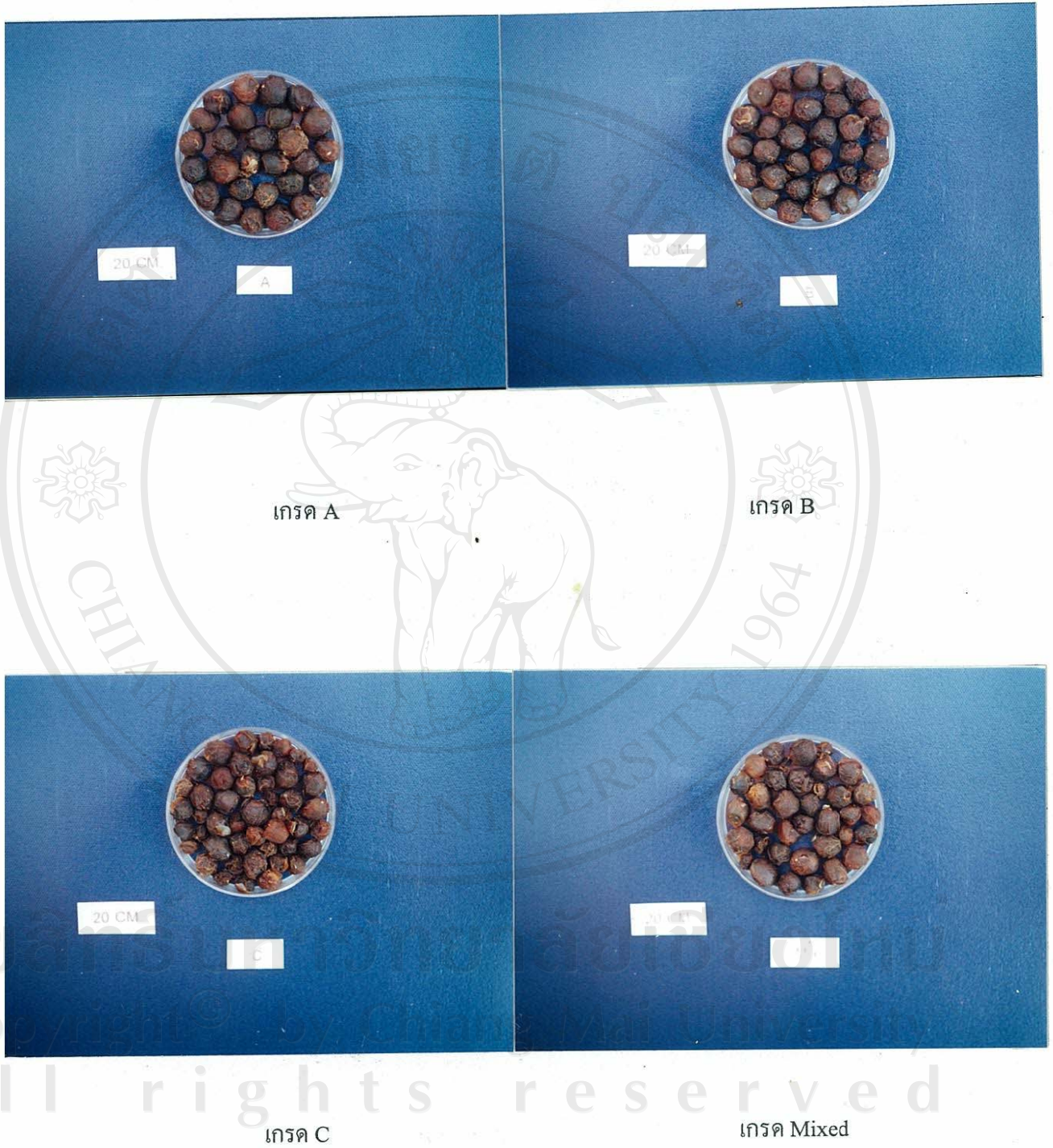
กล่าวโดยสรุป ลำไยอบแห้งที่ความหนา 60 เซนติเมตร นั้น เกษตรกรผู้ชำนาญการมีความพอใจลำไยเกรด B ค่อนข้างมากกว่าเกรดอื่น ๆ แต่ความพอใจโดยรวมก็ยังไม่สูงเท่ากับการอบที่ความหนา 20 และ 40 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์ค่าการประเมินโดยเกษตรกร ในด้านสีของเนื้อลำไยแห้งที่ปรากฏ ลักษณะของลำไยแห้งที่ปรากฏ ความกรอบของเมล็ดลำไยเมื่อทูป และการยอมรับรวม ที่อบด้วยชั้นความหนา 60 เซนติเมตร

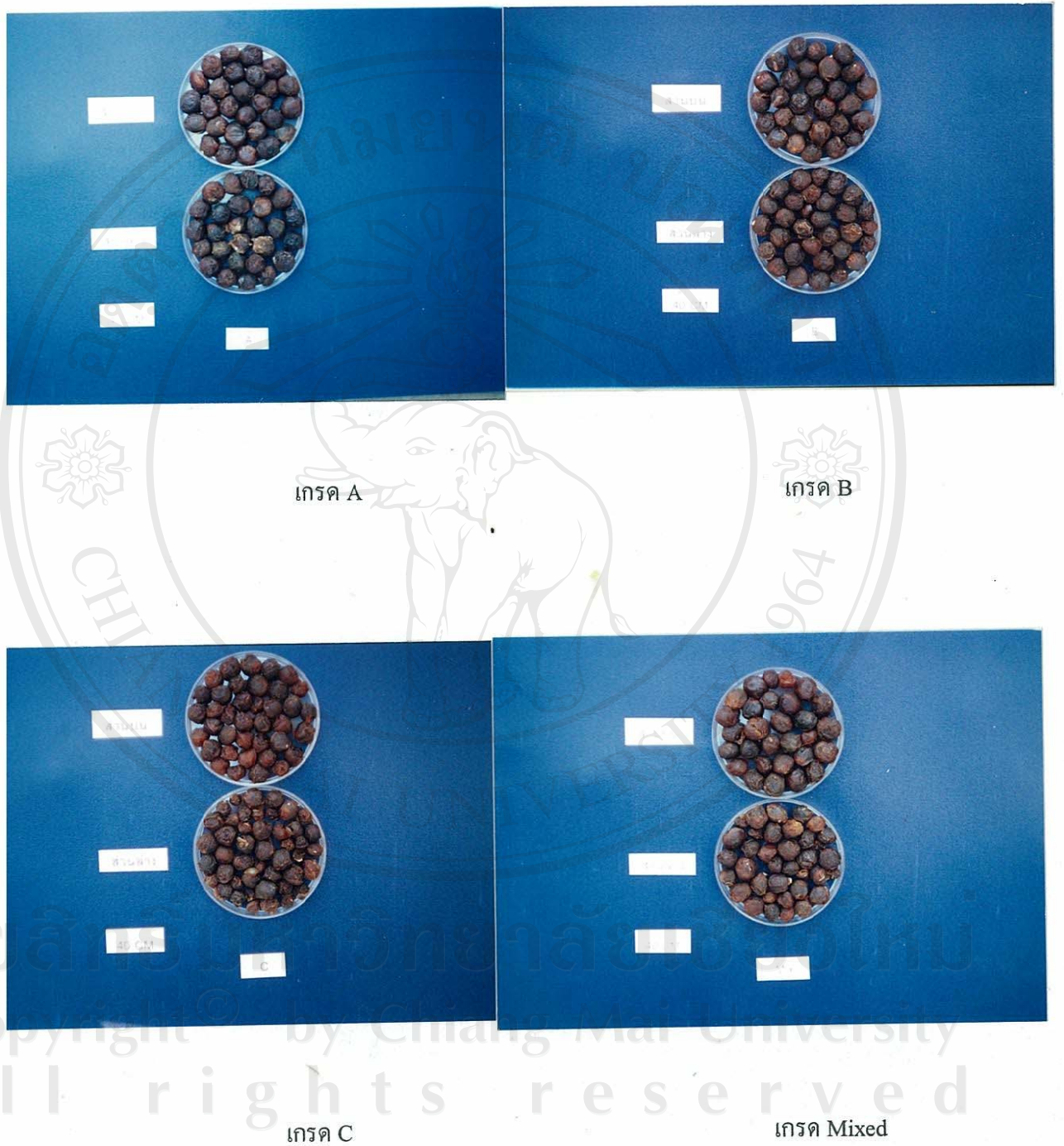
คุณภาพ	เกรด A	เกรด B	เกรด C	เกรด Mixed	ค่าเฉลี่ย
สีเนื้อลำไย	2.77±0.26c	2.97±0.18b	3.10±0.30a	3.00±0.30ab	2.96
ลักษณะปรากฏ	2.90±0.30b	3.07±0.25a	3.13±0.22a	3.07±0.29a	3.04
ความกรอบของเมล็ด	1.80±0.22b	1.93±0.13a	1.93±0.22a	1.90±0.19a	1.89
การยอมรับรวม	4.00±0.75b	4.47±0.66a	4.27±0.70ab	4.27±0.82ab	4.25

หมายเหตุ : ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (  $p > 0.05$  )





ภาพที่ 4.11 ลักษณะปรากฏของเนื้อดำไยแบบทั้งเปลือก ของ 4 ขนาดผล ที่บดด้วยชั้นความหนา 20 เซนติเมตร



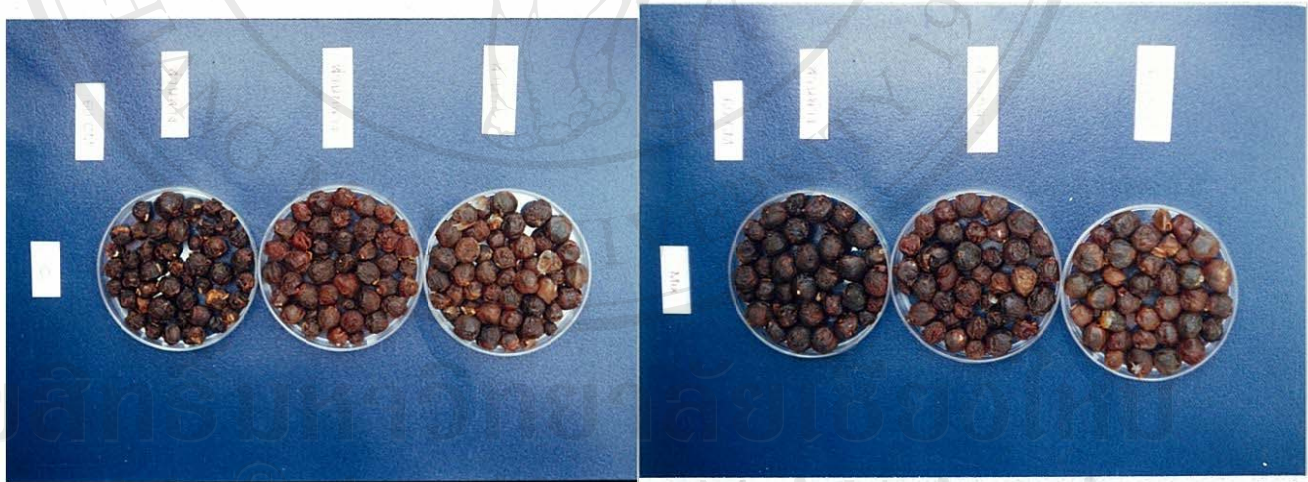
ภาพที่ 4.12 ลักษณะปรากฏของเนื้อลำไยแบบทั้งเปลือก ของ 4 ขนาดผล ที่อบด้วยชั้นความ  
หนา 40 เซนติเมตร





เกรด A

เกรด B



เกรด C

เกรด Mixed

ภาพที่ 4.13 ลักษณะปรากฏของเนื้อลำไยแบบทั้งเปลือก ของ 4 ขนาดผล ที่อบด้วยชั้นความ

หนา 60 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University  
All rights reserved