

## บทที่ 4

## ผลการทดลองและอภิปรายผล

## 4.1 ผลการทดลองหาเวลาที่เหมาะสม ในการสลับหมุนเวียนลมร้อนเข้าด้านบนและด้านล่างของเตาอบ

จากการทดลองอบพริกแห้ง โดยการสลับลมร้อนเข้าด้านบนและด้านล่างของเตาอบทุกๆ 3,5 และ 7 ชั่วโมง พบว่า พริกที่ลวกก่อนอบแห้งสลับลมร้อนทุก 3 ชั่วโมง มีความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นของตัวอย่าง พริกสด 74.53% ( wet basis) ทำการอบแห้งจนความชื้นเฉลี่ยสุดท้ายเป็น 12.70% ให้ระยะเวลาในการอบนาน 15 ชั่วโมง พริกที่ลวกก่อนอบแห้งสลับลมร้อนทุก 5 ชั่วโมงมีความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้น ของตัวอย่าง 74.40 % ( wet basis) อบแห้งจนความชื้นเฉลี่ยสุดท้ายเท่ากับ 13.30% ให้ระยะเวลาในการอบนาน 15 ชั่วโมง และพริกที่ลวกก่อนอบแห้งอบโดยวิธีสลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมง มีความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 74.91% ใช้เวลาในการอบนาน 15 ชั่วโมง มีความชื้นเฉลี่ยสุดท้าย 11.91% ( ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย { มาตรฐานเปียก ( $M_w$ ), มาตรฐานแห้ง( $M_d$ ) } ของพริกที่ลวกก่อนอบสลับลมทุก 3,5 และ 7 ชั่วโมง

ระยะเวลา อบ (ชั่วโมง)	% $M_w$			LSD	% $M_d$		
	สลับลม ทุก 3 ชม.	สลับลม ทุก 5 ชม.	สลับลม ทุก 7 ชม.		สลับลม ทุก 3 ชม.	สลับลม ทุก 5 ชม.	สลับลม ทุก 7 ชม.
0	74.53	74.40	74.91	NS	292.62	290.63	298.57
2	70.39	68.58	70.11	NS	237.72	218.27	234.56
4	65.43	63.69	65.01	NS	189.27	175.41	185.79
6	59.22	56.89	58.54	NS	145.22	131.96	141.19
8	50.79	48.47	49.72	NS	103.21	94.06	98.88
10	39.78	37.80	37.80	NS	66.06	60.77	60.77
12	28.47	28.76	26.46	NS	39.80	40.37	35.98
14	16.61	17.90	16.73	NS	19.92	21.80	20.09
15	12.70	13.30	11.91	NS	14.55	15.34	13.52

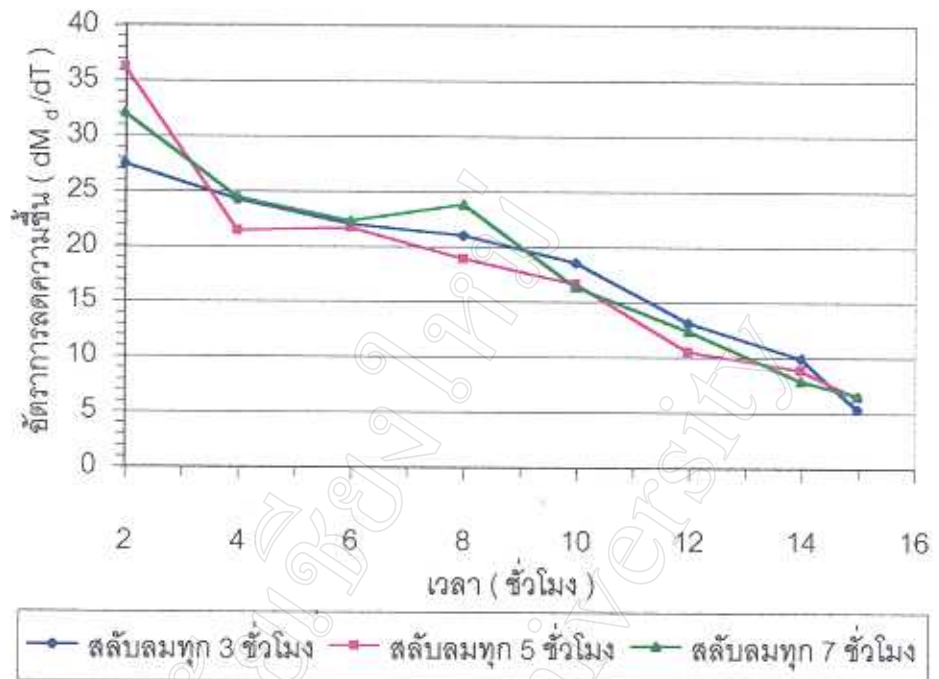
สำหรับผลการอบพริกแห้งที่ไม่ลวกก่อน นอบสลับลมร้อนทุก 3 ชั่วโมง ใช้เวลาในการอบนาน 15 ชั่วโมง มีความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 75.24 % ( $M_w$ ) มีความชื้นเฉลี่ยสุดท้ายเท่ากับ 11.94 % การอบโดยวิธีสลับลมร้อนทุก 5 ชั่วโมง มีความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 74.40% ( $M_w$ ) อบจนมีความชื้นเฉลี่ยสุดท้ายเท่ากับ 11.89% ใช้เวลาอบนาน 14 ชั่วโมง การอบโดยวิธีสลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมงมีความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 74.91 % ( $M_w$ ) ใช้เวลาอบนาน 14 ชั่วโมง มีความชื้นเฉลี่ยสุดท้ายเท่ากับ 12.42 % ( $M_w$ ) (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย { มาตรฐานเปียก ( $M_w$ ), มาตรฐานแห้ง ( $M_d$ ) } ของพริกที่ไม่ลวกก่อนอบสลับลมทุก 3,5 และ 7 ชั่วโมง

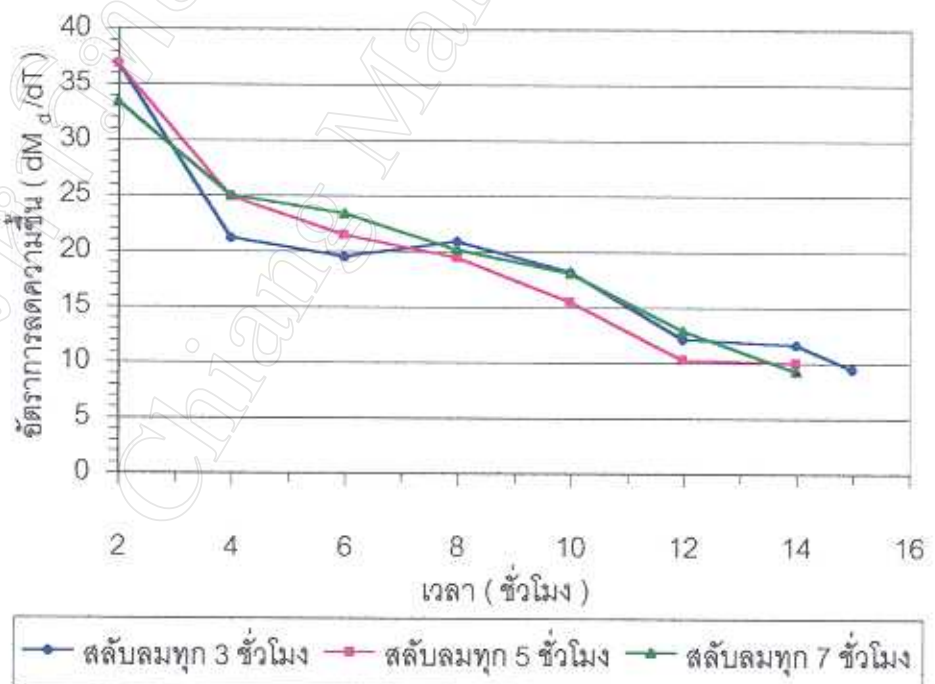
ระยะเวลา อบ (ชั่วโมง)	% $M_w$			LSD	% $M_d$		
	สลับลม ทุก 3 ชม.	สลับลม ทุก 5 ชม.	สลับลม ทุก 7 ชม.		สลับลม ทุก 3 ชม.	สลับลม ทุก 5 ชม.	สลับลม ทุก 7 ชม.
0	75.24	74.40	74.91	NS	303.88	290.63	298.57
2	69.70	68.44	69.85	NS	230.03	216.85	231.68
4	65.24	62.55	64.50	NS	187.69	167.02	181.69
6	59.79	55.37	57.43	NS	148.69	124.06	134.91
8	51.68	45.99	48.63	NS	106.95	85.15	94.67
10	41.38	35.14	36.92	NS	70.59	54.18	58.53
12	31.66	25.11	24.67	NS	46.33	33.53	32.75
14	18.74a	11.89b	12.42b	4.878	23.06	13.49	14.18
15	11.94				13.56		

\* อักษรตามหลังตัวเลขในแนวนอนที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ( $p < 0.05$ )

จากการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ( $M_w$ ) ที่ลดลงของพริกที่ลวกและไม่ลวกก่อนอบเปรียบเทียบการอบโดยการสลับลมทุก 3 , 5 และ 7 ชั่วโมง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(ตารางที่ 4.1,4.2) ยกเว้น (ที่ LSD 4.878) ในการอบ 14 ชั่วโมงเมื่อสลับลมทุก 5 และ 7 ชั่วโมง และจากการวิเคราะห์ค่าอัตราการลดความชื้น ( $dM_d / dT$ ) ของพริกทั้งลวกและไม่ลวกก่อนอบเปรียบเทียบการอบโดยการสลับลมทุก 3 , 5 และ 7 ชั่วโมง พบว่าทุกระยะของการอบค่าอัตราการลดความชื้นเฉลี่ยต่อชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % เช่นกัน( ภาพที่ 4.1 และ 4.2)



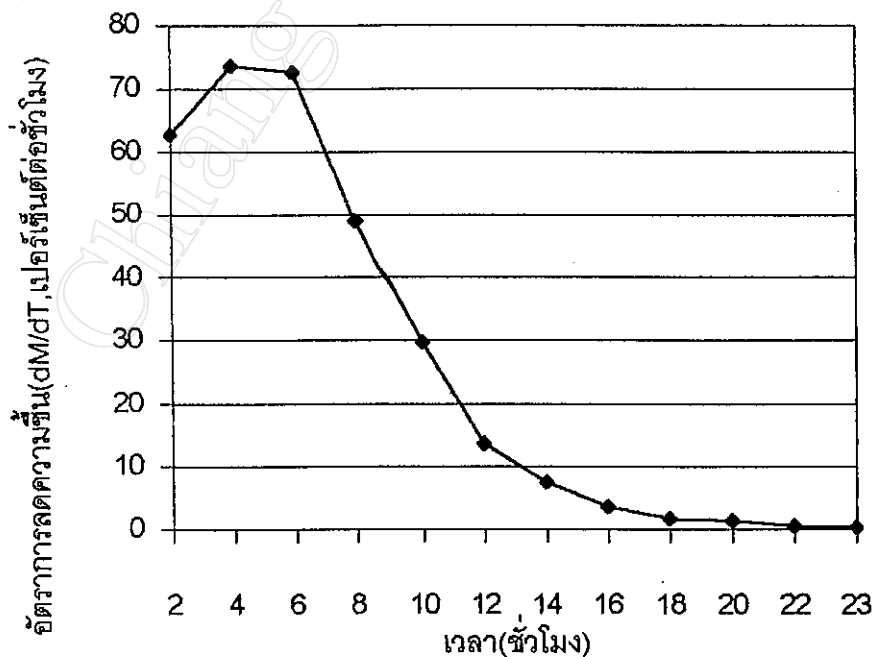
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงอัตราการลดความชื้น ( $dM_u/dT$ ) กับเวลาในการอบของพริกที่สลวกก่อนอบ



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงอัตราการลดความชื้น ( $dM_u/dT$ ) กับเวลาในการอบของพริกที่ไม่สลวกก่อนอบ

จากภาพที่ 4.1 และ 4.2 จะเห็นว่ากราฟอัตราการลดความชื้น ( $dm_p/dT$ ) ของการอบโดยการสลับลมร้อนทุก 3, 5 และ 7 ชั่วโมง ค่าอัตราการลดความชื้นในช่วงแรกจะสูงและจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไปจนถึงสิ้นสุดกระบวนการอบ อย่างไรก็ตามกราฟอัตราการลดความชื้นของการอบโดยวิธีสลับลมร้อนเข้า 2 ทาง คือด้านบนและด้านล่าง จะมีลักษณะแตกต่างจากกราฟอัตราการลดความชื้นที่ใช้ลมร้อนเป่าเข้าทางเดียวอย่างเห็นได้ชัด กราฟอัตราการลดความชื้นที่ใช้ลมร้อนเป่าเข้าทางเดียวจะมีลักษณะค่าอัตราการลดความชื้นในช่วงแรกจะสูง และจะลดลงไปเรื่อยๆจนถึงสิ้นสุดกระบวนการอบ (ภาพที่ 4.3) ซึ่งเป็นการทดลองอบพริกชี้ฟ้าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (รติกรและคณะ, 2540)

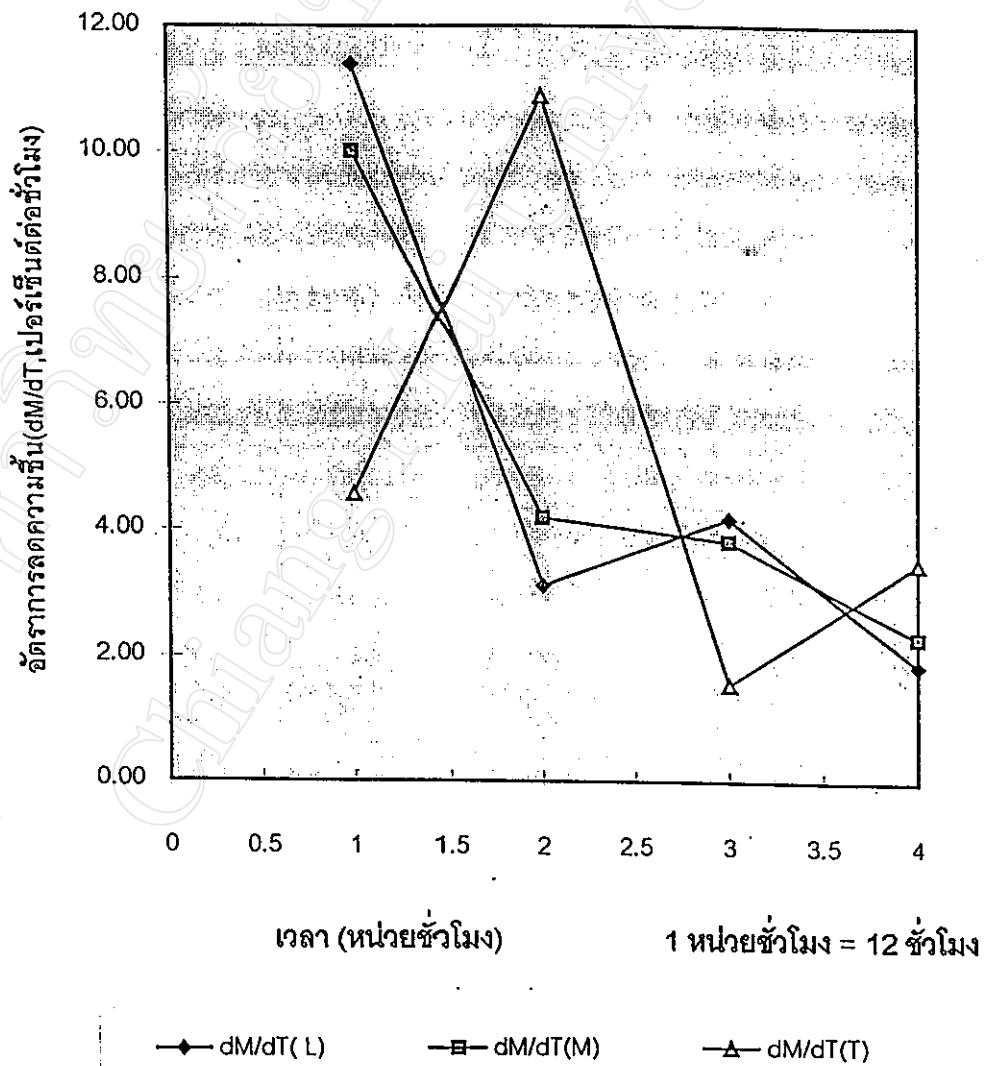
กราฟอัตราการลดความชื้นของการอบโดยวิธีสลับลมร้อนจะมีลักษณะคืออัตราการลดความชื้นจะสูงในช่วงแรกและจะลดลงไปเรื่อยๆเมื่อเวลาผ่านไป แต่ทุกครั้งที่มีการสลับลม พริกเริ่มต้นที่ปะทะลมร้อนจะเปลี่ยนจากเดิม ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นสูงกว่า จึงมีผลทำให้อัตราการลดความชื้นลดลงช้า โดยการลดความชื้นจะไม่เกิดขึ้นทันทีทันใดเมื่อเริ่มสลับลมใหม่ๆ เนื่องจากอุณหภูมิของพริกเริ่มต้นมีค่าต่ำกว่าเดิม ดังนั้นเมื่อเริ่มอบใหม่ ลมร้อนส่วนหนึ่งต้องเข้าไปในการทำให้อุณหภูมิของพริกสูงขึ้น อัตราการลดความชื้นจึงค่อยๆลดลงอย่างช้าๆเมื่อเวลาผ่านไป กราฟที่ได้จึงมีลักษณะคล้ายขั้นบันได (ภาพที่ 4.1, 4.2) ลักษณะเช่นนี้จะปรากฏชัดเมื่อมีการสลับลมบ่อย



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงอัตราการลดความชื้น (มาตรฐานแห้ง) กับเวลาในการอบของพริกชี้ฟ้า

กราฟอัตราการลดความชื้นของการอบโดยวิธีสลับลมร้อนที่มีลักษณะคล้ายชั้นบันไดนี้จะไปสอดคล้องกับงานวิจัยของ วีระ (2541) ที่ทำการเก็บข้อมูลอัตราการลดความชื้น ชั้นบน, กลาง, ล่างของการอบลำไยของเกษตรกรโดยใช้เครื่องอบลำไยแบบได้หวน (Batch Type) โดยเกษตรกรจะทำการกลับลำไยระหว่างชั้นบนและชั้นล่างทุก 12 ชั่วโมง กราฟอัตราการลดความชื้นที่ได้จะมีลักษณะคล้ายชั้นบันไดเช่นกัน (ภาพที่ 4.4)

วีระ(2541) กล่าวว่าในการกลับลำไยแต่ละครั้ง อุณหภูมิเริ่มต้นของลำไยลดต่ำลง ความร้อนส่วนหนึ่งจึงต้องนำไปใช้ในการทำให้อุณหภูมิของลำไยสูงขึ้น

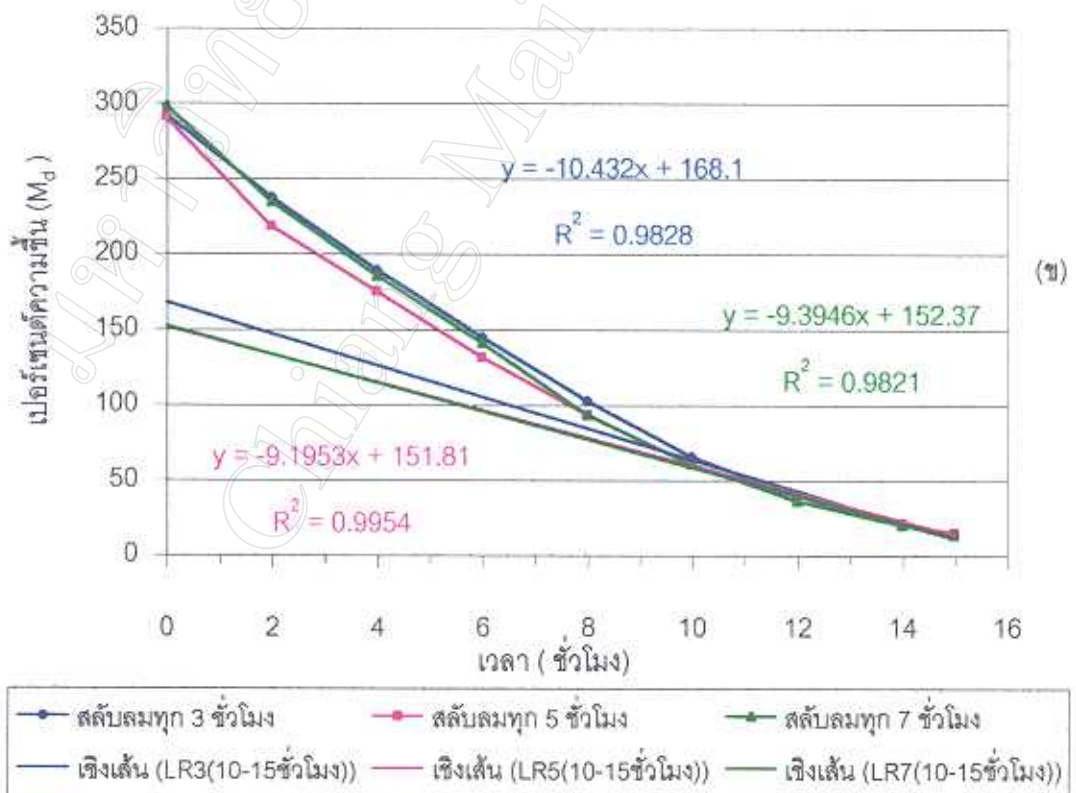
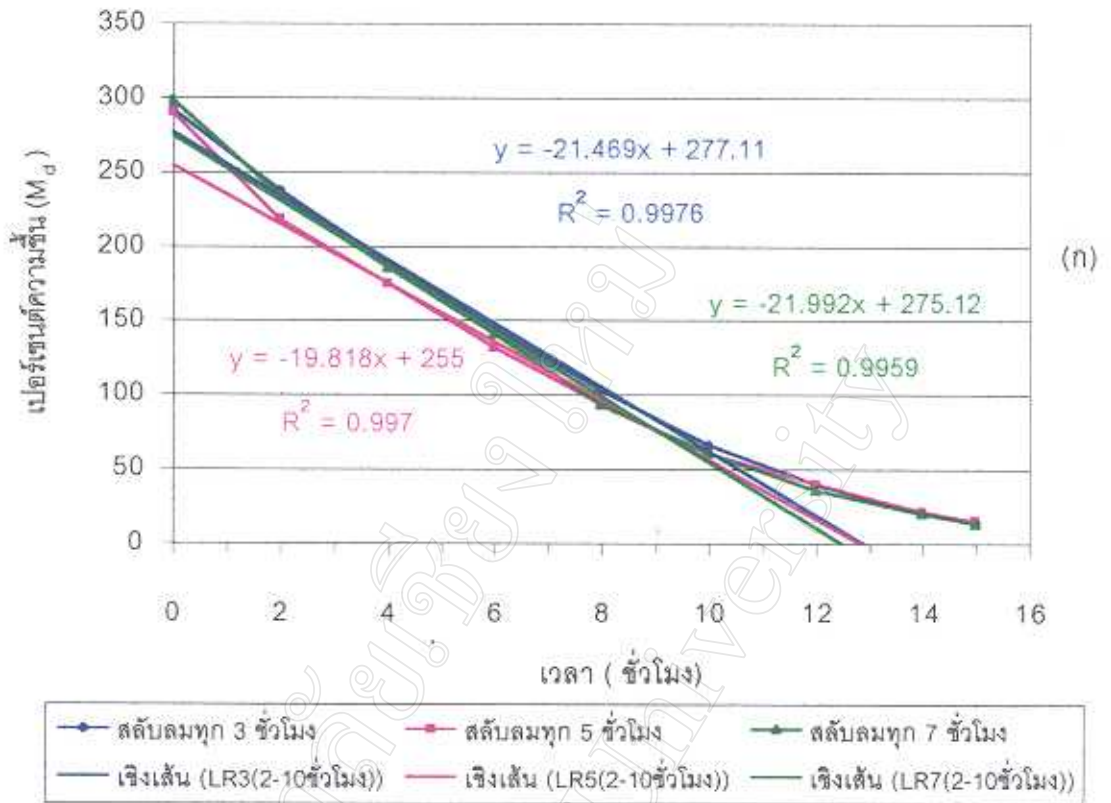


ภาพที่ 4.4 กราฟอัตราการลดความชื้น(มาตรฐานแห้ง) กับเวลาของการอบลำไยของเกษตรกร

จะเห็นว่ากราฟอัตราการลดความชื้นของการอบโดยวิธีสลับลมร้อนหรือสลับวัตถุในระหว่างอบ จะมีลักษณะที่แตกต่างกับกราฟของการอบโดยการเป่าลมร้อนเข้าเตาเพียงทางเดียวโดยไม่มีการสลับวัตถุในระหว่างอบ ดังนั้นการหาเวลาการสลับลมร้อนที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็น การสลับลมร้อนถี่เกินไป จะเป็นการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความชื้นของพริกยังมีค่าสูงอยู่มาก

จากการวิเคราะห์เส้น Regression ของกราฟเปอร์เซ็นต์การลดความชื้นกับเวลาในการอบ(ภาพที่ 4.5) พบว่าการอบแห้งพริกที่ลวกก่อนอบโดยวิธีการสลับลมทุก 3, 5 และ 7 ชั่วโมง จะพบอัตราการอบแห้งลดลง 2 ช่วง คือ ระยะเวลาอบตั้งแต่ 2-10 ชั่วโมง จะเป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลงช่วงที่ 1 หลังจาก 10 ชั่วโมงจนเสร็จสิ้นกระบวนการอบจะเป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลงช่วงที่ 2 ความชันของกราฟ คือ ค่าอัตราการลดความชื้นของพริก จากการเฉลี่ยความชันของกราฟการสลับลมทุก 3, 5 และ 7 ชั่วโมงในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงช่วงที่ 1 พบว่ามีค่าเท่ากับ  $-21.09 \pm 1.13$  ซึ่งมีความมากกว่า ความชันกราฟ ของช่วงอัตราการอบแห้งลดลงช่วงที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $-9.67 \pm 0.67$  ดังนั้นจึงสามารถตั้งข้อสังเกตได้ว่า การสลับลมร้อนไม่ควรทำในขณะที่การอบยังอยู่ในช่วงของอัตราการอบแห้งลดลงช่วงที่ 1 เนื่องจากค่าอัตราการลดความชื้นในช่วงนี้ยังมีค่าสูงอยู่มาก โดยค่าความชื้นของพริกที่ลวกก่อนอบที่ระยะเวลาการอบที่ 10 ชั่วโมงมีค่าประมาณ 37.80 – 39.80 % ( $M_w$ )

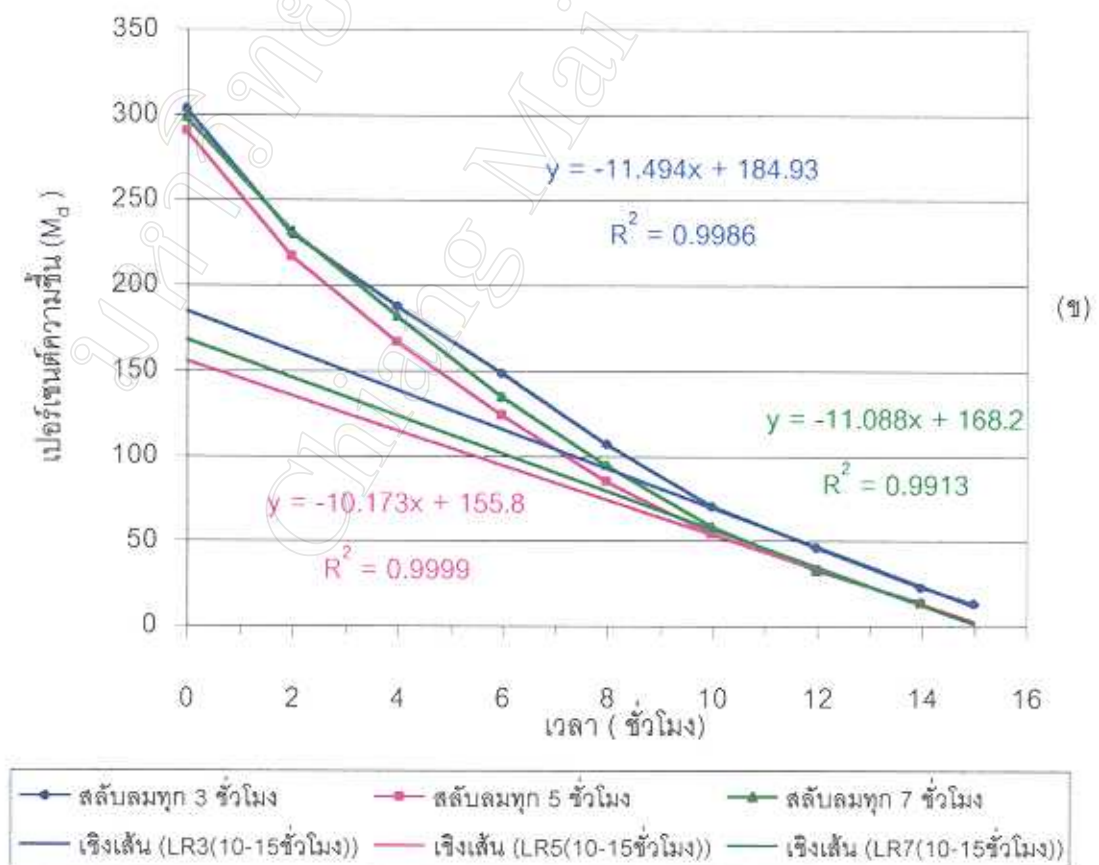
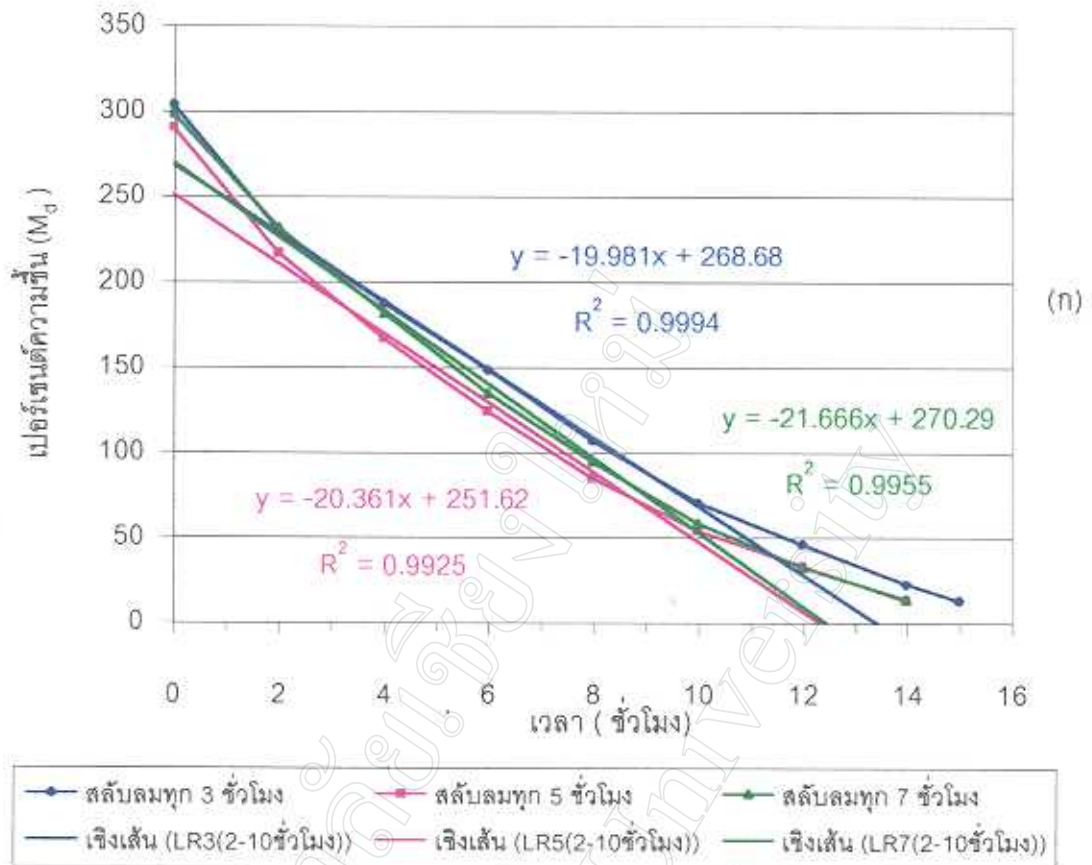
สำหรับพริกที่ไม่ลวกก่อนอบ พบว่ามีช่วงอัตราการอบแห้งลดลง 2 ช่วงเหมือนกัน โดยค่าเฉลี่ยความชันของกราฟการสลับลมทุก 3, 5 และ 7 ชั่วโมงในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงช่วงที่ 1 ( 2 – 10 ชั่วโมง) พบว่ามีค่าเท่ากับ  $-20.67 \pm 0.89$  ความชันของกราฟของช่วงอัตราการอบแห้งลดลงช่วงที่ 2 ( 10-15 ชั่วโมง) มีค่าเท่ากับ  $-10.92 \pm 0.68$  โดยค่าความชื้นของพริกที่ไม่ลวกก่อนอบที่ระยะเวลาการอบที่ 10 ชั่วโมงมีค่าประมาณ 35.14 – 41.38 % ( $M_w$ ) ( ภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดง regression ของการลดความชื้น ( $M_0$ ) กับเวลาในการอบพริกที่ลวก

ก่อนอบแห้ง (ก) ช่วงอัตราความชื้นลดลงช่วงที่ 1

(ข) ช่วงอัตราความชื้นลดลงช่วงที่ 2



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดง regression ของการลดความเค้น ( $M_D$ ) กับเวลาในการอบ

พริกที่ไม่ลวกก่อนอบแห้ง (ก) ช่วงอัตราความเค้นลดลงช่วงที่ 1

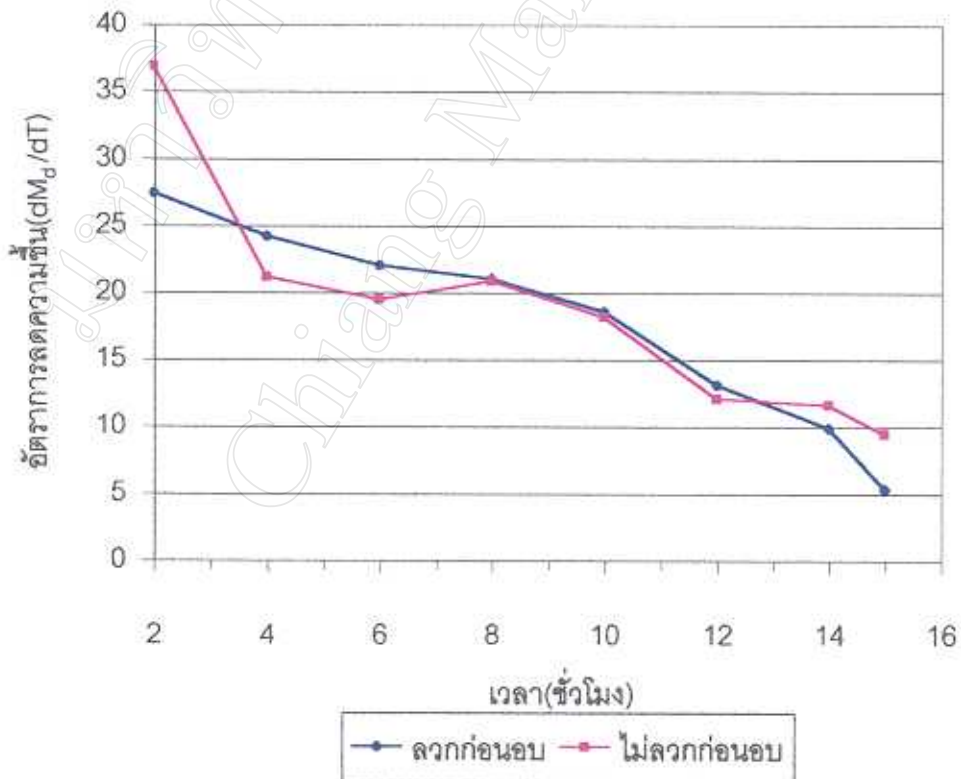
(ข) ช่วงอัตราความเค้นลดลงช่วงที่ 2



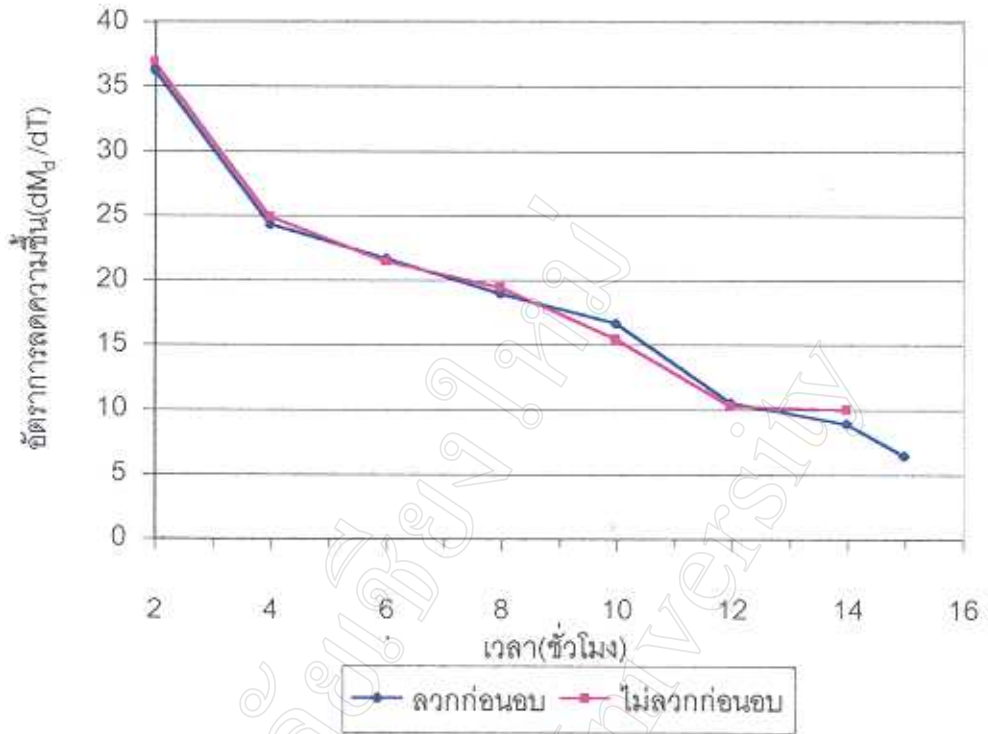
#### 4.2 ผลกระทบของการลวกพริกในน้ำเดือดต่อกระบวนการอบแห้ง

ผลกระทบของการลวกพริกในน้ำเดือดก่อนอบ พบว่าที่ทุกระยะของการอบ โดยการสลับลมทุก 3, 5 และ 7 ชั่วโมง เปอร์เซนต์อัตราการลดความชื้นเปรียบเทียบระหว่างพริกที่ลวกและไม่ลวกก่อนอบ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ (ภาพที่ 4.7, 4.8 และ 4.9)

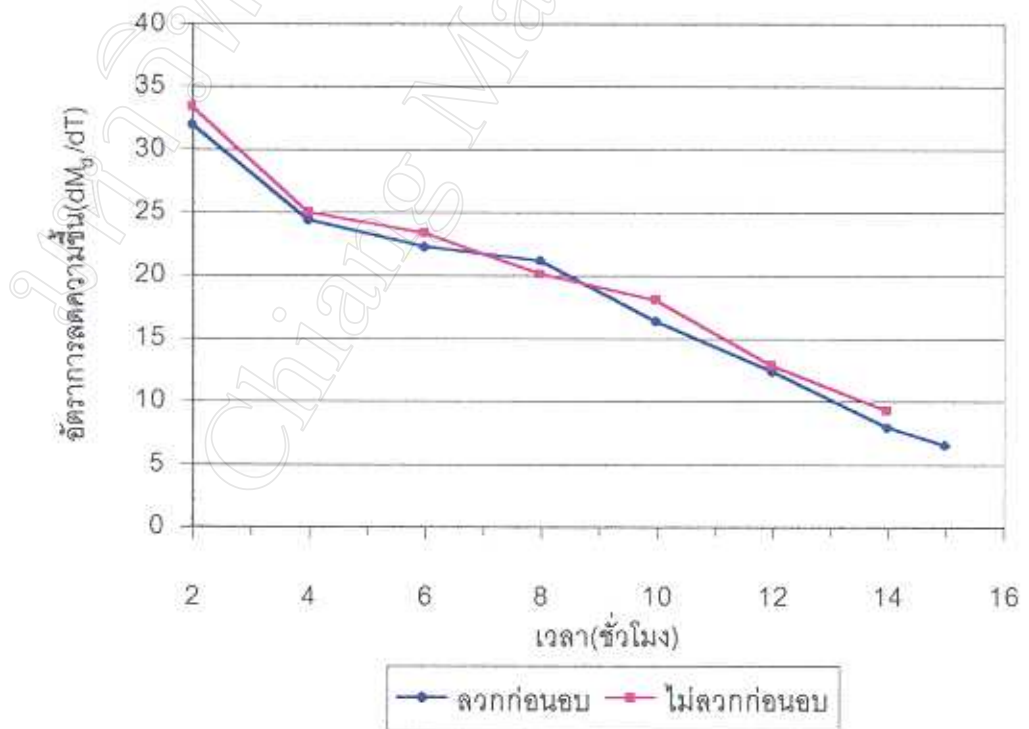
จากผลการทดลอง พบว่าผลกระทบจากการลวกพริกก่อนอบ จะค้ำกับการทดลองของนักวิจัยหลายคน ( สิงหนาทและคณะ 2534, Alvarez et al. 1995) ซึ่งได้รายงานว่าการลวกจะช่วยเพิ่มอัตราการอบแห้งได้ ซึ่งในการทดลองนี้เป็นไปได้ว่าลักษณะของการลวกพริกอาจไม่มีประสิทธิภาพดีพอ เนื่องจากการลวก จะนำพริกใสในถุงตาข่ายทั้งหมดประมาณ 23 กิโลกรัม และยกถุงทั้งหมดลงไปลวกในน้ำร้อน ปริมาณพริกในถุงมากเกินไปทำให้การลวกไม่ทั่วถึง และทำให้อุณหภูมิของน้ำลดลง ส่งผลให้เซลล์บริเวณผิวพริกไม่แตกจึงทำให้การลวกพริกในการทดลองนี้ไม่มีผลต่ออัตราการลดความชื้น



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงอัตราการลดความชื้น(มาตรฐานแห้ง) ระหว่างการลวกและไม่ลวกก่อนอบโดยวิธีสลับลมร้อนทุก 3 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงอัตราการลดความชื้น (มาตรฐานแห้ง) ระหว่างการลวกและ  
ไม่ลวกก่อนอบโดยวิธีสลับลมร้อนทุก 5 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงอัตราการลดความชื้น (มาตรฐานแห้ง) ระหว่างการลวกและ  
ไม่ลวกก่อนอบโดยวิธีสลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมง

### 4.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพ

#### 4.3.1 คุณภาพทางกายภาพ

ลักษณะของพริกสดก่อนอบ คือ สีแดงเข้ม ผลเหยียดตรง บางส่วนปลายงอเล็กน้อย โคนผลใหญ่ เรียวไปหาปลาย ขนาดของผลพริกขี้หนูปานกลาง ก้านผลยาว (ภาพที่ 4.10) เมื่อนำมาอบแห้ง โดยการสับลมร้อนทุก 3,5 และ 7 ชั่วโมง พบว่า พริกทั้งลวกและไม่ลวกก่อนอบ โดยการสับลมทุกวิธี มีลักษณะปรากฏที่ตรวจสอบด้วยตาเปล่า ไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีลักษณะ คือ มีสีสดถึงแดงเข้ม ผลเหยียด มีลักษณะแบนเล็กน้อย เมล็ดภายในผลสีเหลือง มีกลิ่นตามธรรมชาติของพริกแห้ง ไม่มีกลิ่นอับ (ภาพที่ 4.11- 4.13)



ภาพที่ 4.10 ลักษณะปรากฏของพริกสดก่อนเข้ากระบวนการอบแห้ง



ตากก่อนอบ



ไม่ตากก่อนอบ

ภาพที่ 4.11 ลักษณะปรากฏของพริกแห้งอบโดยการสับลมร้อนทุก 3 ชั่วโมง



ตากก่อนอบ



ไม่ตากก่อนอบ

ภาพที่ 4.12 ลักษณะปรากฏของพริกแห้งอบโดยการสับลมร้อนทุก 5 ชั่วโมง



ตากก่อนอบ



ไม่ตากก่อนอบ

ภาพที่ 4.13 ลักษณะปรากฏของพริกแห้งอบโดยการสับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมง

#### 4.3.2 ผลการตรวจวัดสี

การตรวจวัดสีพริกใช้ระบบ Hunter จะทำการวัด 3 ค่า คือ ค่า L , a และ b ค่า L ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความมืดและความสว่างของสี โดยถ้าค่า L ต่ำแสดงว่ามีความสว่างของสีน้อย พบว่าพริกสดจะมีค่าความสว่างของสีมากกว่าพริกแห้งหลังอบทั้งลวกและไม่ลวกก่อนอบ พริกแห้งที่อบโดยการสลับลมร้อนทุก 3,5 และ 7 ชั่วโมงไม่พบความแตกต่างของค่า L ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ( ตารางที่ 4.3)

ค่า a เป็นค่าที่แสดงสีเขียวและสีแดง ค่า a ที่เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างพืชนั้นมีสีเขียว และถ้าค่า a มีค่าเป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างพืชนั้นมีสีแดง ค่า a ที่มีค่าเป็นบวกมากแสดงว่ามีสีแดงมาก ผลการวัดสีพบว่าพริกสดมีค่า a ที่เป็นบวกมากกว่าพริกแห้งหลังอบ พริกแห้งที่อบโดยการสลับลมร้อนทุก 3,5 และ 7 ชั่วโมงไม่พบความแตกต่างของค่า a ที่นัยสำคัญทางสถิติ

ค่า b แสดงถึงการมีสีเหลืองและสีน้ำเงินของตัวอย่างพืช ค่า b เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างพืชมีสีน้ำเงิน ค่า b เป็นบวกแสดงว่ามีสีเหลือง ผลการวัดสีไม่พบความแตกต่างของค่า b เช่นกัน

ดังนั้นการสลับลมร้อนทุก 3,5 และ 7 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อคุณภาพของสีพริกแห้งหลังอบ โดยไม่พบความแตกต่างของค่าสีทุกค่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

รงควัตถุ (Pigment) ที่ให้สีแดงในพริก คือ แคโรทีนอยด์ ชนิด Xanthophyll capsanthin Minguéz- Mosquera et al. (1994) กล่าวว่า การอบพริกจะชักนำให้เกิดการสังเคราะห์สารสีแดงจากสารตั้งต้นที่เป็นสารสีเหลืองที่อยู่ในพริก และการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุในระหว่างการอบแห้ง จะมี 3 ระยะคือ ระยะที่ 1 จะเกิดการลดการสร้างปริมาณรงควัตถุลง ระยะที่ 2 จะเกิดการเพิ่มความเข้มข้นของรงควัตถุที่มีอยู่ และในระยะที่ 3 จะเกิดกระบวนการ Degradation ของรงควัตถุ โดยมีการสับส่นจากปัจจัยภายนอก อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง จะมีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้ แคโรทีนอยด์จะไวต่ออุณหภูมิในการอบแห้งมากกว่าระยะเวลาในการอบ

สำหรับผลกระทบของการลวกพริกก่อนอบ พบว่าพริกที่ลวกก่อนอบแห้งจะมีคุณภาพของสีดีกว่า โดยพบว่ามีค่า L , a และ b สูงกว่า ( ตารางที่ 4.4) แสดงว่าพริกที่ลวกก่อนอบจะมีค่าความสว่างของสี และสีแดงมาก ส่วนพริกแห้งที่ไม่ลวกก่อนอบจะมีสีแดงออกคล้ำกว่า เนื่องจากมีค่า a และ b น้อยกว่า แสดงว่ามีสีแดงน้อยและเข้าใกล้สีน้ำเงินมากกว่า ดังนั้นการลวกจะมีผลต่อคุณภาพของสีพริกแห้งหลังอบด้วย

ตารางที่ 4.3 : ผลการวัดสีพริกอบโดยวิธี สลับลมร้อนทุก 3,5 และ 7 ชั่วโมง

ก่อนอบ				
ค่าสี	สลับลมทุก 3 ชั่วโมง	สลับลมทุก 5 ชั่วโมง	สลับลมทุก 7 ชั่วโมง	LSD
L	38.57	38.14	37.30	NS
a	+38.49	+36.53	+35.85	NS
b	+15.48	+14.25	+13.80	NS
หลังอบ				
ค่าสี	สลับลมทุก 3 ชั่วโมง	สลับลมทุก 5 ชั่วโมง	สลับลมทุก 7 ชั่วโมง	LSD
L	33.47	34.45	34.00	NS
a	+19.01	+18.77	+20.23	NS
b	+6.33	+7.53	+9.29	NS

\* อักษรตามหลังตัวเลขในแนวนอนที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดสีพริกเปรียบเทียบระหว่างการลวกและไม่ลวกก่อนอบ

ค่าสี	ลวกก่อนอบ	ไม่ลวกก่อนอบ	LSD
L	35.35 a	32.59 b	*
a	+21.49 a	+17.17 b	*
b	+9.58 a	+5.85 b	*

\* อักษรตามหลังตัวเลขในแนวนอนที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ( $p < 0.05$ )

จากการทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการสลับลมร้อนและหาผลกระทบของการลวกพริกในน้ำเดือดต่อกระบวนการอบแห้ง พบว่าการสลับลมร้อนทุก 3, 5 และ 7 ชั่วโมง ไม่พบความแตกต่างของอัตราการลดความชื้น ( $dM_0 / dT$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และจากการตรวจคุณภาพ ลักษณะปรากฏ เปรอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย และคุณภาพสีของพริกแห้งหลังอบ ของการสลับลมร้อนทุกวิธีก็ไม่พบความแตกต่างเช่นกัน

ดังนั้นในการทดลองนี้ การสลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมง จึงมีความเหมาะสม เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาและแรงงานในการสลับลมมากครั้ง การสลับลมร้อนถี่เกินไปจะเป็นการสูญเสียพลังงานความร้อน เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความชื้นของพริกยังมีค่าสูงอยู่ จากการวิเคราะห์กราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้น ( $M_0$ ) กับเวลา (ชั่วโมง) พบข้อสังเกตว่า ไม่ควรสลับลมร้อนก่อน 10 ชั่วโมงแรกของการอบ เนื่องจากที่ระยะการอบนาน 2-10 ชั่วโมง การอบอยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงช่วงที่ 1 ซึ่งในช่วงนี้พริกยังมีค่าอัตราการลดความชื้นสูงอยู่มาก

ในการทดลองนี้พบว่าพริกที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 75% ( $M_w$ ) อบแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.2 เมตร ต่อ วินาที ถ้าผ่านการลวกก่อนอบจะมีค่าความชื้นที่ระยะเวลาอบนาน 10 ชั่วโมงประมาณ 37.80 – 39.80 % ( $M_w$ ) และถ้าไม่ผ่านการลวกก่อนอบจะมีค่าความชื้นที่ระยะเวลาอบ 10 ชั่วโมงประมาณ 35.14 – 41.38% ( $M_w$ )

สำหรับผลกระทบของการลวกพริกในน้ำเดือดก่อนอบพบว่า ไม่มีผลต่ออัตราการลดความชื้น ซึ่งมีสาเหตุจากประสิทธิภาพของวิธีการลวกที่ไม่สามารถทำให้เซลล์บริเวณผิวพริกแตกได้ ลักษณะปรากฏโดยรวมที่สังเกตด้วยตาเปล่าเปรียบเทียบระหว่างพริกที่ลวกและไม่ลวกก่อนอบก็ไม่พบความแตกต่างเช่นกันแต่การลวกพริกจะมีผลต่อคุณภาพของพริกในเรื่องของสีที่ปรากฏ โดยพบว่าพริกแห้งที่ผ่านการลวกจะมีคุณภาพสีดีกว่า โดยมีสีออกแดง และมีค่าความสว่างของสีมากกว่าพริกแห้งที่ไม่ผ่านการลวกก่อนอบ

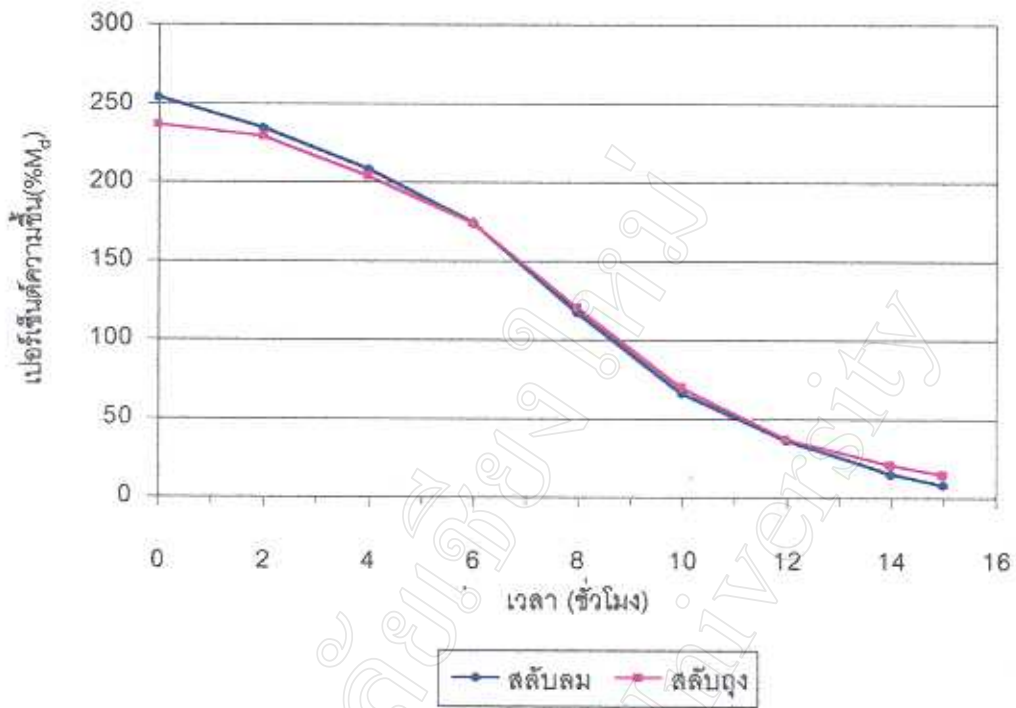
#### 4.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบการลดความชื้นและคุณภาพของพริกแห้ง ระหว่างการอบโดยการสลับลมร้อน และอบโดยการสลับถุงพริกในระหว่างอบ

จากการทดลองเปรียบเทียบวิธีการอบระหว่างการสลับลมร้อนกับการสลับถุงพริกในระหว่างอบทุก 7 ชั่วโมง โดยในการทดลองจะแบ่งชั้นของการอบในภาชนะบรรจุ(box) เป็น 3 ชั้น คือชั้นบน กลาง ล่าง โดยการใส่พริกไว้ในถุงตาข่าย 3 ถุง การอบโดยวิธีสลับถุงพริกลมร้อน จะกระจายเข้าด้านล่างเตาเพียงทางเดียวตลอดระยะเวลาการอบแห้ง เมื่ออบจนครบ 7 ชั่วโมง จะทำการสลับถุงพริก โดยย้ายถุงล่างขึ้นไปแทนที่ถุงบน และย้ายถุงบนลงมาแทนถุงล่าง สำหรับถุงกลางจะอยู่คงเดิม ส่วนการอบโดยวิธีสลับลมร้อน ระยะเริ่มอบจนถึง 7 ชั่วโมง จะกระจายลมร้อนเข้าด้านล่างเตาอบก่อน เมื่ออบครบ 7 ชั่วโมง จะสลับลมร้อนขึ้นไปเข้าด้านบนเตาจนสิ้นสุดการอบโดยไม่มีการย้ายถุงพริก

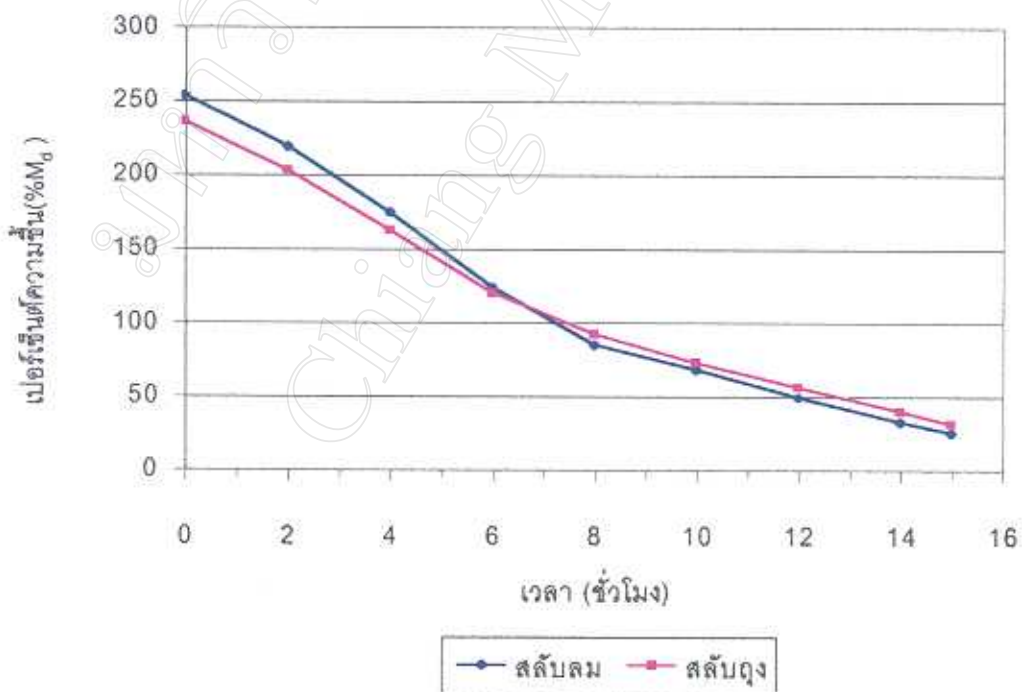
จากผลการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นของพริกที่อบโดยการสลับลมร้อน คือ 71.75%(M<sub>w</sub>) เปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นของพริกที่อบโดยการสลับถุงคือ 70.26% (M<sub>w</sub>) การลดความชื้นของพริกในถุงบนเปรียบเทียบระหว่างการสลับลมและสลับถุงพริก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนัก (ภาพที่ 4.14) เมื่อระยะเวลาการอบสิ้นสุดลงที่ 15 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายของพริกแห้งที่อบโดยการสลับลมจะมีค่าต่ำกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 8.26 % (M<sub>w</sub>) ในขณะที่การอบโดยการสลับถุงจะมีค่าเท่ากับ 12.59% (M<sub>w</sub>)

การลดความชื้นของพริกในถุงกลางเปรียบเทียบระหว่างการสลับลมและสลับถุงพริก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันเช่นกัน (ภาพที่ 4.15) เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายของพริกแห้งในถุงกลาง ที่อบโดยวิธีสลับลม มีค่าเท่ากับ 20.44 % (M<sub>w</sub>) ส่วนที่อบโดยวิธีสลับถุงมีค่าเท่ากับ 24.17% (M<sub>w</sub>) อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า การอบพริกทั้ง 2 วิธี คือ วิธีสลับลมร้อน และสลับถุงพริก จะมีปัญหาเหมือนกัน คือ พริกในถุงกลาง (ชั้นกลาง) ของเตาจะแห้งช้ากว่าชั้นบนและชั้นล่าง ซึ่งโดยปกติทั่วไปการอบวัตถุดิบชั้นหนาที่มีการกลับวัตถุดิบ-ล่าง วัตถุดิบชั้นกลางจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงกว่าชั้นบนและชั้นล่างเสมอ ดังเช่นในงานวิจัยของ วีระ(2541) ที่ทำการวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียกถ้าโยตามชั้นต่างๆของเครื่องอบเกษตรกร พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายของ ชั้นล่าง ชั้นกลาง และชั้นบน เท่ากับ 19.80, 23.18 และ 21.71 %M<sub>w</sub> ตามลำดับ



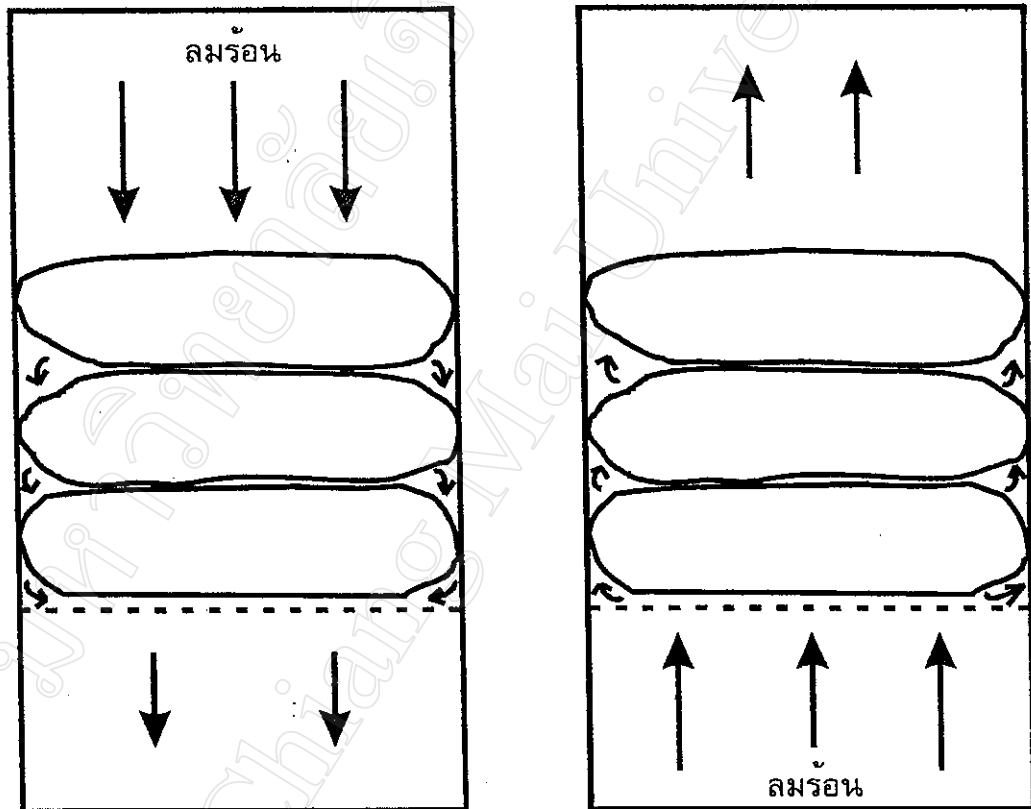


ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความขึ้น( $M_u$ )กับเวลาอบพริก  
ในดงบนที่อบโดยวิธีสลับลมและสลัสดูงทุก 7 ชั่วโมง



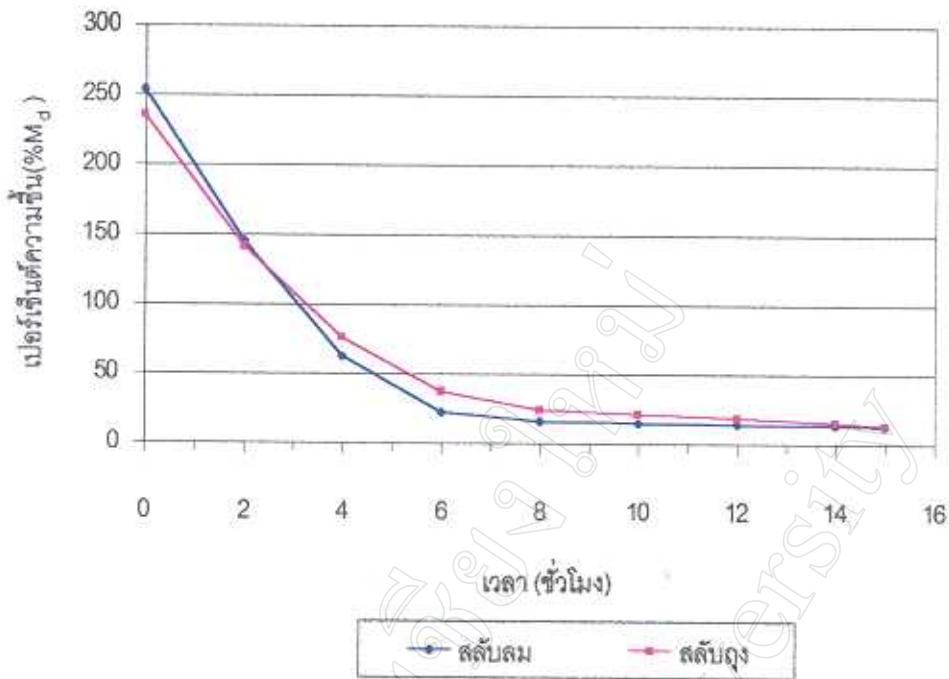
ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความขึ้น( $M_o$ )กับเวลาอบพริก  
ในดงกลางที่อบโดยวิธีสลับลมและสลัสดูงทุก 7 ชั่วโมง

ในการทดลองนี้ เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายของพริกในถุงกลางยังสูงอยู่มาก ซึ่งทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การนำพริกใส่ในถุง ซึ่งจะเป็นการขัดขวางการไหลของลมร้อน และทำให้ลมร้อนสามารถ ลัดเลาะออกทางด้านข้างถุงลมร้อนจึงไม่ผ่านตรงกลางถุง (ภาพที่ 4.16) พริกในถุงกลาง จึงมีความชื้นสูงอยู่มาก วิธีการแก้ไข คือ ต้องไม่นำพริกใส่ไว้ในถุง การแบ่งชั้นในภาชนะบรรจุ (box) อาจนำตาข่ายมากั้นเป็นชั้นๆ ในแต่ละชั้นควรเกลี่ยพริกให้แนบชิดทั่วผนังด้านในของภาชนะบรรจุ ซึ่งอาจไม่สะดวกต่อการนำพริกในแต่ละชั้นขึ้นมาชั่งน้ำหนักเพื่อเก็บข้อมูลมากนัก อาจต้องลดความหนาของชั้นอบลง และเพิ่มความเร็วลมให้มากขึ้นด้วย



ภาพที่ 4.16 แสดงการลัดเลาะของลมร้อนออกทางด้านข้างถุงพริก

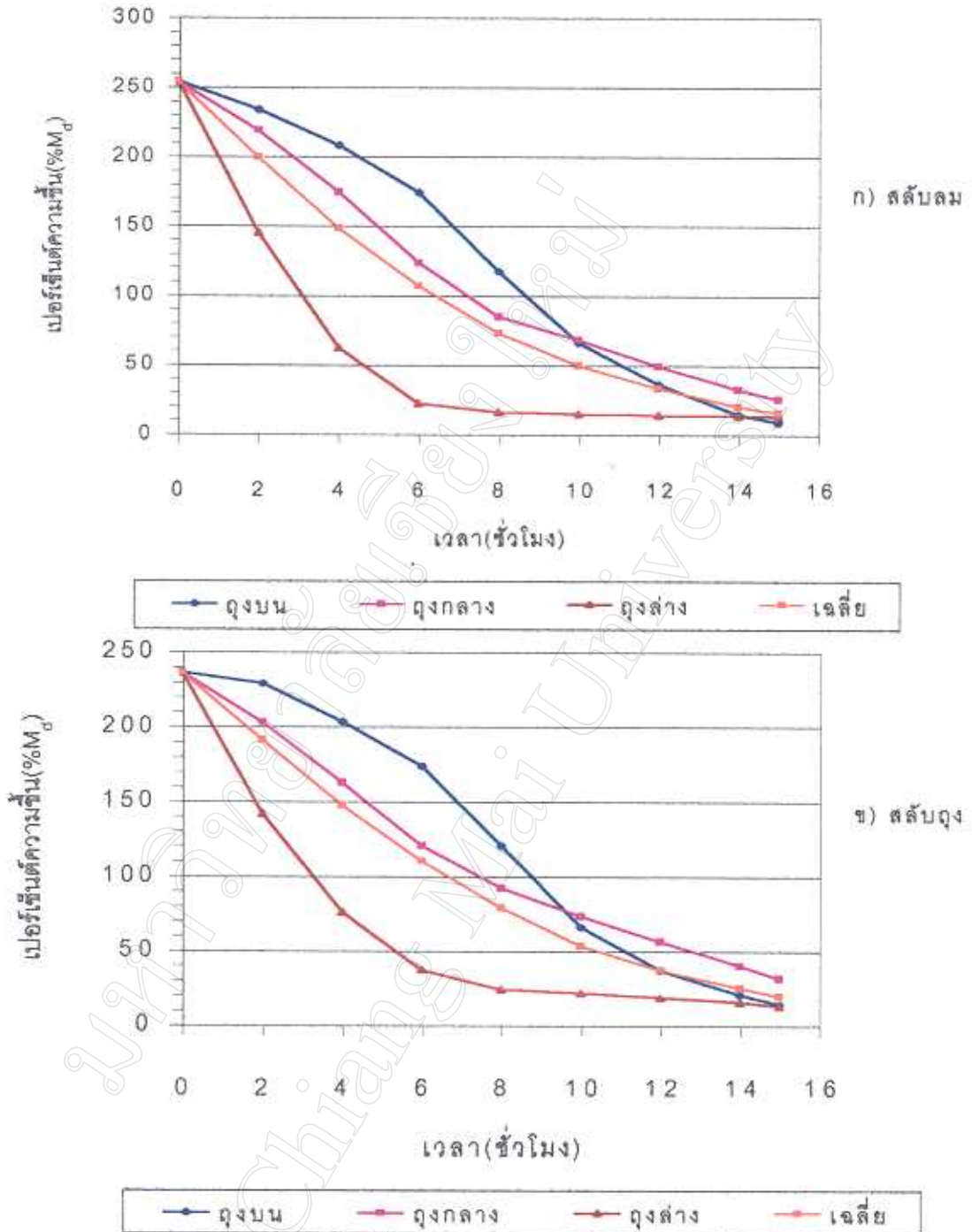
สำหรับการลดความชื้นของพริกในถุงล่างของเตาอบ ผลการทดลองพบว่า วิธีการอบโดยการสลับลมร้อนและการสลับถุงไม่มีความแตกต่างเช่นเดียวกับพริกในถุงบนและถุงกลาง(ภาพที่ 4.17) โดยเปอร์เซ็นต์สุดท้ายพริกแห้งในถุงล่างที่อบโดยการสลับลมร้อน เท่ากับ  $11.74\%(M_w)$  และที่อบโดยการสลับถุง เท่ากับ  $11.92\%(M_w)$



ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความขึ้น(Md)กับเวลาอบพริก  
ในถุงล่ำที่อบโดยวิธีสลัปลมและสลัปลุงทุก 7 ชั่วโมง

จากการวิเคราะห์กราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์ความขึ้น ( $M_u$ ) กับเวลาในการอบพริก เปรียบเทียบระหว่างถุงชั้นบน, ชั้นกลาง และชั้นล่าง (ภาพที่ 4.18) พบว่าระยะเวลาอบนาน 7 ชั่วโมง โดยที่ยังไม่สลัปลุงหรือสลัปลม ค่าเปอร์เซ็นต์ความขึ้นในถุงล่าง, ถุงกลาง และถุงบน ของการอบโดยวิธีสลัปลมมีค่าเท่ากับ 19.49, 104.59 และ 145.89 %( $M_u$ ) ตามลำดับ และค่าเปอร์เซ็นต์ความขึ้นในถุงล่าง, ถุงกลาง และถุงบน ของการอบโดยวิธีสลัปลุงมีค่าเท่ากับ 31.00, 106.54 และ 147.17%( $M_u$ ) ตามลำดับ จะเห็นว่า พริกในถุงล่างซึ่งมีความหนาของชั้นพริก ประมาณ 20 เซนติเมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์ความขึ้นต่ำสุด และมีค่าความขึ้นใกล้เคียงถึงความขึ้นสุดท้ายที่ต้องการ คือ 14 %( $M_u$ ) หรือ 16.28 % ( $M_u$ )

จากข้อมูลจึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่า พริกที่มีความหนาของชั้นอบประมาณ 20 เซนติเมตร สามารถอบให้แห้งได้โดยไม่ต้องสลัปลมหรือสลัปลุง แต่ถ้าพริกมีความหนาของชั้นอบมากกว่า 20 เซนติเมตร จำเป็นต้องสลัปลมหรือสลัปลุงในระหว่างอบ เพื่อความสม่ำเสมอของความขึ้นพริกแห้งหลังอบ จากเส้นเฉลี่ยความขึ้นของพริกทุกถุง(ภาพที่ 4.18) พบว่าการอบแห้งโดยวิธีสลัปลมใช้เวลาในการอบน้อยกว่าประมาณ 0.66 ชั่วโมง การอบพริกโดยวิธีสลัปลมจนพริกมีความขึ้นสุดท้ายเท่ากับ 14%( $M_u$ ) ใช้เวลานาน 14.76 ชั่วโมง ในขณะที่การอบโดยวิธีสลัปลุงใช้เวลานาน 15.42 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับเวลาอบพริกในถาดชั้นบน, ชั้นกลาง และชั้นล่างโดย  
การอบวิธีสลับลมและสลับลมทุก 7 ชั่วโมง

ก) สลับลม

ข) สลับลม

#### 4.4.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพ

##### ก. ลักษณะปรากฏและความชื้น

ลักษณะปรากฏของพริกแห้ง ที่อบโดยวิธีการสลับลมร้อนเข้าด้านบนและด้านล่างของเตา พบว่า พริกในแต่ละชั้นของเตามีลักษณะปรากฏที่แตกต่างกัน โดยพริกในถุงบนและล่าง หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการอบ จะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้น( $M_w$ ) ต่ำตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของพริกแห้ง ในขณะที่ พริกที่อยู่ในถุงชั้นกลาง จะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้น( $M_w$ ) สูงถึง 21.96% การอบโดยการสลับถุงพริกก็เช่นกัน พบว่าพริกในถุงกลางที่ไม่ได้ทำการสลับถุง หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการอบ จะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้น( $M_w$ ) สูงถึง 25.24% ซึ่งสาเหตุและวิธีการแก้ไขได้กล่าวไปแล้วในข้างต้น

เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายเปรียบเทียบระหว่างการอบโดยวิธีสลับลมและสลับถุง พบว่าในถุงบนและถุงกลาง เปอร์เซ็นต์ความชื้นของการอบโดยวิธีสลับลมร้อนจะมีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์ความชื้น(% $M_w$ ) เปรียบเทียบระหว่างพริกที่อบโดยวิธี สลับถุงพริก และสลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมง

	สลับถุงพริกทุก 7 ชั่วโมง	สลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมง	LSD
ก่อนอบ	70.30	71.75	NS
ถุงบน	11.80 a	8.37 b	*
ถุงกลาง	25.24 a	21.96 b	*
ถุงล่าง	11.41	12.35	NS

\* อักษรตามหลังตัวเลขในแนวนอนที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ( $p < 0.05$ )

ลักษณะปรากฏของพริกในถุงบนและถุงล่างของการอบทั้ง 2 วิธี จะมีลักษณะสีสดถึงแดงเข้ม ผลเหี่ยว ลักษณะแบนเล็กน้อย เมล็ดภายในผลสีเหลือง มีกลิ่นตามธรรมชาติของพริกแห้ง ไม่มีกลิ่นอับ แต่พริกในถุงบนที่อบโดยวิธีสลับลมจะมีลักษณะแห้งกว่า(ภาพที่4.19 ,4.21)

สำหรับพริกแห้งในถุงกลางเนื่องจากมีความชื้นสูงอยู่มาก ลักษณะจึงเปียกชื้น ถ้าเก็บเอาไว้นานโดยไม่ลดความชื้นลง สีพริกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ และมีกลิ่นอับ(ภาพที่ 4.20)

#### ข. ผลการตรวจวัดสี

จากผลการตรวจวัดค่าสี คือค่า L, a, b พบว่า พริกที่อบโดยวิธีสลัดถุงทุก 7 ชั่วโมง สีของพริกแห้งที่บรรจุในถุงบน, กลาง และ ล่างจะมีความแตกต่างกันเกือบทุกค่ายกเว้นค่า a (ตารางที่ 4.6) ส่วนการอบโดยวิธีสลัดลมร้อนจะมีความแตกต่างของค่า b โดยค่าที่แตกต่างนี้ ในถุงบนและถุงล่างไม่มีความแตกต่างกัน จะเห็นว่าพริกแห้งที่อบโดยวิธีสลัดลมร้อนมีแนวโน้มว่าจะมีคุณภาพสีพริกแห้งหลังอบที่สม่ำเสมอกว่าพริกแห้งที่อบโดยวิธีสลัดถุง เนื่องจากมีความแตกต่างของสีพริกในถุงกลางเท่านั้น เพราะพริกในถุงกลางยังมีความชื้นสูงอยู่จึงมีผลต่อสีพริก ซึ่งถ้าได้แก้ไขประสิทธิภาพการอบในชั้นกลางได้ คาดว่าสีพริกในถุงกลาง ก็จะไม่มีความแตกต่างเช่นกัน

ตารางที่ 4.6 ผลการตรวจวัดสีเปรียบเทียบระหว่างพริกที่บรรจุในถุงชั้นบน, กลาง, ล่างอบโดยวิธีสลัดถุงพริกและสลัดลมร้อนทุก 7 ชั่วโมง

		ก่อนอบ	หลังอบ			LSD
			ถุงบน	ถุงกลาง	ถุงล่าง	
อบโดยวิธี สลัดถุงทุก 7 ชั่วโมง	L	36.01	40.13a	34.90b	33.79b	3.628
	a	+34.47	+16.56	+18.02	+17.31	NS
	b	+12.95	+12.72a	+7.99b	+6.98b	3.112
อบโดยวิธี สลัดลม ร้อนทุก 7 ชั่วโมง	L	38.15	35.19	34.83	37.96	NS
	a	+36.12	+20.95	+20.76	+21.29	NS
	b	+14.71	+9.18a	+6.49b	+11.26a	2.516

\* อักษรตามหลังตัวเลขในแนวนอนที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ( $p < 0.05$ )

จากผลการทดลองเปรียบเทียบการลดความชื้นและคุณภาพพริกแห้งระหว่างการอบ โดยการสลับลมร้อนและสลับถุงพริกทุก 7 ชั่วโมง โดยในการทดลอง แบ่งชั้นพริกที่อบเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างพบว่า พริกในทุกชั้นที่อบโดยวิธีสลับลมร้อนและสลับถุงเปเปอร์ขึ้นดีการลดความชื้นไม่มีความแตกต่างกันมากนัก โดยการอบวิธีสลับลมมีแนวโน้มทำให้ความชื้นลดลงได้มากกว่าการอบโดยวิธีสลับถุงเล็กน้อย ซึ่งทำให้ใช้เวลาในการอบน้อยกว่าโดยใช้ เวลาในการลดความชื้นพริกจากความชื้นเริ่มต้น 71.75 % ( $M_w$ ) จนเหลือความชื้นสุดท้าย 14% ( $M_w$ ) นาน 14.76 ชั่วโมง ในขณะที่การอบโดยวิธีสลับถุงใช้เวลาอบนาน 15.42 ชั่วโมง

และจากการตรวจสอบคุณภาพ พบว่าการอบพริกทั้ง 2 วิธี มีปัญหาการแห้งไม่สม่ำเสมอของพริกเหมือนกัน โดยพริกในชั้นกลางของเตาอบจะแห้งช้ากว่าชั้นบนและชั้นล่าง ซึ่งมีสาเหตุจากความหนาของชั้นพริกที่อบมีความหนามากเกินไป และการนำพริกใส่ในถุงตาข่าย ทำให้มีช่องว่างภายในเตาอบสูง ลมร้อนจึงสามารถไล่กระจายออกทางด้านข้างถุง ทำให้ลมร้อนไม่ผ่านตรงกลางของชั้นอบ พริกในถุงกลางจึงแห้งช้ากว่าถุงบนและถุงล่าง

อย่างไรก็ตาม การอบพริกโดยการสลับลมร้อน ถ้าไม่นำพริกในถุงกลางมาวิเคราะห์ สักก็พบว่าสีของพริกแห้งจะมีความสม่ำเสมอในทุกชั้นอบมากกว่าพริกแห้งที่อบโดยวิธีสลับถุง

การลดเปอร์เซ็นต์ความชื้นของพริกในทุกชั้นอบระหว่างการอบโดยการสลับลมและสลับถุงยังเห็นความแตกต่างไม่ชัดเจนมาก อย่างไรก็ตามการอบโดยวิธีสลับลมจะมีข้อดีกว่าในเรื่องของการลดปัญหาความเสียหายของวัตถุดิบในระหว่างการกลับ และการลดแรงงานและความยุ่งยากในการกลับวัตถุดิบระหว่างอบ



อบโดยวิธีสลับถุงทุก 7 ชั่วโมง



อบโดยวิธีสลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมง

ภาพที่ 4.19 ลักษณะปรากฏของพริกแห้งในถุงบน



อบโดยวิธีสลับถุงทุก 7 ชั่วโมง



อบโดยวิธีสลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมง

ภาพที่ 4.20 ลักษณะปรากฏของพริกแห้งในถุงกลาง



อบโดยวิธีสลับถุงทุก 7 ชั่วโมง



อบโดยวิธีสลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมง

ภาพที่ 4.21 ลักษณะปรากฏของพริกแห้งในถุงล่าง