

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 สภาพแวดล้อมในการทดลอง

##### 4.1.1 การวัดการกระจายลมภายในห้องอบ

การกระจายลมภายในห้องอบของความเร็วลมที่ 1 เมื่อมีทิศทางลมขึ้นพบว่า การกระจายของลมภายในชั้นอากาศจากทางผนังด้านซ้ายคือ ด้านนอก(ติดประตู) ตรงกลาง และด้านใน (ติดผนังด้านหลัง)มีความเร็วลมเฉลี่ยคือ 0.6, 0.7 และ 0.4 m/s ตามลำดับ ส่วนการกระจายลมภายในชั้นอากาศจากผนังด้านขวา คือ ด้านนอก(ติดประตู) ตรงกลาง และด้านใน (ติดผนังด้านหลัง) มีความเร็วลมเฉลี่ยคือ 0.5, 0.4 และ 0.2 m/s ตามลำดับ

เมื่อมีทิศทางลมลงพบว่า การกระจายของลมภายในชั้นอากาศจากทางผนังด้านซ้ายคือ ด้านนอก(ติดประตู) ตรงกลาง และด้านใน (ติดผนังด้านหลัง)มีความเร็วลมเฉลี่ยคือ 0.6, 0.7 และ 0.3 m/s ตามลำดับ ส่วนการกระจายลมภายในชั้นอากาศจากผนังด้านขวาคือ ด้านนอก(ติดประตู) ตรงกลาง และด้านใน (ติดผนังด้านหลัง)มีความเร็วลมเฉลี่ยคือ 0.5, 0.4 และ 0.2 m/s ตามลำดับ ทิศทางลมลงและทิศทางลมขึ้นมีความเร็วลมเฉลี่ยคือ 0.45 และ 0.44 m/s ตามลำดับ(ตารางที่ 4.1)

ดังนั้นความเร็วลมที่ 1 มีค่าเฉลี่ยรวมคือ 0.45 m/s การกระจายของลมภายในชั้นอากาศทั้งจากทางผนังด้านซ้ายและผนังด้านขวา พบว่าด้านนอก (ติดประตู)และตรงกลางการไหลผ่านของลมจะดีกว่าด้านใน(ติดผนังด้านหลัง) และเมื่อเปรียบเทียบการไหลของลมแต่ละชั้นไม่มีความแตกต่างกันมากนัก แต่ด้านในของชั้นที่ 1, 2, 7 และ 8 ทั้งทิศทางลมขึ้นและลมลงมีการไหลผ่านของลมที่วัดได้มีค่าประมาณ 0.1 m/s ซึ่งน้อยกว่าชั้นที่ 3 – 6 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.4 m/s ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตำแหน่งพัดลมอยู่ตรงกลางด้านหลังของห้องอบ ระยะทางในการไหลของลมไปยังชั้นที่ 1, 2, 7 และ 8 จะไกลกว่าชั้นที่อยู่ตรงกลาง นอกจากนี้ปีกผีเสื้อที่กั้นตรงช่องลมขาเข้าเอียงประมาณ 45 องศา อาจจะไม่มียผลในการต้านการไหลของลมก่อนที่จะผ่านเข้าสู่ห้องอบได้

การกระจายลมภายในห้องอบของความเร็วลมที่ 2 เมื่อมีทิศทางลมขึ้นพบว่า การกระจายของลมภายในชั้นถาดจากทางผนังด้านซ้ายคือ ด้านนอก(ติดประตู) ตรงกลาง และด้านใน (ติดผนังด้านหลัง)มีความเร็วลมเฉลี่ยคือ 1.1, 1.0 และ 0.9 m/s ตามลำดับ ส่วนการกระจายลมภายในชั้นถาดจากผนังด้านขวา คือ ด้านนอก(ติดประตู) ตรงกลาง และด้านใน (ติดผนังด้านหลัง) มีความเร็วลมเฉลี่ยคือ 1.0, 0.9 และ 0.5 m/s ตามลำดับ

เมื่อมีทิศทางลมลงพบว่า การกระจายของลมภายในชั้นถาดจากทางผนังด้านซ้าย คือ ด้านนอก(ติดประตู) ตรงกลาง และด้านใน (ติดผนังด้านหลัง)มีความเร็วลมเฉลี่ยคือ 1.0, 1.0 และ 0.5 m/s ตามลำดับ ส่วนการกระจายลมภายในชั้นถาดจากผนังด้านขวา คือ ด้านนอก(ติดประตู) ตรงกลาง และด้านใน (ติดผนังด้านหลัง)มีความเร็วลมเฉลี่ยคือ 0.8, 0.8 และ 0.6 m/s ตามลำดับ และทิศทางลมลงและทิศทางลมขึ้นมีความเร็วลมเฉลี่ยคือ 0.89 และ 0.86 m/s ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

ดังนั้นความเร็วลมที่ 2 มีค่าเฉลี่ยรวมคือ 0.88 m/s การกระจายของลมภายในชั้น ทั้งจากทางผนังด้านซ้ายและผนังด้านขวาค่อนข้างใกล้เคียงกัน การไหลของลมผ่านด้านนอก (ติดประตู) ตรงกลาง และด้านใน (ติดผนังด้านหลัง) มีค่าที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ และในแต่ละชั้นความเร็วลมที่วัดได้ก็ไม่แตกต่างกันมากนัก พบเพียงบางจุดคือชั้นที่ 7 และ 8 ในตำแหน่งด้านใน (ติดผนังด้านหลัง)ของทิศทางลมขึ้นผนังด้านซ้าย ที่มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 0.1 m/s จากผลการวัดค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ 2 มีมากเป็น 2 เท่าของค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ 1 สำหรับการปรับปีกผีเสื้อในความเร็วลมที่ 2 มีลักษณะขนานไปตามท่อลมขาเข้าการไหลผ่านของลมเข้ามาในห้องอบจึงดีกว่า

ตารางที่ 4.1 การกระจายลมภายในห้องอบ เมื่อยังไม่มีการพัดของความเร็วลมที่ 1

ชั้น	ความเร็วลม, (m/s)																	
	ลมขึ้น(m/s)						ลมลง(m/s)											
	ผนังด้านในซ้าย			ผนังด้านในขวา			เฉลี่ยทั้งหมด			ผนังด้านในซ้าย			ผนังด้านในขวา			เฉลี่ยทั้งหมด		
นอก	กลาง	ใน	เฉลี่ย	นอก	กลาง	ใน	เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งหมด	นอก	กลาง	ใน	เฉลี่ย	นอก	กลาง	ใน	เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งหมด	
1	0.5	0.5	0.2	0.4	0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5	0.1	0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	
2	0.9	0.7	0.1	0.6	0.4	0.3	0.4	0.4	1.0	0.7	0.1	0.6	0.4	0.2	0.1	0.2	0.4	
3	0.5	0.7	0.6	0.6	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6	0.4	0.5	0.2	0.4	0.5	
4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.4	0.6	
5	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.5	0.4	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	0.2	0.4	0.5	
6	0.4	0.8	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.8	0.5	0.6	0.5	0.4	0.2	0.4	0.5	
7	0.6	0.7	0.1	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4	0.5	0.7	0.1	0.4	0.5	0.5	0.1	0.4	0.4	
8	0.5	0.5	0.1	0.4	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.1	0.4	0.6	0.5	0.1	0.4	0.4	
เฉลี่ย	0.6	0.7	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	0.3	0.5	0.5	0.4	0.2	0.3	0.4	
	0.45						0.44						0.45					

ตารางที่ 4.2 การกระจายลมภายในห้องอบ เมื่อยังไม่มีวัตถุของความเร็วมที่ 2

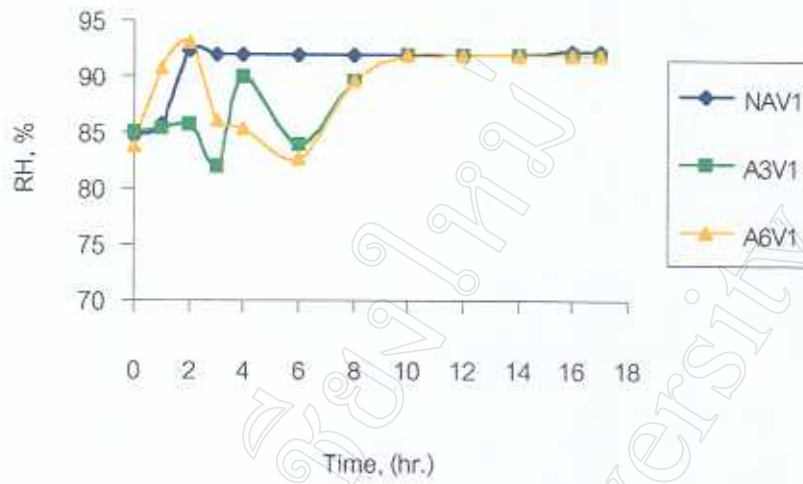
ชั้น	ความเร็วลม, (m/s)																						
	ลมขึ้น(m/s)						ลมลง(m/s)																
	ผนังด้านซ้าย			ผนังด้านขวา			เฉลี่ยทั้งชั้น			ผนังด้านซ้าย			ผนังด้านขวา			เฉลี่ยทั้งชั้น							
	นอก	กลาง	ใน	เฉลี่ย	นอก	กลาง	ใน	เฉลี่ย		นอก	กลาง	ใน	เฉลี่ย	นอก	กลาง	ใน	เฉลี่ย		นอก	กลาง	ใน	เฉลี่ย	
1	0.6	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	0.7	0.6	0.7	0.4	0.3	0.5	0.5	0.7	0.4	0.3	0.5	0.5
2	1.0	1.2	0.8	1.0	1.2	0.9	0.4	0.8	0.9	0.7	1.1	0.6	0.8	1.0	0.6	0.4	0.7	0.7	1.0	0.6	0.4	0.7	0.7
3	1.2	1.0	1.0	1.1	0.9	0.9	0.7	0.8	1.0	1.0	1.1	0.4	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
4	1.4	1.1	1.1	1.2	0.8	1.0	0.8	0.9	1.0	1.4	1.2	1.0	1.2	0.6	0.5	0.7	0.6	0.9	0.6	0.5	0.7	0.6	0.9
5	1.4	1.2	0.6	1.1	1.4	1.1	0.3	0.9	1.0	1.0	0.9	0.6	0.8	0.6	0.5	0.9	0.7	0.8	0.6	0.5	0.9	0.7	0.8
6	1.0	0.9	1.2	1.0	0.9	1.0	0.5	0.8	0.9	1.2	0.9	0.5	0.9	0.6	1.1	0.5	0.7	0.8	0.6	1.1	0.5	0.7	0.8
7	1.1	1.0	0.6	0.9	1.0	1.0	0.1	0.7	0.8	1.2	1.0	0.4	0.9	1.0	1.0	0.4	0.8	0.7	0.9	1.0	0.4	0.8	0.7
8	1.0	0.7	0.6	0.8	0.8	0.8	0.1	0.6	0.7	0.9	0.9	0.1	0.6	0.9	0.9	0.5	0.8	0.7	0.9	0.9	0.5	0.8	0.7
เฉลี่ย	1.1	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	0.5	0.8	0.9	1.0	1.0	0.5	0.8	0.8	0.8	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.6	0.7	0.9
	0.89						0.86						0.88										

#### 4.1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก

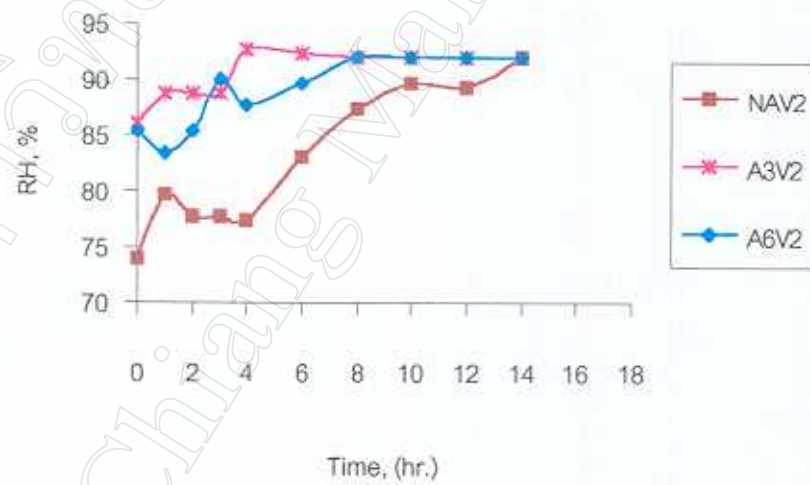
จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของอากาศโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก และกระเปาะแห้ง ทำให้ทราบค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (ตารางภาคผนวกที่ 1) ในการทดลอง NAV1 มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในช่วงเริ่มต้นคือ 84.7 % และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเริ่มเข้าชั่วโมงที่ 2 จนถึงที่สุดการอบมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยมีค่าคือ 92.0 – 92.3 % ส่วนการทดลอง A3V1 และ A6V1 มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในช่วงเริ่มต้นคือ 85.0 % และ 83.7 % ตามลำดับ หลังจาก ชั่วโมงที่ 1 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยก็จะเพิ่มขึ้นและลดลงบ้างในบางชั่วโมง โดยขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศ จนเมื่อเข้าในช่วงกลางคืน(เริ่มตั้งแต่ชั่วโมงที่ 10) มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณ 92.0% จนถึงที่สุดการทดลอง (รูปที่ 4.1)

สำหรับการทดลอง NAV2 ตั้งแต่เข้าชั่วโมงที่ 1 – 4 มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ในช่วง 74.0 – 77.3 % ซึ่งต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของการทดลอง A3V2 และ A6V2 ซึ่งอยู่ในช่วง 86 – 92.7 % และ 83.3 – 90.0 % ตามลำดับ เมื่อเข้าชั่วโมงที่ 8 – 12 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของการทดลอง A3V2 และ A6V2 จะมีค่าประมาณ 92 % ต่างจากการทดลอง NAV2 ที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำกว่าซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 87.3 – 89.3 % (รูปที่ 4.2)

ในทุกการทดลองคือ NAV1, A3V1, A6V1, NAV2, A3V2 และ A6V2 พบว่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาของการอบจะมีค่าที่แตกต่างกัน โดยจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของอากาศในช่วงเวลาของวัน ซึ่งสอดคล้องกับ Hieu et al.(1996) ที่กล่าวว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาทั้ง 24 ชั่วโมง โดยเก็บข้อมูลเดือนสิงหาคมในประเทศเวียดนาม คือช่วงกลางวันจนถึงช่วงเช้าพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าสูงคือ 90 – 97 % และในช่วงกลางคืนความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะมีค่าต่ำกว่าคือ 75 – 85 % ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่มีค่าสูงน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งมีผลต่อการระเหยน้ำ การที่ในอากาศมีไอน้ำมากความสามารถที่จะรับไอน้ำก็จะน้อยลงเป็นไปตามแผนภูมิไซโครเมตริกชาร์ท และยังขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นด้วย



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 1

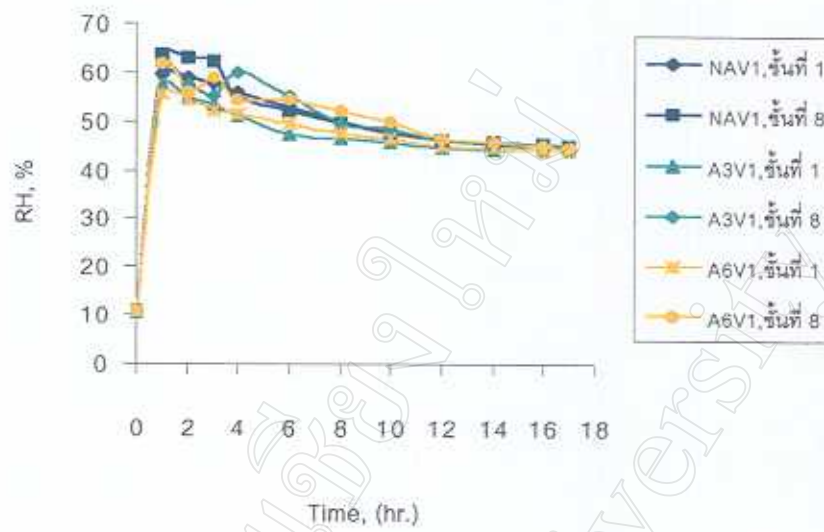


รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 2

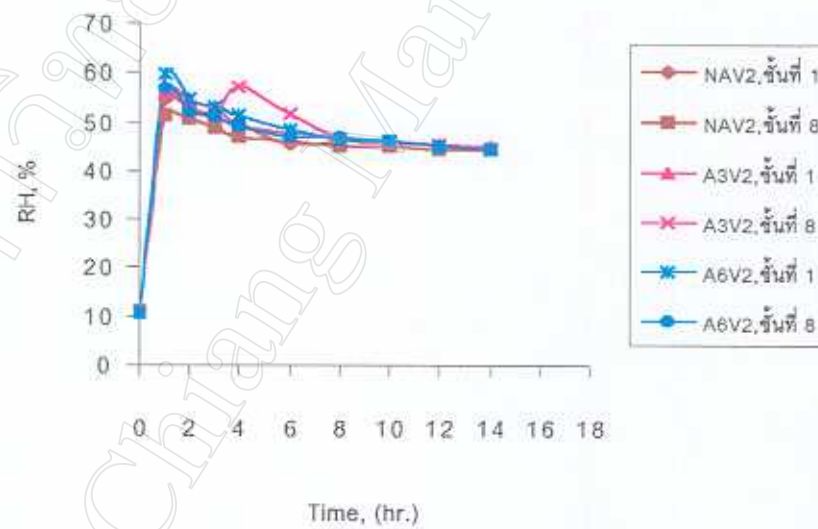
#### 4.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบ

จากการเก็บข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบโดยใช้ Hygrometer วางไว้ที่ ตำแหน่งชั้นที่ 1 และชั้นที่ 8 (ตารางภาคผนวกที่ 2) พบว่าทุกการทดลองความชื้นสัมพัทธ์ของ อากาศภายในตู้อบจะมีค่าสูงในช่วงแรก เนื่องจากมีการระเหยน้ำออกจากผลผลิตมากและจะลด ลงเรื่อยๆตามระยะเวลาการอบแห้ง ในช่วงเริ่มต้นความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่เข้าสู่ห้องอบของการ ทดลอง NAV1, A3V1 และ A6V1 จะมีค่าต่ำคือ 10.8, 10.5 และ 10.9 % ตามลำดับ (รูปที่ 4.3) แต่เมื่อเข้าช่วงที่ 1 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบก็จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการระเหยน้ำ อากาศที่แห้งมีการรับไอน้ำเกิดขึ้น และเมื่อระยะเวลาผ่านไปความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้ อบก็จะมีค่าที่ลดลง แต่ในการทดลอง A3V1 พบว่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในชั้นที่ 8 ในช่วงที่ 4 จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากการสลับลม โดยใน 3 ชั่วโมงแรกการระเหยของน้ำในชั้น ล่างอาจช้ากว่าเพราะต้องผ่านหลายถาดกว่าจะถึงทางลมร้อนออก เมื่อสลับลมให้ออกทางด้าน ล่างทำให้อากาศขึ้นจากชั้นบนมาสะสมกับด้านล่างซึ่งทำให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น แต่เมื่อถึงชั่ วโมงที่ 6 ความชื้นสัมพัทธ์ในชั้นที่ 8 ก็จะลดลงเช่นเดียวกับการทดลองอื่นๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความชื้นสัมพัทธ์ชั้นที่ 1 ของการทดลอง NAV1, A3V1 และ A6V1 มีค่าเฉลี่ยคือ 44.8, 44.3 และ 45.00 % ตามลำดับ ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ชั้นที่ 8 มีค่าเฉลี่ยคือ 45.0, 45.0 และ 44.8 % ตาม ลำดับ

ในช่วงเริ่มต้นความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่เข้าสู่ห้องอบของการทดลอง NAV2, A3V2 และ A6V2 จะมีค่าต่ำคือ 10.9, 10.8 และ 10.9 % ตามลำดับ (รูปที่ 4.4) และเมื่อเข้าช่วงที่ 1 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในตู้อบก็จะเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มลดลงในช่วงต่อมา ในการ ทดลอง A3V2 พบว่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในชั้นที่ 8 ในช่วงที่ 4 จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอาจเกิด จากการสลับลม แต่เมื่อถึงช่วงที่ 6 ความชื้นสัมพัทธ์ในชั้นที่ 8 ก็จะลดลงเช่นเดียวกับการ ทดลองอื่นๆ ในการทดลอง NAV2, A3V2 และ A6V2 เมื่อสิ้นสุดการทดลองความชื้นสัมพัทธ์ชั้นที่ 1 มีค่าเฉลี่ยคือ 45.0, 45.0 และ 44.17 % ตามลำดับ ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ชั้นที่ 8 มีค่าเฉลี่ยคือ 44.3, 44.8 และ 44.5 % ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 1



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 2



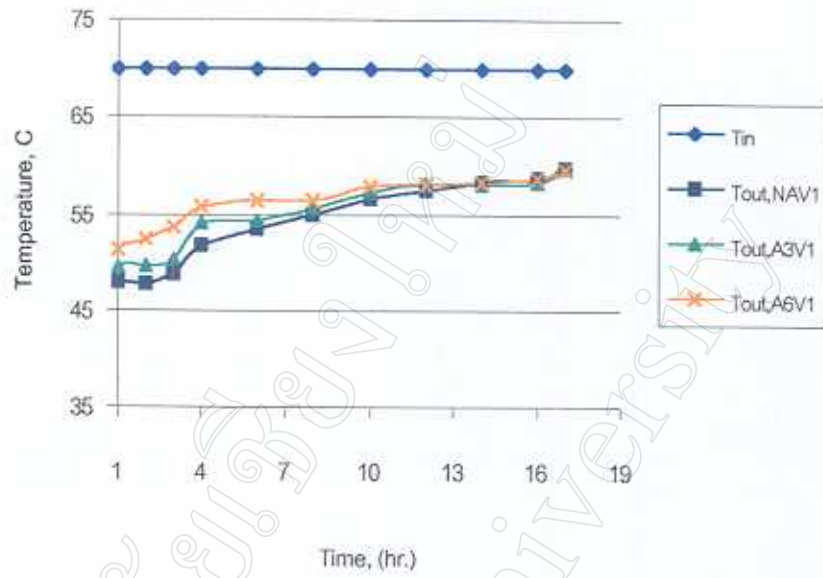
### 4.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างการทดลอง

#### 4.3.1 อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและขาออก

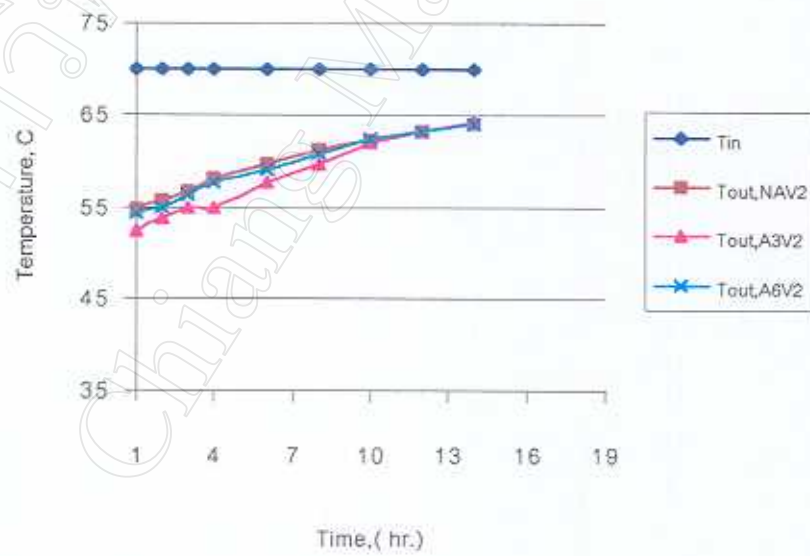
ในการทดลอง NAV1, A3V1 และ A6V1 อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าจะคงที่ตลอดคือประมาณ  $70 \pm 1$  °C ในชั่วโมงที่ 1 มีอุณหภูมิขาออกเฉลี่ยคือ 48.0, 49.3 และ 51.3 °C ตามลำดับ โดยอุณหภูมิขาออกในช่วงแรกจะต่ำกว่าอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าอยู่มาก (รูปที่ 4.5) เนื่องจากมีการระเหยน้ำในช่วงแรกเกิดขึ้นสูง หลังจากเวลาผ่านไปอุณหภูมิลมร้อนขาออกเฉลี่ยจะสูงขึ้นเรื่อยๆจนสิ้นสุดการทดลองในชั่วโมงที่ 17 มีค่าเฉลี่ยคือ 59.7, 59.7 และ 59.5 °C ตามลำดับ แต่ยังคงต่ำกว่าอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า เมื่อลำไยมีปริมาณความชื้นลดลงมากแล้ว ความร้อนที่จะใช้ในการระเหยน้ำก็จะลดลง ทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น

ในการทดลอง NAV2, A3V2 และ A6V2 อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าจะคงที่ตลอดคือประมาณ  $70 \pm 1$  °C ในชั่วโมงที่ 1 มีอุณหภูมิขาออกเฉลี่ยคือ 51.3, 49.3 และ 51.7 °C ตามลำดับ (รูปที่ 4.6) มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิลมร้อนขาออกในชั่วโมงต่อมาอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการระเหยน้ำในช่วงแรกเกิดขึ้นสูง หลังจากเวลาผ่านไปอุณหภูมิลมร้อนขาออกเฉลี่ยจะสูงขึ้นเรื่อยๆจนสิ้นสุดการทดลองในชั่วโมงที่ 14 มีค่าเฉลี่ยคือ 64.0, 64.3 และ 64.0 °C ตามลำดับ

เมื่อใช้ความเร็วลมที่ต่างกันพบว่าลักษณะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิลมร้อนขาออกแต่ละชั่วโมงจะแตกต่างกัน โดยเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 1 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิลมร้อนขาออกจะช้ากว่าเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 2 สังเกตได้จากความเร็วลมที่ 1 ใช้เวลา 17 ชั่วโมงในการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิลมร้อนขาออกมีค่าประมาณ 60 °C แต่ความเร็วลมที่ 2 ใช้เวลาเพียง 6 ชั่วโมง เนื่องจากความเร็วลมที่ใช้ทำให้ปริมาณลมร้อนที่เข้าไปในตู้อบแตกต่างกัน



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิลมร้อนขาออกเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 1



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิลมร้อนขาออกเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 2

#### 4.3.2 อุณหภูมิแต่ละภาคในตู้อบ

การทดลอง NAV1 ในชั่วโมงที่ 1 อุณหภูมิแต่ละภาคมีค่าใกล้เคียงกันโดยอุณหภูมิเฉลี่ยของภาคที่ 1-8 คือ 44.3, 43.3, 45.7, 44.5, 45.0, 44.7, 44.7 และ 43.2 °C ตามลำดับ อุณหภูมิแต่ละภาคจะมีค่าต่ำในช่วงแรกและค่อยๆเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อระยะเวลาผ่านไปอุณหภูมิก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับอุณหภูมิลมร้อนขาออก และทั้ง 8 ภาคมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิใกล้เคียงกัน จนสิ้นสุดการทดลองในชั่วโมงที่ 17 อุณหภูมิเฉลี่ยของภาคที่ 1-8 คือ 59.0, 59.8, 62.0, 60.0, 59.0, 59.3, 60.7 และ 60.0 °C ตามลำดับ (รูปที่ 4.7)

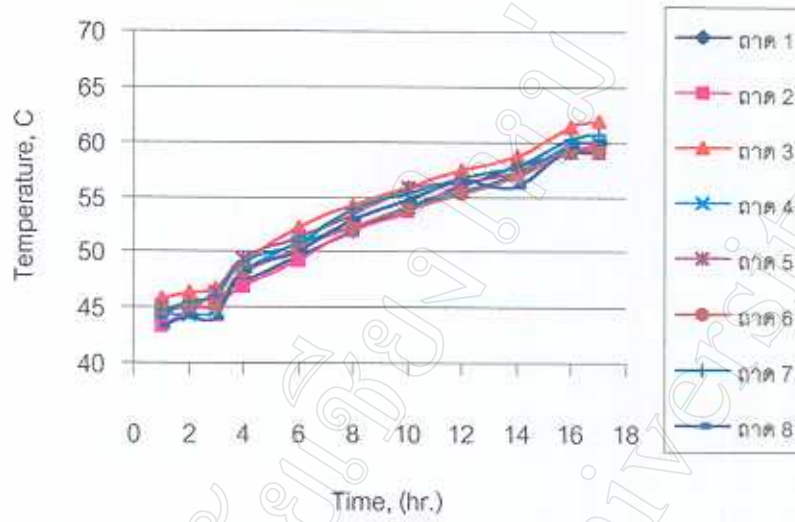
การทดลอง A3V1 ในชั่วโมงที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ยของภาคที่ 1-8 คือ 46.3, 44.8, 48.0, 46.5, 47.0, 46.7, 45.8 และ 44.0 °C ตามลำดับ ในชั่วโมงที่ 2 และ 3 มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในทุกภาค เมื่อถึงชั่วโมงที่ 4 อุณหภูมิของภาคที่ 4-8 จะลดลงประมาณ 1-2 °C (เป็นช่วงที่มีการสลับทิศทางลมให้ไหลออกด้านล้างในชั่วโมงที่ 3) เนื่องจากลมร้อนของภาคด้านบนซึ่งขึ้นและเย็นกว่าจะไปผสมกับลมร้อนของภาคด้านล่าง ในชั่วโมงที่ 4 ความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ในตำแหน่งชั้นที่ 8 ก็สูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อมีการสลับลมชั่วโมงที่ 6 และชั่วโมงที่ 9 แต่ละภาคจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยไม่มีการลดลงของอุณหภูมิ โดยสิ้นสุดการทดลองในชั่วโมงที่ 17 อุณหภูมิเฉลี่ยของภาคที่ 1-8 คือ 59.0, 59.0, 59.7, 58.5, 57.7, 59.3, 60.0 และ 59.0 °C ตามลำดับ(รูปที่ 4.8)

การทดลอง A6V1 ในชั่วโมงที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ยของภาคที่ 1-8 คือ 46.7, 45.3, 48.3, 46.8, 47.5, 47.2, 47.3 และ 44.7 °C ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิแต่ละภาคจะเพิ่มขึ้นโดยมีค่าใกล้เคียงกัน การสลับลมทุกๆ 6 ชั่วโมงไม่มีผลต่อการลดอุณหภูมิของภาคด้านล่าง(ภาคที่ 4-8) ดังที่เกิดการทดลองที่สลับลมทุกๆ 3 ชั่วโมง เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมงลำไยได้รับความร้อนมากพอและมีการกระจายความร้อนทั่วทั้งตู้ ลำไยมีการระเหยน้ำไปมากในช่วงดังกล่าวจึงทำให้ปริมาณความชื้นลดลงมาก อุณหภูมิจึงเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลองในชั่วโมงที่ 17 อุณหภูมิเฉลี่ยของภาคที่ 1-8 คือ 59.0, 59.3, 60.7, 58.7, 58.7, 59.3, 60.7 และ 60.0 °C ตามลำดับ (รูปที่ 4.9)

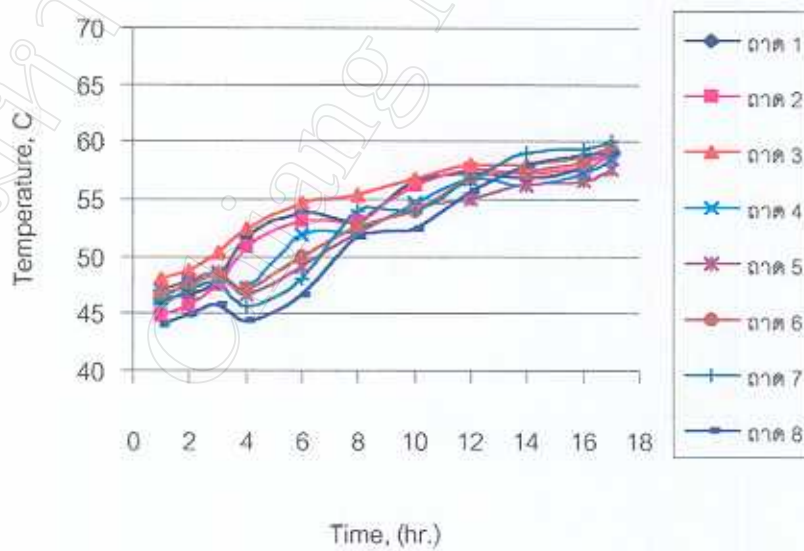
การทดลอง NAV2 ในชั่วโมงที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ยของถาดที่ 1 – 8 คือ 49.3, 47.3, 52.2, 52.5, 54.8, 51.7, 50.3 และ 48.3 °C ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิทุกถาดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และสิ้นสุดการทดลองในชั่วโมงที่ 14 อุณหภูมิเฉลี่ยของถาดที่ 1 – 8 คือ 64.7, 66.0, 68.7, 66.7, 66.7, 65.0, 66.3, 67.0 และ 67.0 °C ตามลำดับ (รูปที่ 4.10)

การทดลอง A3V2 ในชั่วโมงที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ยของถาดที่ 1 – 8 คือ 47.7, 46.8, 50.5, 50.7, 52.7, 49.3, 48.3 และ 46.3 °C ตามลำดับ ในชั่วโมงที่ 2 และ 3 มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในทุกถาด เมื่อมีการสลับลมในชั่วโมงที่ 3 จะเกิดการลดลงอุณหภูมิของถาดด้านล่างเช่นเดียวกับเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 1 นั่นคือชั่วโมงที่ 4 อุณหภูมิของถาดที่ 4 – 8 จะลดลงประมาณ 1 – 2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ในตำแหน่งชั้นที่ 8 ก็สูงขึ้นด้วย จากผลดังกล่าวแสดงว่าแม้ว่าจะใช้ความเร็วลมจะสูงขึ้น 2 เท่าแต่ปริมาณความชื้นของลำไยในช่วง 3 ชั่วโมงแรกของการอบก็ยังคงมากพอที่จะทำให้อุณหภูมิจึงลมร้อนลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อถึงชั่วโมงที่ 6 และ 9 แต่ละถาดจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และสิ้นสุดการทดลองในชั่วโมงที่ 14 อุณหภูมิเฉลี่ยของถาดที่ 1 – 8 คือ 63.7, 65.2, 66.0, 64.3, 64.2, 65.2, 65.7 และ 65.0 °C ตามลำดับ (รูปที่ 4.11)

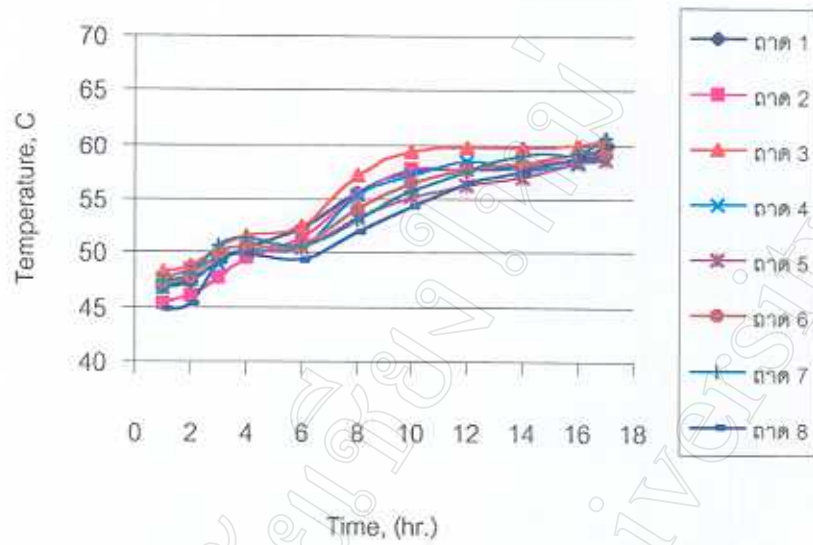
การทดลอง A6V2 ในชั่วโมงที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ยของถาดที่ 1 – 8 คือ 49.3, 48.7, 51.5, 54.0, 55.0, 51.7, 50.3 และ 49.0 °C ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิทุกถาดจะเพิ่มขึ้น เมื่อเข้าชั่วโมงที่ 8 ทุกถาดมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันจนสิ้นสุดการทดลองในชั่วโมงที่ 14 อุณหภูมิเฉลี่ยของถาดที่ 1 – 8 คือ 64.7, 66.2, 67.0, 66.0, 64.8, 66.0, 66.0 และ 66.3 °C ตามลำดับ (รูปที่ 4.12)



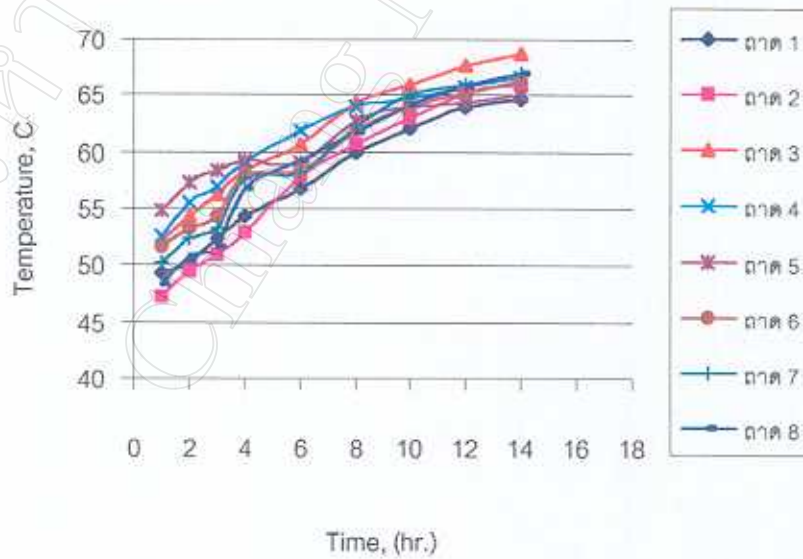
รูปที่ 4.7 อุณหภูมิแต่ละภาคในตู้อบของการทดลอง NAV1



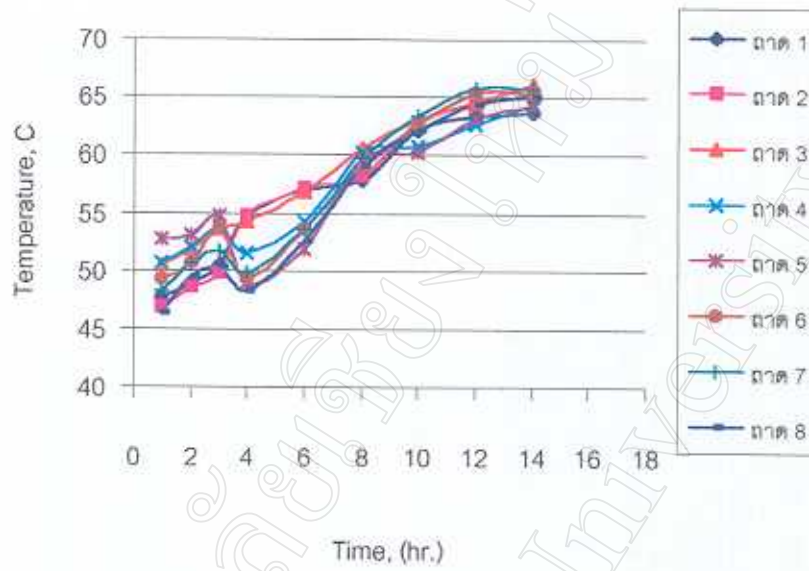
รูปที่ 4.8 อุณหภูมิแต่ละภาคในตู้อบของการทดลอง A3V1



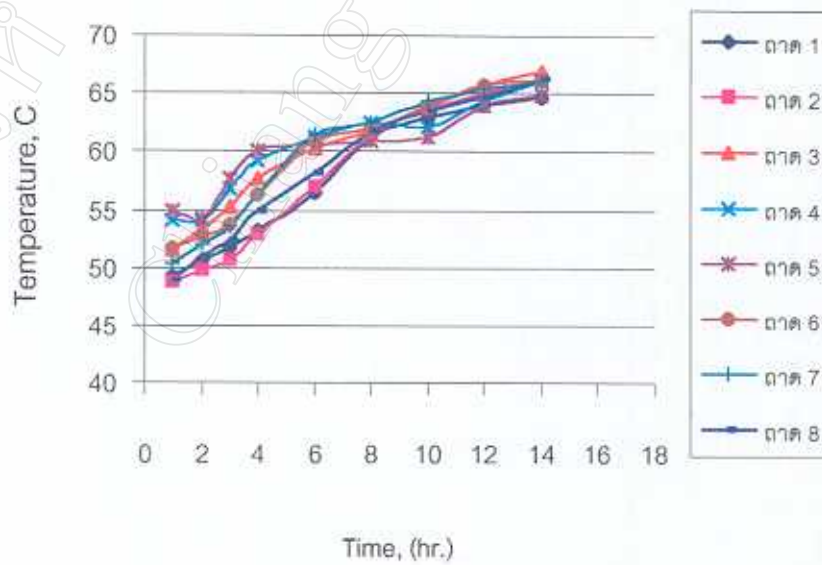
รูปที่ 4.9 อุณหภูมิแต่ละถาดในตู้อบของการทดลอง A6V1



รูปที่ 4.10 อุณหภูมิแต่ละถาดในตู้อบของการทดลอง NAV2



รูปที่ 4.11 อุณหภูมิแต่ละถาดในตู้อบของการทดลอง A3V2



รูปที่ 4.12 อุณหภูมิแต่ละถาดในตู้อบของการทดลอง A6V2

## 4.2 การลดความชื้นของลำไยอบแห้งแบบ แกะเปลือก

### 4.4.1 ผลของการสลับลมต่อการลดความชื้นของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 1

ความชื้นเริ่มต้นของเนื้อลำไยก่อนอบการทดลอง NAV1, A3V1 และ A6V1 มีค่าเฉลี่ยคือ 82.50 , 82.31 และ 81.60, % (w.b.) ตามลำดับ ซึ่งความชื้นเริ่มต้นของลำไยในการทดลองที่ A6V1 มีความแตกต่างจากการทดลอง NAV1 และ A3V1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ตารางภาคผนวกที่ 9) การลดลงของความชื้นลำไยเป็นไปอย่างต่อเนื่องจนถึงสุดการทดลองในช่วงเวลาที่ 17 ลำไยมีความชื้นเฉลี่ย 12.96, 13.56 และ 10.72 % (w.b.) ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในลักษณะเดิมคือ NAV1 และ A3V1 ไม่แตกต่างกัน ส่วน A6V1 ความชื้นที่ได้มีค่าน้อยกว่าอีก 2 การทดลอง แสดงว่าการลดลงของความชื้นในการทดลอง A6V1 จะเกิดขึ้นได้มากกว่า

ลักษณะของ drying curve สำหรับการทดลอง NAV1 การลดลงของความชื้นช้ากว่าการทดลองอื่นตั้งแต่ในช่วงเวลาที่ 2 (รูปที่ 4.13) อาจเนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอกเช่น ความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้นของอากาศที่สูงกว่าการทดลองอื่น การระเหยของน้ำเป็นไปได้ช้า การลดความชื้นอาจแตกต่างกันในช่วงแรก แต่เมื่อเข้าช่วงเวลาที่ 10 – 17 ความชื้นของลำไยมีค่าใกล้เคียงกันมาก วิธีการสลับลมของเครื่องอบแห้งไม่มีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้งเมื่อใช้ความเร็วลมเดียวกัน อาจมีสาเหตุจากลมร้อนที่เข้าไปภายในตู้ต่างออกจากผนังทั้งด้านซ้ายและขวาของผู้เช่นเดียวกัน ลำไยสามารถที่จะได้รับความร้อนพร้อมๆกัน จึงให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน ระหว่างการสลับลมร้อนให้ไหลออกจากตู้ทางด้านบนและทางด้านล่าง

สำหรับสมการ Regression และค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการลดความชื้นและความชื้น ( $M_d$ ) ของแต่ละการทดลองมีดังนี้

NAV1	$y = 546.82e^{-0.2159x}$	$R^2 = 0.9944$
A3V1	$y = 487.53e^{-0.2170x}$	$R^2 = 0.9855$
A6V1	$y = 474.43e^{-0.2240x}$	$R^2 = 0.9933$

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



ในการทดลอง NAV1, A3V1 และ A6V1 มีค่า  $R^2$  ที่สูงคือ 0.9944, 0.9855 และ 0.9933 ตามลำดับ แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการลดความชื้นและความชื้น ( $M_t$ ) มีความสัมพันธ์กันแบบ exponential อย่างแท้จริงซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการลดความชื้น (Hall,1980) อย่างไรก็ตามการนำสมการนี้ไปใช้ในการทำนายการลดความชื้นจะถูกต้องเพียงใด ขึ้นกับความชื้นเริ่มต้นของลำไย และความชื้นสัมพันธ์เริ่มต้นของอากาศที่ใช้ในการลดความชื้น ขณะนั้นด้วย ว่าคล้ายคลึงกับสภาพที่ใช้ในการทดลองมากน้อยเพียงใด

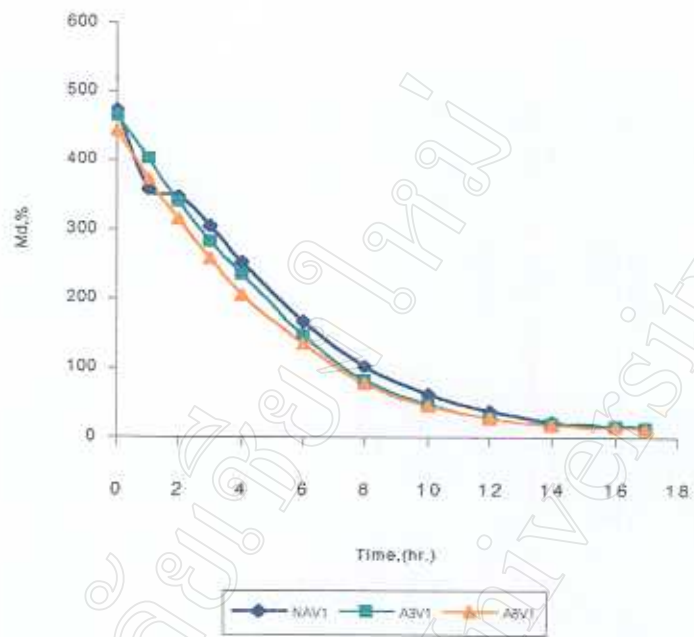
#### 4.4.2 ผลของการสลับลมต่อการลดความชื้นของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกเมื่อใช้ ความเร็วลมที่ 2

ความชื้นเริ่มต้นของเนื้อลำไยก่อนอบในการทดลอง NAV2, A3V2 และ A6V2 มีค่าเฉลี่ยคือ 82.52, 82.55 และ 82.84 % (w.b.) ตามลำดับ ซึ่งความชื้นเริ่มต้นของลำไยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ ) (ตารางภาคผนวกที่ 10) โดยทั้ง 3 การทดลองมีการลดลงของความชื้นลำไยเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และสิ้นสุดการทดลองในชั่วโมงที่ 14 ลำไยที่ได้มีความชื้นเฉลี่ย 11.52, 11.92 และ 12.04 % (w.b.) ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ ) ลักษณะของ drying curve ทั้ง 3 การทดลองมีค่าใกล้เคียงกันมาก (รูปที่ 4.14) แสดงให้เห็นว่าการสลับลมทุกๆ 3 และ 6 ชั่วโมงไม่มีผลต่อการลดความชื้นเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามการใช้ความเร็วลมเพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นลดลงประมาณ 3 ชั่วโมง

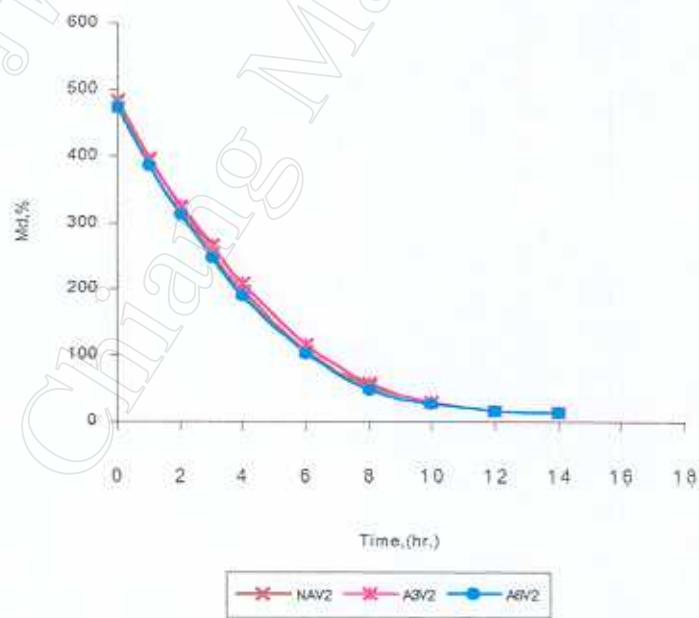
สำหรับ Regression และค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการลดความชื้นและความชื้น ( $M_t$ ) ของแต่ละการทดลองมีลักษณะเป็น exponential ดังสมการต่อไปนี้

NAV2	$y = 522.60e^{-0.2737x}$	$R^2 = 0.9915$
A3V2	$y = 559.87e^{-0.2790x}$	$R^2 = 0.9906$
A6V2	$y = 521.31e^{-0.2809x}$	$R^2 = 0.9856$

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



รูปที่ 4.13 Drying curve ของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 1



รูปที่ 4.14 Drying curve ของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 2

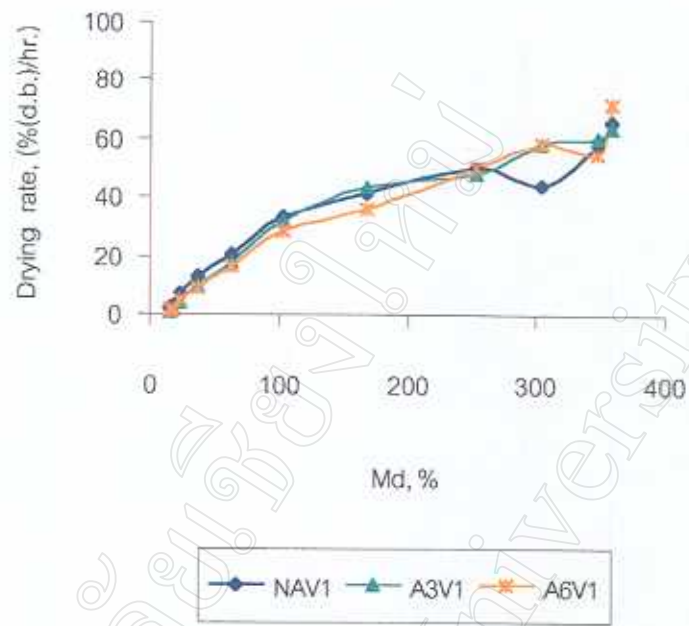
#### 4.5 อัตราการลดความชื้นของลำไยอบแห้งแบบแก๊สเป็ลือก

##### 4.5.1 ผลของการสลับลมต่ออัตราการลดความชื้นเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 1

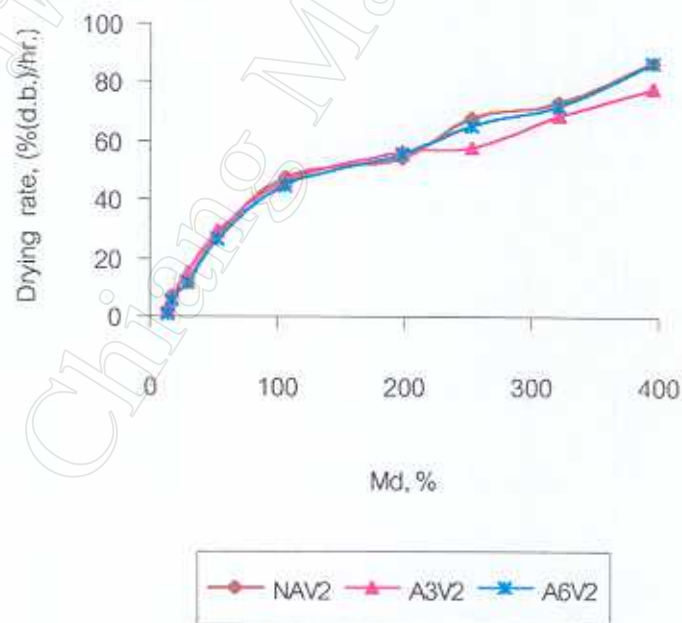
จากการวิเคราะห์ค่าอัตราการลดความชื้น (%(d.b.)/hr.) ของลำไย ในการทดลอง NAV1, A3V1 และ A6V1 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ตารางภาคผนวกที่ 11) ตลอดระยะเวลา 17 ชั่วโมงของการอบ ในช่วงแรกอัตราการลดความชื้นยังคงสูงอยู่เมื่อเวลาผ่านไปก็จะมีค่าลดลง รูปที่ 4.15 เป็นกราฟอัตราการลดความชื้น(%(d.b.)/hr.) และความชื้น (Md,%) ของลำไยในการทดลอง NAV1, A3V1 และ A6V1 พบว่าลักษณะกราฟอัตราการลดความชื้นทั้ง 3 การทดลองมีแนวโน้มที่เหมือนกัน คือความชื้นลำไยในชั่วโมงเริ่มต้นมีค่าที่สูงและอัตราการลดความชื้นจะสูงในช่วงแรกของการอบ และอัตราการลดความชื้นจะลดลงเรื่อยๆตามปริมาณความชื้นลำไยที่เหลืออยู่และระยะเวลาในการอบ เนื่องจากความชื้นในลำไยเหลือน้อยจนไม่สามารถแพร่กระจายจากภายในออกมาสู่ผิวได้เร็วเท่ากับความสามารถในการระเหยจากผิวสู่อากาศ จึงทำให้อัตราการลดความชื้นต่ำกว่าในชั่วโมงหลังๆต่ำกว่าช่วงแรกของการอบ อัตราการลดความชื้นของลำไยสอดคล้องกับอุณหภูมิภายในตู้อบและอุณหภูมิขาออกที่ช่วงแรก จะมีค่าต่ำและเพิ่มสูงขึ้นในชั่วโมงหลังๆ จากการทดลองนี้ไม่พบอัตราการลดความชื้นแบบ constant rate period ในช่วงต้นๆทั้งนี้อาจเป็นเพราะการสูมตัวอย่างทุก 1 ชั่วโมงอาจเข้าไป โดยทั่วไปแล้ว constant rate period of drying จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ

##### 4.5.2 ผลของการสลับลมต่ออัตราการลดความชื้นเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 2

จากการวิเคราะห์ค่าอัตราการลดความชื้น (%(d.b.)/hr.) ของลำไย ในการทดลอง NAV2, A3V2 และ A6V2 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในช่วง 3 ชั่วโมงแรกของการอบ แต่เมื่อเข้าชั่วโมงที่ 4 อัตราการลดความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ ) (ตารางภาคผนวกที่ 12) ในช่วงแรกอัตราการลดความชื้นยังคงสูงอยู่เมื่อเวลาผ่านไปก็จะมีค่าลดลงซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการลดความชื้น จากรูปที่ 4.16 เป็นกราฟอัตราการลดความชื้น (%(d.b.)/hr.) และความชื้น (Md,%) ของลำไยในการทดลอง NAV2, A3V2 และ A6V2 พบว่าทั้ง 3 การทดลองมีแนวโน้มของอัตราการลดความชื้นที่สูงเมื่อความชื้นของลำไยมีค่าสูงด้วยในช่วงแรก แต่เมื่อความชื้นลำไยลดลงอัตราการลดความชื้นก็จะลดลงตามไปด้วย ทั้ง 3 การทดลองใช้ระยะเวลาในการอบที่เท่ากันและความชื้นเฉลี่ยของลำไยที่ได้ก็ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ ) ทั้งนี้เพราะตั้งแต่ชั่วโมงที่ 4 อัตราการลดความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ ) จึงทำให้มีการลดความชื้นที่ใกล้เคียงกันมากจนถึงสิ้นสุดการทดลอง



รูปที่ 4.15 Drying rate ของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 1



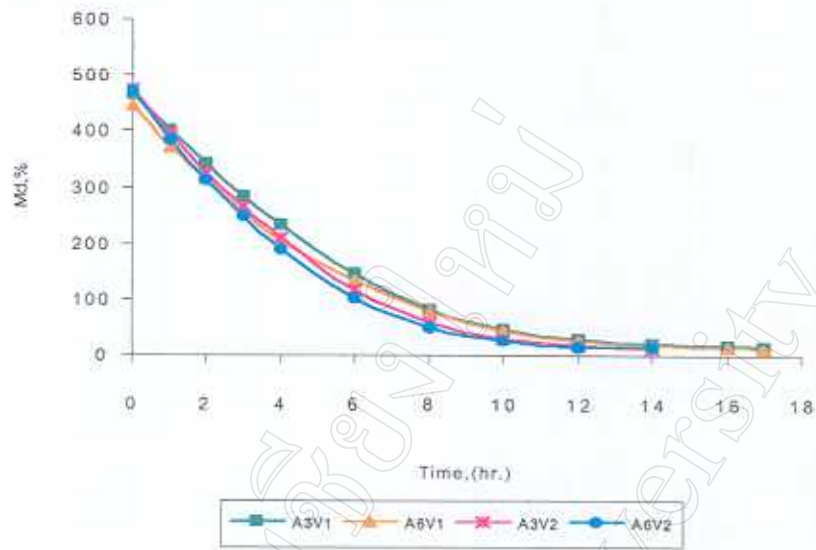
รูปที่ 4.16 Drying rate ของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 2

#### 4.6 ผลของความเร็วมและการสลับทิศทางลมต่อการลดความชื้นและอัตราการลดความชื้นลำไยแบบแกะเปลือก

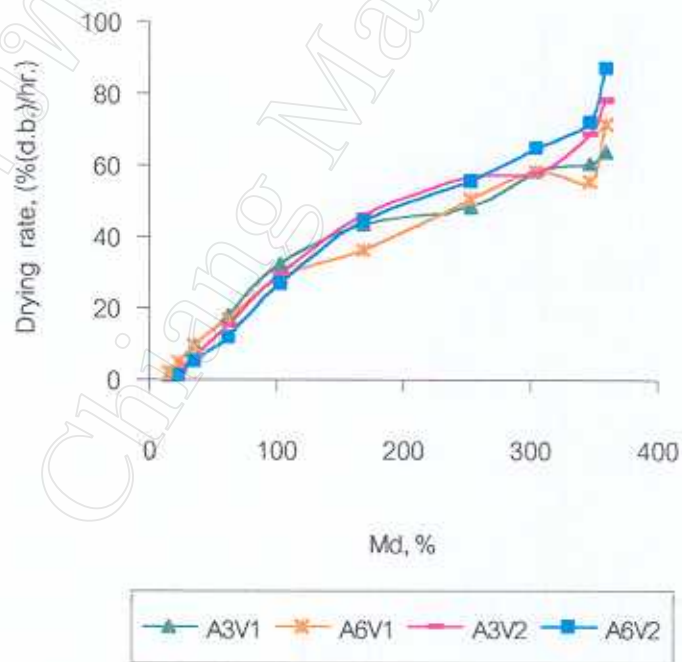
จากการทดลอง A3V1, A6V1, A3V2 และ A6V2 ที่กล่าวในหัวข้อ 4.4.1 และ 4.4.2 เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่า ความเร็วมที่ใช้มีผลกระทบต่อความชื้นซึ่งทำให้เวลาในการอบต่างกันถึง 3 ชั่วโมง ส่วนการสลับลมทุกๆ 3 และ 6 ชั่วโมงมีผลต่อการลดความชื้นไม่แตกต่างกัน เมื่อลดความชื้นถึงชั่วโมงที่ 14 สำหรับการทดลอง A3V2 และ A6V2 มีความชื้นของลำไยเฉลี่ยคือ 11.92 และ 12.04 % (w.b.) ตามลำดับ ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมสำหรับเนื้อลำไยอบแห้งจึงสิ้นสุดการทดลอง แต่ในการทดลอง A3V1 และ A6V1 ยังคงมีการลดลงของความชื้นต่อไปจนถึงชั่วโมงที่ 17 จึงสิ้นสุดการทดลอง โดยมีความชื้นลำไยเฉลี่ยคือ 13.56 และ 10.72 % (w.b.) ตามลำดับ

ลักษณะของ Drying curve ของการทดลองที่ใช้ความเร็วมที่ 2 จะมีการลดลงของความชื้นเร็วกว่าการทดลองที่ใช้ความเร็วมที่ 1 (รูปที่ 4.17) เป็นผลเนื่องจากความเร็วมที่ใช้มีค่ามากกว่ากันถึง 2 เท่า (ตารางที่ 4.1 และ 4.2) ทำให้ลำไยมีการลดความชื้นได้เร็วขึ้นและปริมาณลมร้อนที่เข้าสู่ห้องอบมีมากกว่าทำให้การกระจายของความร้อนเกิดขึ้นได้เร็วกว่า และการกระจายลมในห้องอบสม่ำเสมอกว่า การระเหยน้ำก็เกิดขึ้นได้เร็วตามไปด้วย วิธีการสลับลมของเครื่องอบแห้งไม่มีผลต่อการลดความชื้น อาจเนื่องจากลมร้อนที่เข้าไปในตัวต่างออกจากผนังทั้งทางด้านซ้ายและขวาและมีการกระจายลมที่ดี ทำให้ลำไยมีโอกาสที่จะได้รับความร้อนพร้อมๆกัน จึงให้ผลไม่แตกต่างกันระหว่างการให้ลมร้อนขาออกที่ไหลออกจากตู้ทางด้านบนหรือด้านล่าง

จากกราฟอัตราการลดความชื้น(%(d.b.)/hr.)และความชื้น (Md,%) (รูปที่ 4.18) เมื่อความชื้นของลำไยมีค่าใกล้เคียงกัน การทดลอง A3V2 และ A6V2 จะมีค่าอัตราการลดความชื้นที่สูงกว่าการทดลอง A3V1 และ A6V1 จึงทำให้ใช้ระยะเวลาการอบที่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากความเร็วมที่กระจายในห้องอบของความเร็วมที่ 2 ดีกว่าความเร็วมที่ 1 จึงทำให้อัตราการลดความชื้นเกิดขึ้นมากกว่า ศุภศักดิ์และคณะ (2543) ซึ่งได้ทำการวิจัยการลดความชื้นลำไยในลักษณะเดียวกันและพบปัญหาในเรื่องการกระจายลมภายในห้องอบไม่สม่ำเสมอ ทำให้มีอัตราการลดความชื้นต่ำ แต่ในการทดลองนี้เมื่อมีการปรับความเร็วมเพิ่มขึ้น ทำให้การกระจายลมดีขึ้นและมีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่า ลำไยมีการแห้งที่สม่ำเสมอขึ้นมาก



รูปที่ 4.17 Drying curve ของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกเมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วลมที่ 1 และ 2



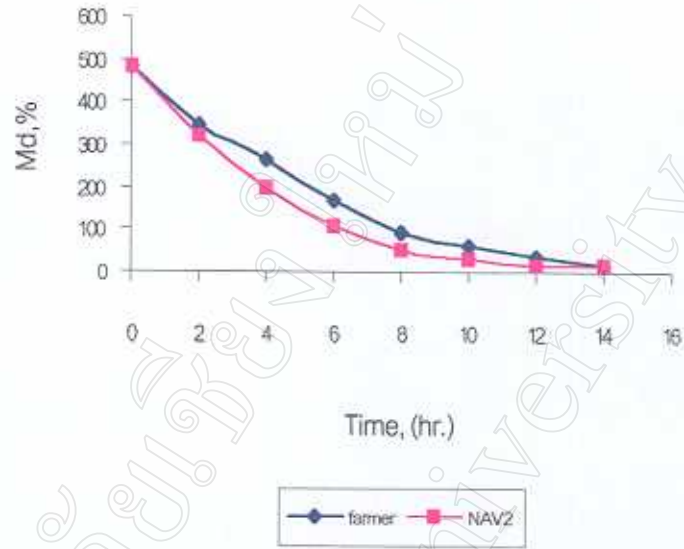
รูปที่ 4.18 Drying rate ของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกเมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วลมที่ 1 และ 2

#### 4.7 เปรียบเทียบการลดความชื้นและอัตราการลดความชื้นของเครื่องอบแห้งเกษตรกรกับเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน

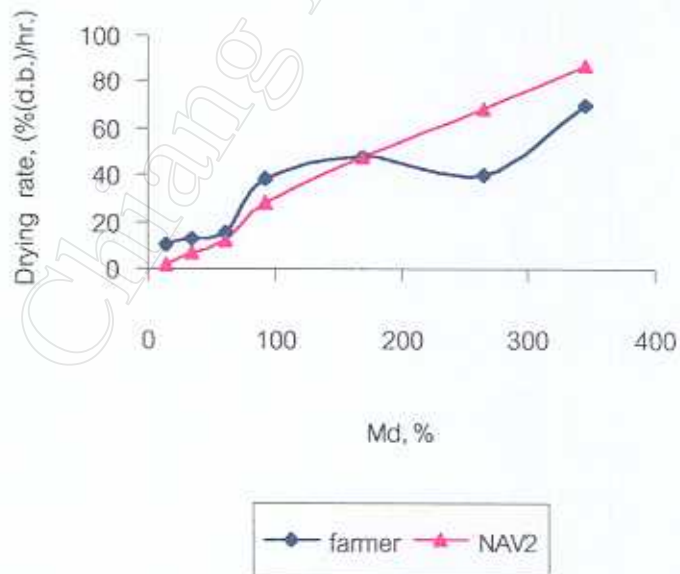
ความชื้นเริ่มต้นลำไยของเครื่องอบแห้งเกษตรกรและเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน (เลือกการทดลอง NAV2 มาใช้ในการเปรียบเทียบ เนื่องจากเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด) มีค่าเฉลี่ยคือ 82.87 และ 82.84 %(w.b.) ตามลำดับ โดยใช้เวลาในการอบที่เท่ากันคือ 14 ชั่วโมง มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยคือ 11.85 และ 12.04 %(w.b.) ตามลำดับแสดงดังตารางที่ 4.3 ลักษณะการลดลงของความชื้นใน 2 ชั่วโมงแรกมีค่าใกล้เคียงกัน แต่หลังจากนั้นการทดลอง NAV2 มีการลดลงของความชื้นเร็วกว่า หลังจากชั่วโมงที่ 12 จึงมีค่าที่ใกล้เคียงกันจนถึงสิ้นสุดการทดลองที่ 14 ชั่วโมงแสดงดังรูปที่ 4.19 การลดความชื้นของ NAV2 เร็วกว่าอาจเนื่องจากใช้อุณหภูมิ 70 °C คงที่ตลอดการอบ ส่วนเครื่องของเกษตรกรเป็นการอบแบบลดอุณหภูมิคือ ใช้อุณหภูมิ 70 °C ใน 6 ชั่วโมงแรก จากนั้นใช้ลดอุณหภูมิลงเป็น 60 °C นอกจากนี้ในการอบโดยเครื่องเกษตรกรยังมีขั้นตอนมีการสลับภาคในชั่วโมงที่ 1 และหลังจากนั้นทุกๆ 2 ชั่วโมงจนถึงสิ้นสุด การอบ เพื่อให้ทุกภาคได้รับความร้อนและแห้งสม่ำเสมอ ต่างจากเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อนที่มีทิศทางการไหลของลมร้อนเข้าทั้ง 3 ด้านคือ ด้านหลัง ด้านซ้ายและด้านขวา มีการกระจายของลมทั่วถึงทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการสลับภาค

ตารางที่ 4.3 การลดความชื้นและอัตราการลดความชื้นของเครื่องอบแห้งเกษตรกรกับเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลม

Time (hr.)	ความชื้น				อัตราการลดความชื้น	
	M <sub>w</sub> , %		M <sub>d</sub> , %		%(d.b.)/hr.	
	farmer	NAV2	farmer	NAV2	farmer	NAV2
0	82.87	82.84	484.86	482.75	0	0
2	77.22	76.30	344.75	321.94	70.05	87.15
4	71.57	66.56	264.39	199.04	40.18	68.2
6	61.74	51.58	168.67	106.53	47.86	47.52
8	46.89	34.51	92.56	52.70	38.06	27.98
10	37.21	23.25	60.97	30.29	15.80	11.82
12	25.42	14.59	34.58	17.08	13.20	6.68
14	11.85	12.04	13.45	13.69	10.57	1.74
			เฉลี่ย		33.67	35.87



รูปที่ 4.19 Drying curve ของลำไยอบแห้งระหว่างเครื่องอบแห้งเกษตรกรกับเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน



รูปที่ 4.20 Drying rate ของลำไยอบแห้งระหว่างเครื่องอบแห้งเกษตรกรกับเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน



สำหรับสมการ Regression และค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการลดความชื้นกับความชื้น ( $M_t$ ) ของเครื่องอบแห้งเกษตรกรและ NAV2 คือ

$$\text{NAV2} \quad y = 522.6e^{-0.2737x} \quad R^2 = 0.9915$$

$$\text{Farmer} \quad y = 615.3e^{-0.2476x} \quad R^2 = 0.9724$$

โดยค่า  $y$  คือ ค่าความชื้นมาตรฐานแห้ง, เปอร์เซ็นต์

$x$  คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง, ชั่วโมง

$e$  คือ ค่า exponential มีค่าเท่ากับ 2.7183

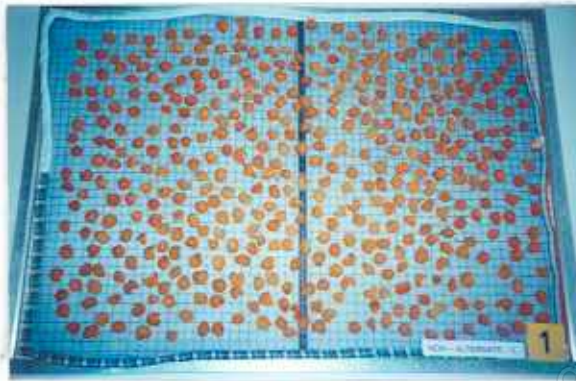
$R^2$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์

อัตราการลดความชื้นเฉลี่ยของการทดลอง NAV2 ในชั่วโมงที่ 2 – 4 มีค่าสูงกว่าเครื่องอบแห้งของเกษตรกร แสดงดังตารางที่ 4.3 แต่เมื่อเข้าชั่วโมงที่ 6 อัตราการลดความชื้นเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกัน ในเครื่องอบแห้งของเกษตรกรจะมีอัตราการลดความชื้นที่มีลักษณะเป็นขั้นบันได โดยในชั่วโมงที่ 6 เป็นจุดที่อัตราการลดความชื้นเฉลี่ยของทั้ง 2 เครื่องมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงดังรูปที่ 4.20 แต่เมื่อเวลาผ่านไปเครื่องของเกษตรกรยังคงมีอัตราการลดความชื้นที่สูงขึ้น อาจเนื่องจากความชื้นของลำไยยังคงมีค่าสูงอยู่ การระเหยของน้ำจึงเกิดขึ้นต่อไป ต่างจากการทดลอง NAV2 ที่ลำไยมีความชื้นลดลงมากแล้ว เมื่อถึงชั่วโมงที่ 10 จึงมีค่าใกล้เคียงกันอีก อัตราการลดความชื้นเฉลี่ยตลอดการอบของเครื่องเกษตรกร และ NAV2 มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย คือมีค่าเท่ากับ 33.67 และ 35.87 %d.b./hr. ตามลำดับ

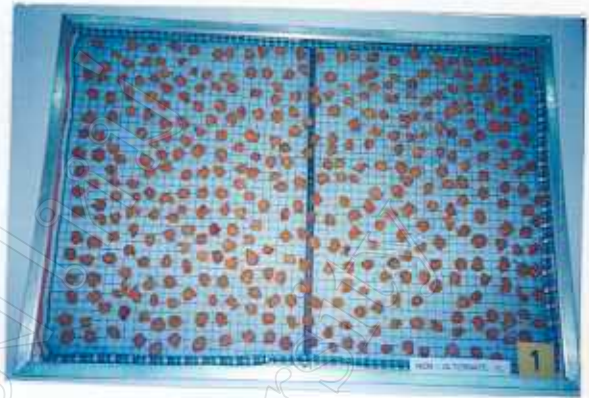
#### 4.8 คุณภาพของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือก

จากรูปที่ 4.21 แสดงลำไยหลังอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสลับลม ในการทดลอง NAV1, A3V1 และ A6V1 พบว่าลำไยบางจุดมีลักษณะเป็นยางเหนียวบริเวณกลางถาด เนื่องจากความเร็วลมที่ใช้มีค่าต่ำไม่สามารถไหลผ่านมายังตรงกลางถาดได้ จึงเกิดจุดที่อับลมทำให้ลำไยแห้งช้ากว่าส่วนอื่น และสำหรับในการทดลอง NAV2, A3V2 และ A6V2 พบว่าลำไยหลังอบมีลักษณะการแห้งที่สม่ำเสมอ

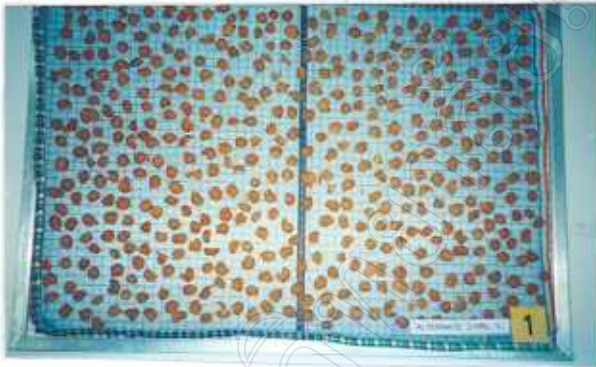
จากรูปที่ 4.22 เปรียบเทียบลำไยอบแห้งหลังอบโดยใช้เครื่องอบแห้งของเกษตรกรและเครื่องแบบสลับทิศทางลมร้อน ลำไยหลังอบของเกษตรกรภายในถาดมีการแห้งที่สม่ำเสมอมากกว่า และสีของลำไยที่ได้มีสีเหลืองทองสวยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับลำไยที่อบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสลับลม โดยเกษตรกรผู้อบลำไยจัดให้ลำไยที่ได้จากการทดลองอยู่ในสีน้ำตาล – ทอง ซึ่งเป็นเกรดที่ต่ำรองมาจากสีเหลืองทอง ทั้งนี้อาจเกิดวิธีการอบของเกษตรกรซึ่งมีการปรับลดอุณหภูมิทำให้ลำไยมีสีที่ต่ำกว่า



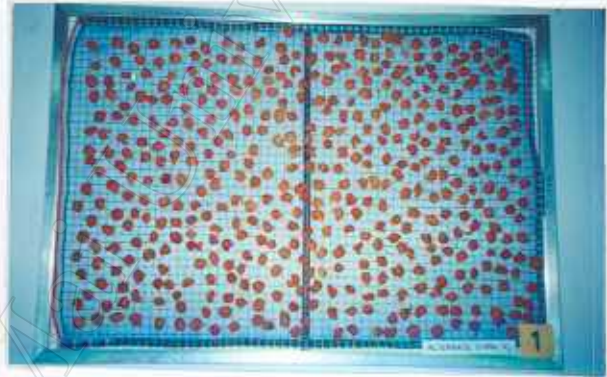
(ก.)



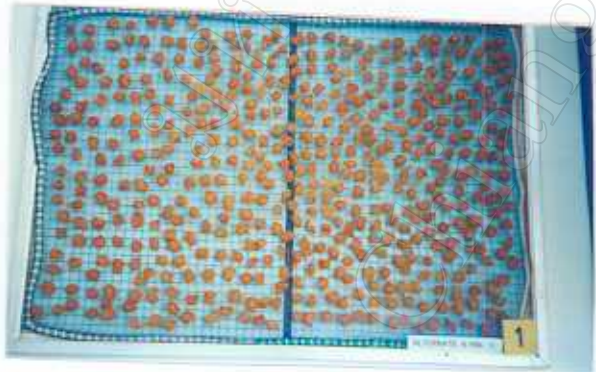
(ง.)



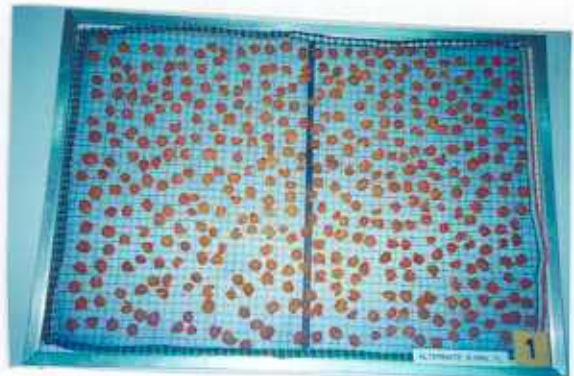
(ข.)



(จ.)



(ค.)

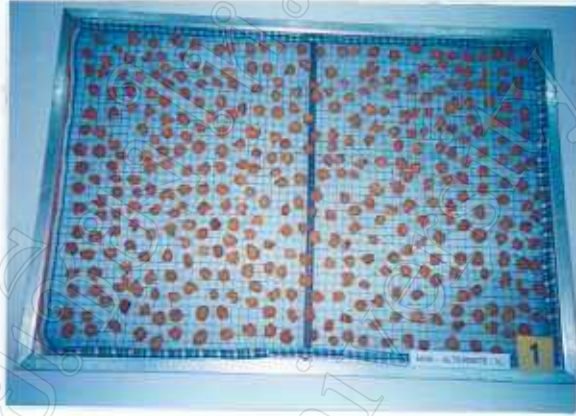


(ฉ.)

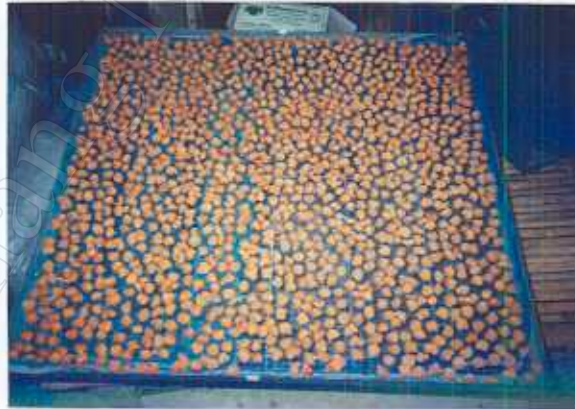
รูปที่ 4.21 ลำไยหลังอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน

(ก.) NAV1 (ข.) A3V1 (ค.) A6V1

(ง.) NAV2 (จ.) A3V2 (ฉ.) A6V2



(ก.) ลำไยอบแห้งจากเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน



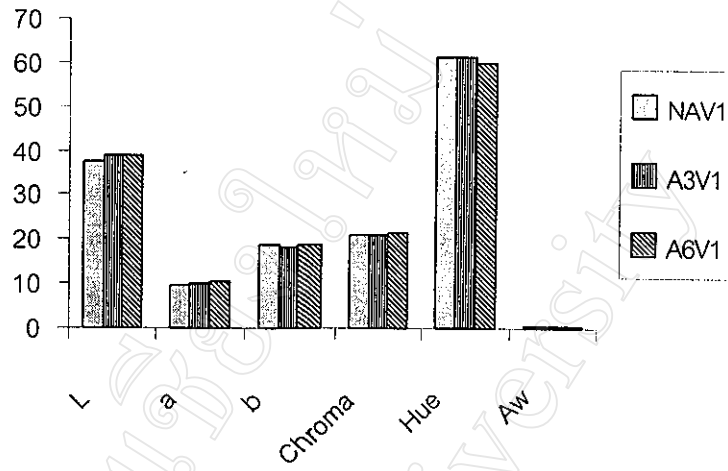
(ข.) ลำไยอบแห้งจากเครื่องอบแห้งแบบถาดของเกษตรกร

รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบลำไยอบแห้งหลังอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดของเกษตรกรและเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน

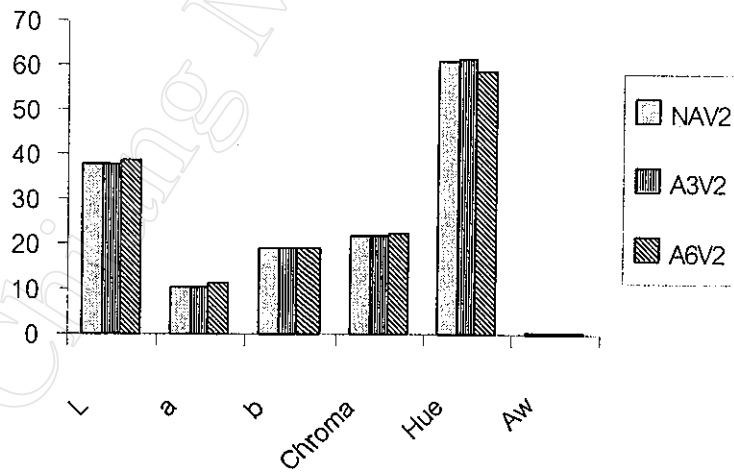
#### 4.8.1 การประเมินคุณภาพของลำไยอบแห้งในห้องปฏิบัติการ

การตรวจวัดสีของลำไยหลังอบใช้ระบบ Hunter จะทำการการวัด 3 ค่าคือ ค่า L, a, b และนำค่าเหล่านี้มาคำนวณค่า Chroma และ ค่า Hue ตารางภาคผนวกที่ 21 แสดงค่าเฉลี่ยการวัดค่าสีและค่า Aw ของลำไยหลังอบเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 1 คือการทดลอง NAV1, A3V1 และ A6V1 พบว่าการสลับลมร้อนทุกๆ 0, 3 และ 6 ชั่วโมง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ ) ของค่า L (ความสว่าง) , ค่า b (ได้ค่าเป็น + ซึ่งให้ค่าสีเหลือง), ค่า Chroma (ความเข้มของสี) และค่า Hue (เฉดสี) แต่สำหรับค่า a (ได้ค่าเป็น + ซึ่งให้ค่าสีแดง) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จากค่า Hue ทำให้ทราบว่ทั้ง 3 การทดลองมีเฉดสีที่ไม่แตกต่างกันโดยอยู่ในช่วง 60.14 – 61.44 (รูปที่ 4.23) สำหรับค่า Aw ที่วัดได้ของการทดลอง NAV1, A3V1 และ A6V1 คือ 0.373, 0.360 และ 0.351 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ ) และจากค่า Aw ที่วัดได้อยู่ในช่วง 0.351 – 0.373 อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อเชื้อจุลินทรีย์

จากตารางภาคผนวกที่ 22 แสดงค่าเฉลี่ยการวัดค่าสีและค่า Aw ของลำไยหลังอบเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 2 คือการทดลอง NAV2, A3V2 และ A6V2 พบว่าการสลับลมร้อนทุกๆ 0, 3 และ 6 ชั่วโมง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ ) ของค่า L (ความสว่าง) , ค่า b (ได้ค่าเป็น + ซึ่งให้ค่าสีเหลือง), ค่า Chroma (ความเข้มของสี) และค่า Hue (เฉดสี) แต่สำหรับค่า a (ได้ค่าเป็น + ซึ่งให้ค่าสีแดง) และค่า Aw มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ถึงแม้ว่าค่า a ที่วัดได้จะแตกต่างกันแต่ค่าเฉดสีก็ยังอยู่ในระดับเดียวกัน (รูปที่ 4.24) สำหรับค่า Aw ที่วัดได้ของการทดลอง NAV2, A3V2 และ A6V2 คือ 0.332, 0.320 และ 0.349 ตามลำดับ แม้ว่ามีแตกต่างกันแต่ค่า Aw โดยรวมนั้นมีค่าต่ำจึงสรุปได้ว่าทั้ง 3 การทดลองมีความปลอดภัยต่อเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งไพโรจน์ (2539) กล่าวว่าค่า Aw ต่ำนั้นสามารถที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ยกเว้นจุลินทรีย์บางชนิดที่ทนแล้งสามารถที่จะเจริญได้ เช่นเดียวกับไพบูลย์ (2532) ได้กล่าวจุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญได้ที่ค่า Aw ที่ต่ำกว่าในช่วงประมาณ 0.5 – 0.6



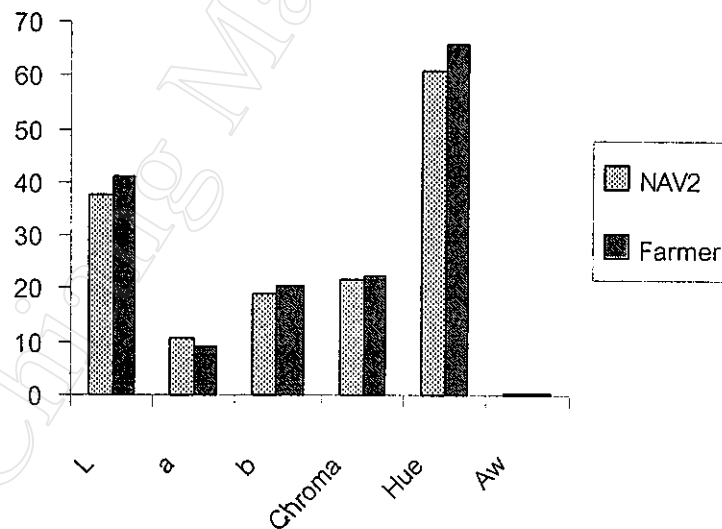
รูปที่ 4.23 ค่าเฉลี่ยการวัดค่าสีและค่า Aw ของลำไยหลังอบเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 1



รูปที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยการวัดค่าสีและค่า Aw ของลำไยหลังอบเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 2

#### 4.8.2 การเปรียบเทียบคุณภาพลำไยอบแห้งที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบถาดของเกษตรกร กับเครื่องอบแห้งแบบสไลด์ทิศทางลมร้อน

เมื่อเปรียบเทียบค่าสี L, a, b, Chroma, Hue จากรูปที่ 4.25 พบว่าลำไยอบแห้งของเกษตรกรมีค่าความสว่าง(L) ของสีมากกว่าลำไยจากเครื่องทดลอง และที่เห็นได้ชัดเจนจากค่าเฉดสี(Hue) มีค่าที่แตกต่างกันมาก ส่วนค่าความเข้มของสี (Chroma) มีค่าใกล้เคียงกัน จากรูปที่ 4.10 เมื่อเปรียบเทียบสีของลำไยแล้วสีของเกษตรกรจะสวยกว่าจัดอยู่ในสีเหลืองทอง ซึ่งมีค่าเฉดสีเฉลี่ยคือ 65.76 ซึ่งลำไยที่ได้จากเครื่องทดลอง(NAV2) มีสีน้ำตาลทองมีค่าเฉดสีเฉลี่ยคือ 60.83 และความสว่างมีน้อยกว่าเมื่อมองดูจากภายนอกแล้วสีจะเข้มกว่า จากค่าสีที่วัดค่าออกมาเป็นตัวเลขนี้จะเป็นสิ่งหนึ่งที่สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพได้ และใช้ประกอบกับการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสได้ซึ่งแต่ละคนอาจมีความชอบที่แตกต่างกันได้ ค่า Aw ของการทดลอง NAV2 และ Farmer คือ 0.315 และ 0.375 ตามลำดับ โดยทั้ง 2 การทดลองจัดว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์



รูปที่ 4.25 ค่าเฉลี่ยการวัดค่าสีและค่า Aw ของลำไยหลังอบจากเครื่องอบแห้งแบบถาดของเกษตรกรกับเครื่องอบแห้งแบบสไลด์ทิศทางลมร้อน

### 8.8.3 การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี โดยใช้ Ideal ratio profile technique ตามวิธีของไพโรจน์ (2539)

การประเมินคุณภาพโดยใช้ Ideal ratio profile technique พบว่าคุณลักษณะต่างๆที่ใช้ในการพิจารณาคุณภาพของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกคือ สีเนื้อของลำไย กลิ่น รสหวาน ความแข็ง ความเหนียว และการยอมรับโดยรวม แสดงผลดังตารางที่ 4.4

คุณภาพด้านสีเนื้อลำไยในการทดลอง NAV1, A3V1, A6V1, NAV2, A3V2, A6V2 และลำไยของเกษตรกร (Farmer) มีค่า Mean ideal ratio score คือ 1.06, 1.11, 1.02, 0.96, 1.67, 1.01 และ 0.69 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

คุณภาพด้านสีกลิ่นลำไยในการทดลอง NAV1, A3V1, A6V1, NAV2, A3V2, A6V2 และลำไยของเกษตรกร (Farmer) มีค่า Mean ideal ratio score คือ 0.83, 0.94, 0.92, 0.89, 0.98, 1.05 และ 0.69 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

คุณภาพด้านรสหวานของลำไยในการทดลอง NAV1, A3V1, A6V1, NAV2, A3V2, A6V2 และลำไยของเกษตรกร (Farmer) มีค่า Mean ideal ratio score คือ 1.15, 1.10, 1.19, 1.89, 1.17, 1.02 และ 0.95 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

คุณภาพด้านความแข็งของลำไยในการทดลอง NAV1, A3V1, A6V1, NAV2, A3V2, A6V2 และลำไยของเกษตรกร (Farmer) มีค่า Mean ideal ratio score คือ 0.92, 0.84, 0.91, 0.94, 0.96, 0.86 และ 0.92 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ )

คุณภาพด้านความเหนียวของลำไยในการทดลอง NAV1, A3V1, A6V1, NAV2, A3V2, A6V2 และลำไยของเกษตรกร (Farmer) มีค่า Mean ideal ratio score คือ 1.19, 1.13, 1.31, 1.31, 1.25, 1.00 และ 0.84 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

การยอมรับโดยรวมในการทดลอง NAV1, A3V1, A6V1, NAV2, A3V2, A6V2 และลำไยของเกษตรกร (Farmer) มีค่า Mean ideal ratio score คือ 0.66, 0.68, 0.72, 0.69, 0.66, 0.62 และ 0.73 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ )

ลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกทุกการทดลองมีค่าการยอมรับโดยรวมค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับกับค่าในอุดมคติ (มีค่าเท่ากับ 1) นอกจากนี้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเนื้อลำไยและความเหนียวมีค่าสูงกว่าค่าในอุดมคติอยู่มาก ค่าโครงของกราววิเคราะห์เชิงปริมาณแบบ Ideal ratio ของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือก (รูปที่ 4.26) จะเห็นชัดเจนขึ้นว่าแต่ละการทดลองควรมีการปรับปรุงคุณลักษณะในด้านใดบ้าง และเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

ค่าสี่เนื้อลำไยจากเครื่องทดลองมีค่า Mean ideal ratio score ที่สูงค่ากว่าในอุดมคติ ยกเว้นการทดลอง NAV2 และลำไยของเกษตรกร แสดงว่าลำไยจากเครื่องทดลองควรที่จะมีการพัฒนาในเรื่องสี่ของเนื้อลำไย โดยอาจใช้วิธีการอบแบบลดอุณหภูมิ เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.22 ประกอบพบว่า ลำไยของเกษตรกรมีสี่เหลืองทอง ส่วนลำไยจากเครื่องอบแห้งสลับทิศทางลมร้อน มีสีน้ำตาลทองสอดคล้องกับวิธีประเมินแบบวิธี Ideal ratio profile ในการซื้อขายแล้วลำไย สี่เหลืองทองจะมีราคาที่สูงกว่า นอกจากนี้คุณภาพด้านความเหนียวของลำไยก็เช่นกัน ค่า Mean ideal ratio score จากเครื่องทดลองก็มีค่าที่สูงกว่าของเกษตรกร แสดงว่าต้องมีการปรับปรุงเพื่อลดความเหนียวของลำไยลง ถึงแม้ว่าการยอมรับโดยรวมของลำไยอบแห้งทั้งจากของเกษตรกร และจากเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อนจะมีค่า Mean ideal ratio score ไม่แตกต่างกัน ทางสถิติ แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่าในอุดมคติ โดยความเหนียวและความแข็งของลำไยอาจเป็นส่วนหนึ่งที่มีผลต่อการยอมรับโดยรวม ปัจจุบันตลาดมีการแข่งขันสูงการพัฒนาในเรื่องคุณภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญ ความชื้นของลำไยอบแห้งที่ได้มีค่าประมาณ 11 – 13 % (w.b.) จัดอยู่ในระดับที่ต่ำและมีลักษณะที่แห้ง จึงมีความเหนียวและแข็งเกิดขึ้นได้ ดังนั้นควรมีการอบลำไยให้มีระดับความชื้นที่มากขึ้นแต่ก็ไม่เกิน 18 % (w.b.) อาจเป็นวิธีการหนึ่งที่ลำไยอบแห้งที่ได้ไม่แข็งและเหนียวเกินไป

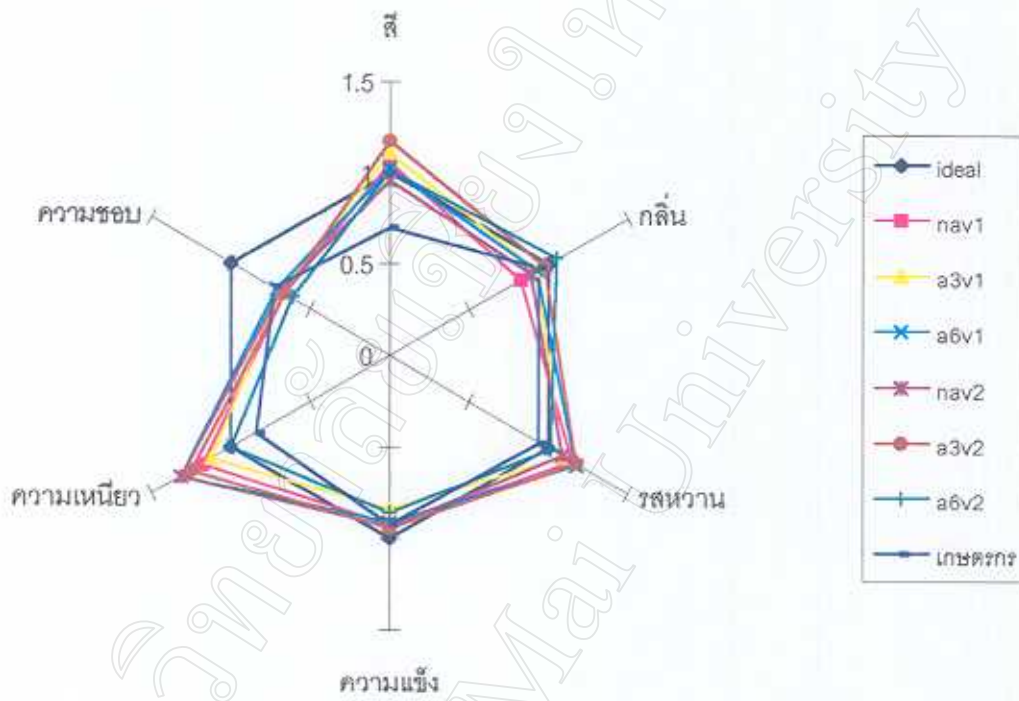


ตารางที่ 4.4 ค่า Mean ideal ratio score ของคุณลักษณะที่สำคัญและค่าการยอมรับโดยรวมของลำไยอบแห้งแบบกะปี้ลือก

การทดลอง	สีของเนื้อลำไย	กลิ่นของลำไย	รสชาติของลำไย	ความแข็งของลำไย	ความเหนียวของลำไย	การยอมรับโดยรวม
NAV1	1.06±0.25b	0.83±0.19ab	1.15±0.15b	0.92±0.24	1.19±0.46b	0.66±0.14
A3V1	1.11±0.16b	0.94±0.20b	1.10±0.20ab	0.84±0.23	1.13±0.31ab	0.68±0.14
A6V1	1.02±0.19b	0.92±0.20ab	1.19±0.16b	0.91±0.21	1.31±0.30b	0.72±0.11
NAV2	0.96±0.41b	0.89±0.32ab	1.09±0.19ab	0.94±0.32	1.31±0.43b	0.69±0.15
A3V2	1.67±0.25b	0.98±0.19b	1.17±0.16b	0.96±0.28	1.25±0.27b	0.66±0.19
A6V2	1.01±0.34b	1.05±0.25b	1.02±0.28ab	0.86±0.34	1.00±0.39ab	0.62±0.24
Farmer	0.70±0.39a	0.69±0.43a	0.95±0.32a	0.92±0.31	0.84±0.41a	0.73±0.14

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย Mean ideal ratio score ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ค่า ideal ratio score สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (ideal product) เท่ากับ 1.00
2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$



รูปที่ 4.26 ค่าโครงของการวิเคราะห์เชิงปริมาณแบบ Ideal ratio ของลำไยอบแห้งแบบกะเปลือก

#### 4.9 การหา Water Sorption Isotherm ของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือก

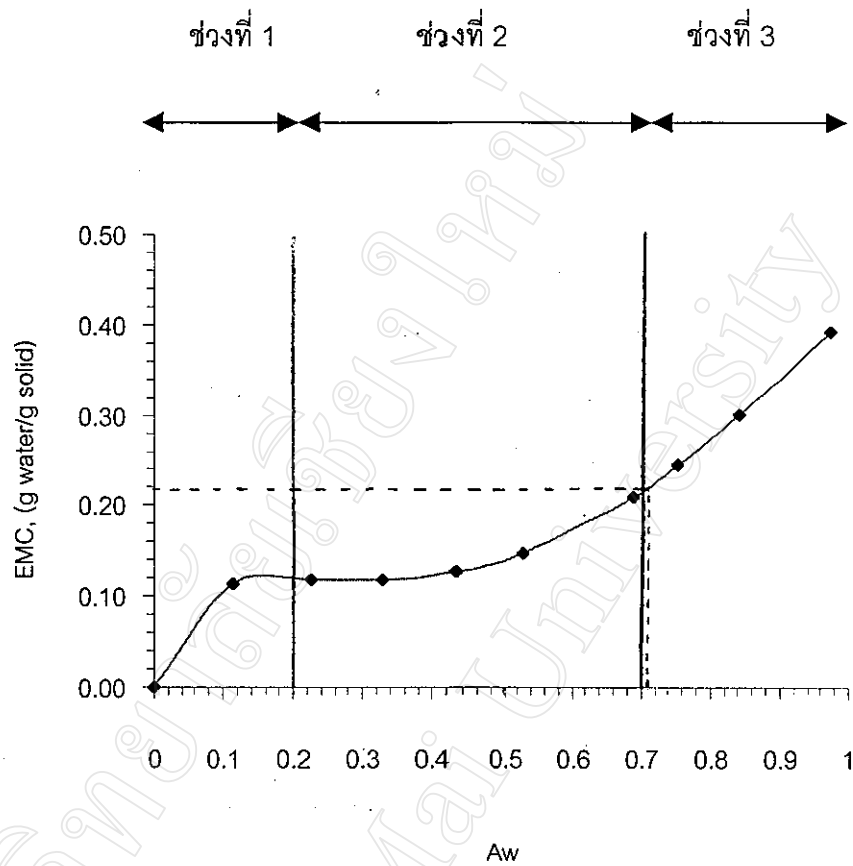
ลำไยอบแห้งมีความชื้นประมาณ 12.63 % (w.b.) จากนั้นนำข้อมูลของความชื้นที่สมดุลต่างๆ (Equilibrium Moisture Content, EMC) กับค่า  $A_w$  (ตารางที่ 4.5) มาใช้ในการสร้างกราฟเพื่อให้ได้ค่า Water Sorption Isotherm ของตัวอย่างลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือก (ดังรูปที่ 4.27) ซึ่งกราฟจะแสดงพฤติกรรมการดูดซับน้ำของตัวอย่างลำไยเมื่ออยู่ในสภาวะสมดุลที่ทราบค่า  $A_w$  (ซึ่งคือความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในภาชนะ PEC) ณ อุณหภูมิ 25 °C จากกราฟเป็น Adsorption Isotherm พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ สมดุลย์ของลำไยที่จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามค่า  $A_w$  เนื่องจากเนื้อลำไยแห้งจะมีลักษณะเป็น Hygroscopic (เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้น อาหารมีความสามารถในการดูดความชื้น) เส้นกราฟที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นโค้งรูป Sigmoid curve ลักษณะกราฟจะแบ่งได้เป็น 3 ช่วงคือ

ช่วงที่ 1 เป็น Tightly bound water มีลักษณะกราฟค่อนข้างชัน เนื่องจากเป็นน้ำที่ถูกอาหารดูดซับไว้รอบๆอาหารเป็นฟิล์มบางๆ เพียงชั้นเดียว (Monolayer) เท่านั้น และจะมีคุณสมบัติเป็นส่วนหนึ่งของอาหารที่มีความคงตัวดีมาก ไม่ว่าที่อุณหภูมิใดๆก็ไม่สามารถทำให้น้ำส่วนนี้แห้งตัวได้และน้ำส่วนนี้จะดูยึดแน่นมาก ค่า  $A_w$  ของผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกอยู่ในช่วง 0 – 0.20

ช่วงที่ 2 เป็น Moderate bound water จะมีเส้นกราฟค่อนข้างราบ น้ำในส่วนนี้เป็นน้ำที่อาหารดูดซับเพิ่มขึ้นมาจาก Monolayer เป็นน้ำที่เกาะตัวกันอย่างหลวมๆ มีการดูดยึดกันน้อยกว่าน้ำในส่วนที่ 1 มีค่า  $A_w$  อยู่ในช่วง 0.20 – 0.67

ช่วงที่ 3 เป็น Loosely bound water เป็นน้ำที่รวมตัวกันอยู่ตามช่องว่างระหว่างส่วนประกอบของอาหาร จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ รวมทั้งสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงได้ มีค่า  $A_w$  มากกว่า 0.67

จากการแบ่งเส้นกราฟออกเป็น 3 ช่วงนี้ได้สอดคล้องกับทฤษฎีของ Gastavo and Hemberto (1996) ที่ได้กล่าวถึงการยึดเกาะของน้ำโดยมีค่า  $A_w$  ที่ต่างกันคือ Tightly bound water จะมีค่า  $A_w$  น้อยกว่า 0.3 , Moderate bound water จะมีค่า  $A_w$  อยู่ในช่วง 0.3 – 0.7 , Loosely bound water มีค่า  $A_w$  ที่มากกว่า 0.7 และ Free water ค่า  $A_w$  เท่ากับ 1



--- เส้นแสดงความชื้นลำไยที่ 21.95 %(d.b.)[หรือ 18.00 %(w.b.)]และ Aw ที่สมดุลกัน

รูปที่ 4.27 พฤติกรรมการดูดซับน้ำของตัวอย่างลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกเมื่ออยู่ในสภาวะสมดุลที่ทราบค่า Aw ณ อุณหภูมิ 25 °C

เมื่อนำข้อมูลความชื้น (กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง) และค่า Aw ในช่วงที่ 3 ไปทำการ regression จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่สมดุลย์ของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกกับค่า Aw ของสารละลายเกลืออิ่มตัวได้สมการดังนี้

$$EMC = 0.6516 + 0.2431Aw, \quad R^2 = 0.998$$

แสดงว่าค่าปริมาณความชื้นสมดุลย์ของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกแปรผันตรงกับค่า Aw ที่มากกว่า 0.7 โดยเมื่อค่า Aw เพิ่มขึ้นค่า EMC ก็เพิ่มขึ้นตาม และถ้าค่า Aw ลดลงค่า EMC ก็ลดลงเช่นเดียวกัน

จากตารางที่ 4.5 พบว่าความชื้นสัมพัทธ์(EMC)ของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกจะเปลี่ยนไปตามค่า Aw ของสารละลายเกลืออิมิตัว(หรือความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ) ลำไยที่มีความชื้นประมาณ 12.63 %(d.b.) จะเกิดความสมดุลกับ Aw ประมาณ 0.347 หากค่า Aw มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่า 0.347 ลำไยแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นจนสมดุลกับค่า Aw ใหม่ ในทางตรงกันข้ามถ้าค่า Aw ต่ำกว่า 0.347 ลำไยแห้งก็จะมี ความชื้นลดลงเพราะมีการถ่ายเทความชื้นให้กับอากาศจนกว่าจะเกิดความสมดุล สำหรับมาตรฐานลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกได้กำหนดให้มีความชื้นที่ต่ำกว่า 21.95 %(d.b.) ซึ่งจะสมดุลกับค่า Aw ประมาณ 0.709 แต่ในสภาพความเป็นจริงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะมีความแตกต่างกันทั้งในกลางวันและกลางคืน โดยเฉพาะในฤดูฝนความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าสูงถึง 80 - 90 % (ตารางภาคผนวกที่ 1) ถ้าเก็บลำไยแห้งไว้ในสภาพที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความชื้นได้ จากรูปที่ 4.27 ถ้าค่า Aw มากกว่า 0.7 จะทำให้ลำไยมีความชื้นเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นความชื้นที่มากกว่าค่าที่มาตรฐานกำหนด อาจเกิดปัญหาการเจริญของเชื้อราทำให้การเก็บรักษาไว้ได้ไม่นาน ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมในเรื่องการเก็บรักษาและปรับสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาให้เหมาะสม เช่นอาจมีการใส่ซิลิกาเจลไว้ในถุงที่เก็บลำไยเพื่อเป็นตัวช่วยดูดซับความชื้น

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ของลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกและค่า Aw ของสารละลายเกลืออิมิตัว

สารละลายเกลือ	ค่า Aw ของสารละลายเกลืออิมิตัว	ค่าเฉลี่ย EMC
Lithium chloride	0.113	0.1142
Potassium acetate	0.225	0.1188
Magnesium chloride	0.328	0.1186
Potassium carbonate	0.432	0.1280
Magnesium nitrate	0.529	0.1471
Potassium iodide	0.689	0.2091
Sodium chloride	0.753	0.2459
Potassium chloride	0.843	0.3020
Potassium sulfate	0.973	0.3936