บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การออกแบบและปรับปรุงระบบกระจายอากาศร้อน

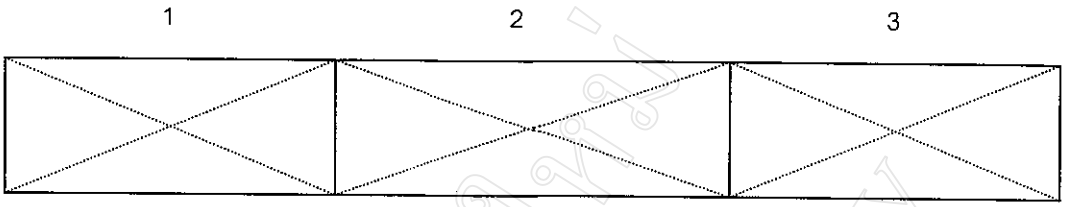
4.1.1 ลักษณะและส่วนประกอบของเครื่องฯ

จากการคำนวณและออกแบบระบบกระจายอากาศร้อนของเครื่องฯ ได้ขนาดของห้องอบเท่ากับ 0.46 x 0.75 x 0.99 เมตร ประกอบด้วยระบบท่อกระจายอากาศร้อนทางผนังด้านข้างทั้งสองจำนวน 9 ชุด ภายในท่อดังกล่าวมีการติดตั้งแผ่นแบ่งลมเพื่อให้มีการกระจายลมทั่วห้องอบ พื้นที่บรรจุผลผลิตของแต่ละถาดเท่ากับ 0.375 ตารางเมตร รวม 9 ถาดเป็น 3.375 ตารางเมตร

เครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นสามารถบรรจุลำไยชนิดแกะเปลือกในการทดลองได้ประมาณ 25 – 30 กิโลกรัม พัดลมที่ใช้เป็นแบบหอยโข่งชนิดใบพัดโค้งหน้า มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบ 20 เซนติเมตร สามารถขับอากาศได้ในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที พัดลมนี้จะขับลมผ่านเข้าไปในห้องความร้อนซึ่งติดตั้งลวดความร้อนแบบครีบขนาด 600 วัตต์ จำนวน 6 ตัว จากนั้นลมร้อนจะผ่านท่อเข้ามายังท่อแยกเพื่อแบ่งลมร้อนไปยังท่อกระจายลมทั้ง 9 ท่อที่ด้านข้างซ้ายหรือขวา แล้วเข้าสู่ห้องอบซึ่งขึ้นอยู่กับการสลับทิศทางลม จากนั้นอากาศชื้นจะไหลออกสู่ท่อกระจายลมอีกด้านหนึ่ง ทั้งนี้การแบ่งลมดังกล่าวไม่สามารถทำให้อัตราการไหลของลมเท่ากันทั้ง 9 ท่อได้ จึงติดตั้งแผ่นปรับพื้นที่หน้าตัดของช่องทางออกของท่อกระจายลม ทำให้สามารถปรับอัตราการไหลได้ใกล้เคียงกันในแต่ละชั้นถาด

4.1.2 การทดสอบเบื้องต้น

ก่อนการทดลองอบลำไยจริง ได้ศึกษาการกระจายของอากาศภายในห้องอบ โดยวัดความเร็วลมที่ช่องลมเข้าของท่อกระจายอากาศ ตำแหน่งที่วัดของแต่ละชั้นถาดแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามความลึกของห้องอบ คือ ส่วนที่ใกล้กับผนังด้านหลัง ส่วนกลาง และส่วนที่อยู่ใกล้กับประตูห้องอบ (รูปที่ 4.1) ในการออกแบบได้กำหนดใช้ความเร็วลม 2 ระดับ ด้วยการทดรอบล้อสายพานเพื่อปรับความเร็วรอบของพัดลม ซึ่งจะได้ความเร็วรอบพัดลมเท่ากับ 930 และ 1,260 รอบต่อนาที โดยมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 และ 1.15 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 แสดงการวัดความเร็วลมที่ท่อกระจายลมภายในห้องอบ (1=ส่วนที่ใกล้กับผนังด้านหลัง , 2=ส่วนกลาง , 3=ส่วนที่ใกล้กับประตูห้องอบ)

ตารางที่ 4.1 ความเร็วลมที่กระจายในห้องอบ เมื่อใช้ความเร็วรอบของพัดลม 930 รอบต่อนาที

ชั้น	ทิศทางลมจากขวาไปซ้าย เมตร/วินาที				ทิศทางลมจากซ้ายไปขวา เมตร/วินาที			
	ใน	กลาง	นอก	เฉลี่ย	ใน	กลาง	นอก	เฉลี่ย
1	0.8	0.7	0.8	0.76	0.9	0.7	0.8	0.8
2	0.9	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.8	0.7
3	1.1	0.7	0.8	0.86	0.9	0.8	0.8	0.83
4	0.6	0.6	0.5	0.56	0.7	0.8	0.9	0.8
5	0.6	0.6	0.7	0.63	1.0	0.9	0.7	0.86
6	0.8	0.9	0.9	0.86	0.8	0.9	0.9	0.86
7	0.7	0.6	0.9	0.73	0.7	0.6	0.8	0.7
8	0.6	0.5	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
9	1.1	0.7	1.1	0.96	0.9	0.9	0.7	0.83
เฉลี่ย	0.8	0.65	0.77	0.74	0.8	0.75	0.77	0.76
	0.75							

ตารางที่ 4.1 แสดงความเร็วลมที่กระจายภายในห้องอบเมื่อใช้ความเร็วรอบพัดลม 930 รอบต่อนาที วัดความเร็วลมที่แต่ละชั้นถาด ที่จุดใกล้กับผนังด้านหลัง ส่วนกลาง และส่วนที่ใกล้กับประตู มีความเร็วลมเฉลี่ยในทิศทางลมจากขวาไปซ้ายเท่ากับ 0.8 , 0.65 และ 0.77 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และมีความเร็วลมเฉลี่ยในทิศทางลมจากซ้ายไปขวาเท่ากับ 0.8 , 0.75 และ 0.76 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และความเร็วลมเฉลี่ยทั้ง 2 ทิศทางเท่ากับ 0.75 เมตรต่อวินาที

การทดลองได้แบ่งชั้นถาดออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ชั้นล่างเป็นชั้นถาดที่ 1 , 2 , 3 ชั้นกลางเป็นชั้นถาดที่ 4 , 5 , 6 และชั้นบนเป็นชั้นถาดที่ 7, 8 , 9 เมื่อสลับทิศทางลมจากขวาไปซ้ายจะมีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.76 , 0.7 , 0.86 ,0.56 , 0.63 , 0.86 , 0.73 ,0.6 และ 0.96 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และเมื่อสลับทิศทางลมจากซ้ายไปขวาจะมีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.8 0.7 , 0.83 , 0.8 , 0.86 , 0.86 , 0.7 , 0.6 และ 0.83 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยเมื่อวัดที่จุดใกล้กับผนังด้านหลัง ส่วนกลาง และส่วนที่ใกล้กับประตู สังเกตพบว่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ส่วนกลางจะมีค่ามากกว่าอีก 2 ส่วนเล็กน้อย อาจเป็นเพราะแผ่นแบ่งลมที่ติดตั้งภายในท่อกระจายลมทั้ง 2 แผ่น ทำให้เกิดความดันสูญเสีย (Pressure drop) และการขยายพื้นที่หน้าตัดท่อลม จึงทำให้ความเร็วลมที่ด้านข้างทั้งสองต่ำกว่า

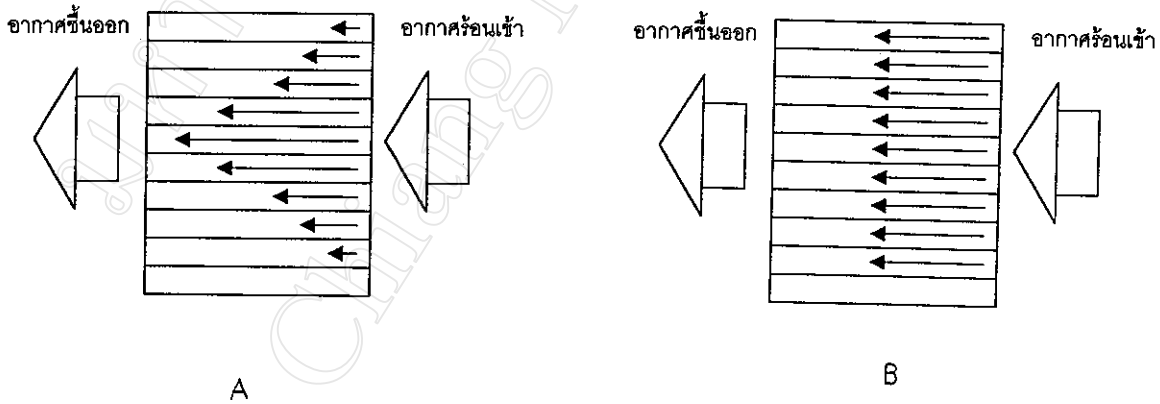
ตารางที่ 4.2 ความเร็วลมที่กระจายในห้องอบ เมื่อใช้ความเร็วรอบของพัดลม 1,260 รอบต่อนาที

ชั้น	ทิศทางลมจากขวาไปซ้าย เมตร/วินาที				ทิศทางลมจากซ้ายไปขวา เมตร/วินาที			
	ใน	กลาง	นอก	เฉลี่ย	ใน	กลาง	นอก	เฉลี่ย
1	1.5	1.1	1.3	1.3	1.4	1.2	1.5	1.37
2	1.3	0.9	1.1	1.1	1.1	0.9	0.9	0.97
3	1.0	0.7	1.1	0.93	1.2	1.1	0.9	1.07
4	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.2	1.3	1.27
5	1.2	1.3	1	1.16	1.3	1.1	1.3	1.23
6	1.1	1.2	1.2	1.16	1.2	1.1	1.1	1.13
7	1.3	0.9	1.1	1.1	1.2	1.4	1.1	1.23
8	1.0	0.8	1.1	0.96	1.1	1.1	1.0	1.07
9	1.3	1.4	1.2	1.3	1.2	1.3	1.2	1.23
เฉลี่ย	1.2	1.05	1.15	1.13	1.22	1.15	1.14	1.17
	1.15							

ตารางที่ 4.2 แสดงความเร็วลมที่กระจายภายในห้องอบเมื่อใช้ความเร็วรอบของพัดลม 1,260 รอบต่อนาที ที่จุดใกล้กับผนังด้านหลัง ส่วนกลาง และส่วนที่ใกล้กับประตูมีความเร็วลมเฉลี่ยในทิศทางลมจากขวาไปซ้ายเท่ากับ 1.2 , 1.05 และ 1.15 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และมีความเร็วลมเฉลี่ยในทิศทางลมจากซ้ายไปขวาเท่ากับ 1.22 , 1.15 และ 1.14 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และความเร็วลมเฉลี่ยทั้ง 2 ทิศทางเท่ากับ 1.15 เมตรต่อวินาที

ความเร็วลมทั้ง 9 ชั้น เมื่อสลับทิศทางลมจากขวาไปซ้ายจะมีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 1.3 , 1.1 , 1.1 , 1.3 , 1.0 , 1.2 , 1.1 , 1.1 และ 1.2 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และเมื่อสลับทิศทางลมจากซ้ายไปขวาจะมีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 1.37 , 0.97 , 1.07 ,1.27 , 1.23 , 1.13 , 1.23 , 1.07 และ 1.23 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

จากการทดสอบการกระจายอากาศภายในห้องอบ ที่ความเร็วรอบของพัดลม 930 รอบต่อนาที และ 1260 รอบต่อนาที จะได้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องอบเท่ากับ 0.75 เมตรต่อวินาที และ 1.15 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เกิดจากพัดลมสามารถขับอากาศได้ในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ผ่านท่อนำอากาศขนาด 0.15 x 0.15 เมตร ซึ่งอัตราการไหลดังกล่าวจะทำให้มีความเร็วที่สูงด้วย แต่เมื่อเข้าสู่ท่อกระจายอากาศทั้ง 9 ท่อ และประกอบกับภายในท่อกระจายอากาศมีการติดตั้งแผ่นแบ่งลมไว้ จึงทำให้เกิดการต้านทานอากาศ และความเร็วของอากาศภายในห้องอบจึงลดลง นอกจากนั้นการติดตั้งแผ่นแบ่งลมภายในท่อกระจายอากาศสามารถช่วยให้ความเร็วอากาศมีการไหลออกที่ปากท่อในตู้อบมีความสม่ำเสมอ และมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน



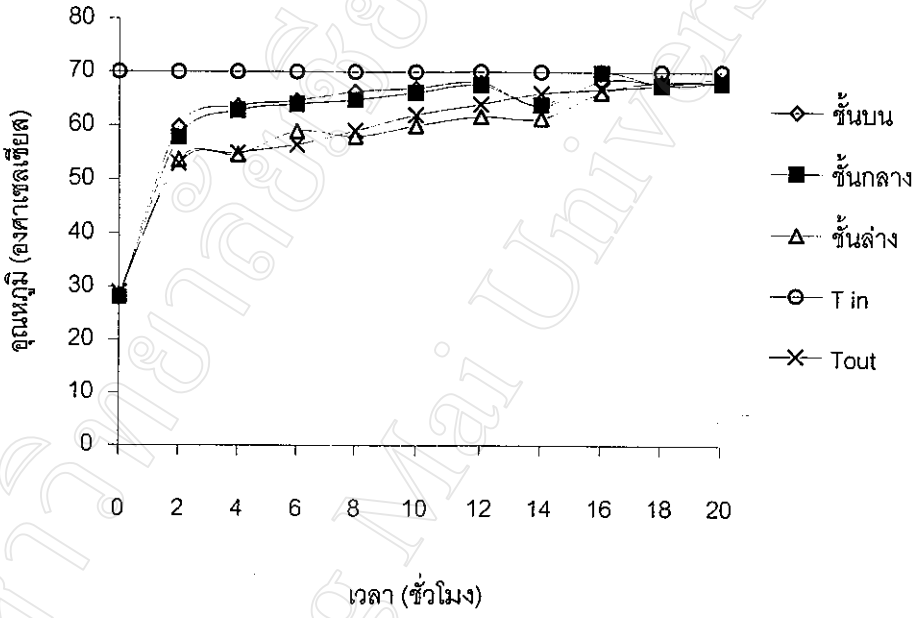
รูปที่ 4.2 ลักษณะการไหลของอากาศเมื่อเข้าสู่ท่อกระจายอากาศ (A ; เมื่อไม่ติดตั้งแผ่นปรับพื้นที่หน้าตัด , B ; เมื่อติดตั้งแผ่นปรับพื้นที่หน้าตัด)

รูป 4.2 เป็นการเปรียบเทียบการติดตั้งแผ่นปรับพื้นที่หน้าตัดเพื่อใช้ลดและเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของท่อกระจายอากาศ จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวจะช่วยในการแบ่งปริมาณอากาศในแต่ละชั้นถาดให้สม่ำเสมอได้ดีกว่า ทั้งนี้หากไม่มีการติดตั้งแผ่นปรับจะทำให้มีการไหลของอากาศที่ชั้นกลาง (ชั้น 4 ถึง ชั้น 6) มากกว่าที่ชั้นบนและชั้นล่าง

4.2 ผลการทดลองอบเนื้อลำไย

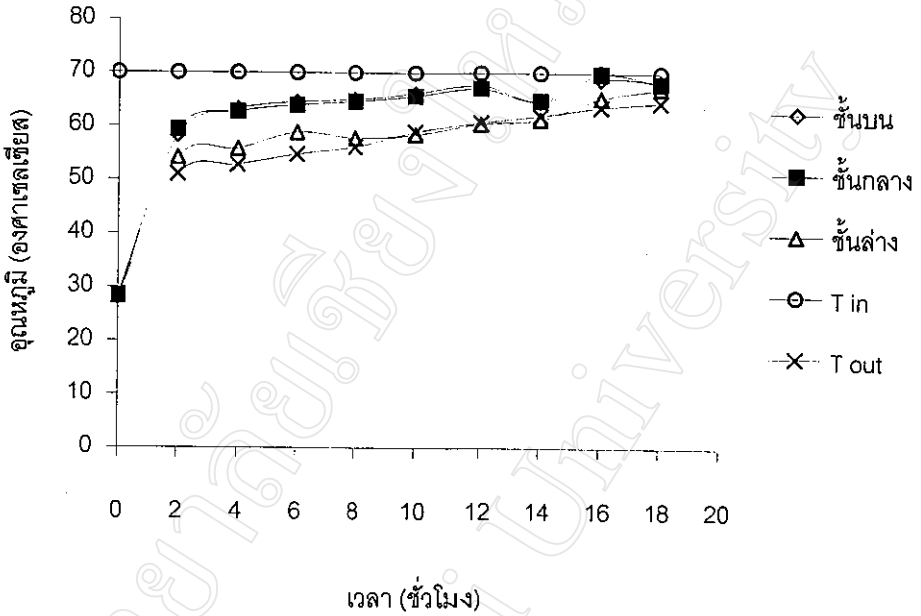
4.2.1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขณะทำการอบ

ในการทดลองได้กำหนดอุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าสู่ห้องอบไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิขาออกตรวจวัดที่ท่ออากาศขึ้นไหลออก ส่วนอุณหภูมิภายในห้องอบตรวจวัดที่ช่องสังเกตการณ์ด้านหน้า โดยวางเทอร์โมมิเตอร์เหนือขอบถาดบรรจุผลผลิต



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแต่ละชั้นถาดของวิธีการ NA1

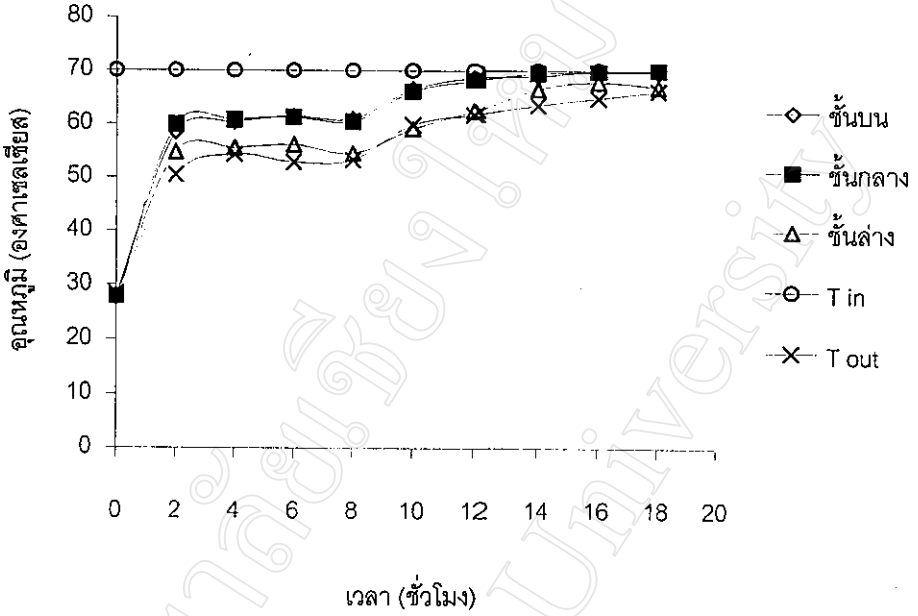
รูปที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบของวิธีการ NA1 คือไม่มีการสลับทิศทางลมเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที โดยที่ชั้นบนคือชั้นถาดที่ 7 , 8 และ 9 ชั้นกลางคือชั้นถาดที่ 4 , 5 และ 6 และชั้นล่างคือชั้นถาดที่ 1 , 2 , 3 อุณหภูมิเริ่มต้นเฉลี่ยของทั้ง 3 ชั้นค่อนข้างใกล้เคียงกันคือ 28.0 , 28.0 และ 28.5 องศาเซลเซียส เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่สองอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 59.83 , 57.83 และ 53.67 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ชั้นล่างมีค่าต่ำกว่าชั้นบน และชั้นกลาง จากนั้นอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็นลำดับโดยสังเกตพบว่าชั้นบน และชั้นกลางยังมีระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าชั้นล่าง เมื่อสิ้นสุดการทดลองซึ่งใช้เวลา 20 ชั่วโมง ทั้ง 3 ชั้น มีอุณหภูมิเฉลี่ยคือ 68.0 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นอุณหภูมิขาออกเริ่มต้นมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายในห้องอบและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแต่ละชั้นถาดของวิธีการ A3V1

รูปที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบของวิธีการ A3V1 คือการสลับทิศทางลมทุก 3 ชั่วโมงเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิเริ่มต้นของแต่ละชั้นค่อนข้างใกล้เคียงกัน เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 2 อุณหภูมิของแต่ละชั้นมีค่าเฉลี่ย 58.0 , 59.33 และ 54.17 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นอุณหภูมิแต่ละชั้นก็เพิ่มขึ้น แต่พบว่าชั้นล่างยังมีระดับอุณหภูมิที่ต่ำอยู่ ทั้งนี้เนื่องจากธรรมชาติของความร้อนจะเคลื่อนตัวขึ้นไปด้านบน ทำให้เกิดการสะสมของอุณหภูมิที่ระดับชั้นบนและชั้นกลาง เมื่อสิ้นสุดการทดลองโดยใช้เวลา 18 ชั่วโมง อุณหภูมิทั้ง 3 ชั้นมีค่าเฉลี่ย 68.33 , 68.0 และ 67.17 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

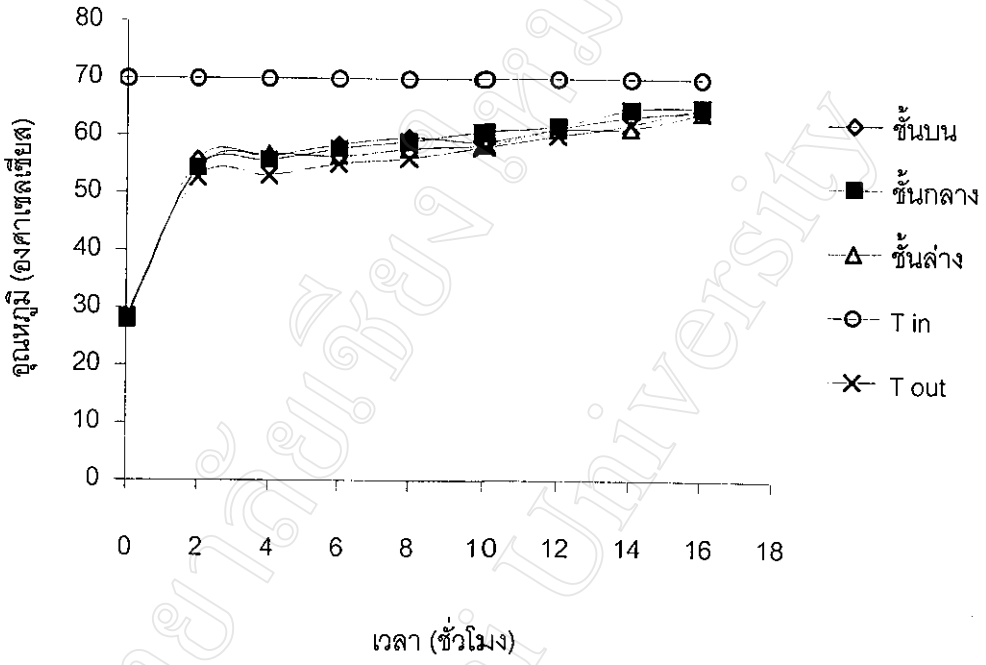
อุณหภูมิขาออกของวิธีการ A3V1 ในชั่วโมงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 51.05 องศาเซลเซียส และเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการอบ สังเกตเห็นว่าเมื่อถึงชั่วโมงที่ 10 – 14 อุณหภูมิขาออกจะมากกว่าอุณหภูมิของชั้นล่างเล็กน้อย เกิดจากการจ่ายลมร้อนเข้าสู่ห้องอบมีท่อจ่ายลมอยู่ตรงบริเวณชั้นกลาง(ชั้นที่4 – ชั้นที่6) ทำให้ความเร็วลมในบริเวณชั้นดังกล่าวมีค่าสูงกว่าชั้นล่าง ความร้อนที่มากับลมจะไหลออกจากห้องอบได้เร็วกว่า จึงทำให้อุณหภูมิชั้นล่างต่ำกว่าอุณหภูมิขาออก



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแต่ละชั้นถาดของวิธีการ A6V1

รูปที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งของวิธีการ A6V1 คือการสลับทิศทางลมทุก 6 ชั่วโมงเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิเริ่มต้นของแต่ละชั้นค่อนข้างใกล้เคียงกัน เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 2 อุณหภูมิของแต่ละชั้นมีค่าเฉลี่ย 58.5 , 59.83 และ 54.67 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นอุณหภูมิแต่ละชั้นก็เพิ่มขึ้น แต่พบว่าชั้นล่างยังมีระดับอุณหภูมิที่ต่ำอยู่ เมื่อสิ้นสุดการทดลองโดยใช้เวลา 18 ชั่วโมง อุณหภูมิทั้ง 3 ชั้นมีค่าเฉลี่ย 69.67 , 70.0 และ 67.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

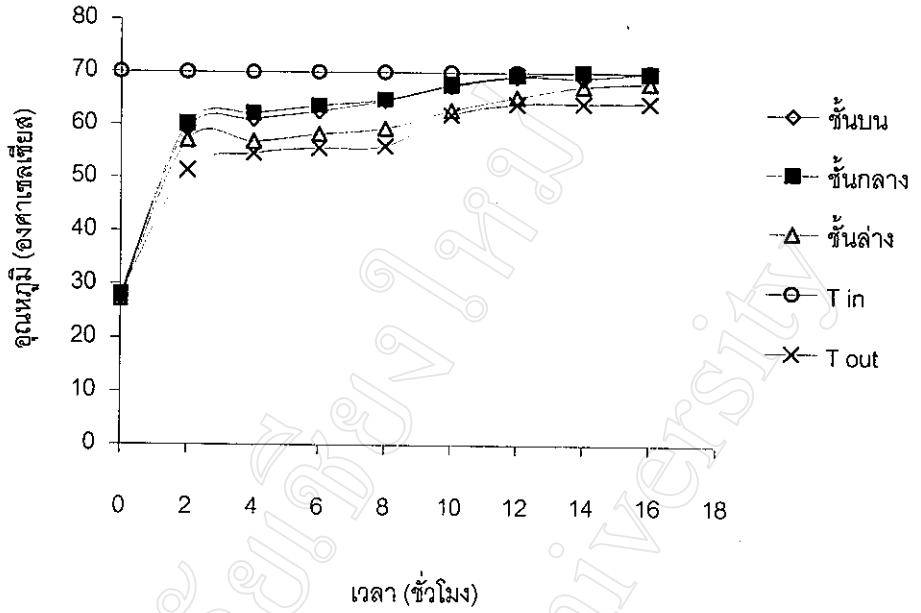
อุณหภูมิขาออกของวิธีการ A6V1 ในชั่วโมงที่ 2 มีค่า 50.5 องศาเซลเซียสและเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการอบ โดยมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิชั้นล่าง เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเฉลี่ย 66.25 องศาเซลเซียส



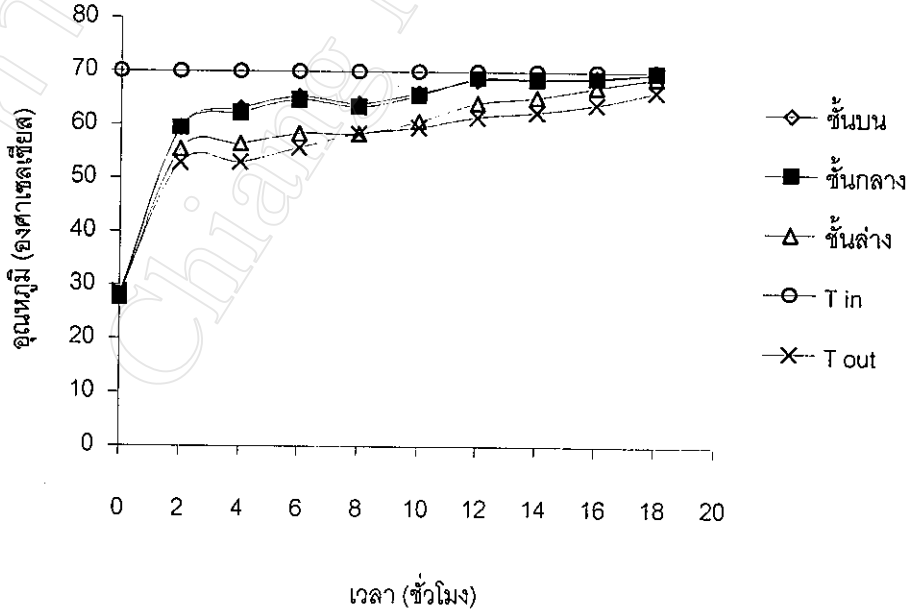
รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแต่ละชั้นถาดของวิธีการ NA2

รูปที่ 4.6 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบของวิธีการ NA2 คือไม่มีการสลับทิศทางลมเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที ในชั่วโมงที่ 2 อุณหภูมิของแต่ละชั้นเท่ากับ 55.67 , 54.33 และ 54.33 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกัน จากนั้นอุณหภูมิแต่ละชั้นก็เพิ่มขึ้นในระดับอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน แต่ชั้นล่างจะต่ำกว่าเล็กน้อย เมื่อสิ้นสุดการทดลองโดยใช้เวลา 16 ชั่วโมง อุณหภูมิทั้ง 3 ชั้น มีค่าเฉลี่ย 64.33 , 65.0 และ 64.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อุณหภูมิขาออกของวิธีการ NA2 ในชั่วโมงที่ 2 มีค่า 52.6 องศาเซลเซียสและเพิ่มขึ้นตามเวลาโดยมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิชั้นล่าง เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 66.25 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4.7 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบของวิธีการ A3V2 คือการสลับทิศทางลมทุก 3 ชั่วโมงเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิเริ่มต้นของแต่ละชั้นค่อนข้างใกล้เคียงกัน เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 2 อุณหภูมิของแต่ละชั้นเท่ากับ 59.44 , 59.33 และ 55.44 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นอุณหภูมิแต่ละชั้นก็เพิ่มขึ้น แต่พบว่าชั้นล่างยังมีระดับอุณหภูมิที่ต่ำอยู่และเกิดการสะสมอุณหภูมิที่ระดับชั้นบนและชั้นกลาง เมื่อสิ้นสุดการทดลองโดยใช้เวลา 18 ชั่วโมง อุณหภูมิทั้ง 3 ชั้น มีค่าเฉลี่ย 69.83 , 69.83 และ 68.83 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแต่ละชั้นถาดของวิธีการ A3V2

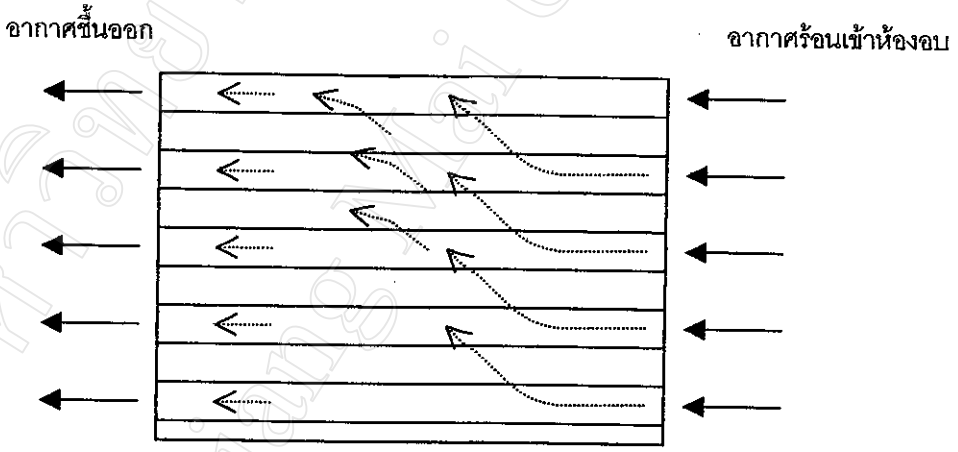


รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแต่ละชั้นถาดของวิธีการ A6V2

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

รูปที่ 4.8 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งของวิธีการ A6V2 คือการสลับทิศทางลมทุก 6 ชั่วโมงเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที ในชั่วโมงที่ 2 อุณหภูมิของแต่ละชั้นเท่ากับ 59.28 , 60.17 และ 57 องศาเซลเซียสตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองโดยใช้เวลา 16 ชั่วโมง อุณหภูมิทั้ง 3 ชั้น มีค่าเฉลี่ย 70.0 , 69.83 และ 68 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

จากการทดลองข้างต้นที่ความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที พบว่าอุณหภูมิที่ระดับชั้นบน และชั้นกลางจะอยู่ในระดับสูงกว่า ชั้นล่าง ในทุกๆ ระยะเวลาการสลับทิศทางอากาศร้อน ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องอบกับอุณหภูมิของอากาศร้อนที่เข้าสู่ห้องอบ ทำให้อากาศร้อนบางส่วนซึ่งมีมวลที่เบาไม่สามารถไหลออกจากห้องอบโดยการเคลื่อนตัวสู่ด้านบนก่อน จึงทำให้เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าว



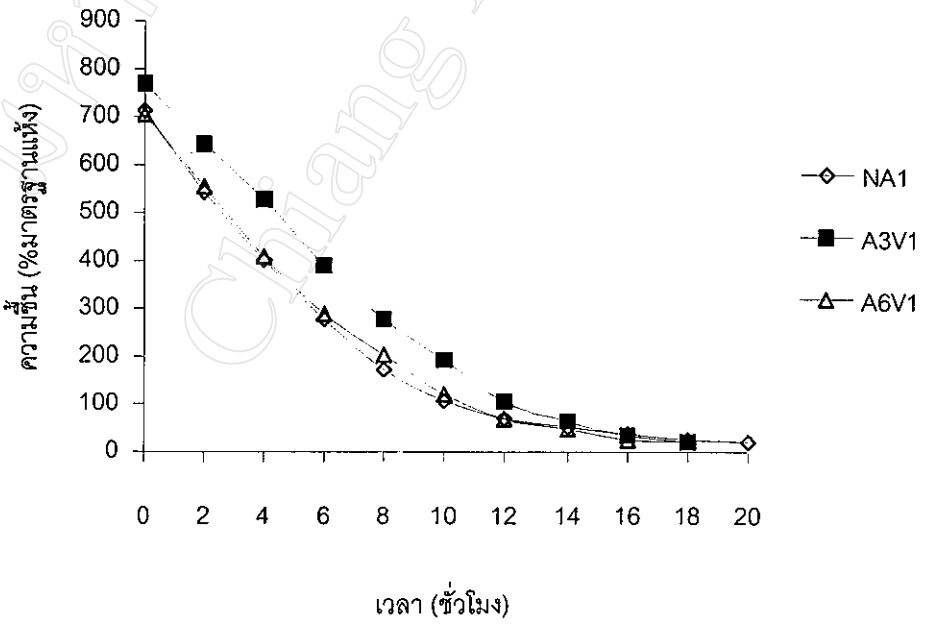
รูปที่ 4.9 การเคลื่อนตัวของอากาศร้อนภายในห้องอบ

รูปที่ 4.9 แสดงทิศทางการเคลื่อนตัวของอากาศร้อนบางส่วนสู่ด้านบนของห้องอบ ซึ่งเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมเป็น 1.15 เมตรต่อวินาทีปรากฏการณ์ดังกล่าวจะเกิดขึ้นค่อนข้างน้อยลง กล่าวคือระดับอุณหภูมิในแต่ละชั้นจะแตกต่างกันน้อยลงนั่นเอง เกิดจากความเร็วลมที่สูงขึ้นจะมีความสามารถไหลผ่านจากด้านหนึ่ง ไปสู่อีกด้านหนึ่งได้ไวกว่า จึงทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของความร้อนขึ้นด้านบนลดลง นอกจากนั้นความเร็วที่สูงจะทำให้เกิดกระแสลมที่ปั่นป่วนภายในตู้อบ อุณหภูมิจึงถูกผสม พัดพา และกระจายตัวได้ดีกว่าความเร็วลมต่ำ

4.3 การลดความชื้นของเนื้อลำไย

4.3.1 ผลของการสลับทิศทางอากาศร้อนต่อการลดความชื้นของเนื้อลำไยที่ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที

จากการทดลองอบแห้งลำไย เมื่อไม่มีการสลับทิศทางอากาศร้อน กับการสลับทิศทางทุกๆ 3 และ 6 ชั่วโมง ด้วยความเร็วลมเฉลี่ย O.75 เมตรต่อวินาที พบว่าความชื้นเริ่มต้นของลำไย มีค่าเท่ากับ 87.69 , 88.5 และ 87.57 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ตามลำดับ ซึ่งวิธีการ A3V1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับวิธีการ NA1 และ A6V1 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความชื้นลำไยแห้งทั้ง 3 วิธีการ ความชื้นจะลดลงเป็น 20.07 , 16.85 และ 17.32 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) และใช้เวลาในการอบแห้ง 20 , 18 และ 18 ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้ความชื้นของลำไยเมื่อสิ้นสุดการทดลองของวิธีการ NA1 จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับวามเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับความชื้นของวิธีการ A3V1 และ A6V1 (ตารางที่ 4.3)



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของลำไยกับระยะเวลาในการอบแห้ง เมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที

รูปที่ 4.10 แสดงกราฟการลดความชื้นของลำไยทั้ง 3 วิธีการ ซึ่งสังเกตพบช่วงอัตราการลดความชื้นลดลง 2 ช่วง คือ ช่วงแรกอยู่ประมาณชั่วโมงที่ 0 – 10 และ ช่วงที่สองอยู่ในชั่วโมงที่ 10 – 20 โดยไม่พบอัตราการลดความชื้นคงที่ซึ่งโดยปกติในผลผลิตที่มีความชื้นสูงเช่นเนื้อลำไยจะต้องพบช่วงอัตราการลดความชื้นคงที่ในระยะเวลาสั้นๆ แต่เนื่องจากทำการเก็บตัวอย่าง 2 ชั่วโมงครั้ง จึงทำให้ไม่พบช่วงดังกล่าว และวิธีการ A3V1 จะมีความชื้นเริ่มต้นสูงกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติไปจากอีก 2 วิธี ทั้งนี้ระดับของความชื้นเริ่มต้นที่สูงกว่าสามารถทำให้ค่าความชื้นในเวลาต่างๆ ตลอดการอบแห้งสูงตามไปด้วยด้วย

การลดลงของความชื้นเมื่ออบแห้งด้วยวิธีการอบแห้ง NA1 และ A6V1 มีระดับค่อนข้างใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่เริ่มต้นอบแห้งจนกระทั่งเข้าสู่ชั่วโมงที่ 16 เมื่อสิ้นสุดการอบ วิธีการ NA1 จะมีความความชื้นแตกต่างออกไปจาก A3V1 และ A6V1 โดยที่ทั้ง 2 วิธีการมีค่าความชื้นเฉลี่ยน้อยกว่า

จากการวิเคราะห์เส้นโค้งการลดความชื้นด้วยวิธีสหสัมพันธ์ และหาค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ในแต่ละวิธีการอบแห้งจะได้สมการดังนี้

NA 1 $\%(M_d) = -0.0732x^3 + 4.7395x^2 - 100.25x + 719.87$ $R^2 = 0.99$

A3V1 $\%(M_d) = 0.0775x^3 - 0.07x^2 - 65.386x + 773.16$ $R^2 = 0.99$

A6V1 $\%(M_d) = -0.0206x^3 + 3.0991x^2 - 87.167x + 708.73$ $R^2 = 0.99$

เมื่อ $\%(M_d)$ = เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง

x = เวลาในการอบแห้ง , ชั่วโมง

R^2 = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ EXCEL เข้าช่วยในการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ของการลดความชื้นของลำไยกับเวลา โดยเลือกความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียน ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่อนข้างสูง บ่งชี้ถึงความแม่นยำในการคำนวณหาความชื้นที่ระยะเวลาต่างๆ ได้ดี แต่ทั้งนี้ค่า x ต้องไม่เกิน 20 ชั่วโมง เนื่องจากถ้า x มีค่ามากๆ ค่าของ $\%(M_d)$ จะเป็นค่าติดลบ

การให้อากาศร้อนไหลผ่านลำไยทิศทางเดียวตลอดเวลา หรือวิธีการไม่สลับทิศทางอากาศร้อน มีการลดลงของความชื้นในช่วงแรกๆ ไม่แตกต่างไปจากการสลับทิศทาง อากาศร้อน แต่จะใช้เวลาในการอบแห้งที่สูงกว่า (20 ชั่วโมง) โดยแตกต่างจากวิธีการอบแห้ง A3V1 และ A6V1 ถึง 2 ชั่วโมง ทั้งนี้เกิดจากอากาศร้อนที่เข้าทางช่องด้านใดด้านหนึ่งของผนังด้านข้างจะลดความชื้นลำไยที่อยู่ใกล้ที่สุด หรืออีกนัยหนึ่งคือ ความร้อนแฝงในการระเหยน้ำและความร้อนสัมผัสในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศร้อนจะมีการแลกเปลี่ยนกับลำไยที่อยู่ใกล้กว่าก่อน จากนั้นพลังงาน(ความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัส) จะลดลงไปเรื่อยๆ ตามระยะทางที่อากาศร้อนเคลื่อนที่ผ่านทำให้ลำไยที่อยู่ตำแหน่งไกลกว่าได้รับความร้อนในการระเหยน้ำลดลง จึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการอบแห้งยาวนานขึ้น

ตารางที่ 4.3 ความชื้นเฉลี่ยในแต่ละวิธีการอบแห้งเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น					
	% มาตรฐานเปียก			% มาตรฐานแห้ง		
	NA1	A3V1	A6V1	NA1	A3V1	A6V1
0	87.69 a	88.5 b	87.57 a	712.34	769.56	704.50
2	84.45 a	86.55 b	84.71 a	543.08	643.49	554.02
4	80.06 a	84.07 b	80.34 a	401.50	527.74	408.64
6	73.5 a	79.6 b	74.27 a	277.35	390.19	288.65
8	63.33 a	73.52 b	67.01 ab	172.70	277.64	203.12
10	51.63 a	65.8 b	54.73 a	106.73	192.39	120.89
12	41.31 a	51.16 a	40.82 a	70.386	104.75	68.97
14	34.33 a	38.83 a	32.02 a	52.276	63.47	47.10
16	27.03 a	25 ab	19.81 b	37.042	33.33	24.70
18	20.07 a	16.85 b	17.32 b	25.109	20.26	20.94
20	17.18	–	–	20.74	–	–

* ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.3.2 ผลของการสลับทิศทางอากาศร้อนต่อการลดความชื้นของเนื้อลำไยที่ความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที

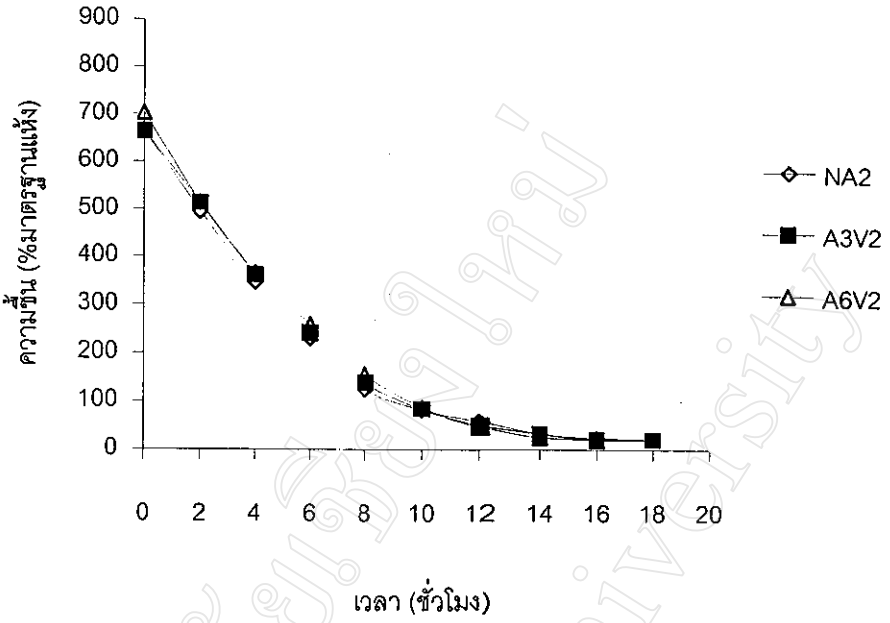
เมื่อใช้ความเร็วลม 1.15 เมตรต่อวินาที พบว่าการทดลองอบแห้งตามวิธี NA2 , A3V2 และ A6V2 ความชื้นเริ่มต้นของลำไยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 86.97 , 86.9 และ 87.55 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ตามลำดับ และมีการลดลงของความชื้นไม่แตกต่างกันจนสิ้นสุดชั่วโมงที่ 4

ความชื้นของลำไยแห้งที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 วิธีการมีมีค่าเฉลี่ย 17.78 , 16.47 และ 17.06 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) และใช้เวลาในการอบแห้ง 18 , 18 และ 16 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งในวิธีการทดลอง A3V2 ใช้เวลา 16 ชั่วโมง ก็มีความชื้นต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ซึ่งถือว่าใช้ได้แล้ว ทั้งนี้ความชื้นของลำไยเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า วิธีการทดลอง NA2 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับ วิธีการทดลอง A3V2 และ A6V2 ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความชื้นเฉลี่ยในแต่ละวิธีการอบแห้งเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น					
	% มาตรฐานเปียก			% มาตรฐานแห้ง		
	NA2	A3V2	A6V2	NA2	A3V2	A6V2
0	86.97 a	86.9 a	87.55 a	667.46	663.36	703.21
2	83.18 a	83.68 a	83.72 a	494.53	512.75	514.25
4	77.68 a	78.36 a	78.59 a	347.83	362.11	367.07
6	69.72 a	70.73 a	72.11 a	230.25	241.65	258.55
8	55.73 a	58.33 b	61.08 bc	125.84	139.98	156.94
10	45.44 a	45.87 a	46.59 a	83.284	84.74	87.231
12	37.01 a	33.47 a	31.94 a	58.73	50.308	46.929
14	24.91 a	24.87 a	20.24 b	33.174	33.103	25.376
16	19.23 b	17.82 a	17.06 a	23.808	21.684	20.569
18	17.78 a	16.47 b	-	21.61	19.717	-

* ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของลำไยกับระยะเวลาในการอบแห้ง เมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที

รูปที่ 4.11 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที พบว่าอัตราการลดความชื้นลดลงมี 2 ช่วง คือ ช่วงแรกอยู่ประมาณที่ 0 – 8 ชั่วโมง และช่วงที่สองอยู่ในชั่วโมงที่ 8 – 18 โดยไม่พบอัตราการลดความชื้นคงที่เช่นเดียวกับการลดความชื้นด้วยความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที ทั้งนี้การลดความชื้นทั้ง 3 วิธีการใกล้เคียงกันมาก ซึ่งวิธีการ NA2 จะมีความชื้นอยู่ในระดับต่ำกว่าอีกสองวิธีการทดลอง ในช่วงเวลาเริ่มต้นถึงชั่วโมงที่ 8 และมีค่าสูงกว่าวิธีการ A3V2 และ A6V2 ไปจนสิ้นสุดการทดลอง

เมื่อสังเกตการลดลงของความชื้นลำไยตั้งแต่ชั่วโมงที่ 10 จนสิ้นสุดการทดลอง การลดลงของความชื้นตามวิธีการ A3V2 และ A6V2 จะมากกว่า วิธีการ NA2 เกิดจากในชั่วโมงสุดท้ายของการไม่สลับทิศทางอากาศร้อน ทำให้ลำไยในด้านที่ใกล้ช่องอากาศร้อนเข้าจะแห้งหรือมีการระเหยน้ำน้อยมากกว่าลำไยอีกด้านหนึ่งยังมีความชื้นสูงอยู่ ดังนั้นการลดความชื้นโดยรวมของด้านดังกล่าวจะสูง ในทางกลับกันด้านที่อยู่ไกลจากช่องอากาศร้อนจะมีการลดลงของความชื้นน้อยจึงทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าวิธีอื่นๆ ถึง 2 ชั่วโมง

จากการวิเคราะห์กราฟการลดความชื้นด้วยวิธีสหสัมพันธ์ และหาค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ ในแต่ละวิธีการอบแห้งมีดังนี้

NA 2 $\%(M_d) = -0.0897x^3 + 5.3453x^2 - 103.21x + 673.53$ $R^2 = 0.99$

A3V2 $\%(M_d) = -0.0497x^3 + 4.1814x^2 - 95.126x + 672.97$ $R^2 = 0.99$

A6V $\%(M_d) = -0.0454x^3 + 4.2582x^2 - 99.02x + 700.58$ $R^2 = 0.99$

เมื่อ $\%(M_d)$ = เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง

x = เวลาในการอบแห้ง , ชั่วโมง

R^2 = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

4.4 อัตราการลดความชื้นของเนื้อลำไย

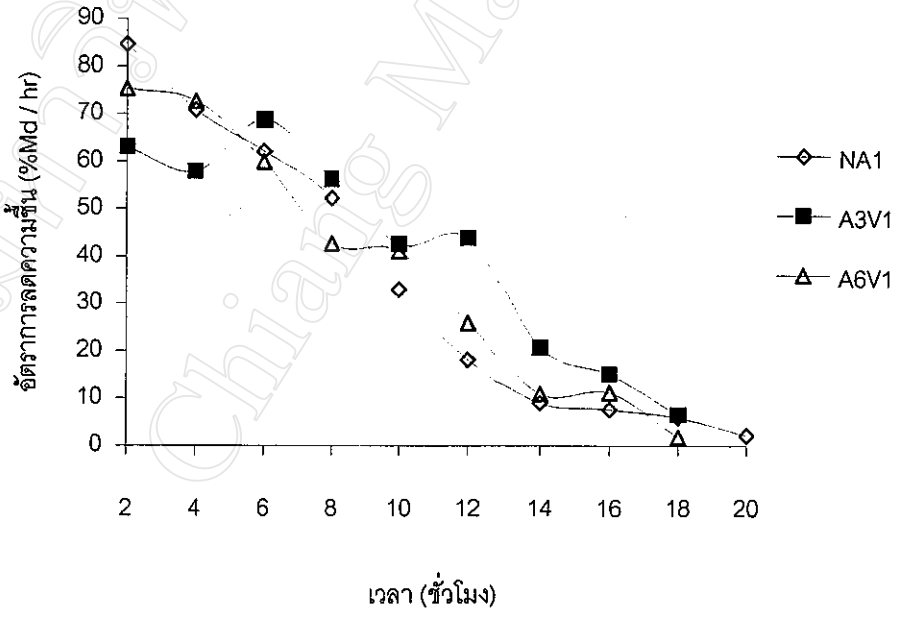
4.4.1 ผลของการสลับทิศทางอากาศร้อนต่ออัตราการลดความชื้นของเนื้อลำไยโดยใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที

จากการทดลองพบว่าอัตราการลดความชื้นเฉลี่ยในช่วง 2 ชั่วโมงแรกของทุกวิธีการมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากเนื้อลำไยมีความชื้นเริ่มต้นสูง โดยวิธีการอบแห้ง NA1 , A3V1 และ A6V1 มีค่าเท่ากับ 84.63 , 63.04 และ 75.24 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานแห้ง) ต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) และ มีค่าลดลงจนสิ้นสุดการทดลองคือ 2.18 , 6.53 และ 1.88 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานแห้ง) ต่อชั่วโมง ตามลำดับ

เมื่อทำการลดความชื้นต่อไป อัตราการลดความชื้นจะมีแนวโน้มที่จะลดลงตามระยะเวลาในการอบ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำภายในเนื้อลำไยเมื่อขณะมีความชื้นสูงจะเป็นการเคลื่อนที่แบบอิสระจากผิวสู่อากาศ แต่เมื่อความชื้นของลำไยลดลงต่ำมากแล้วการเคลื่อนที่ของน้ำจะเป็นการเคลื่อนที่จากภายในผลออกสู่ผิวลำไยซึ่งเป็นการแพร่ผ่านเซลล์ ทำให้น้ำเคลื่อนที่ออกมาสู่อากาศร้อนได้ยากขึ้นด้วย แต่เมื่อทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของอัตราการลดความชื้นตลอดช่วงระยะเวลาจากสมการที่ 2.12 จะเท่ากับ 34.58 , 41.62 และ 37.97 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานแห้ง) ต่อชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.5 จะเห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการลดความชื้นทั้ง 3 วิธีการ โดยที่อัตราการลดความชื้นของวิธีการ NA1 จะมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด

จากรูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่า ลักษณะของเส้นกราฟแสดงอัตราการลดความชื้นจะไม่ราบเรียบ โดยมีช่วงอัตราการลดความชื้นสูง - ต่ำสลับกันคล้ายขั้นบันได และเป็นที่น่าสังเกตว่าการสลับทิศทางอากาศร้อนเป็นผลทำให้เกิดลักษณะดังกล่าว โดยที่เมื่อมีการสลับทิศทางลมทุกๆ 3 ชั่วโมง จะเห็นได้อย่างเด่นชัด

การสลับทิศทางอากาศทำให้ลดความชื้นของลำไยลดลงช่วงหนึ่ง จากนั้นเมื่อมีการสลับทิศทางลมไปทางลำไยอีกด้านหนึ่งที่ยังมีความชื้นสูงอยู่ทำให้อัตราการลดความชื้นสูง ขึ้นอีกซึ่งจะเกิดปรากฏการณ์เดียวกันนี้กันสลับกันไปเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการสลับทิศทางอากาศร้อน หากมีการสลับทิศทางลมมีช่วงห่างกันมากขึ้นลักษณะกราฟขั้นบันไดจะกว้างและลาดลงด้วย ดังเช่น การสลับทิศทางอากาศร้อนทุกๆ 6 ชั่วโมง ในทางตรงกันข้ามถ้าไม่มีการสลับทิศทางอากาศร้อน ลักษณะดังกล่าวจะมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมากหรือไม่เกิดขึ้นเลย



รูปที่ 4.12 อัตราการลดความชื้นเนื้อลำไยเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที

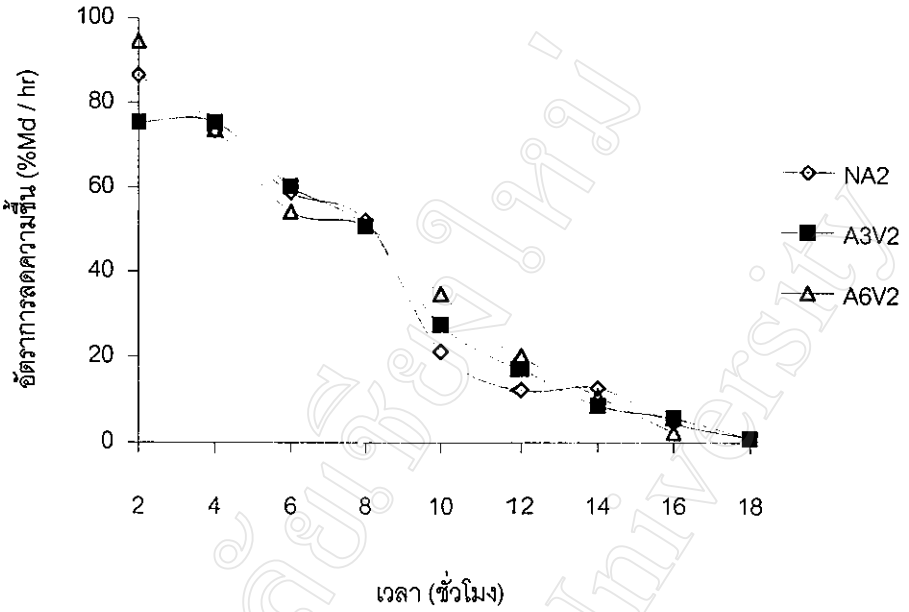
ตารางที่ 4.5 อัตราการลดความชื้นเฉลี่ยของลำไยเมื่อใช้ความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที

เวลา (ชั่วโมง)	อัตราการลดความชื้น ($\%M_d$ / hr)		
	NA1	A3V1	A6V1
2	84.63 c	63.03 a	75.24 b
4	70.79 b	57.87 a	72.69 b
6	62.075 a	68.77 b	59.99 a
8	52.32 b	56.27 c	42.76 a
10	32.98 a	42.62 b	41.11 b
12	18.17 a	43.82 c	25.96 b
14	9.05 a	20.64 c	10.93 b
16	7.61 a	15.07 c	11.2 b
18	5.96 a	6.53 c	1.88 a
20	2.18	–	–
เฉลี่ย	34.58 a	41.62 c	37.97 b

* ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.4.2 ผลของการสลับทิศทางอากาศร้อนต่ออัตราการลดความชื้นของเนื้อลำไยโดยใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที

จากการทดลองพบว่าอัตราการลดความชื้นในช่วง 2 ชั่วโมงแรกของทุกวิธีการมีค่าค่อนข้างสูง โดยวิธีการอบแห้ง NA2 , A3V2 และ A6V2 มีค่าเท่ากับ 86.46 , 75.30 และ 94.48 เปอร์เซ็นต์(มาตรฐานแห้ง) ต่อชั่วโมง และมีค่าลดลงจนสิ้นสุดการทดลองคือ 1.09 , 0.98 และ 2.40 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานแห้ง) ต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) และจากรูปที่ 4.13 กราฟอัตราการลดความชื้นจะมีลักษณะเป็นขั้นบันไดน้อยกว่าการลดความชื้นโดยใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที ซึ่งเกิดจากการใช้ความเร็วลมที่สูงขึ้น ทำให้ความชื้นของลำไยในแต่ละถาดมีความแตกต่างกันน้อย เมื่อมีการสลับทิศทางอากาศร้อน อัตราการลดความชื้นจึงมีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อยๆ โดยไม่แกว่งขึ้นหรือลงมาก จากการคำนวณอัตราการลดความชื้นตลอดระยะเวลาของการอบแห้งจะได้ 35.88 , 35.64 และ 42.66 เปอร์เซ็นต์(มาตรฐานแห้ง) ต่อชั่วโมง



รูปที่ 4.13 อัตราการลดความชื้นเนื้อลำไยเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที

ตารางที่ 4.6 อัตราการลดความชื้นเฉลี่ยของลำไยเมื่อใช้ความเร็วลม 1.15 เมตรต่อวินาที

เวลา (ชั่วโมง)	อัตราการลดความชื้น ($\%M_d$ / hr)		
	NA2	A3V2	A6V2
2	86.46 b	75.30 a	94.48 c
4	73.35 a	75.32 b	73.59 a
6	58.79 b	60.23 c	54.26 a
8	52.20 b	50.83 a	50.80 a
10	21.27 a	27.62 b	34.85 c
12	12.27 a	17.21 b	20.15 c
14	12.77 c	8.60 a	10.77 b
16	4.68 b	5.70 c	2.40 a
18	1.09	0.98	–
20	–	–	–
เฉลี่ย	35.88 a	35.64 a	42.66 b

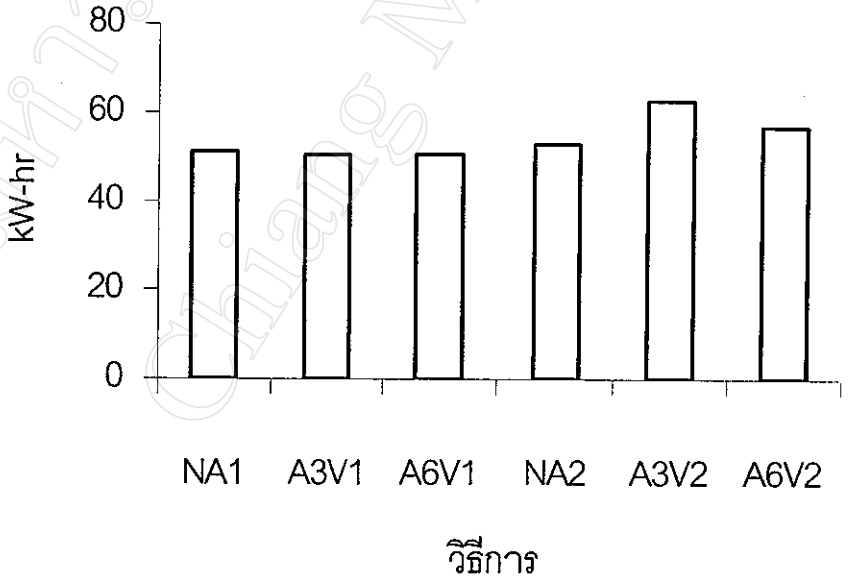
* ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.5 สมรรถนะของเครื่องอบแห้ง

สมรรถนะของเครื่องอบแห้งที่ทำการปรับปรุงระบบการกระจายอากาศร้อน สามารถคำนวณได้จากค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ และความสามารถในการระเหยน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

4.5.1 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้

ในการทดลองโดยใช้ความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที เมื่ออบแห้งด้วยวิธีการ NA1 A3V1 และ A6V1 สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 51.11 , 50.38 และ 50.7 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ตามลำดับ ทุกวิธีการไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ความเร็วลม 1.15 เมตรต่อวินาที เมื่ออบแห้งด้วยวิธีการ NA2 , A3V2 และ A6V2 สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 52.75 , 62.6 และ 56.66 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ตามลำดับ โดยวิธีการ A3V2 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ NA2 และ A6V2

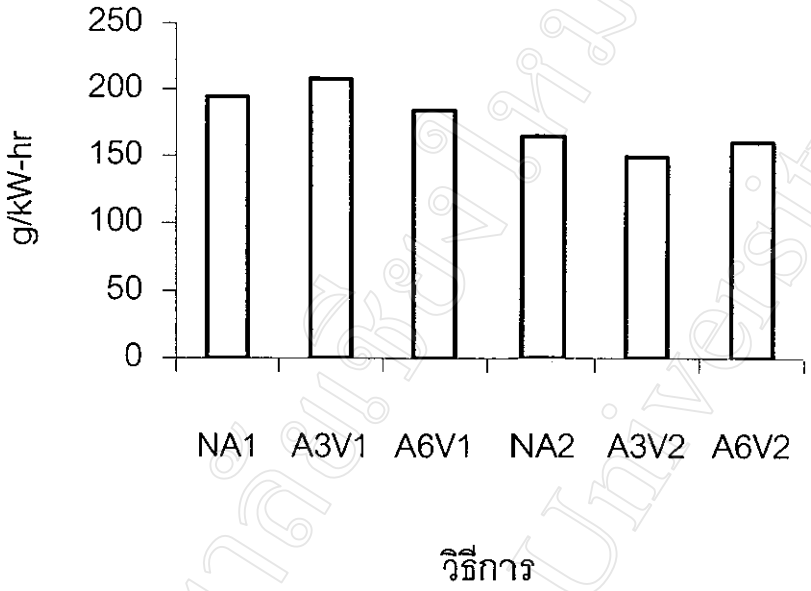


รูปที่ 4.14 พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของการอบแห้งลำไยวิธีต่างๆ

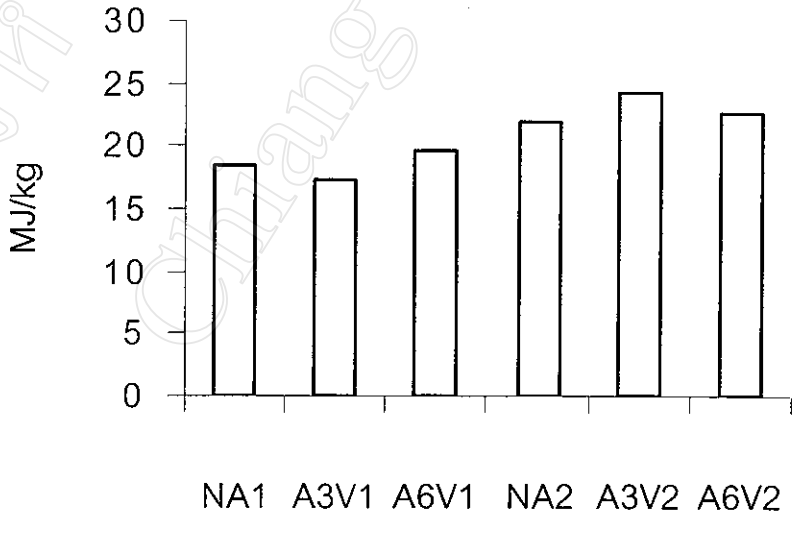
รูปที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าการอบแห้งเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที จะใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 50.73 กิโลวัตต์-ชั่วโมง แต่เมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที พบว่าการสลับทิศทางอากาศร้อนจะส่งผลถึงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งเมื่อไม่มีการสลับทิศทางอากาศร้อน หรือมีการสลับที่ช่วงเวลา 6 ชั่วโมง จะใช้พลังงานน้อยกว่าเมื่อมีการสลับทิศทางอากาศร้อนทุกๆ 3 ชั่วโมง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการสลับลมที่มีช่วงถี่ทำให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นด้วย ทั้งนี้เพราะอากาศร้อนเข้าทางช่องในด้านใดด้านหนึ่งของผนังในระยะเวลาหนึ่ง จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศร้อนกับผลผลิตและอากาศร้อนกับโครงสร้างของตู้อบรวมถึงถาดบรรจุและสูญเสียพลังงานความร้อนออกสู่สภาพแวดล้อม จากนั้นจะสะสมความร้อนไว้ที่ด้านนั้นมากกว่าอีกด้านหนึ่งซึ่งอยู่ไกลจากช่องลมร้อนเข้า เมื่อมีการสลับทิศทางอากาศร้อน พลังงานความร้อนที่เข้าสู่ช่องทางตรงข้ามก็จะต้องมีการแลกเปลี่ยน และสะสมความร้อนใหม่อีกครั้ง ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะส่งผลถึงการทำงานของลวดความร้อนที่มากขึ้นด้วย ถ้าไม่สลับทิศทางลมหรือการสลับทิศทางอากาศร้อนที่ช่วงเวลาห่างขึ้น ความร้อนที่เข้าสู่ห้องอบสามารถแลกเปลี่ยนกับผลผลิตและอุปกรณ์ต่างๆ ภายในตู้อบได้นานขึ้นและมีโอกาสสะสมความร้อนจนสามารถทำให้อุณหภูมิภายในเกือบจะเท่ากันทั้งห้องอบ

4.5.2 อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (Specific moisture extraction rate , SMER)

คือปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อพลังงานที่ใช้ตลอดการอบแห้ง มีหน่วยเป็น g/kW-hr สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.14 และผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.15 แสดงถึงอัตราการระเหยน้ำจำเพาะ พบว่าในการลดความชื้นลำไยด้วยความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที มีค่า SMER เท่ากับ 194.66 , 208.06 และ 184.00 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที มีค่า SMER เท่ากับ 164.98 , 149.19 และ 159.96 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน จะเห็นได้ว่าค่าการระเหยน้ำต่อพลังงานที่ใช้ เมื่อใช้ความเร็วลมต่ำจะมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้ความเร็วลมสูง เนื่องจากการใช้ความเร็วลมที่สูงในการอบแห้งนั้นจะต้องการพลังงานความร้อนที่สูงตามไปด้วย อนึ่งค่า SMER เมื่อใช้ความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที จะมีค่าสูงกว่าก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นจะแตกต่างกันถึง 2 ชั่วโมง และอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อใช้ระยะเวลานานขึ้นจะทำให้การระเหยของน้ำต่อพลังงานสูงขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน



รูปที่ 4.15 ค่าอัตราการระเหยน้ำจำเพาะของการอบแห้งวิธีการต่างๆ



รูปที่ 4.16 ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งวิธีการต่างๆ

4.5.3 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption , SEC)

คือส่วนกลับของ SMER กล่าวคือ เป็นพลังงานที่ใช้ต่อปริมาณการระเหยน้ำ มีหน่วยเป็น MJ/kg สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.15 และผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.16 พบว่าในการลดความชื้นลำไยด้วยความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที มีค่า SEC เท่ากับ 18.49 , 17.03 และ 19.56 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที มีค่า SEC เท่ากับ 21.82 , 24.13 และ 22.50 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ เมื่อใช้ความเร็วลมต่ำจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้ความเร็วลมสูง เนื่องจากการใช้ความเร็วลมที่สูงในการอบแห้งนั้นจะต้องการพลังงานความร้อนที่สูงตามไปด้วย และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าการสลับทิศทางอากาศร้อนที่ระยะเวลาต่างๆกัน ไม่มีผลกระทบต่อค่า SMER และค่า SEC แต่เห็นได้ชัดว่าเมื่อใช้ความเร็วลมที่มีค่าต่ำกว่าจะใช้พลังงานในการระเหยน้ำที่ต่ำกว่า เมื่อใช้ความเร็วลมที่สูง

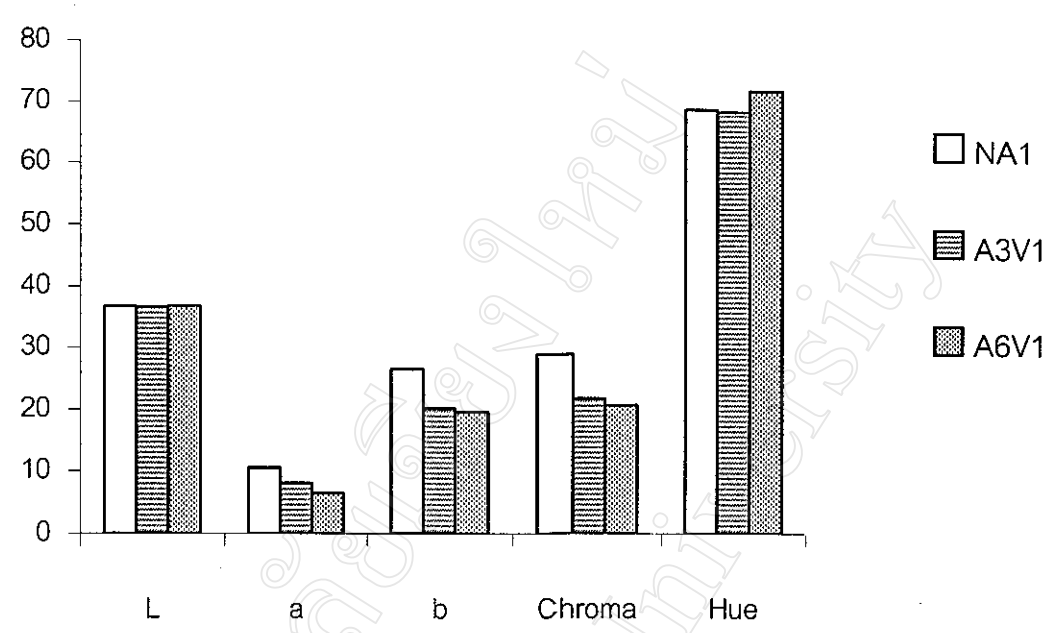
4.6 คุณภาพของลำไยหลังอบแห้ง

4.6.1 ค่าสีของลำไยแห้ง

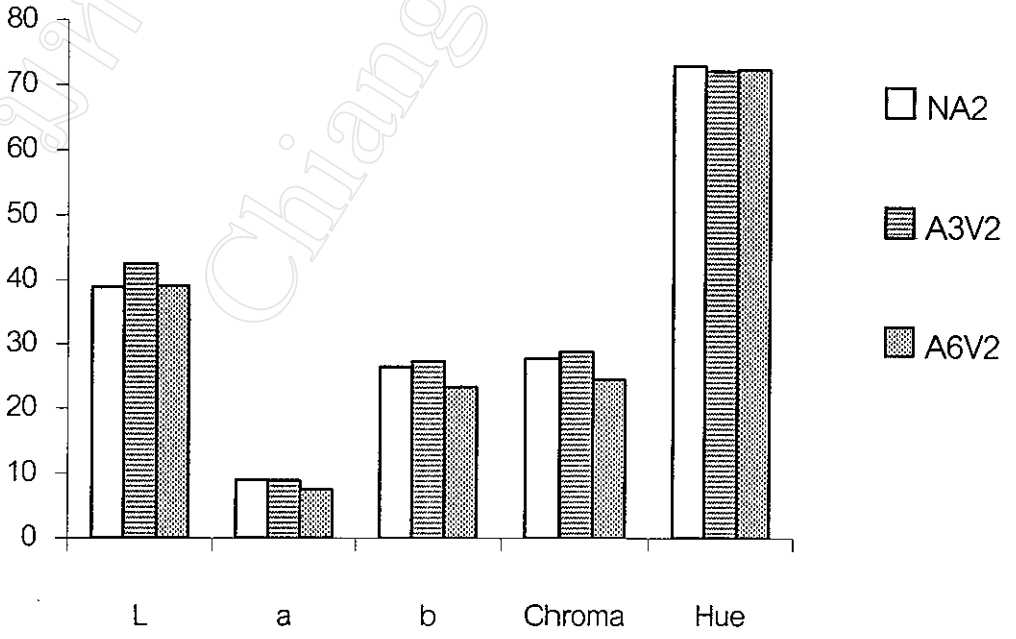
รูปที่ 4.17 แสดงถึงค่าเฉลี่ยของการวัดสี เมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที ค่า L หรือ ค่าความมืดและสว่าง (สีขาวเท่ากับ 100 ,สีดำเท่ากับ 0) ในแต่ละวิธีการมีค่าเท่ากับ 36.79 , 36.59 และ 36.85 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า a หรือ ค่าสีแดงมีเครื่องหมายเป็นบวก และค่าสีเขียวมีเครื่องหมายเป็นลบ มีค่าเท่ากับ +10.40 , +8.06 และ +6.48 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่า b หรือค่าสีเหลืองมีเครื่องหมายเป็นบวกและค่าสีน้ำเงินมีเครื่องหมายเป็นลบ มีค่าเท่ากับ +26.45 , +20.15 และ + 19.54 ตามลำดับจากการศึกษาพบว่าค่า b ของวิธีการ NA1 มีความแตกต่างไปจากอีก 2 วิธี

ค่า Chroma หรือค่าความเข้มของสี มีค่าเท่ากับ 28.92 , 21.79 และ 20.65 มีความแตกต่างเช่นเดียวกับค่า b และ ค่า Hue หรือค่ามุมของเฉดสี มีค่าเท่ากับ 68.49 , 68.10 และ 71.54 โดยวิธี การอบแห้ง A6V1 มีค่ามุมของเฉดสีแตกต่างไปจาก อีก 2 วิธีการ



รูปที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยของค่าสีของลำไยหลังอบแห้งเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยของค่าสีของลำไยหลังอบแห้งเมื่อใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที

รูปที่ 4.18 แสดงถึงค่าเฉลี่ยของการวัดสี เมื่ออบแห้งด้วยความเร็วลม 1.15 เมตรต่อวินาที ซึ่งค่า L หรือ ค่าความมืดและสว่าง (สีขาวเท่ากับ 100 ,สีดำเท่ากับ 0) ในแต่ละวิธีการมีค่าเท่ากับ 38.87 , 42.50 และ 39.09 ตามลำดับ ซึ่งในวิธีการ A3V2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับอีก 2 วิธีการ

ค่า a หรือ ค่าสีแดงมีเครื่องหมายเป็นบวก และค่าสีเขียวมีเครื่องหมายเป็นลบ มีค่าเท่ากับ +8.97 , +8.89 และ +7.54 ตามลำดับ ทุกวิธีการไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

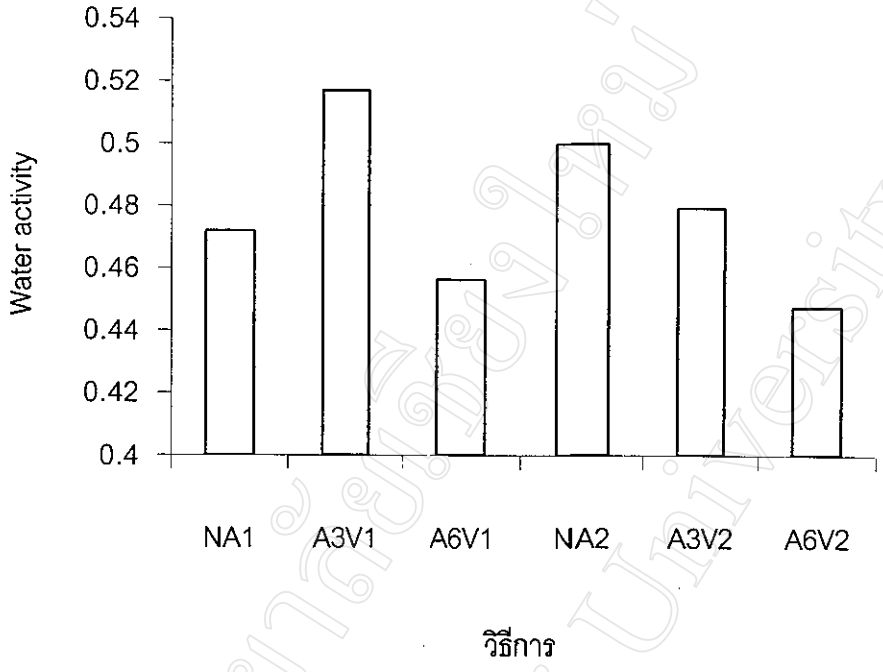
ค่า b หรือค่าสีเหลืองมีเครื่องหมายเป็นบวก และค่าสีน้ำเงินมีเครื่องหมายเป็นลบ มีค่าเท่ากับ +26.44 , +27.33 และ + 23.32 ซึ่งวิธีการ A6V2 จะมีความแตกต่างไปจากอีก 2 วิธี

ค่า Chroma หรือค่าความเข้มของสี มีค่าเท่ากับ 27.75 , 28.82 และ 24.53 มีความแตกต่างเช่นเดียวกับค่า b และ ค่า Hue หรือค่ามุมของเฉดสี มีค่าเท่ากับ 72.89 , 72.06 และ 72.28 โดยในทุกวิธีการไม่มีความแตกต่างกัน

4.6.2 ค่า Aw ของลำไยหลังอบแห้ง

ค่า Aw หรือ ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์เมื่ออบแห้งลำไยด้วยความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที มีค่าเท่ากับ 0.47 , 0.51 และ 0.45 ตามลำดับ โดยค่า Aw เมื่ออบแห้งด้วยวิธีการ A3V1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับอีก 2 วิธี และค่า Aw เมื่ออบแห้งด้วยความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที มีค่าเท่ากับ 0.5, 0.479 และ 0.44 ตามลำดับ ซึ่งวิธีการอบแห้งด้วยการ NA2 และ A3V2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ตามค่า Aw ของผลผลิตที่จะปลอดภัยต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่จะสามารถเจริญเติบโตได้ต้องมีค่าที่ต่ำกว่า 0.5 – 0.6 ซึ่งค่าที่ได้จากทุกการทดลองจะอยู่ในช่วงปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ แต่การเก็บรักษาลำไยแห้งในระยะเวลานาน ๆ นั้น หากบรรจุในภาชนะบรรจุที่ไม่เหมาะสมอาจเกิดปรากฏการณ์ แลกเปลี่ยนความชื้นระหว่างกันของอากาศกับลำไยแห้ง หรือปรากฏการณ์ Hygroscopic ทำให้ลำไยรับความชื้นจากอากาศเข้าสู่ตัวเอง และมีความชื้นสูงขึ้น ส่งผลถึงค่า Aw ก็จะสูงขึ้นด้วย



รูปที่ 4.19 ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ของลำไยหลังอบแห้ง

4.6.3 การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale

การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ Hedonic scale โดยผู้ชิมซึ่งรู้จักผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งแบบแกะเปลือกเป็นอย่างดี ในการศึกษานี้ใช้อาสาสมัคร เกษตรกรผู้อบลำไยใน ตำบลเหมืองกวัก อ.เมือง จ. ลำพูน) จำนวน 20 คน ใช้คุณลักษณะของการประเมินคือ คุณลักษณะด้านสี , กลิ่น , รสชาติ , เนื้อสัมผัส , รูปร่างและขนาด และ ความชอบโดยรวม แบ่งการให้คะแนนออกเป็นระดับ 1 ถึง 7 โดยบ่งชี้ถึงความชอบในผลิตภัณฑ์ จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบความเป็นอิสระต่อกันของวิธีการอบแห้งและระดับความชอบโดยใช้การทดสอบแบบไคร์สแคว พบว่ากรรมวิธีการอบแห้งมีความสัมพันธ์ต่อระดับความชอบของผู้บริโภค จากนั้นทำการทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้วยวิธีการ LSD ได้ผลดังตารางที่ 4.7

คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านสีของลำไยแห้ง เมื่ออบแห้งโดยใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที (NA1 , A3V1 และ A6V1) และความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที (NA2 , A3V2 และ A6V2) เท่ากับ 3.4 , 4.65 , 4.1 , 4.45 , 5.15 และ 4.6 ตามลำดับ โดยวิธีการ NA1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับวิธีการ A3V1 , A3V2 และ A6V2

คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านกลิ่นของลำไยแห้ง เมื่ออบแห้งโดยใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที และความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที เท่ากับ 3.85 , 3.8 3.25 , 3.9 , 4.25 และ 3.45 ตามลำดับ ทุกวิธีการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านรสชาติของลำไยแห้ง เมื่ออบแห้งโดยใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที และความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที เท่ากับ 4.9 , 5.05 3.6 , 4.9 , 5.0 และ 4.9 ตามลำดับ วิธีการ A6V1 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกวิธีการทดลอง

คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของลำไยแห้ง เมื่ออบแห้งโดยใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที และความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที เท่ากับ 4.35 , 3.95 , 3.5 , 3.65 , 4.25 และ 4.2 ตามลำดับ โดยวิธีการ A6V1 และ NA2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการ NA1 , A3V1, A3V2 และ A6V2

คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านรูปร่างและขนาดของลำไยแห้ง เมื่ออบแห้งโดยใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที และความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที เท่ากับ 4.6 4.25 , 3.3 , 4.45 , 4.95 และ 4.55 ตามลำดับ โดยวิธีการ A6V1 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกวิธีการ

คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวมของลำไยแห้ง เมื่ออบแห้งโดยใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 เมตรต่อวินาที และความเร็วลมเฉลี่ย 1.15 เมตรต่อวินาที เท่ากับ 3.6 4.15 , 3.95 , 4.25 , 5.25 และ 4.9 ตามลำดับ โดยวิธีการ NA1 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกวิธีการ และ A3V1 , A6V1 และ NA2 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ A3V2 และ A6V2 โดยคะแนนเฉลี่ยของทั้ง 2 วิธีการนี้จัดอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อย (โดยแบ่งการให้คะแนนเป็น 7 ระดับ)

ตารางที่ 4.7 คะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของลำไยแห้ง

คุณลักษณะที่ทดสอบ	วิธีการ					
	ค่าคะแนนในการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส					
	NA1	A3V1	A6V1	NA2	A3V2	A6V2
สี	3.4 a	4.65 b	4.1 ab	4.45 ab	5.15 b	4.6 b
กลิ่น	3.85 a	3.8 a	3.25 a	3.9 a	4.25 a	3.45 a
รสชาติ	4.9 a	5.05 a	3.6 b	4.9 a	5 a	4.9 a
เนื้อสัมผัส	4.35 a	3.95 a	3.5 b	3.65 b	4.25 a	4.2 a
รูปร่างและขนาด	4.6 a	4.25 ab	3.3 b	4.45 a	4.95 a	4.55 a
ความชอบโดยรวม	3.6 c	4.15 a	3.95 a	4.25 a	5.25 b	4.9 b

* ตัวเลขในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* ระดับการให้คะแนน 1 = ไม่ชอบมาก , 2 = ไม่ชอบปานกลาง , 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย , 4 = เฉยๆ , 5 = ชอบเล็กน้อย , 6 = ชอบปานกลาง , 7 = ชอบมาก

4.7 ลักษณะที่ปรากฏของลำไยแห้งเมื่อปรับปรุงระบบกระจายอากาศร้อน

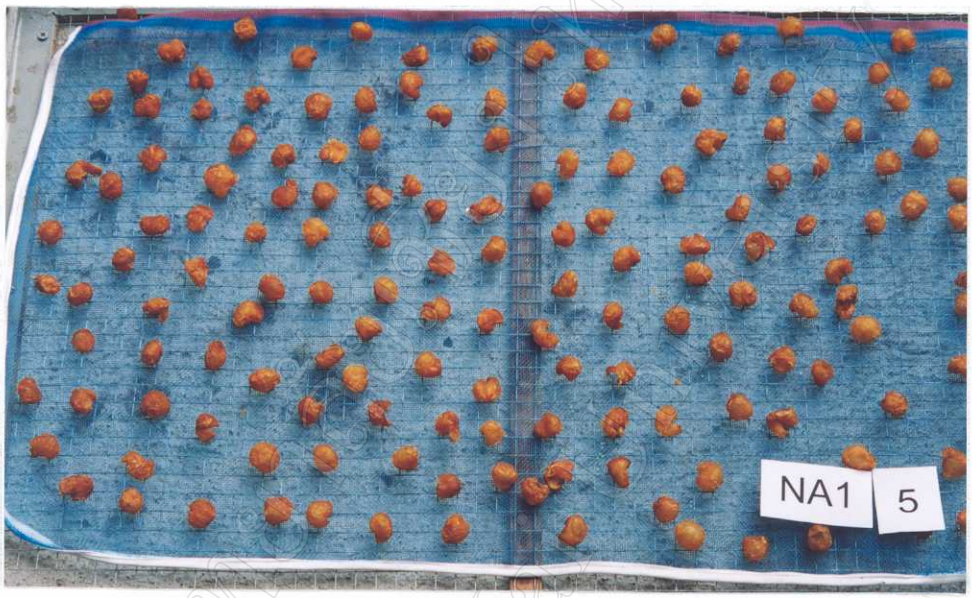
4.7.1 ลักษณะที่ปรากฏของลำไยแห้งเมื่อใช้ความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที

จากการปรับปรุงระบบกระจายอากาศภายในห้องอบแห้ง โดยการแยกส่วนท่อกระจายอากาศให้อิสระต่อกันทั้ง 9 ชั้นถาด และภายในท่อติดตั้งแผ่นแบ่งลมให้มีการไหลของลมที่สม่ำเสมอตลอดความกว้างของถาดบรรจุลำไยขนาด 0.5 เมตร จะได้ลำไยที่มีลักษณะดังนี้

จากรูปที่ 4.20 เป็นลำไยแห้งที่ได้จากวิธีการ NA1 ในถาดที่ 5 ซึ่งเป็นถาดชั้นกลาง สังเกตพบว่าสีของลำไยจะค่อนข้างคล้ำ และที่ด้านข้างจะมีสีคล้ำอย่างเห็นได้ชัด บริเวณส่วนกลางของถาดไม่พบปัญหาของลำไยไม่แห้งอยู่เลย ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการนี้ใช้เวลาในการอบแห้งนานถึง 20 ชั่วโมง ประกอบกับการกระจายในส่วนดังกล่าวมีประสิทธิภาพดี

แต่จากการเปรียบเทียบขณะเมื่อทำการอบเสร็จสิ้น ลักษณะที่ปรากฏของลำไยในถาด 1 ถึง 3 (ชั้นล่าง) ของวิธีการนี้ยังพบลำไยที่มีความชื้นสูงอยู่บริเวณส่วนกลาง แต่ที่ด้านข้างทั้ง 2 ด้านของถาดลำไยจะแห้งดีแล้วแต่ก็มีสีน้ำตาลเข้มอยู่ การเกิดลักษณะดังกล่าวอาจเป็นไปได้ว่า

ความเร็วลมของอากาศที่กระจายออกจากท่อด้านข้างไหลผ่านไม่ถึงส่วนกลางของถาด แต่มีการลอยตัวขึ้นสู่ชั้นบน และ ลำไยในชั้นถาดที่ 7 ถึง 9 นั้นใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่า ชั้นกลางและชั้นล่าง ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยรวมวิธีการ NA1 จะได้ลำไยที่ค่อยสม่ำเสมอเท่าที่ควรในแต่ละชั้นถาด



รูปที่ 4.20 ลักษณะที่ปรากฏของลำไยแห้งวิธีการ NA1

รูปที่ 4.21 ลักษณะที่ปรากฏของลำไยแห้งวิธีการ A3V1

รูปที่ 4.22 ลักษณะที่ปรากฏของลำไยแห้งวิธีการ A6V1

รูปที่ 4.21 และ 4.22 แสดงถึงลักษณะที่ปรากฏของลำไยแห้งวิธีการ A3V1 และ A6V1 ในถาดที่ 5 ซึ่งทั้ง 2 ตัวอย่างจะมีสีน้ำตาลที่ค่อนข้างอ่อนกว่า NA1 แต่ที่ด้านข้างของถาดในทั้ง 2 วิธีการ ลำไยมีจะมีสีน้ำตาลเข้มกว่าส่วนกลางถาด แต่ความชื้นของลำไยจะค่อนข้างสม่ำเสมอกันตลอดความกว้างของถาด ซึ่งพบลำไยที่มีความชื้นสูงอยู่ที่กลางถาดเพียงเล็กน้อย

4.7.2 ลักษณะที่ปรากฏของลำไยแห้งเมื่อใช้ความเร็วลม 1.15 เมตรต่อวินาที

รูปที่ 4.23 เป็นลำไยแห้งที่ได้จากวิธีการ NA2 ในถาดที่ 5 สังเกตพบว่าลำไยแห้งมีสีน้ำตาลอ่อนและค่อยๆ เข้มขึ้นไปตามความยาวของถาด และที่ด้านข้างที่อากาศร้อนเข้าจะมีสีคล้ำอย่างเห็นได้ชัด และพบลำไยสีน้ำตาลเข้มและมีกลิ่นไหม้ แต่ไม่พบลำไยที่มีความชื้นสูงบริเวณส่วนกลางของถาด เนื่องจากความเร็วลมที่สูงขึ้นสามารถไหลผ่านได้ถึงส่วนกลางของถาด

รูปที่ 4.24 เป็นลำไยแห้งที่ได้จากวิธีการ A3V2 ในถาดที่ 5 พบว่าลำไยเป็นสีน้ำตาลอ่อนสม่ำเสมอทั่วกันทั้งถาด แต่ที่ด้านข้างของถาดทั้ง 2 ด้านพบลำไยที่มีสีน้ำตาลเข้มเพียงเล็กน้อย และที่ส่วนกลางถาดไม่พบลำไยที่มีความชื้นสูง ลักษณะที่เกิดขึ้นเมื่อพิจารณาถึงระบบการกระจายอากาศ เมื่อติดตั้งแผ่นแบ่งลมจะสามารถช่วยให้ลำไยแห้ง และมีสีและความชื้นสม่ำเสมอประกอบกับการแยกท่ออิสระต่อกันในแต่ละชั้นถาด จะสามารถควบคุมปริมาณการไหลของอากาศร้อนได้ดีด้วย และการออกแบบระบบกระจายอากาศให้มีทิศทางการไหลจากด้านข้าง จะเกิดการลอยตัวขึ้นของความร้อน เราสามารถเพิ่มอัตราการไหลในชั้นถาดด้านล่างเพื่อทดแทนความร้อนบางส่วนที่ลอยขึ้นไป จะทำให้ลำไยในถาด และลำไยในแต่ละชั้นถาดมีความสม่ำเสมอกัน

รูปที่ 4.25 เป็นลำไยแห้งที่ได้จากวิธีการ A6V2 ในถาดที่ 5 พบว่าลำไยเป็นสีน้ำตาลอ่อนสม่ำเสมอทั่วกันทั้งถาด แต่ที่ด้านข้างของถาดทั้ง 2 ด้านพบลำไยที่มีสีน้ำตาลเข้มเพียงเล็กน้อย และที่ส่วนกลางถาดไม่พบลำไยที่มีความชื้นสูง เช่นเดียวกับวิธีการ A3V2

รูปที่ 4.23 ลักษณะที่ปรากฏของลำไยแห้งวิธีการ NA2

รูปที่ 4.24 ลักษณะที่ปรากฏของลำไยแห้งวิธีการ A3V2

รูปที่ 4.25 ลักษณะที่ปรากฏของลำไยแห้งวิธีการ A6V2

4.7 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนเชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนเชิงเศรษฐศาสตร์ ของการลงทุนสร้างและปรับปรุงระบบกระจายทิศทางอากาศร้อนของเครื่องอบแห้งลำไยแบบแกะเปลือก จากข้อมูลค่าใช้จ่ายจากตารางผนวกที่ 19 ซึ่งผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.10 โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขในการวิเคราะห์ดังนี้

1. ต้นทุนการสร้างและปรับปรุงเครื่องฯ 19,610 บาท
2. อบแห้งลำไยแกะเปลือกครั้งละ 20 กิโลกรัม โดยอัตราส่วนของลำไยทั้งเปลือกต่อเนื้อลำไยสดเท่ากับ 1 : 0.5 กิโลกรัม ดังนั้นใช้ลำไยทั้งเปลือกเฉลี่ย 40 กิโลกรัม
3. ค่าแรงงานในการแกะลำไยเท่ากับ 8 บาทต่อกิโลกรัมเนื้อลำไย
4. ค่าลำไยสดเกรดเอกิโลกรัมละ 11 บาท
5. ใช้เวลาในการอบครั้งละ 16 ชั่วโมง
6. เนื้อลำไยสด 20 กิโลกรัม ได้ลำไยแห้ง 3.5 กิโลกรัม หรือ 10 : 1.75
7. ใช้พลังงานไฟฟ้าไฟฟ้าเฉลี่ยชั่วโมงละ 3 kW.h
8. อบแห้ง 5 ครั้งต่อสัปดาห์ , ปีละ 16 สัปดาห์
9. ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิตเท่ากับ 2.3 บาท / kW.h (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค,2545)

10. ราคาขายลำไยแห้งเท่ากับ 250 บาทต่อกิโลกรัม
11. ตัวเครื่องฯ มีอายุการใช้งาน 5 ปี
12. มูลค่าซากคิดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนเครื่องฯ
13. ค่าซ่อม-บำรุงคิดเป็น 1.5 % ของต้นทุนเครื่องฯ ต่อ 100 ชั่วโมงการทำงาน
14. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 10 เปอร์เซ็นต์ (ธนาคารแห่งประเทศไทย,18 กันยายน 2545)

การคำนวณ

1. ค่าใช้จ่ายของลำไยแกะเปลือก

$$= \frac{(\text{น.น. ลำไยทั้งเปลือก}) \times (\text{ราคา}) + (\text{น.น. เนื้อลำไย}) \times \text{ค่าจ้างแกะเปลือก})}{(\text{น.น. เนื้อลำไย})}$$

$$= \frac{(40 \times 11) + (20 \times 8)}{20}$$

= 30 บาทต่อกิโลกรัมเนื้อลำไย

2. ค่าใช้จ่ายเทียบเท่ารายปีของต้นทุนเครื่องฯ

= 19,610 (CRF* ,10%,5) – 19610 (SFF* , 10%,5)

= 19610 x (0.26380) – 19610(0.2)(0.16380)

= 4,530.7 บาท

เมื่อ CRF = Capital recovery factor

SFF = Sinking fund factor

ตารางที่ 4.8 ตารางดอกเบี้ยที่อัตราดอกเบี้ย 10 % (วันชัย และ ชอุ่ม , 2539)

จำนวนปี	SFF	CRF
4	0.21547	0.31547
5	0.16380	0.26380
6	0.12961	0.22961

3. ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้ารายปี

= ชั่วโมงการทำงาน x อัตราการใช้ไฟฟ้า x ราคาต่อหน่วย

= 5 x 16 x 16 x 3 x 2.3

= 8,832 บาท

4. ค่าบำรุงรักษารายปี

= 1.5% ต่อ100ชั่วโมง x ชั่วโมงการทำงาน x ต้นทุนเครื่องฯ

= (0.015/100) x 5 x 16 x 16 x19,610

= 3,765.12 บาท

5. ค่าลำไยรายปี

= น้ำหนักเนื้อลำไยที่ใช้ต่อปี x ราคาต่อกิโลกรัม

= 5 x 16 x 20 x 30

= 48,000 บาท

6. ค่าใช้จ่ายรวมรายปี

= 4,530.7 + 8,832 + 3,765.12 + 48,000

= 65127.82 บาท

7. ค่าใช้จ่ายต่อปริมาณลำไยแห้ง

ต้นทุนเครื่อง = 4530.7 / (5 ครั้ง) x (16 สัปดาห์) x 3.5

= 16.18 บาท ต่อกิโลกรัมลำไยแห้ง

ค่าไฟฟ้า = 8832 / (5 ครั้ง) x (16 สัปดาห์) x 3.5

= 31.54 บาท ต่อกิโลกรัมลำไยแห้ง

ค่าซ่อม-บำรุง = 3765.12 / (5 ครั้ง) x (16 สัปดาห์) x 3.5

= 13.44 บาท ต่อกิโลกรัมลำไยแห้ง

ค่าลำไยสด = 48,000 / (5 ครั้ง) x (16 สัปดาห์) x 3.5

= 171.42 บาท ต่อกิโลกรัมลำไยแห้ง

รวม = 65127.82 / (5 x 16 x 3.5)

= 232.59 บาท ต่อกิโลกรัมลำไยแห้ง

8. รายได้รายปี

= 5 x 16 x 3.5 x 250

= 70,000 บาท

9. กำไรสุทธิรายปี

= รายได้รายปี – ค่าใช้จ่ายรายปี

= 70,000 – 65127.82

= 4872.18 บาท

10. อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (Internal rate of return , IRR)

	เงินลงทุน	=	กำไรสุทธิรายปี (SPWF ,i , n)
	19610	=	4872.18 (SPWF ,i , 5)
19610 / 4872.18		=	(SPWF ,i , 5)
	4.02	=	(SPWF ,i , 5)

เมื่อ SPWF = Uniform series – present worth factor

i = อัตราดอกเบี้ย

n = เวลา (ปี)

ดังนั้น จะใช้วิธีการ Interpolation เพื่อหาค่า IRR ที่ทำให้ค่า SPWF เท่ากับ 4.02 ในระยะเวลา 5 ปี

ตารางที่ 4.9 ตารางอัตราผลตอบแทนที่ 7 % และ 8 % , n = 5

อัตราผลตอบแทน	SPWF
7	4.100
IRR	4.02
8	3.99

ที่มา : (วันชัย และ ชอุ่ม ,2539)

ดังนั้นจะได้อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับ

$$IRR = 7\% + \frac{(4.1 - 4.02) \times (8 - 7)}{(4.1 - 3.99)}$$

$$IRR = 7.72\ \%$$

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน

ค่าใช้จ่ายเทียบเท่ารายปี	จำนวนเงิน (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่อกิโลกรัมแห้ง (บาท)
1. ค่าเครื่องอบแห้งฯ	4,530.7	16.18
2. ค่าพลังงานไฟฟ้า	8,832	31.54
3. ค่าลำไยสดแกะเปลือก	48,000	171.42
4. ค่าซ่อม-บำรุง	3,765.12	13.44
5. รวมทั้งหมด	65127.82	232.59
ผลตอบแทนรายปี		อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (%)
1. รายได้	70,000	7.72 %
2. กำไร	4,872.18	

จากตารางที่ 4.10 พบว่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) มีค่าต่ำกว่าดอกเบี้ยเงินกู้ ซึ่งในทางเศรษฐศาสตร์ถือว่าเป็นโครงการที่ไม่น่าลงทุน ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยคาดการณ์ว่าถ้าหากราคาลำไยลดลงเท่ากับ 10 บาท ต่อกิโลกรัม ซึ่งอาจลดลงได้มากกว่านี้ หากเกษตรกรเจ้าของสวนเป็นผู้อบลำไยเอง ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 6,1927.82 บาท ต่อปี กำไรสุทธิเท่ากับ 8,072.18 บาท ต่อปี และมีค่าใช้จ่ายรวมต่อกิโลกรัมแห้งเท่ากับ 221.17 บาท จะได้ค่า IRR เท่ากับ 30 % ซึ่งเป็นอัตราผลตอบแทนที่น่าทำการลงทุน ทั้งนี้ในงานทดลองใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบแห้งเป็นหลัก หากทำการปรับปรุงโดยเปลี่ยนมาใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงจะลดช่วยต้นทุนลงได้อีก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University