Agricultural Sci. J. 33 : 6 (Suppl.) : 150-154 (2002) **ว. วิทย. กษ. 33 : 6 (พิเศษ) : 150-154 (2545)**

การอบแห้งลำไยชนิดแกะเปลือกด้วยเครื่องลดความชื้นแบบสลับทิศทางอากาศร้อน

Drying of Peeled Longan Using Alternate Heated Air Dryer

มนัสวี สกุลแก้ว[1] ศุภศักดิ์ ลิมปิติ[2] และ ทวีชัย นิมาแสง[3]

Manuswee Sakulkeaw[1] ,Supasark Limpiti[2] and Taweechai Nimasang[3]

Abstract

Normally, the conventional flat-bed type dryer is used for drying peeled longan. The heated air flows continuously through the perforated floor and passes from the lower tray to the uppers, therefore the positions of the tray must be alternated periodically in order to gain a uniformly dried product. To eliminate this complicated task, improving air distributing system is considered for a modified tray dryer.

An experimental dryer was fabricated and tested. The machine consists of nine trays with the total containing area of 3.37 square meters. Unlike the conventional type, the alternate heated air was forced through the left and right perforated side walls. During operation the moisture were removed continuously without changing the location of the trays.

The experiments were carried out at two different hot air speeds and two different air alternating periods. Twenty kilograms of peeled longan was used in each test for reducing moisture content from 733.3%(db) or 88%(wb) to 21.95%(db) or 18%(wb) at the drying temperature of 70 $^{\circ}$C. The results revealed that the quality of dried product in each tray was uniform. The drying rate of longan at 0.75 meter per second air speed were 35.36, 41.67 and 41.69%db/hr respectively at air alternating period of 0, 3 and 6 hrs. The average time used in drying from the beginning to the end was 18 hours for each batch. At the air speed of 1.35 meter per second, the drying rate of longan was 37.58, 43.34 and 44.35%db/hr at air alternating period of 0, 3 and 6 hrs respectively. The average drying time was 16 hours.

บทคัดย่อ

โดยทั่วไปการอบแห้งลำไยชนิดแกะเปลือกจะใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด ซึ่งขับอากาศร้อนไหลแทรกผ่านพื้นตะแกรง โดยเคลื่อนที่ผ่านถาดบรรจุชั้นล่างขึ้นสู่ชั้นบน ผลผลิตจะได้รับความร้อนและแห้งไม่สม่ำเสมอกัน การแก้ไขปัญหาเท่าที่ทำอยู่ในปัจจุบัน จะกระทำโดยการสลับชั้นหรือเปลี่ยนตำแหน่งถาดบรรจุเพื่อให้ผลผลิตแห้งสม่ำเสมอ ดังนั้นการที่จะลดภาระแรงงาน ตลอดจนความยุ่งยากในการอบแห้ง จึงได้ศึกษาและปรับปรุงระบบกระจายอากาศร้อนของเครื่องอบแห้งดังกล่าว

ได้ทำการสร้างและทดสอบ เครื่องอบแห้ง ซึ่งประกอบด้วยถาดบรรจุผลผลิต 9 ถาด มีพื้นที่วางผลผลิตรวม 3.37 ตารางเมตร โดยออกแบบให้อากาศร้อนไหลผ่านสลับกันจากด้านข้างผนังทั้งซ้ายและขวา ซึ่งจะทำการอบแห้งโดยต่อเนื่องไม่มีการสลับชั้นถาดบรรจุ จากการทดลองที่ความเร็วอากาศร้อน 2 ระดับ และระยะเวลาการสลับทิศทาง 2 ช่วงเวลา ใช้เนื้อลำไยรวม 20 กิโลกรัม อบแห้งที่ความชื้น 733.3%(db) หรือ 88%(wb) จนต่ำกว่า 21.95%(db) หรือ 18%(wb) โดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าคุณภาพของลำไยแห้งแต่ละชั้นถาดมีความสม่ำเสมอ โดยที่ความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที มีอัตราการอบแห้ง 35.36 41.67 และ 41.69%db/hr ที่ระยะเวลาการสลับทิศทาง 0 3 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยใช้เวลาในการอบเท่ากับ 18 – 20 ชั่วโมง ส่วนที่ความเร็วลม 1.35 เมตรต่อวินาที มีอัตราการอบแห้ง 37.58 43.34 และ 44.35%db/hr ที่ระยะเวลาการสลับทิศทาง 0 3 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยใช้เวลาในการอบ 16 ชั่วโมง

คำนำ

การอบแห้งลำไยเป็นกระบวนการที่มีศักยภาพสูงต่อการแก้ปัญหาลำไยล้นตลาดในฤดูเก็บเกี่ยว อีกทั้งยังเพิ่มมูลค่าและยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาเพื่อรอการขาย การอบลำไยชนิดแกะเปลือกนิยมใช้ลำไยคุณภาพดีที่มีผลใหญ่เมื่อแกะเปลือกและคว้านเมล็ดออกแล้วก็นำเข้าเครื่องอบแบบถาด (Tray dryer) มักพบปัญหาระหว่างการอบ เช่น การควบคุมอุณหภูมิ การกระจายของอากาศร้อนและระยะเวลาในการอบ โดยในทางปฏิบัติจำเป็นต้องมีการสลับตำแหน่งถาดบรรจุทำให้เสียแรงงานและสูญเสียความร้อนในขณะเปิดตู้เพื่อทำการสลับตำแหน่งถาด (สุนีย์รัตน์, 2544) ดังนั้นจึงได้ศึกษาการอบแห้งลำไยชนิดแกะเปลือกด้วยเครื่องลดความชื้นแบบสลับทิศทางอากาศร้อน เพื่อให้ผลผลิตที่บรรจุอยู่ในแต่ละชั้นถาดได้รับความร้อนโดยสม่ำเสมอ จะช่วยลดความสูญเสีย และทำให้ผลผลิตภัณฑ์ลำไยที่ได้มีคุณภาพดี ศุภศักดิ์ และคณะ (2543) ทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทาง

---

[1]สาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ / postharvest technology program , Post harvest Technology Institute, CMU

[2]ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ / Faculty of Agricultural, CMU

[3]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ / Faculty of Engineering, CMU

อากาศร้อน และทดลองลดความชื้นลำไยชนิดแกะเปลือกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ช่วงความชื้นเริ่มต้น 81 – 83%(wb) ให้เหลือความชื้นสุดท้าย 18%(wb) โดยมีการสลับทิศทางอากาศร้อนเข้าด้านบนและด้านล่าง ที่ 0 2 4 ชั่วโมง พบว่าการไม่สลับทิศทางอากาศร้อนทำมีให้อัตราการลดความชื้น 5.21%(wb) ต่อชั่วโมง โดยใช้เวลา 14 ชั่วโมง และเมื่อทำการสลับทิศทางอากาศร้อน ทำให้อัตราการลดความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 5.72%(wb) ต่อชั่วโมง ใช้เวลา 12 ชั่วโมง เช่นเดียวกับสุนีย์รัตน์ (2544) ได้ศึกษาการอบแห้งลำไยชนิดแกะเปลือก โดยออกแบบให้มีการกระจายของอากาศร้อนมาจาก 3 ทิศทาง คือผนังทั้งสองด้านและด้านหลัง และทำการสลับทิศทางให้อากาศออกทางด้านบนและล่างที่ระยะเวลา 0 3 6 ชั่วโมง พบว่าการใช้ความเร็วของอากาศร้อนที่ 0.88 เมตรต่อวินาที ใช้เวลา 14 ชั่วโมง โดยไม่ต้องมีการสลับทิศทางอากาศร้อนเป็นวิธีการอบแห้งที่เหมาะและ Aree *et al.* (2000) รายงานว่าเนื้อลำไยแห้งที่ความชื้น 20%(wb) มีการหดตัวหลังอบมากกว่า 80% โดยปริมาตร นอกจากนั้นพัฒนาภรณ์ (2542) ได้ทดลองอบแห้งพริกขี้หนูด้วยเครื่องอบแห้งแบบหมุนเวียนอากาศร้อนที่ความเร็วอากาศร้อน 0.2 เมตรต่อวินาที ลดความชื้นพริกตั้งแต่ 74.9%(wb) จนถึง 12.42%(wb) พบว่าของอัตราการลดความชื้น ลักษณะที่ปรากฏ ความชื้นสุดท้าย และคุณภาพของสี ไม่มีความแตกต่างกันที่ระยะเวลาการสลับทิศทางอากาศร้อน 3 5 และ 7 ชั่วโมง

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้ลำไยชนิดแกะเปลือกพันธุ์ดอในฤดูกาล (ช่วงเดือน ก.ค. – ส.ค.) เกรด A (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.7 – 2.8 ซม.) อบครั้งละประมาณ 20 กิโลกรัม โดยใช้เครื่องอบแบบสลับทิศทางลม (ภาพที่ 1)

นำลำไยแกะเปลือกคว้านเมล็ดออก แช่ในสารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.3 เปอร์เซ็นต์ เวลา 3 นาที แล้วนำมาเรียงบนถาด วางคว่ำขั้วผลลง แบ่งการทดลองในการอบแห้งโดยสลับทิศทางอากาศร้อน 0 3 และ 6 ชั่วโมง ใช้ความเร็วลม 2 อัตรา โดยกรรมวิธีในการทดลองมีดังนี้

NA1 ไม่สลับทิศทาง ความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที

A3V1 สลับทิศทางลมทุก 3 ชั่วโมง ความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที

A6V1 สลับทิศทางลมทุก 6 ชั่วโมง ความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที

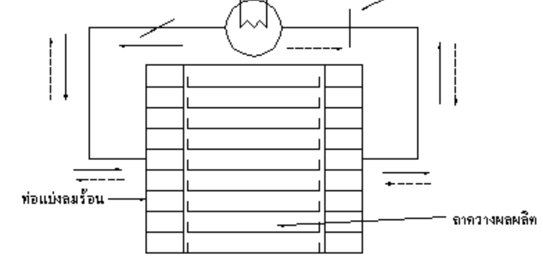
A6V1 สลับทิศทางลมทุก 6 ชั่วโมง ความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที

NA2 ไม่สลับทิศทางลม ความเร็วลม 1.35 เมตรต่อวินาที

A3V2 สลับทิศทางลมทุก 3 ชั่วโมง ความเร็วลม 1.35 เมตรต่อวินาที และ

A6V2 สลับทิศทางลมทุก 6 ชั่วโมง ความเร็วลม 1.35 เมตรต่อวินาที

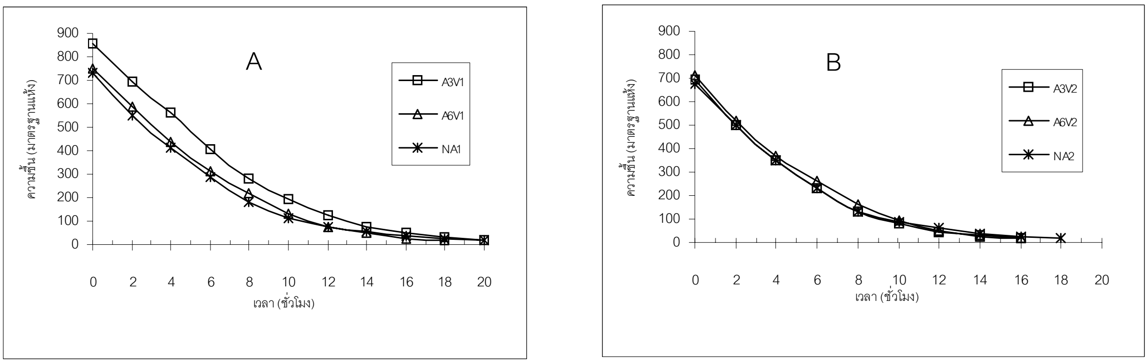
เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำลำไยแห้งที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพในห้องปฏิบัติการในด้านความชื้น (Hall, 1980) สีและค่า Water activity (Aw) (สุนีย์รัตน์, 2544)



<u>**ภาพที่ 1**</u> ไดอะแกรมเครื่องลดความชื้นแบบสลับทิศทางอากาศร้อน

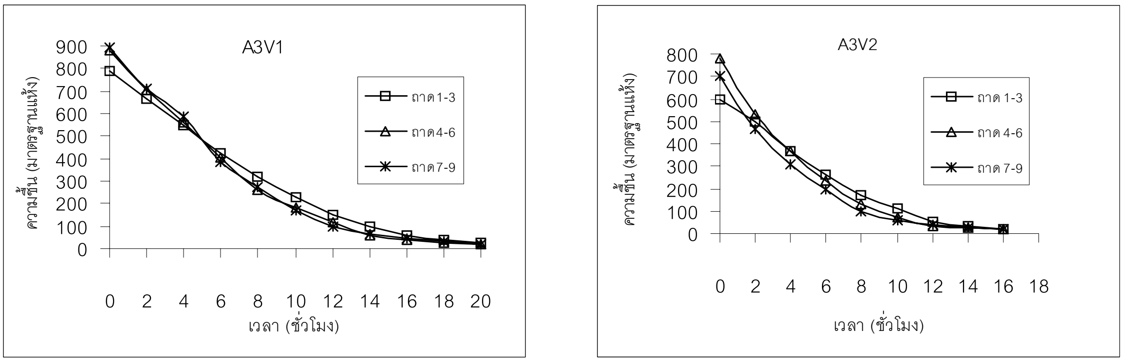
ผลและวิจารณ์

จากการลดความชื้นลำไยชนิดแกะเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งสลับทิศทางอากาศร้อน ออกแบบให้มีการไหลของอากาศร้อน จากผนังด้านข้างออกสู่ผนังอีกด้านหนึ่ง โดยใช้ปีกผีเสื้อบังคับทิศทางการไหลของอากาศ พบว่าความชื้นเริ่มต้นของเนื้อลำไยค่อนข้างสูงคือประมาณ 88%(wb) เนื่องจากการแช่สารโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ทำให้ปริมาณน้ำบางส่วนยังคงอยู่ในผล



<u>ภาพที่ 2</u> การลดความชื้นเนื้อลำไยด้วยความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที (A) และ 1.35 เมตรต่อวินาที (B)

จากภาพที่ 2(A) ลดความชื้นโดยใช้ความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที โดยมีการสลับทิศทางลม 0 3 และ 6 ชั่วโมง ใช้ระยะเวลาลดความชื้นจนมีความชื้นต่ำกว่า 18%(wb) (หรือ 21.95%db) คือ 20 20 และ 18 ชั่วโมง ตามลำดับ และมีอัตราการอบแห้ง 35.36 41.67 และ 41.69%(db) ต่อชั่วโมง ตามลำดับ จะเห็นว่าเมื่อสลับทิศทางลมร้อนทุก 3 ชั่วโมง จะใช้เวลาอบแห้ง 20 ชั่วโมง ทั้งนี้การสลับลมถี่จะทำให้เนื้อลำไยที่ตำแหน่งด้านข้างทั้งสองได้รับความร้อนไม่เต็มที่ มีความร้อนไม่เพียงพอในการระเหยน้ำออกจากเนื้อลำไย ส่วนในกรณีที่ไม่สลับทิศทางลมนั้น ความร้อนเข้าสู่ห้องอบเพียงด้านใดด้านหนึ่งจะทำให้เนื้อลำไยแห้งเพียงด้านเดียว และค่อยๆ แห้งตามกันมาจนทั่วถาด ทำให้อัตราการลดความชื้นต่ำ และการลดความชื้นที่ความเร็วลม 1.35 เมตรต่อวินาที ภาพ 1(B) ใช้ระยะเวลาลดความชื้น 18 16 และ 16 ชั่วโมง มีอัตราการอบแห้ง 37.58 43.34 และ 44.35%(db) ต่อชั่วโมง การสลับทิศทางลมร้อนและไม่มีการสลับทิศทางลมร้อน จะมีผลต่อเวลาในอบแห้งและอัตราการลดความชื้น ทั้งนี้การสลับทิศทางลมร้อนทุก 3 และ 6 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันของเวลาและอัตราการอบแห้ง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนด้วยความเร็วสูงจะทำให้อุณหภูมิผลผลิตที่แต่ละระยะของถาดจากซ้ายไปขวามีความแตกต่างกันไม่มากนัก จึงทำให้เนื้อลำไยได้รับความร้อนที่สม่ำเสมอ และมีอัตราการลดความชื้นสูง



<u>ภาพที่ 3</u> การลดความชื้นเนื้อลำไยในแต่ละชั้นถาดที่ความเร็ว 0.75, 1.35 เมตรต่อวินาที สลับลมทุก 3 ชั่วโมง

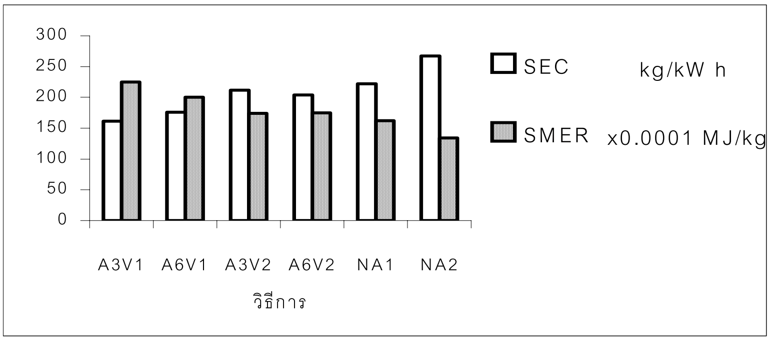
ส่วนของการลดความชื้นที่แต่ละชั้นถาด ซึ่งเครื่องลดความชื้นบรรจุ 9 ถาด จะแบ่งเป็นชั้นบน (ถาด 1-3) ชั้นกลาง (ถาด 4-6) และชั้นล่าง (ถาด 7-9) จากภาพที่ 3 A3V1 ที่ชั้นถาดกลางและล่างจะมีอัตราการลดความชื้นสูงกว่าชั้นบน สังเกตอัตราการลดความชื้นในเวลา 4 ชั่วโมงแรก ชั้นบน กลาง และล่าง จะเท่ากับ 60.8 80.33 และ 76.6%(db) ต่อชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อเสร็จสิ้นการอบอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 38.35 43.06 และ 43.59%(db) ต่อชั่วโมง ส่วนในกรรมวิธี A3V2 การลดความชื้นในเวลา 4 ชั่วโมงแรก ชั้นบน กลาง และล่าง จะเท่ากับ 58.33 102.77 และ 97.75%(db) ต่อชั่วโมง และเมื่อเสร็จสิ้นการอบอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 36.11 46.48 และ 42.61%(db) ต่อชั่วโมง เนื่องจากการไหลของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งจากผนังด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งมีอากาศร้อนบางส่วนลอยตัวขึ้นสูงไปสะสมกับอากาศร้อนของชั้นต่อๆ ไป ทำให้อัตราการลดความชื้นในช่วงชั่วโมงแรกๆ ถาดกลาง และถาดบน สูงกว่าถาดล่างมาก

ตารางที่ 1 ค่าสีและ A w ของการอบแห้งเนื้อลำไยแต่ละวิธีการ

วิธีการ	L	A	B	Chroma	Hue	Aw
A3V1	36.59[a]	+8.064[a]	+20.15[a]	21.79[a]	68.11[a]	0.52[a]
A6V1	36.86[a]	+6.482[a]	+19.54[a]	20.66[a]	71.54[a]	0.44[a]
A3V2	43.31[a]	+9.707[a]	+27.37[a]	29.12[a]	70.56[a]	0.44[a]
A6V2	38.6[a]	+8.096[a]	+24.4[ab]	25.73[ab]	71.86[a]	0.49[a]
NA1	36.79[a]	+10.5[a]	+26.46[b]	28.92[b]	68.49[a]	0.47[a]
NA2	38.88[a]	+8.971[a]	+26.44[b]	27.76[b]	72.89[a]	0.44[a]

* ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ $\alpha = 0.05$ (LSD Analysis)

จากการตรวจสอบคุณภาพสีด้วยระบบ Hunter ที่ให้ค่า L, a, b, Chroma และ Hue ของการอบแห้งวิธีต่างๆ (ตารางที่ 1) ค่า L หรือค่าความสว่าง (0 – 100; ดำ – ขาว) ค่า a หรือค่าสี (+คือสีแดง, –คือสีเขียว) และค่า Hue คือค่ามุมของเฉดสี มีค่าไม่แตกต่างกัน ส่วนในด้านของค่า b หรือค่าสี (+คือสีเหลือง, –คือสีน้ำเงิน) และ Chroma หรือค่าความเข้มของสี วิธีการ A3V1, A6V1, A3V2 และ A6V2 จะแตกต่างกันกับวิธีการ NA1 และ NA2 ที่ $\alpha = 0.05$ ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่า NA1 และ NA2 มีสีเหลืองเข้มกว่าทุกวิธีการ เนื่องจากเนื้อลำไยที่ไม่มีการสลับทิศทางอากาศร้อนจะถูกความร้อนเป็นเวลานานที่ข้างหนึ่งข้างใดโดยเฉพาะ ทำให้ความแตกต่างกันของสีภายในถาดเดียวกันมีมากด้วย นอกจากนี้ค่า Aw ที่วัดได้ไม่มีความแตกต่างกันในทุกการทดลอง และน้อยกว่า 0.7 ซึ่งเป็นค่าที่ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ (ไพโรจน์, 2539)



ภาพที่ 4 แสดงความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) และอัตราระเหยน้ำจำเพาะ (SMER)

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption , SEC) สามารถหาได้จากสูตร $3.6(P_e)/(m_i - m_p)$; P_e = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW h), m_i = น้ำหนักก่อนอบแห้ง, m_p = น้ำหนักหลังอบแห้ง (kg) และ อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (Specific moisture energy rate, SMER) สามารถหาได้จากสูตร $(m_i - m_p)/(P_e)$ (สุทธิศักดิ์,2543) จากภาพที่ 4 ค่า SEC ของ A3V1, A6V1, A3V2, A6V2, NA1 และ NA2 มีค่า 161.24, 176.185, 211.49, 203.9, 222.045 และ 267.05 MJ/kg ตามลำดับ และค่า SMER มีค่า 0.0225, 0.02, 0.0174, 0.0175, 0.01623 และ 0.01345 kg/kW h ค่า SEC ในความเร็วลม 1.35 เมตรต่อวินาที จะมีค่าสูงกว่าความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที เนื่องจากความเร็วลมที่สูงจะมีอัตราการไหลของอากาศสูงด้วย เป็นไปตามสมการ $Q = m_a C_p (T_2 - T_1)$ โดยที่ m_a เป็นค่าของอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ถ้าค่า m_a เพิ่มขึ้น จะต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้ระยะเวลาการสลับทิศทางอากาศร้อนมีผลไม่มากนักต่อ SEC ในด้านของ SMER เมื่อไม่สลับทิศทางลมร้อนจะมีค่าต่ำกว่าทุกวิธีการ ซึ่งอาจเป็นเพราะลมร้อนที่เข้าภายในห้องอบมีทิศทางเดียว ทำให้การลดความชื้นจะค่อยแห้งตามกันไปจากข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่ง ในทางกลับกันหากสลับทิศทางลม การลดความชื้นในถาดจะถูกบังคับให้ลดลงทั้ง 2 ข้างในเวลาเท่าๆ กัน อัตราการระเหยน้ำจึงมีค่าสูง

สรุป

การอบแห้งลำไยชนิดแกะเปลือกด้วยเครื่องลดความชื้นแบบสลับทิศทางอากาศร้อนด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วลม 0.75 เมตรต่อวินาที ใช้เวลาต่ำสุด 18 ชั่วโมง มีอัตราการอบแห้งสูงสุด 41.69%(db) ต่อชั่วโมง และความเร็วลม 1.35 เมตรต่อวินาที ใช้เวลาต่ำสุด 16 ชั่วโมง มีอัตราการอบแห้งสูงสุด 44.35%(db) ต่อชั่วโมง โดยคุณภาพของสี ค่า b และ ความเข้มของสีวิธีการอบแห้งที่ไม่สลับทิศทางลมร้อนทั้ง 2 ความเร็วลม จะมีสีเข้มกว่าวิธีสลับลมทุกวิธีการ และ Aw มีค่าเฉลี่ย 0.46 ซึ่งไม่มีแตกต่างกันในทุกวิธีการ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ตลอดจนอุปกรณ์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

พัฒนาภรณ์ ใจอุตม์. 2542. การอบพริกขี้หนูด้วยเครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนลมร้อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 76 หน้า

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539. อาหารกึ่งแห้ง. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 203 หน้า.

สุทธิศักดิ์ ภัทรสถาพรกุล. 2543. การพัฒนาเครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ . 123 หน้า.

สุนีย์รัตน์ ตุ้ยดา . 2544. การอบแห้งลำไยแบบแกะเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 96 หน้า.

ศุภศักดิ์ ลิมปิติ, ทวีชัย นิมาแสง, วิบูลย์ ช่างเรือ และ เยาวเรศ ไชยกันทา. 2543. รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องอบแห้งผลิตผลเกษตรแบบสลับทิศทางลมร้อน. ทบวงมหาวิทยาลัย. 112 หน้า.

Aree, A., S. Somchart and T. Jirawan. 2000. Drying Kinetics of Longan Flesh. Proc. of The International Agricultural Engineering Conference. Bangkok. pp. 212–218 .

Hall, C.W. 1980. Drying and Storage of Agricultural Crops. AVI Publishing Co., Inc. Westport. Connecticut. U.S.A. 382 p.