แนวทางการปรับปรุงเพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อโดยใช้พลังงานชีวมวล

Strategy for improving performance of longan flesh dryer using biomass as fuel

ศิวะ อัจฉริยวิริยะ[1], จตุรพักตร์ ปัณณวลี[1] และ อารีย์ อัจฉริยวิริยะ[1*]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
*ติดต่อ: E-mail: aree@dome.eng.cmu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 053944146, เบอร์โทรสาร: 053944145

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งลำไยที่ใช้พลังงานชีวมวลเพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง ซึ่งพิจารณาข้อมูลที่ดำเนินการอบแห้งโดยเกษตรกร ต.สันปูเลย อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ ใช้ฟืนไม้ลำไยเป็นเชื้อเพลิงอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อพันธุ์ดอเกรดเอเอ จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับลมร้อนทิ้งมีปริมาณสูงสุดถึง 48% รองลงมาคือพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสีย 31% และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้ง 42 MJ/kg_{water} เมื่อพิจารณาจากข้อมูลเหล่านี้จึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงเครื่องอบแห้งโดยการเพิ่มจำนวนแถวของท่อในห้องแลกเปลี่ยนความร้อนและติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อฟื้นคืนความร้อนจากลมร้อนทิ้ง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการศึกษา จากการเปรียบเทียบผลการจำลองสภาวะการอบแห้งกับผลการทดลองเพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองพบว่า ให้ผลการจำลองสภาวะใกล้เคียงกับผลการทดลอง และจากการใช้แบบจำลองนี้จำลองสภาวะการอบแห้งตามแนวคิดที่จะปรับปรุง พบว่า การจำลองการปรับปรุงเครื่องอบแห้งโดยเพิ่มจำนวนแถวของท่อในห้องแลกเปลี่ยนความร้อน และ การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อฟื้นคืนความร้อนจากลมร้อนทิ้ง สามารถลดความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะได้ 56%

คำหลัก: เครื่องอบแห้ง; พลังงาน; ชีวมวล; ลำไย

Abstract

The objectives of this research are to develop the longan flesh dryer for improving the performance of the dryer. The experiments were performed at Sanpooluey, Doisaket district, Chiangmai province. Longan wood was used as fuel. These tests used AA grade longan. The energy loss through the hot air ventilation was 48%. The energy loss through the exhaust gas was 31%. And, the specific energy consumption of drying was 42 MJ/kg_{water}. The installation of a heat recovery device should reduce the specific energy consumption and improve the performance. A mathematical model of the dryer was developed for simulation of the drying in this study. The model was verified by comparisons between the simulated results with the experimental measurements. It was found that the simulated results agree well with the experimental measurements. Using this mathematical model

for drying simulation in this study, it was found that the installation of a heat recovery device can reduce the specific energy consumption by 56%.

Keywords: dryer; energy; biomass; longan

1. บทนำ

ลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคเหนือซึ่งมีผลผลิตปริมาณมากในแต่ละปี ซึ่งผลผลิตลำไยปี 2556 ในภาคเหนือมีปริมาณ 530,802 ตัน [1] ซึ่งไม่สามารถที่จะบริโภคในรูปแบบลำไยสดได้ทั้งหมด จึงมีกรรมวิธีในการรักษาลำไยไม่ให้เน่าเสีย ซึ่งหนึ่งในวิธีที่นิยมมากที่สุดก็คือการอบแห้ง การอบแห้งลำไยสามารถแบ่งออกเป็นการอบแห้งลำไยทั้งลูก และการอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อ เครื่องอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อนิยมใช้แก๊ส แอลพีจี เป็นแหล่งพลังงานความร้อน ซึ่งจะใช้สะดวกและตัวเครื่องอบแห้งกะทัดรัดแต่ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมีค่าสูง ต่อมามีนักวิจัยหลายท่านได้พัฒนาปรับปรุงการอบแห้งลำไยมาใช้พลังงานชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานความร้อนเพื่อที่จะลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและพัฒนาคุณภาพของลำไยอบแห้ง โดยมีนักวิจัยศึกษาเกี่ยวกับการอบแห้งลำไยดังนี้ กรรณิการ์ มณีบุญ [2] ได้ศึกษาสมรรถนะในการอบลำไยทั้งลูกด้วยเครื่องอบแห้งแบบดั้งเดิมกับเครื่องอบแห้งไต้หวันแบบปรับปรุง โดยนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ ทำการอบแห้งลำไยทั้งลูก 1800 kg ที่อุณหภูมิ 75-80 °C ชั้นลำไยหนา 60 cm ความเร็วในการอบแห้ง 0.1 m/s อัตราการไหลอากาศจำเพาะ 6 $kg_{dry\ air}$/h-$kg_{dry\ product}$ ใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง พบว่าใช้เวลาในการอบแห้ง 72 h ทั้ง 2 เครื่อง จากการวิเคราะห์พลังงานในการอบแห้งพบว่า พลังงานที่สูญเสียไปกับลมร้อนทิ้ง 52% และพลังงานที่สูญเสียไปกับการถ่ายเทความร้อน 7% ค่าสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนจำเพาะ 6.7 MJ/kg_{water} และจากการวิเคราะห์พลังงานของเครื่องแบบปรับปรุง พบว่าพลังงานที่สูญเสียไปกับลมร้อนทิ้ง 41% พลังงานที่สูญเสียไปกับค่าการถ่ายเทความร้อน 9% ความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนจำเพาะ 6.3 MJ/kg_{water} Tippayawong [3] ได้ทำการปรับปรุงเครื่องอบแห้งแบบไต้หวัน โดยปรับปรุงเครื่องอบแห้งแบบไต้หวันที่มีอยู่แล้วโดยปรับปรุงให้เป็น 4 กระบะแต่ละกระบะต่อเข้ากับห้องเผาใหม้ส่วนกลางทำห้องเผาไหม้ขึ้นมาใหม่โดยใช้อิฐทนไฟและเปลี่ยนจากการใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงมาเป็นการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแทน นำลมร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่โดยนำไปผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่ออุ่นอากาศและมีการหุ้มฉนวนให้กับห้องจ่ายลมร้อน และปรับปรุงเครื่องให้สามารถปรับทิศทางการไหลของลมร้อนได้ เมื่อทำการประเมินผลประสิทธิภาพทางความร้อนพบว่ามีค่า 0.35 เทียบกับเครื่องอบแห้งแบบไต้หวันแบบเดิมซึ่งมีค่า 0.29 มีพลังงานจำเพาะนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงขึ้น 16% และสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงได้ 80% เมื่อเทียบกับแบบเดิม โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์แล้วเครื่องอบแห้งแบบปรับปรุงจะมีระยะเวลาคืนทุน 3 ปี ภัทรอนงค์ คงช่วย [4] ได้ทำการประเมินความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อด้วยเครื่องอบแห้งแบบชีวมวลแบบดั้งเดิมของเกษตรกรที่หมู่บ้านสันป่าเหียง ต.มะเขือแจ้ อ.เมือง จ.ลำพูน และได้วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ในการการอบแห้ง เพื่อเสนอแนะแนวทางในการสร้างเครื่องอบแห้งให้ประหยัดพลังงาน พบว่าพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งเท่ากับ 8.85% นอกนั้นเป็นพลังงานสูญเสียผ่านลมร้อนทิ้ง 1.35% พลังงานสูญเสียไปกับผนังและโครงสร้างเท่ากับ 37.98% พลังงานที่สูญเสียไปกับพื้น 2.86% พลังงานที่สูญเสียไปกับไอเสีย 34% และพลังงานที่สูญเสียไปกับสาเหตุอื่น ๆ 14.50% โดยมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 28.28 MJ/kg_{water} ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งเชิงความร้อน 8.81% และเสนอแนวทางในการสร้างเครื่องอบแห้งเพื่อให้ประหยัดพลังงานและลดการสูญเสียพลังงาน โดยเสนอให้เพิ่ม

ฉนวนให้กับผนังและเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนให้กับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธภาพในการอบแห้ง Chunthaworn [5] ได้ทำการทดลองเพื่อหาจลนศาสตร์ของสีเนื้อลำไยอบแห้งที่อุณหภูมิสูง โดยใช้ลำไยพันธุ์ดอ จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิและเวลาอบแห้งมีส่วนสำคัญที่สุดในการเปลี่ยนสีของเนื้อลำไย

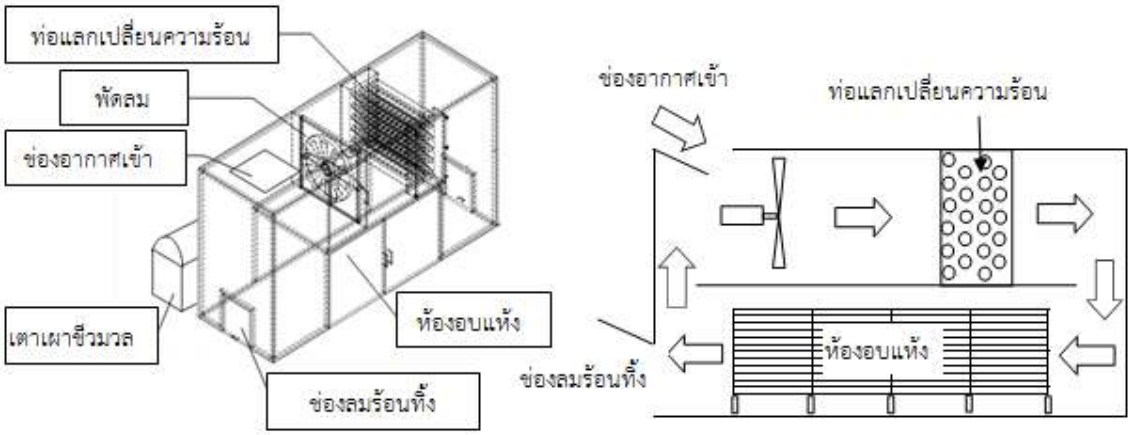
วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การหาแนวทางการพัฒนาเครื่องอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลด้วยวิธีการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำลองสภาวะการอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อเพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องอบแห้งหลังการปรับปรุง

2. วัสดุและวิธีการ

การทดลองการอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อ จากการอบแห้งตามปกติของเกษตรกร ตำบลสันปูเลย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบชีวมวลของเกษตรกร เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งนี้ และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อเพื่อหาแนวทางพัฒนาเพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องอบแห้งต่อไป

2.1 เครื่องอบแห้งเชื้อเพลิงชีวมวล

เครื่องอบแห้งเชื้อเพลิงชีวมวลมีขนาด (กxยxส) เท่ากับ 1.8 x 4.8 x 2.6 เมตร^3 ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ห้องอบแห้งและห้องแลกเปลี่ยนความร้อน ห้องอบแห้งมีขนาดเท่ากับ 1.8 x 4.8 x 1.3 เมตร^3 อยู่ด้านล่างของเครื่องอบแห้ง โดยใช้ผนังห้องอบแห้งแบบสำเร็จรูป มีฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อนผ่านผนังห้องอบแห้ง ส่วนห้องแลกเปลี่ยนความร้อน จะอยู่ด้านบนมีขนาดเท่ากับ 1.8 x 4.8 x 1.3 เมตร^3 และมีจำนวนแถวของท่อแลกเปลี่ยนความร้อน 6 แถว โดยมีพัดลมและท่อแลกเปลี่ยนความร้อนโดยปล่อยให้อากาศร้อนที่ได้จากการเผาเชื้อเพลิงในเตาเผาภายนอกไหลตามธรรมชาติผ่านภายในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนจนออกสู่อากาศภายนอกที่ปล่องไอเสียทิ้ง โดยเมื่อพัดลมเป่าอากาศผ่านท่อแลกเปลี่ยนความร้อนจะทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นและไหลผ่านห้องอบแห้งด้านล่างเพื่อใช้ประโยชน์ในการอบแห้ง หลังจากผ่านห้องอบแห้งลมร้อนส่วนหนึ่งจะถูกปล่อยทิ้ง และอีกส่วนหนึ่งจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ (ดูรูปที่ 1 ประกอบ)



รูปที่ 1 การทำงานและส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดสอบ

2.2. การทดลอง

การทดลองอบแห้งทั้งหมด 3 ครั้ง แต่ละครั้งมีเงื่อนไขการอบแห้งต่าง ๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงสภาวะการอบแห้งของแต่ละการทดลอง

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
น้ำหนักเนื้อลำไย	198 kg	203kg	153 kg
อุณหภูมิแวดล้อม/ความชื้นสัมพัทธ์	28°C / 70%	28°C / 95%	28°C / 95%
ความชื้นเริ่มต้น	410 %db	478 %db	467 %db
ความชื้นลำไยสุดท้าย	19 %db	19 %db	19 %db
อุณหภูมิอบแห้งเฉลี่ย	57.5 °C	66 °C	62.5 °C
อัตราการนำลมร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่	60%	60%	60%
อัตราการไหลลมร้อน	4.2 m^3/s	4.2 m^3/s	4.2 m^3/s

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

พลังงานความร้อนทั้งหมดที่ใช้ในการอบแห้งจากเชื้อเพลิงชีวมวล (E_{total}) คือพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งในที่นี้คือไม้ลำไย สามารถคำนวณได้จาก

E_{total} = น้ำหนักเชื้อเพลิง(kg) x LHV (MJ/kg) (1)

ในการทดลองนี้ใช้ค่าความร้อนต่ำของไม้ลำไย (LHV) = 12 MJ/kg [6]

พลังงานความร้อนที่นำมาใช้ประโยชน์(E_{use}) คือพลังงานความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำในเนื้อลำไย และพลังงานความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิเนื้อลำไยสูงขึ้น

$$E_{use} = m_w h_{fg}^{'} + m_p c_{pp} (\Delta T_p) \quad (2)$$

โดยที่

m_w = มวลของน้ำที่ระเหยออกจากลำไย (kg)

$h_{fg}^{'}$ = ความร้อนแฝงการระเหยน้ำในเนื้อลำไย (kJ/kg)

m_p = มวลเนื้อลำไย (kg)

c_{pp} =ความจุความร้อนจำเพาะของเนื้อลำไย (kJ/kg.K)

ΔT_p = อุณหภูมิเนื้อลำไยที่เปลี่ยนแปลงไป (K)

ค่าความร้อนแฝงในการระเหยน้ำในเนื้อลำไย และค่าความจุความร้อนจำเพาะของเนื้อลำไย ใช้สมการที่พัฒนาจาก ธณัฏฐ์ยศ สมใจ (2546) [7] สรุปได้ดังนี้

$$h_{fg}^{'} = h_{fg}[1 + 0.144\exp(-8.0369M)] \quad (3)$$

$$c_{pp} = 0.2826M + 2.4995 \quad (4)$$

โดยที่

h_{fg} = ความร้อนแฝงในการระเหยน้ำแบบอิสระ (kJ/kg)

M = ความชื้นมาตรฐานแห้งเนื้อลำไย, มาตรฐานแห้ง

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) เป็นปริมาณของพลังงานที่ใช้ระเหยน้ำต่อน้ำหนึ่งหน่วยมวลออกจากวัสดุ คำนวณจากสมการ

$$SEC = \frac{(2.6\sum E_{fan}) + E_{total}}{M_w} \quad (5)$$

โดยที่

SEC คือค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ(MJ/kg_{water})

E_{fan} คือพลังงานไฟฟ้าที่ให้กับพัดลมในการอบแห้ง (MJ)

E_{total} คือพลังงานความร้อนทั้งหมดจากชีวมวล (MJ)

M_w คือปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเนื้อลำไย (kg)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง (η) เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งซึ่งเป็นสัดส่วนของพลังงานความร้อนที่ใช้ประโยชน์ในการอบลำไย ต่อพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด โดยคำนวณได้จาก

$$\eta = \frac{E_{use}}{E_{total}} \times 100 \quad (6)$$

2.4 แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้ง

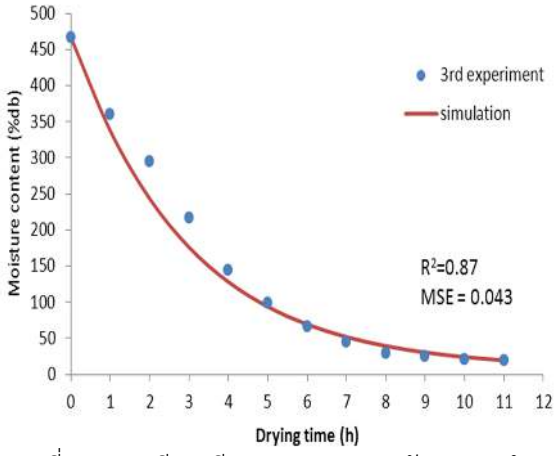
การจำลองสภาวะการอบแห้งด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อแบบชีวมวล เพื่อศึกษาผลของการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และเพิ่มจำนวนแถวของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ เป็นบรรทัดฐานของการตัดสินใจ โดยเงื่อนไขสภาวะการจำลองการอบแห้งเหมือนกับการทดลองครั้งที่ 3 โดยการจำลองสภาวะการอบแห้งได้เปลี่ยนจำนวนแถวของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนจาก 6 แถว เป็น 7, 8, 9, และ 10 แถว

3. ผลและวิจารณ์

3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ผลการจำลองสภาวะการอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อได้ผลการลดลงของความชื้นในช่วงเวลาต่างๆ ดังรูปที่ 2 พิจารณาจากรูปแสดงการเปรียบเทียบความชื้นเนื้อลำไยกับเวลาระหว่างการทดลองครั้งที่ 3 กับการจำลองสภาวะการอบแห้งที่เงื่อนไขเดียวกับการทดลอง (จำนวนแถวของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 6 แถว) พบว่า การจำลองการอบแห้งใกล้เคียงกับการทดลอง โดยมีค่าผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง(Mean square Error ; MSE) เท่ากับ 0.043 และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination ; R^2) เท่ากับ 0.87

นอกจากนี้จากการนำผลของอุณหภูมิเฉลี่ยของลมร้อนทิ้ง อุณหภูมิไอเสียเฉลี่ย และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ได้จากการจำลองสภาวะเปรียบเทียบกับผลการทดลองได้ผลดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าผลที่ได้จากการทำนายอุณหภูมิเฉลี่ยของลมร้อนทิ้งคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5.9% อุณหภูมิไอเสียเฉลี่ยคลาดเคลื่อนไม่เกิน 7.8% และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะคลาดเคลื่อนไม่เกิน 4.0%



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองสภาวะการอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อ

ตารางที่ 2 ผลการจำลองเทียบกับการทดลองครั้งที่ 3

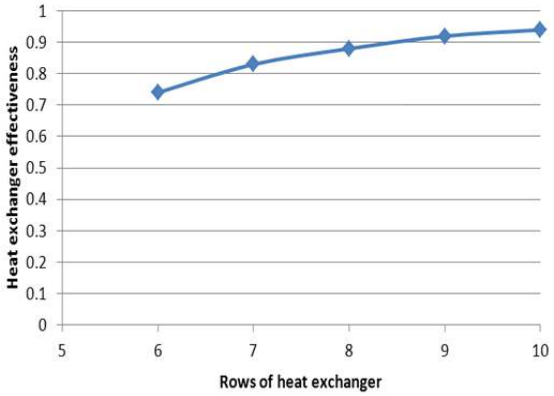
	ผลการทดลอง	ผลการจำลองสภาวะ	% ความแตกต่าง
อุณหภูมิเฉลี่ยของลมร้อนทิ้ง (°C)	57.6	61.0	5.9%
อุณหภูมิไอเสียเฉลี่ย (°C)	294.0	271.0	7.8%
ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/kg_{water})	42.7	41.0	4.0%

3.2 การปรับปรุงเครื่องอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อ

จากผลการวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะพบว่า พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับลมร้อนทิ้งมีปริมาณสูงสุดถึง 48% รองลงมาคือพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสีย 31% และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้ง 42 MJ/kg_{water} จะเห็นได้ว่าพลังงานสูญเสียจากลมร้อนทิ้ง และ พลังงานสูญเสียจากไอเสียปล่อยทิ้งมีปริมาณมาก ดังนั้นแนวทางพัฒนาเพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องอบแห้งจึงมุ่งไปที่การลดพลังงานสูญเสียของจากไอเสียปล่อยทิ้ง และลมร้อนทิ้ง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองสภาวะการอบแห้งเมื่อเพิ่มจำนวนแถวของท่อในห้องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยแปรเปลี่ยนจำนวนแถวเป็น 7, 8, 9 และ 10 แถว

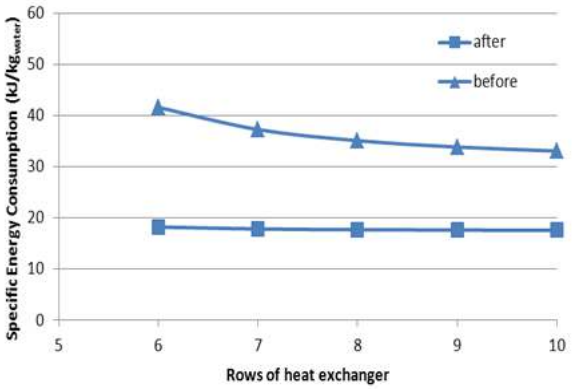
และจากการจำลองการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อฟื้นคืนความร้อนจากลมร้อนทิ้ง ได้ผลการจำลองสภาวะการอบแห้ง ดังรูปที่ 3 – 5

จากรูปที่ 3 เมื่อเพิ่มจำนวนแถวท่อแลกเปลี่ยนความร้อนในห้องแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้ประสิทธิผลห้องแลกเปลี่ยนความร้อนสูงขึ้นเนื่องจากมีพื้นที่การถ่ายเทความร้อนมากขึ้น โดยประสิทธิผลเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง

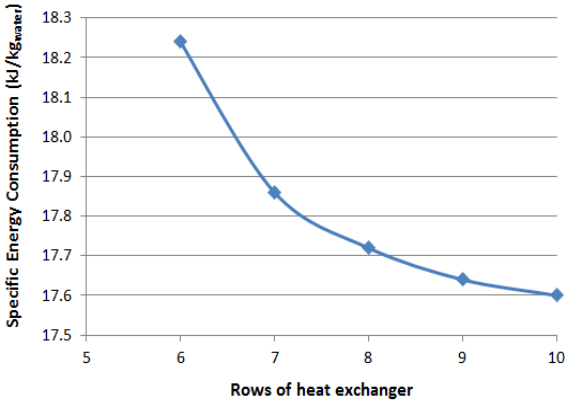


รูปที่ 3 การจำลองเพิ่มจำนวนแถวของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีต่อประสิทธิผล

เมื่อจำลองการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ทางออกของลมร้อนทิ้งเพื่ออุ่นอากาศแวดล้อมที่เข้าห้องอบแห้ง ทำให้ภาระในการทำให้ลมร้อนใช้พลังงานลดลงอย่างมาก พิจารณารูปที่ 4 แสดงความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะก่อนและหลังจำลองการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่า กรณีจำนวนแถวในห้องแลกเปลี่ยนความร้อนมี 6 แถว สามารถลดความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจาก 41.0 MJ/kg_{water} เหลือ 18.2 MJ/kg_{water} ซึ่งลดลงได้ถึง 56% และกรณีจำนวนแถวในห้องแลกเปลี่ยนความร้อนมี 10 แถว สามารถลดความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจาก 32.0 MJ/kg_{water} เหลือ 17.6 MJ/kg_{water} ซึ่งลดลงได้ถึง 45%



รูปที่ 4 เปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะก่อนและหลังการจำลองติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 5 อิทธิพลของการจำลองติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีต่อความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

พิจารณารูปที่ 5 การเพิ่มจำนวนแถวของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนพร้อมกับติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานลดลง แต่ความสิ้นเปลืองพลังงานลดลงน้อยมาก เช่น กรณีจำนวนแถวของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มจาก 6 แถวเป็น 7 แถว พบว่า สามารถลดความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจาก 18.23 MJ/kg_{water} เหลือ 17.88 MJ/kg_{water} ซึ่งลดลงได้เพียง 2% เท่านั้น และกรณีจำนวนแถวของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มจาก 9 แถวเป็น 10 แถว พบว่า สามารถลดความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจาก 17.64 MJ/kg_{water} เหลือ 17.60 MJ/kg_{water} ซึ่งลดได้ไม่ถึง 0.3%

4. สรุป

การศึกษาหาแนวทางการปรับปรุงเครื่องอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อแบบชีวมวลโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถสรุปได้ว่าควรติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพียงอย่างเดียว และใช้ห้องแลกเปลี่ยนความร้อนของเดิมที่มีจำนวนท่อแลกเปลี่ยนความร้อน 6 แถวซึ่งจะทำให้สามารถลดความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะได้ 56%

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ปฏิบัติการเฉพาะกิจผลไม้ภาคเหนือ สำนักส่งเสริมและพัฒนาเกษตรเขตที่ 6 กรมส่งเสริมการเกษตร. “ประมาณผลผลิตลำไย 8 จังหวัดภาคเหนือ ปี 2557” http://www.ndoae.doae.go.th/warroom_longan/longan2014/index.html เข้าถึง 19 เมษายน 2560.

[2] กรรณิการ์ มณีบุญ, อารีย์ อัจฉริยวิริยะ ศิวะ อัจฉริยวิริยะ และ ยุวนารี นามสงวน. (2549). การจัดการพลังงานของเครื่องอบแห้งลำไยแบบไต้หวัน, การประชุมวิชาการการถ่ายเทความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 5 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 6-7 เมษายน 2549 ณ. โรงแรมโลตัส ปางสวนแก้วจังหวัดเชียงใหม่ หน้า 158-163.

[3] Tippayawong, N. Tantakitti, C. and Thavornun, S. (2008). Energy efficiency improvements in longan drying practice. Energy, Vol. 33, 2008, p1137-1143.

[4] ภัทรอนงค์ คงช่วย, ศิวะ อัจฉริยวิริยะ, กอดขวัญ นามสงวน, และ อารีย์ อัจฉริยวิริยะ. (2552). การประเมินการใช้พลังงานสำหรับการอบแห้งเนื้อลำไยโดยใช้เครื่องอบแห้งชนิดชีวมวล, สัมมนาทางวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ครั้งที่2, มหาวิทยาลัยราชมงคลตะวันออก, 28-29 พฤษภาคม 2552, หน้า 81-88.

[5] Chunthaworn, S., Achariyaviriya, S., Achariyaviriya, A. and Namsanguan, K. (2011). Color kinetics of longan flesh drying at high temperature. Procedia Engineering, Vol. 32, 2012, p104-111.

[6] Tippayawong, N. Tantakitti, C. Thavornun, S. and Peerawanitkul, P. (2009). Energy conservation in drying of peeled longan by forced convection and hot air recirculation. Bio systems Engineering, Vol. 104, 2009, p199-204.

[7] ธณัฏฐ์ยศ สมใจ, ศิวะ อัจฉริยวิริยะ และอารีย์ อัจฉริยวิริยะ. (2546). *คุณสมบัติทางความร้อนลำไยพันธุ์ดอ*. การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน (ครั้งที่ 2), ศูนย์ฝึกอบรมธนาคารไทยพาณิชย์ อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่, 21-22 สิงหาคม 2546.