อิทธิพลของลมร้อนร่วมกับคลื่นไมโครเวฟที่มีต่อกระบวนการอบแห้งยางแท่ง STR 20

Effects of Hot Air-Microwave Combined on STR 20 Rubber Drying Process

บัณฑิต สุริยวงศ์พงศา[1] **และ คำนึง วาทโยธา**[1]

Bundit Suriyavongpongsa[1] and Cumnueng Watyotha[1]

Abstract

Effects of hot air-microwave combined on STR 20 rubber drying was investigated on belt conveying the product running inside a drying tunnel. Clean grounded cup lump rubber obtained from the rubber processing plant was used as sample for the study. About 3 kg of rubber samples at initial moisture of 25-30 %w.b. were conveyed into the tunnel at speed of 0.18 meter per minute, passing two stations blowing hot air and one station using hot air-microwave. Temperature of the samples for drying were controlled at 100°, 110°, and 120°C. The process was repeated until final moisture of the products was lower than 0.8 %w.b. Rubber samples were taken at each pass of the drying cycle for moisture determination. Total energy of hot air and microwave for drying were determined. Optimum times for drying at different temperatures were; 6,400-8,000 seconds for 100°C, 5,600-6,400 seconds for 110°C and 4,400-4,800 seconds for 120°C. Total energy for drying were 11.32-14.12 MJ, 11.83-13.52 MJ and 11.40-12.50 MJ for drying at 100°, 110° and 120°C respectively.

Keywords: microwave, microwave heating, block rubber STR 20

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของลมร้อนร่วมกับคลื่นไมโครเวฟที่มีต่อการอบแห้งยางแท่ง STR 20 โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสายพานลำเลียง ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ อุณหภูมิลมร้อนและเวลาอบแห้ง วัสดุการทดลองใช้ยางก้นถ้วยที่ได้รับการทำความสะอาดและบดย่อยจากโรงงานผลิตยางแท่ง จากผลการทดลองและเกณฑ์คุณภาพทางกายภาพพบว่า ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลาอบแห้งที่เหมาะสม คือ 6,400 ถึง 8,000 วินาที ใช้พลังงาน 11.32 ถึง 14.12 เมกะจูล ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลาอบแห้งที่เหมาะสม คือ 5,600 ถึง 6,400 วินาที ใช้พลังงาน 11.83 ถึง 13.52 เมกะจูล และที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลาอบแห้งที่เหมาะสม คือ 4,400 ถึง 4,800 วินาที ใช้พลังงาน 11.40 ถึง 12.50 เมกะจูล

คำสำคัญ: ไมโครเวฟ, การทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ, ยางแท่ง เอส ที อาร์ 20

คำนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย มีพื้นที่การเพาะปลูก 17.42 ล้านไร่ ผลผลิต 4.43 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) ประเทศไทยสามารถส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยสามารถส่งออกทำรายได้ให้ประเทศประมาณ193,749.21 ล้านบาท โดยประเภทยางที่ส่งออก ได้แก่ ยางแท่ง 1,574,605 ตัน ยางแผ่นรมควัน 715,354 ตัน ยางผสม 744,739 ตัน น้ำยางข้น 674,919 ตัน และอื่นๆ 61,032 ตัน (สถาบันวิจัยยาง, 2557) ในขณะเดียวกันอุตสาหกรรมผลิตยางแท่งของไทยนิยมใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบอุโมงค์ ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่ายถึงร้อยละ 33.33 เปอร์เซ็นต์ จากต้นทุนการผลิตยางแท่ง STR 20 (อเนก และคณะ, 2546) ทำให้แต่ละปีต้องประสบปัญหาด้านต้นทุนพลังงาน ดังนั้นการศึกษาเทคนิคการอบแห้งแบบใหม่ที่สามารถลดต้นทุนด้านพลังงานได้ จึงมีความสำคัญต่อขีดความสามารถในการแข่งขัน

การอบแห้งในการผลิตยางแท่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพและสิ้นเปลืองพลังงานมาก (Verhaar,1973) โรงงานผลิตยางแท่งของไทยนิยมใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบอุโมงค์ มีชุดพัดลมทำหน้าที่ดูดอากาศร้อนจากห้องเผาไหม้เชื้อเพลิง และเป่าให้หมุนเวียนผ่านชั้นของยางแท่งที่บรรจุอยู่ในกระบะของรถเข็นหนา 30 เซนติเมตร จัดการการอบแห้งเป็นแบบสองขั้นตอน คือขั้นแรกใช้อุณหภูมิ 120-130 องศาเซลเซียส ขั้นที่สองใช้อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส (วิชัย, 2549) ในขั้นตอนแรกมีการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นจึงลดลงอย่างช้าๆ ในขั้นตอนที่สอง อุณหภูมิในชั้นยางมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 95-110 องศาเซลเซียส และผลผลิตสุดท้ายมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (สุภวรรณ และคณะ, 2548) แบบจำลองสามารถทำนาย

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002

[1]Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

การอบแห้งยางแท่งแบบสองขั้นตอนได้ใกล้เคียงกับผลการทดลอง และมีความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนน้อยสุดเป็น 22.9 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย (ปิยพงศ์ และวีรยุทธ, 2549)

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีการศึกษาเกี่ยวกับการนำพลังงานไมโครเวฟมาใช้ในการอบแห้งยางแท่ง เช่น คำนึง และเฉลิมขวัญ (2550) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งยางแท่งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ โดยอบแห้งยางแท่งที่อุณหภูมิลมร้อน 100 110 และ 120 องศาเซลเซียส พบว่าการลดลงของความชื้นในช่วง 30 นาทีแรก เป็นไปอย่างรวดเร็ว และหลังจากนั้นความชื้นลดลงอย่างช้าๆ ส่วนการอบแห้งยางแท่งด้วยเตาไมโครเวฟ โดยการเปิด-ปิดให้พลังงานเป็นระยะๆ พบว่าความชื้นลดลงเร็วมากในช่วง 20 นาทีแรก ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าลมร้อน จึงทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งลดลงมาก ต่อมา จาริณีและคำนึง (2551) ทำการศึกษาการอบแห้งยางแท่งด้วยการควบคุมอุณหภูมิภายใน โดยการเปิดให้กำลังไมโครเวฟเพื่อเพิ่มอุณหภูมิยางสลับกับการเป่าลมเพื่อลดอุณหภูมิยาง พบว่า การเปิด-ปิดให้กำลังไมโครเวฟโดยควบคุมอุณหภูมิภายในยางแท่งให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิเฉลี่ย 100 องศาเซลเซียสได้ เมื่อน้ำหนักยางแท่งมากขึ้นจะใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้น แต่ความสิ้นเปลืองพลังงานโดยรวมจะลดลง นอกจากนี้ คำนึงและเฉลิมขวัญ (2553) ได้ศึกษาการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิ 100.8 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการเปิดกำลังไมโครเวฟ 1 นาที ปิดกำลังไมโครเวฟ 2 นาที มีความสิ้นเปลืองพลังงานรวมต่ำสุดเป็น 10.30 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย โดยจำแนกเป็นความสิ้นเปลืองพลังงานไมโครเวฟและพลังงานลมร้อน 3.56 และ 6.74 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าความสิ้นเปลืองพลังงานของการอบยางแท่งด้วยลมร้อนจากการศึกษาของปิยพงศ์และวีรยุทธ์ (2549)

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของลมร้อนร่วมกับคลื่นไมโครเวฟที่มีต่อกระบวนการอบแห้งยางแท่ง STR 20 โดยใช้เครื่องอบสายพานลำเลียงแบบต่อเนื่อง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำยางก้อนถ้วยที่บดแล้วน้ำหนัก 3 กิโลกรัม มีขนาด 330×335×100 มิลลิเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) ไปอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสายพานลำเลียงที่ระดับกำลัง 1800 วัตต์ต่อหัว ดังภาพที่ 1 โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 100 110 และ 120 องศาเซลเซียส ความเร็วในการเคลื่อนที่ของสายพานที่ 0.18 เมตรต่อนาที โดยอบแห้งยางแท่งด้วยลมร้อนเป็นจำนวน 2 ห้อง และอบด้วยลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟจำนวน 1 ห้อง แล้วนำยางแท่งกลับไปอบต่อด้วยลมร้อน 2 ห้อง และลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ 1 ห้อง ทำการอบตามขั้นตอนข้างต้นจนกว่ายางแท่งจะมีความชื้นต่ำกว่า 0.8 %w.b. โดยความชื้น (Moisture content, MC) ของยางแท่งคำนวณจากสมการที่ 1 และพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งคำนวณจากสมการที่ 2 3 และ 4 อนึ่ง ระหว่างการทดสอบจะทำการบันทึกอุณหภูมิและน้ำหนักของยางทุกครั้ง เมื่อหยุดให้พลังงานลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟทุกครั้ง ยางแท่งทั้งหมดที่ผ่านการทดลองแล้ว จะถูกนำไปอบเพื่อหามวลแห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 14 ชั่วโมง

$$MC_W = \frac{\left(W_t - W_d\right)}{W_t} \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ MC_W คือ ความชื้น (%wb) W_d คือ น้ำหนักแห้งของยางแท่ง (g)
W คือ น้ำหนักยางแท่งที่เวลาใดๆ (g)

$$E = E_{MW} + E_{HA} \quad (2)$$

เมื่อ E คือ พลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง (MJ) E_{HA} คือ พลังงานความร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิลม (MJ)
E_{MW} คือ พลังงานไมโครเวฟ (MJ)

$$E_{MW} = VI\cos\varphi \quad (3)$$

เมื่อ E_{MW} คือ พลังงานไมโครเวฟ (MJ) I คือ กระแสไฟฟ้า (A)
V คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V) $\cos\varphi$ คือ Power Factor

$$E_{HA} = 50.22(m_{LPG}) \quad (4)$$

เมื่อ E_{HA} คือ พลังงานความร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิลม (MJ)
m_{LPG} คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (kg) 50.22 คือ ค่าความร้อนของแก๊ส LPG (MJ/kg)

(a) (b)

Figure 1 The Conveyor Belt System: (a) Layout of the alternately drying chamber with hot air and hot air combined with microwaves (b) prototype of belt dryer using combine hot air-microwave.

ผลการทดลองและวิจารณ์

การอบยางแท่ง STR 20 ด้วยลมร้อนร่วมกับคลื่นไมโครเวฟ ด้วยอุณหภูมิลมร้อน 100, 110 และ 120 °C และที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่า เมื่อแปรค่าระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งยางแท่งจาก 100 เป็น 110 และ 120 °C จะใช้เวลาในการอบแห้งลดลง ความชื้นของยางแท่งจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก จากนั้นความชื้นของยางแท่งจะค่อยๆ ลดลง และจะลดลงช้ามากจนความชื้นมีค่าต่ำกว่า 0.8 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ส่วนค่าพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ค่าพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งจะแปรผันตรงกับระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ดัง Figure 2. หลังจากอบแห้งคุณภาพทางกายภาพของก้อนยางแท่งจะไม่มีจุดขาว และไม่มีบริเวณยางละลาย ดัง Figure 3b.

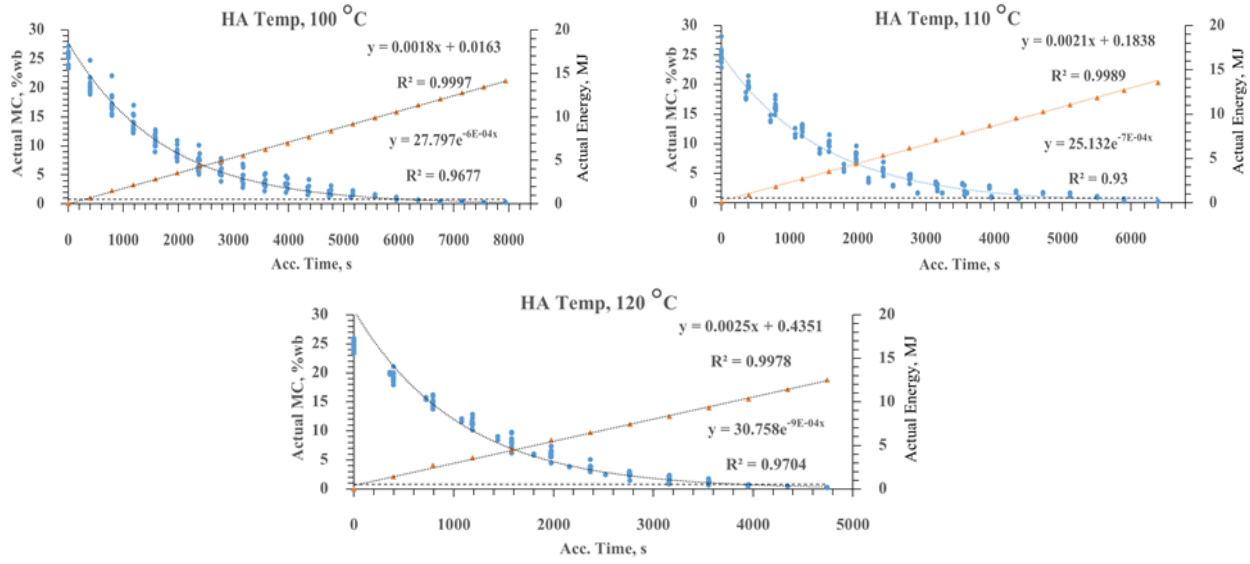

Figure 2 Show drying time and moisture content of block rubber STR 20 at 100, 110 and 120 °C

Figure 3 Show physical quality after drying block rubber STR 20 by hot air-microwave; (a) at 100°C, drying times < 6,400 seconds (b) at 100°C, optimal drying times 6,400-8,000 seconds and (c) at 120°C, drying times > 4,800 seconds

ข้อมูลจากการอบยางแท่งด้วยลมร้อนร่วมกับคลื่นไมโครเวฟ ที่อุณหภูมิ 100 110 และ 120 °C จากผลการทดลองและเกณฑ์คุณภาพทางกายภาพ สามารถคัดเลือกความชื้นของยางแท่งจะลดลงต่ำกว่า 0.8 %Mc_{wb} โดยที่ยางแท่งที่ผ่านการอบแห้งจะไม่มีบริเวณที่เป็นจุดขาวและยางละลาย โดยมีระดับอุณหภูมิและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งยางแท่ง ดัง Figure 4. กล่าวคือ ที่ระดับอุณหภูมิ 100 °C มีระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง 6400 ถึง 8000 s ที่ระดับอุณหภูมิ 110 °C มีระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง 5600 ถึง 6400 s และที่ระดับอุณหภูมิ 120 °C มีระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง 4400 ถึง 4800 s

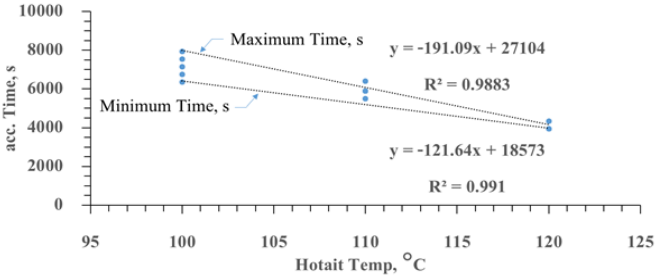

Figure 4 Temperature and reasonable time for drying rubber STR 20.

สรุป

การศึกษาการอบแห้งยางแท่ง STR 20 ด้วยลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ ในโครงการวิจัยนี้สามารถสรุปเงื่อนไขที่เหมาะสมได้ คือ การอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100 °C มีช่วงเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเท่ากับ 6400 ถึง 8000 วินาที ใช้พลังงาน 11.32 ถึง 14.12 MJ ที่อุณหภูมิ 110 °C ใช้เวลาในการอบแห้งเท่ากับ 5600 ถึง 6400 วินาที ใช้พลังงาน 11.83 ถึง 13.52 MJ และที่อุณหภูมิ 120 °C ใช้เวลาในการอบแห้งเท่ากับ 4400 ถึง 4800 วินาที ใช้พลังงาน 11.40 ถึง 12.50 MJ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ “ศูนย์เครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น” ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

คำนึง วาทโยธา และ เฉลิมขวัญ อริยะวงศ์. 2550. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการอบแห้งยางแท่งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 38 (5 พิเศษ) : 259-262.

คำนึง วาทโยธา และ เฉลิมขวัญ อริยะวงศ์. 2553. การศึกษากระบวนการและพัฒนาเครื่องอบแห้งยางแท่ง STR 20 ด้วยไมโครเวฟ. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จารินี จงปลื้มปิติ และ คำนึง วาทโยธา. 2551. ผลของน้ำหนักที่มีต่อคุณลักษณะการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟ. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปิยะพงศ์ ม่วงมณี และ วีรยุทธ ลิ่มสกุล. 2549. แนวทางการอบแห้งยางแท่ง เอส ที อาร์ 20. โครงงานนักศึกษาระดับปริญญาตรี. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิชัย กิตติพล. 2549. กระบวนการผลิตยางแท่ง. [สัมภาษณ์]. ผู้จัดการสาขา บมจ.ไทยฮั้วยางพารา อ.แกลง จ.ระยอง. 6 ธันวาคม 2549.

สถาบันวิจัยยาง. 2557. ปริมาณการผลิตยางแท่ง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.htm. (10 พฤษภาคม 2558).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2557. ศูนย์สถิติการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สุภาวรรณ ฎิระวณิชย์กุล, ปิ่นพงศ์ คงชนะ, ยุทธนา ฎิระวณิชย์กุล และ สมบูรณ์ วรวุฒิคุณชัย. 2548. การศึกษาความเป็นไปได้เทคนิคในการอบแห้งยางดิบเพื่อผลิตยางแท่ง เอสทีอาร์ 20. หน้า 991-996. *ใน:* การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19. 19-21 ตุลาคม 2548. ภูเก็ต.

เอนก กุณาละศิริ, สุภาพร บัวแก้ว, สมจิตต์ ศิขรินมาศ, พัชรินทร์ ศรีวารินทร์, จุมพฏ สุขเกื้อ และ สมมาตร แสงประดับ. 2546. ต้นทุนการผลิตยางแท่งชั้น 20 (STR 20). ส่วนเศรษฐกิจการยาง, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

Verhaar, G. 1973. Processing of natural rubber. Royal Tropical Institute. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations.