บทที่ 4
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การพัฒนาเครื่องอบแห้งไมโครเวฟระดับห้องปฏิบัติการเพื่อการอบแห้งยางแท่ง STR 20 มีวิธีการทดสอบตามที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 3 การรายงานผลการทดสอบจึงแบ่งได้เป็น 6 หัวข้อ คือ ผลของการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งไมโครเวฟระดับห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมธรรมดา ผลการศึกษาการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน การวิเคราะห์ผลการศึกษาของค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง ผลการประเมินผลคุณภาพยางตามมาตรฐานยางแท่ง STR 20 และเงื่อนไขที่เหมาะสมในการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

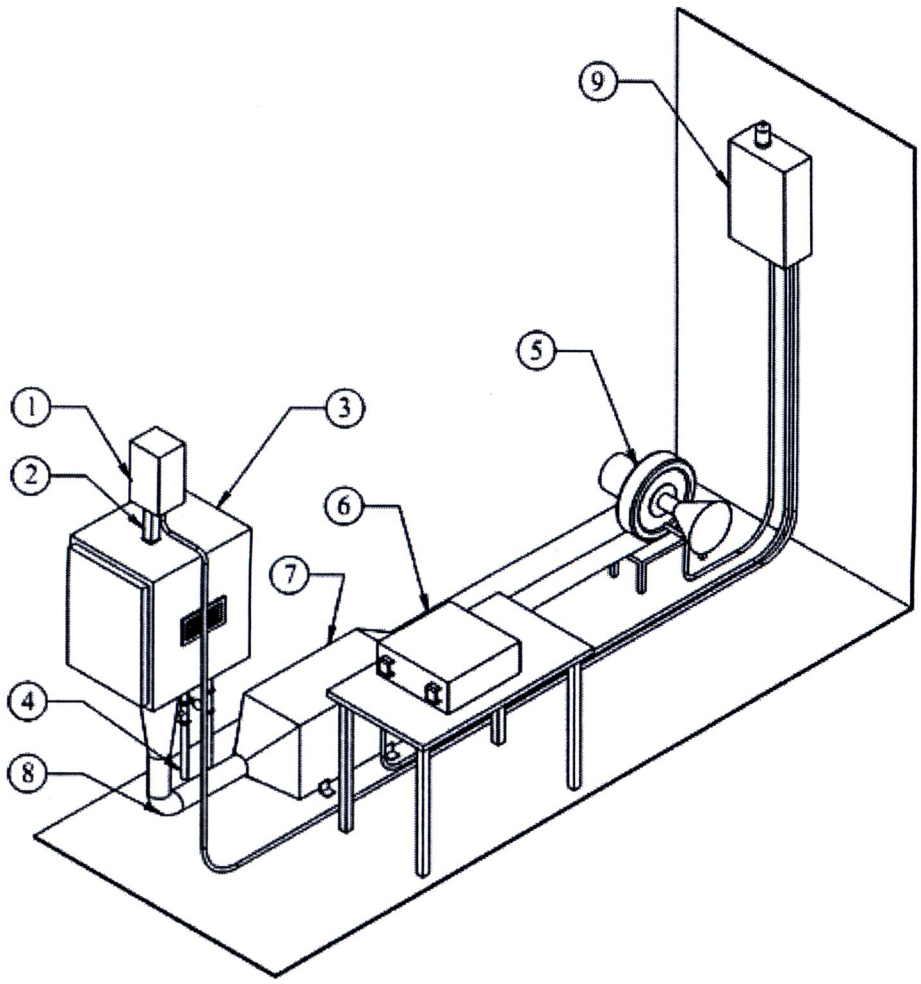
1. ผลของการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งไมโครเวฟระดับห้องปฏิบัติการ

ผลของการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งไมโครเวฟในระดับห้องปฏิบัติการ ทำให้ได้เครื่องอบไมโครเวฟที่มีขนาดกำลังวัตต์สูง สามารถอบแห้งยางแท่งที่มีความหนาใกล้เคียงกับยางแท่งในระดับอุตสาหกรรมได้ เครื่องอบแห้งที่ได้มีการควบคุมการให้กำลังคลื่นไมโครเวฟผ่านชุดควบคุมกำลัง เตาอบไมโครเวฟมีขนาดความจุ 76 ลิตร ดัดแปลงต่อกับท่อลมร้อนด้านล่างของห้องอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิและความเร็วของลมได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.1 หลังจากดำเนินการสร้างเครื่องตามที่ออกแบบแล้วเสร็จ มีการทดสอบด้านความปลอดภัย (ทดสอบการแพร่กระจายของคลื่นจากภายในสู่ภายนอกเตา) การทดสอบการกระจายคลื่นในห้องอบและการวัดกำลังของไมโครเวฟ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การทดสอบด้านความปลอดภัย พบว่าการแพร่กระจายของคลื่นจากภายในสู่ภายนอกเตามีค่าที่วัดได้มีค่าเฉลี่ยเป็น 2.10 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ ค่าที่วัดได้ต้องไม่เกิน 10 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ผลโดยละเอียดแสดงในตารางที่ ข. 1 (ภาคผนวก ข)

2. การทดสอบการกระจายคลื่นในห้องอบ พบว่าค่าที่วัดได้แล้วนำไปแทนตามสมการที่ (5) ได้ค่าเป็น 70.92 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าปกติ เพราะมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้เป็น 65% ของค่ามาตรฐาน ได้ผลโดยละเอียดแสดงในตารางที่ ข. 2 (ภาคผนวก ข)

3. การวัดกำลังของไมโครเวฟ ค่าที่วัดได้จากการทดสอบ จะต้องมีค่ามากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของกำลังวัตต์ที่ระบุ เตาซึ่งอบที่ทำการออกแบบมีขนาดกำลัง 2000 วัตต์ ผลจากการทดสอบได้ค่ากำลังเป็น 1702.63 วัตต์ จึงถือว่าปกติเป็นไปตามมาตรฐาน ได้ผลโดยละเอียดแสดงในตารางที่ ข. 3 (ภาคผนวก ข)



ภาพที่ 4.1 เครื่องอบแห้งไมโครเวฟระดับห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของหมายเลขต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งไมโครเวฟระดับห้องปฏิบัติการ

รายการ	รายละเอียดต่าง ๆ
1. ส่วนกำเนิดคลื่น	แมกนีตรอน ขนาดกำลัง 2,000 วัตต์ความถี่ 2.45 จิกะเฮิร์ต
2. ท่อนำคลื่น	รูปทรงสี่เหลี่ยม
3. ห้องอบ	ขนาด 40x38x50 เซนติเมตร ด้านบนต่อกับแมกนีตรอน ด้านล่างต่อกับท่อลมร้อน
4. ท่อน้ำเข้า-ออก	ต่อน้ำเข้า-ออก เพื่อระบายความร้อนของแมกนีตรอน
5. ชุดเป่าลมร้อน	พัดลมแบบหอยโข่ง ขนาด 21 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ความเร็วรอบ 2950 รอบต่อนาที มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 กิโลวัตต์
6. ส่วนควบคุมกำลัง	ควบคุมการจ่ายกำลังไมโครเวฟ
7. ฮีทเตอร์	ประกอบด้วยแท่งทำความร้อนขนาด 9 กิโลวัตต์
8. ท่อลมร้อน	ส่งลมร้อนเข้าสู่ห้องอบ
9. ชุดควบคุมอุณหภูมิ	ปรับตั้งอุณหภูมิได้สูงสุด 140 องศาเซลเซียส ความละเอียด ± 0.1

2. ผลการศึกษาการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมธรรมดา

ผลการศึกษานี้ทำให้ทราบผลของความสูงชั้นยางที่มีต่อ อุณหภูมิภายใน ความชื้น เวลาการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

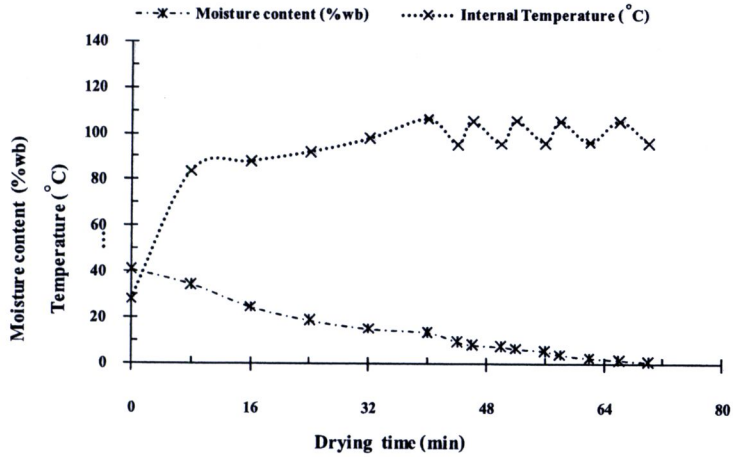
2.1 ผลของความสูงชั้นยางของยางแท่งที่มีต่ออุณหภูมิภายใน ความชื้น และเวลาในการอบแห้ง

ผลการศึกษาการอบแห้งยางแท่งที่ความสูงชั้นยางต่างๆ เมื่อมีการควบคุมอุณหภูมิภายใน โดยการเปิด–ปิดให้กำลังไมโครเวฟสามารถแสดงผลของอุณหภูมิ ความชื้นและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งในแต่ละความสูงชั้นยางให้อยู่ในกราฟเดียวกันได้ดังภาพที่ 4.2 ถึงภาพที่ 4.4

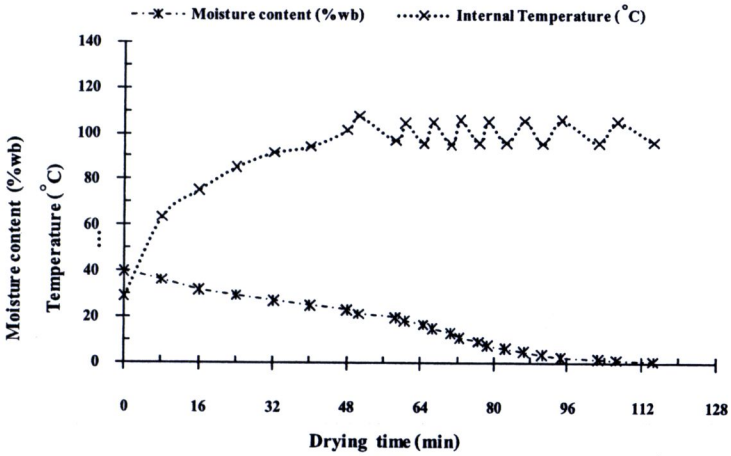
การอบแห้งยางแท่งความสูงชั้นยาง 10 เซนติเมตร ดังภาพที่ 4.2 อุณหภูมิของยางในช่วง 8 นาทีแรกเพิ่มขึ้นรวดเร็วเป็น 83.7 องศาเซลเซียส จากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนเป็น 106.3 องศาเซลเซียส ที่นาทีที่ 40 และหลังจากเปิด-ปิดให้กำลังไมโครเวฟจะมีค่าขึ้นลงในช่วงอุณหภูมิ 95–105 องศาเซลเซียส และอุณหภูมินับตั้งแต่เวลา 40 นาที นาที ถึงสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยเป็น 100.8 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นในช่วง 24 นาทีแรกลดลงอย่างรวดเร็ว เพราะหลังจากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแล้วพลังงานไมโครเวฟส่วนใหญ่ถูกใช้เพื่อการระเหยน้ำ จากนั้นจะลดลงอย่างช้าๆ จนถึงความชื้นประมาณ 0.67 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เพราะการดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟลดลง และเวลาอบแห้งรวม 70 นาที คิดเป็นเวลาให้ไมโครเวฟ 50 นาที และเวลาลดอุณหภูมิ 20 นาที

การอบแห้งยางแท่งความสูงชั้นยาง 15 เซนติเมตร ดังภาพที่ 4.3 อุณหภูมิของยางในช่วง 16 นาทีแรกเพิ่มขึ้นรวดเร็ว เป็น 75.3 องศาเซลเซียส จากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องใกล้เคียง 105 องศาเซลเซียส ที่นาทีที่ 50.5 และหลังจากนั้นมีค่าขึ้นลงในช่วงอุณหภูมิ 95–105 องศาเซลเซียส และอุณหภูมินับตั้งแต่เวลา 40 นาที นาที ถึงสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยเป็น 100.8 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นในช่วง 50.5 นาทีแรกลดลงค่อนข้างคงที่ในอัตราที่ต่ำกว่าการลดลงของความชื้นที่เบด 10 เซนติเมตร เพราะพลังงานส่วนใหญ่ใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในของยาง แต่หลังจากนั้นความชื้นลดลงรวดเร็วขึ้นจนถึงนาทีที่ 72.5 เพราะพลังงานไมโครเวฟถูกใช้เพื่อการระเหยน้ำมากขึ้น แต่หลังจากนั้นความชื้นลดลงอย่างช้าๆ จนถึงความชื้นประมาณ 0.48 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก รวมใช้เวลาอบแห้ง 114.5 นาที คิดเป็นเวลาให้ไมโครเวฟ 70.5 นาที และเวลาลดอุณหภูมิ 44 นาที

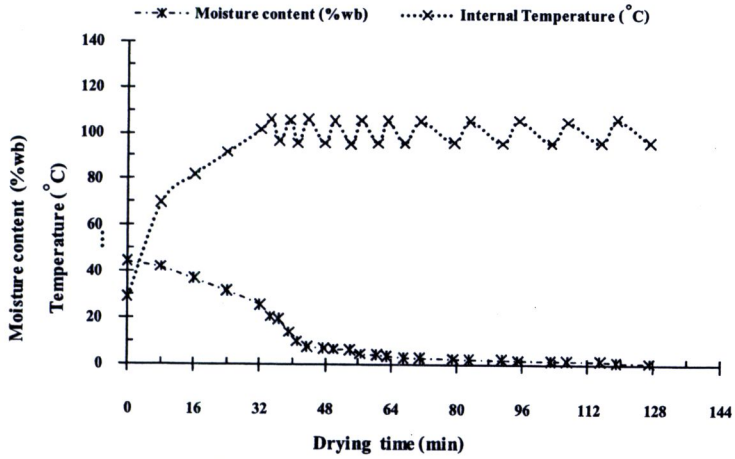
การอบแห้งยางแท่งความสูงชั้นยาง 20 เซนติเมตร ดังภาพที่ 4.4 อุณหภูมิของยางในช่วง 16 นาทีแรกเพิ่มขึ้นรวดเร็ว เป็น 81.9 องศาเซลเซียส จากนั้นเพิ่มขึ้นรวดเร็วและต่อเนื่องจนเป็น 106.3 องศาเซลเซียส ที่นาทีที่ 34.5 และหลังจากนั้นมีค่าขึ้นลงในช่วงอุณหภูมิ 95–105 องศาเซลเซียส และอุณหภูมินับตั้งแต่เวลา 34.5 นาที นาที ถึงสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยเป็น 100.7 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นในช่วง 32 นาทีแรกลดลงอย่างลดลงค่อนข้างคงที่ แต่หลังจากนั้นความชื้นลดลงรวดเร็วขึ้นจนถึงนาทีที่ 39 เพราะพลังงานไมโครเวฟถูกใช้เพื่อการระเหยน้ำมากขึ้น แต่หลังจากนั้นความชื้นลดลงอย่างช้าๆ จนถึงความชื้นประมาณ 0.46 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก รวมใช้เวลาอบแห้ง 127 นาที คิดเป็นเวลาให้ไมโครเวฟ 67 นาที และเวลาลดอุณหภูมิ 60 นาที



ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิตามเวลาการอบแห้งของยางแท่งความสูงชั้นยาง 10 เซนติเมตร



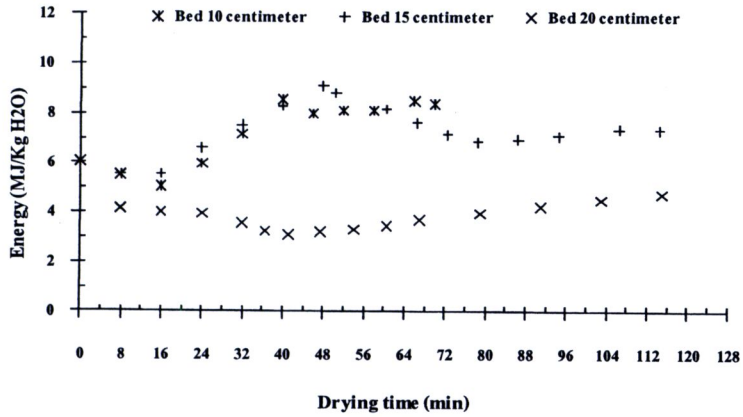
ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิตามเวลาการอบแห้งของยางแท่งความสูงชั้นยาง 15 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิตามเวลาการอบแห้งของยางแท่งความสูงชั้นยาง 20 เซนติเมตร

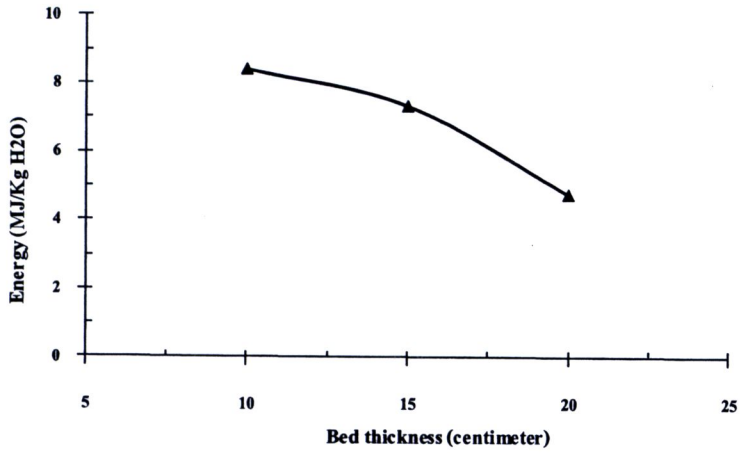
2.2 ผลของความสูงชั้นยางของยางแท่งที่มีต่อพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

ภาพที่ 4.5 แสดงพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งยางแท่งที่ความสูงชั้นยางต่างๆ เห็นได้ว่า ที่ความสูงชั้นยางของยางน้อย พลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง ณ เวลาใด ๆ มีค่าสูงกว่า เนื่องจากว่าน้ำหรือความชื้นที่อยู่ในเนื้อยางจะลดลงเร็วมาในช่วงแรก ทำให้ในช่วงหลังเกิดการสูญเสียเนื่องจากพลังงานไมโครเวฟมากเพราะน้ำอยู่ภายในเหลือน้อยมีการดูดกลืนคลื่นน้อยมาก แต่เมื่อความสูงชั้นยางของยางเพิ่มขึ้น น้ำภายในของชิ้นยางจะเพิ่มขึ้น ทำให้การดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้มากขึ้น ขณะน้ำยังคงระเหยผ่านความหนาของเนื้อยางออกมาได้ แม้เวลาการอบแห้งจะเพิ่มขึ้น แต่พลังงานที่ใช้ในการอบแห้งก็ลดลงได้



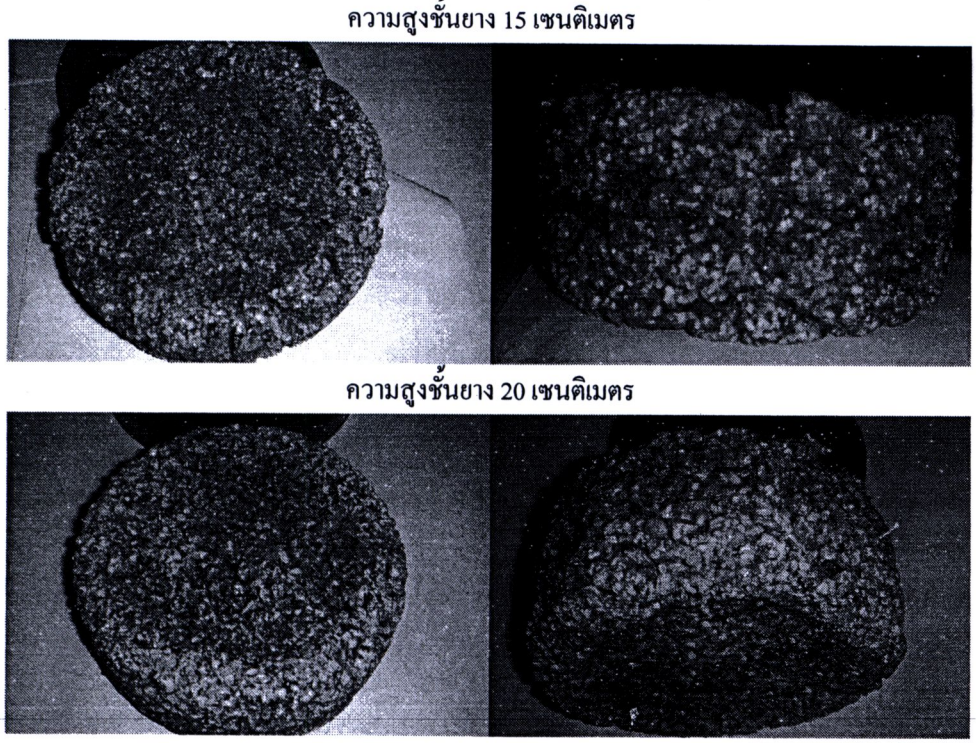
ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งตามเวลาการอบแห้งของยางแท่งความสูงชั้นยางต่าง ๆ

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะคือ พลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง ณ เวลาอบแห้ง ที่ผลผลิตมีความชื้นประมาณ 0.80 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จากผลการทดลองพบว่า การอบแห้งยางแท่งที่ความสูงชั้นยาง 10 15 และ 20 เซนติเมตร จะมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเป็น 8.39 7.31 และ 4.73 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหยตามลำดับ ดังภาพที่ 4.6 เห็นได้ชัดว่าความสิ้นเปลืองลดลงตามความสูงชั้นยาง



ภาพที่ 4.6 การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งยางแท่งความสูงชั้นยางต่าง ๆ

จากผลการทดลองข้างต้น เห็นได้ว่าการอบแห้งด้วยการให้พลังงานไมโครเวฟเพื่อเพิ่มอุณหภูมิยาง ร่วมกับการใช้ลมธรรมดาเพื่อลดอุณหภูมิยาง สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในยางให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้ เพราะสามารถลดความชื้นยางให้เหลือ 0.8 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกได้ และพลังงานที่ใช้ก็ลดลง (ตามความสูงชั้นยาง) เป็นที่น่าพอใจ แต่อย่างไรก็ตามที่ความสูงชั้นยางมากขึ้นจะพบว่ามีปัญหาจุดขาว (ยางไม่สุก) ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ปริมาณจุดขาวของของยางที่ความสูงชั้นยาง 15 และ 20 เซนติเมตร เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง

ภาพที่ 4.7 แสดงภาพจุดขาวบริเวณผิวด้านบนและด้านข้างยางแท่งเมื่อสิ้นสุดการทดลองของยางที่ความสูงชั้นยาง 15 และ 20 เซนติเมตร เนื่องจากพลังงานไมโครเวฟไม่ทำให้ยางสุกได้ทั้งหมด เพราะพลังงานไมโครเวฟส่วนใหญ่ใช้ในการเร่งการแพร่กระจายของความชื้นจึงมีพลังงานไมโครเวฟส่วนน้อยที่ใช้ในการทำให้ยางสุก ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหา จึงนำลมร้อนเข้ามาช่วยในการอบแห้งยางแท่ง เป็นตัวเร่งการสุกของยาง

3. ผลการศึกษาการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

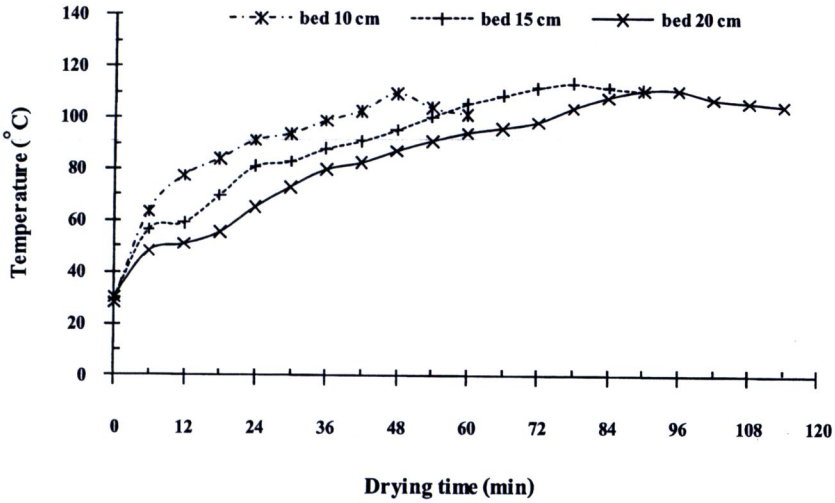
การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของ 3 ปัจจัย คือ ความสูงชั้นยาง อุณหภูมิลมร้อน และเวลาการให้ไมโครเวฟ ต่อ อุณหภูมิภายในของยาง ความชื้น เวลา และพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งยางแท่ง ให้มีความชื้นสุดท้ายของการอบแห้ง 0.8 % เปอร์เซนต์มาตรฐานเปียก สำหรับรายละเอียดของผลการศึกษามีดังนี้

3.1 อิทธิพลของความสูงชั้นยาง อุณหภูมิลมร้อน และเวลาการให้ไมโครเวฟ ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในของยาง

ผลการศึกษาอิทธิพลของความสูงชั้นยาง อุณหภูมิลมร้อน และเวลาการให้ไมโครเวฟ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนอุณหภูมิภายในยางแท่ง แสดงให้เห็นว่าทั้งความสูงชั้นยาง อุณหภูมิลมร้อน และเวลาการให้ไมโครเวฟ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในของยาง สำหรับรายละเอียดทั้งหมดของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในของยางดูได้ที่ ภาคผนวก ค

3.1.1 อิทธิพลของความสูงชั้นยาง

ผลของความสูงชั้นยางที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในยางแท่งผลการศึกษาได้ถูกแสดงทั้งหมดในภาพที่ ค. 1 (ภาคผนวก ค) สำหรับภาพที่ 4.8 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในของยางที่ผ่านการอบแห้งตั้งแต่เริ่มต้น จนสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ความสูงชั้นยางทั้ง 3 มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะที่ความสูงชั้นยาง 10 เซนติเมตร อุณหภูมิภายในเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่สุด รองลงมาคือ 15 และ 20 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อความสูงชั้นยางเพิ่มขึ้นการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงอุณภูมิสูงสุดเพราะเมื่อให้กำลังวัตต์ไมโครเวฟคงที่แต่ความสูงชั้นยางของยางเพิ่มขึ้นทำให้อัตราส่วนความเข้มของกำลังวัตต์ต่อน้ำหนักยางลดลงส่งผลให้อุณหภูมิภายในยางเพิ่มขึ้นช้าและช่วงท้ายของการอบแห้งที่ทุกความสูงชั้นยางอุณหภูมิภายในยางค่อยๆ ลดต่ำลง เนื่องจากน้ำที่อยู่ภายในยางเริ่มเหลือน้อยทำให้การดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้น้อยลง



ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในยางแท่งตามเวลาการอบแห้งที่ความสูงชั้นยางต่างๆ สำหรับเวลาการให้ลมร้อน 2 นาทีและไมโครเวฟ 1 นาที ณ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

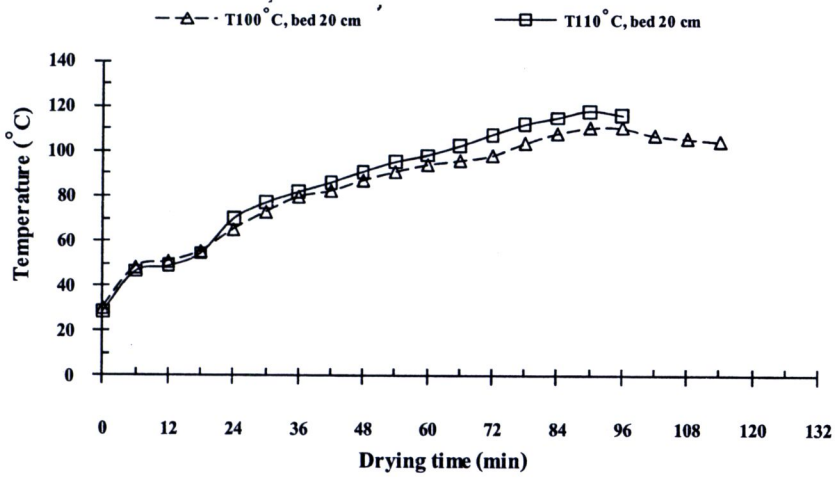
3.1.2 อิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อน

ผลของอุณหภูมิลมร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในยางแท่งได้ผลการศึกษาทั้งหมดในภาพที่ ค. 2 (ภาคผนวก ค) สำหรับภาพที่ 4.9 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในของยางที่ผ่านการอบแห้งตั้งแต่เริ่มต้น จนสิ้นสุดการทดลอง พบว่าอุณหภูมิลมร้อนที่แต่ละอุณหภูมิ ทำให้อุณหภูมิภายในยางทุก

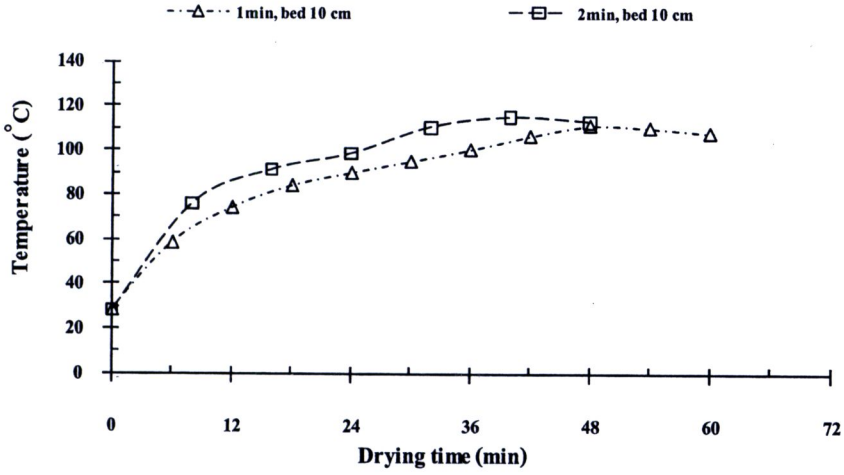
ความสูงชั้นยางเปลี่ยนแปลงโดยมีการเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน โดยเฉพาะที่ความสูงชั้นยาง 20 เซนติเมตร อุณหภูมิลมร้อน 110 องศาเซลเซียส ทำให้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในยางเพิ่มขึ้นมากกว่าที่อุณหภูมิลมร้อน 100 องศาเซลเซียส อย่างเห็นได้ชัดเพราะการถ่ายโอนความร้อนที่อุณหภูมิสูงเกิดได้มากและเร็วกว่า

3.1.3 อิทธิพลของเวลาการให้ไมโครเวฟ

ผลของเวลาการให้ไมโครเวฟที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในยางแท่งได้ผลการศึกษาถูกแสดงทั้งหมดในภาพที่ ค. 3 (ภาคผนวก ค) สำหรับภาพที่ 4.10 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในของยางที่ผ่านการอบแห้งตั้งแต่เริ่มต้น จนสิ้นสุดการทดลอง พบว่าเวลาการให้ไมโครเวฟแตกต่างกันทำให้อุณหภูมิภายในยางเปลี่ยนแปลงโดยมีการเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยที่เวลาการให้ไมโครเวฟ 2 นาที การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในยางสูงกว่าเวลาการให้ไมโครเวฟ 1 นาที ทุกความสูงชั้นยาง



ภาพที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในยางแท่งแต่ละอุณหภูมิลมร้อน สำหรับความสูงชั้นยาง 20 เซนติเมตร เวลาให้ลมร้อน 2 นาที และไมโครเวฟ 1 นาที



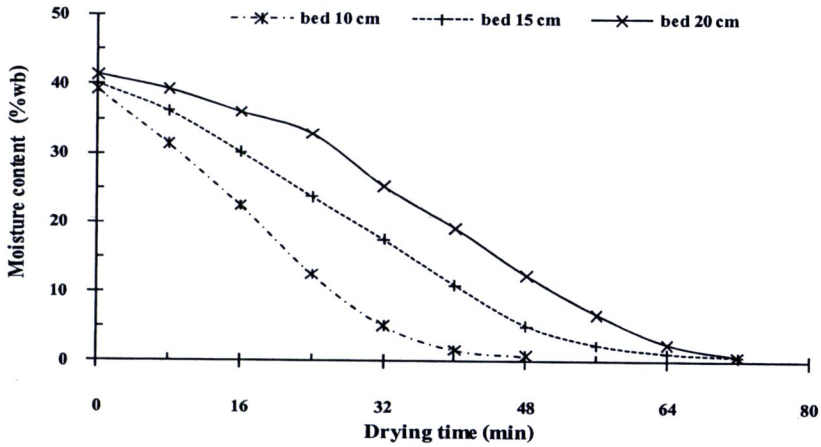
ภาพที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในยางแท่งตามเวลาการให้ไมโครเวฟ สำหรับความสูงชั้นยาง 10 เซนติเมตร อุณหภูมิลมร้อน 100 องศาเซลเซียส

3.2 อิทธิพลของความสูงชั้นยาง อุณหภูมิลมร้อน และเวลาการให้ไมโครเวฟ ที่มีผลต่อความชื้นและเวลาการอบแห้ง

จากการศึกษาอิทธิพลของความสูงชั้นยาง อุณหภูมิลมร้อน และเวลาการให้ไมโครเวฟ ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของยางแท่ง เมื่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่ความชื้นสุดท้าย 0.8 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก แสดงให้เห็นว่าความสูงชั้นยาง อุณหภูมิลมร้อน และเวลาการให้ไมโครเวฟ มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง เนื่องจากเมื่อความสูงชั้นยางเพิ่มขึ้น การลดลงของความชื้นเกิดได้ช้าลง จึงต้องใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้น สำหรับรายละเอียดทั้งหมดของการเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาการอบแห้งดูได้ที่ ภาคผนวก ค

3.2.1 อิทธิพลของความสูงชั้นยาง

ผลการศึกษาอิทธิพลของความสูงชั้นยางที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของยางแท่งกับเวลาในการอบแห้ง ได้ถูกแสดงทั้งหมดในภาพที่ ค. 4 (ภาคผนวก ค) สำหรับภาพที่ 4.11 แสดงถึงค่าความชื้นของยางแท่งที่ผ่านการอบแห้งตั้งแต่เริ่มต้น จนสิ้นสุดการทดลองที่ความชื้นสุดท้าย 0.8 เปอร์เซนต์มาตรฐานเปียก พบว่าการลดลงของความชื้นที่ความสูงชั้นยางทั้ง 3 ต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะที่ความสูงชั้นยาง 10 เซนติเมตร ใช้เวลาการอบแห้งน้อยที่สุด รองลงมาคือ 15 และ 20 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อความสูงชั้นยางเพิ่มขึ้นการลดลงของความชื้นช้าลง เนื่องจากน้ำหนักของยางที่อบแห้งโดยรวมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำหรือความชื้นที่ต้องระเหยมากขึ้นตามไปด้วย



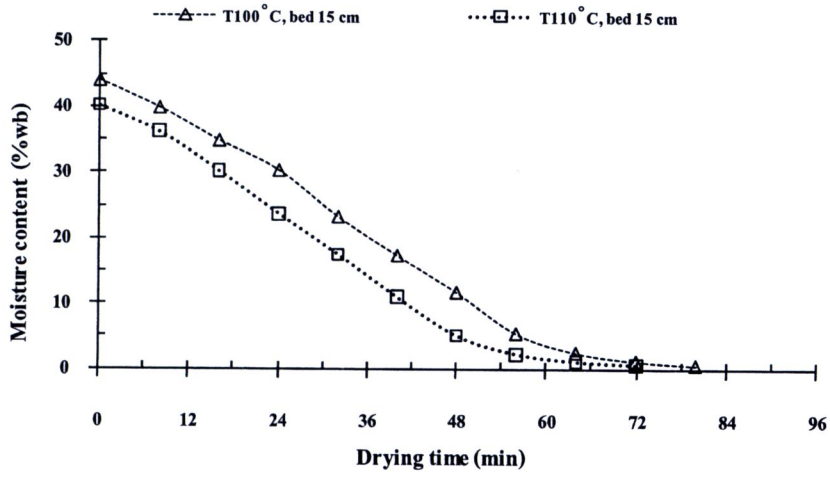
ภาพที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาการอบแห้ง สำหรับยางที่ความสูงชั้นยางต่าง ๆ อุณหภูมิลมร้อน 110 องศาเซลเซียส และเวลาการให้ไมโครเวฟ 2 นาที

3.2.2 อิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อน

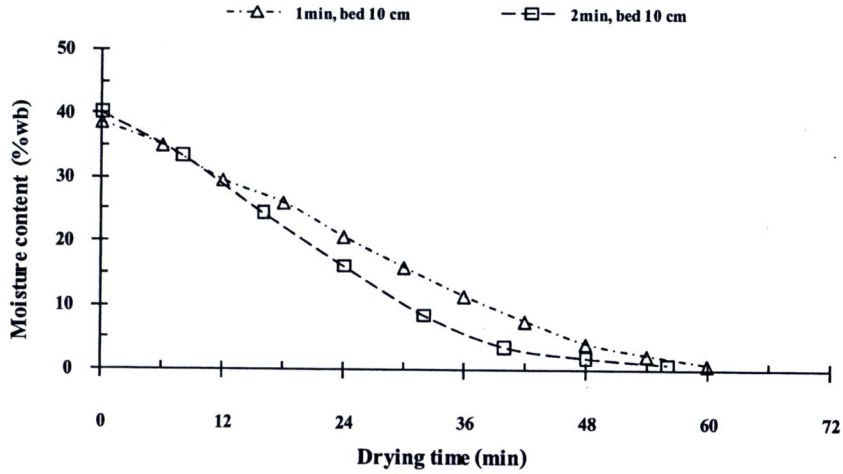
ผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของยางแท่งกับเวลาในการอบแห้ง ได้ถูกแสดงทั้งหมดในภาพที่ ค. 5 (ภาคผนวก ค) สำหรับภาพที่ 4.12 แสดงถึงค่าความชื้นของยางแท่งที่ผ่านการอบแห้งตั้งแต่เริ่มต้น จนสิ้นสุดการทดลองที่ความชื้นสุดท้าย 0.8 เปอร์เซนต์มาตรฐานเปียก พบว่าอุณหภูมิลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส ทำให้การลดลงของความชื้นเร็วกว่าอุณหภูมิลมร้อน 100 องศาเซลเซียสอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะที่ความสูงชั้นยาง 10 เซนติเมตร ใช้เวลาการอบแห้งน้อยที่สุด รองลงมาคือ 15 และ 20 เซนติเมตร ตามลำดับ

3.2.3 อิทธิพลของเวลาการให้ไมโครเวฟ

ผลการศึกษาอิทธิพลของเวลาการให้ไมโครเวฟที่มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นของยางแท่งกับเวลาในการอบแห้ง ได้ถูกแสดงทั้งหมดในภาพที่ ค. 6 (ภาคผนวก ค) สำหรับภาพที่ 4.13 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของยางแท่งที่ผ่านการอบแห้งตั้งแต่เริ่มต้น จนสิ้นสุดการทดลองที่ความชื้นสุดท้าย 0.8 เปอร์เซนต์มาตรฐานเปียก พบว่าเวลาการให้ไมโครเวฟแตกต่างกันทำให้ความชื้นของยางเปลี่ยนแปลงโดยมีการลดลงแตกต่างกัน โดยที่เวลาการให้ไมโครเวฟ 2 นาที การลดลงของความชื้นเร็วสุด ใช้เวลาการอบแห้งน้อยกว่าเวลาการให้ไมโครเวฟ 1 นาที ทุกความสูงชั้นยาง



ภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาการอบแห้งแต่ละอุณหภูมิลมร้อน ที่ความสูงชั้นยาง 15 เซนติเมตร เวลาการให้ลมร้อน 2 นาที เวลาการให้ไมโครเวฟ 2 นาที



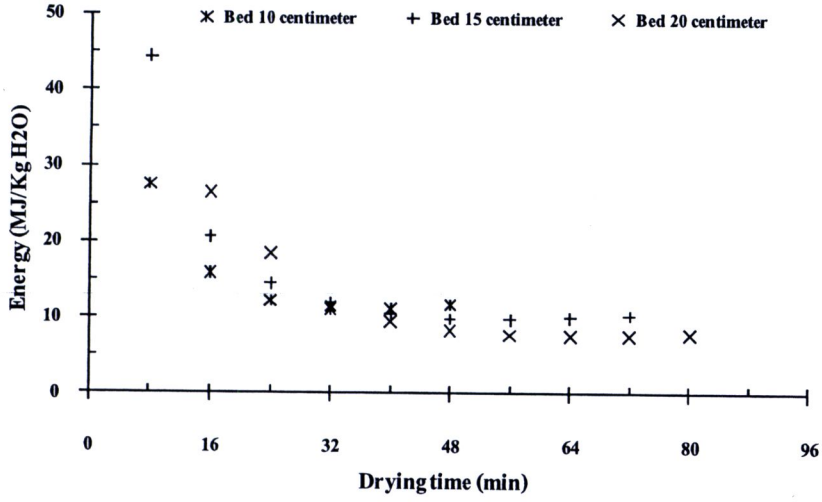
ภาพที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาการอบแห้งตามเวลาการให้ไมโครเวฟ สำหรับความสูงชั้นยาง 10 เซนติเมตร อุณหภูมิลมร้อน 100 องศาเซลเซียส

3.3 อิทธิพลของความสูงชั้นยาง อุณหภูมิลมร้อน และเวลาการให้ไมโครเวฟที่มีต่อพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ผลการศึกษาความสูงชั้นยาง อุณหภูมิลมร้อน และเวลาการให้ไมโครเวฟที่มีต่อพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งยางแท่ง เมื่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่ความชื้นสุดท้าย 0.8 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก แสดงให้เห็นว่าความสูงชั้นยาง อุณหภูมิลมร้อน และเวลาการให้ไมโครเวฟ มีผลต่อพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง เนื่องจากเมื่อความสูงชั้นยางเพิ่มขึ้น พลังงานที่ใช้ในการอบแห้งมีแนวโน้มลดลง สำหรับรายละเอียดทั้งหมดของการเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาการอบแห้งดูได้ที่ ภาคผนวก

3.3.1 อิทธิพลของความสูงชั้นยาง

ผลการศึกษาอิทธิพลของความสูงชั้นยางที่มีต่อพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งยาง ได้ถูกแสดงทั้งหมดในภาพที่ ค. 7 (ภาคผนวก ค) สำหรับภาพที่ 4.14 แสดงพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งยางแท่งที่ความสูงชั้นยางต่างๆ เห็นได้ว่า พลังงานที่ใช้ในมีแนวโน้มลดลงเมื่อความสูงชั้นยางเพิ่มขึ้นจาก 10 เซนติเมตร เป็น 15 และ 20 เซนติเมตร อย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะที่ความสูงชั้นยาง 20 เซนติเมตร พลังงานที่ใช้ในการอบแห้งยางน้อยที่สุด แม้ว่าเวลาการอบแห้งจะเพิ่มขึ้น



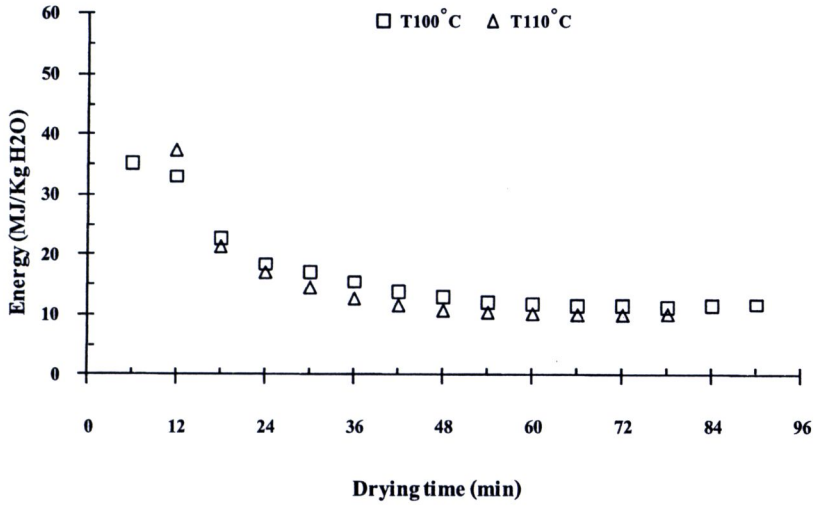
ภาพที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งตามเวลาการอบแห้งยางที่ความสูงชั้นยางต่าง ๆ สำหรับอุณหภูมิลมร้อน 110 องศาเซลเซียส เวลาการให้ไมโครเวฟ 2 นาที

3.3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อน

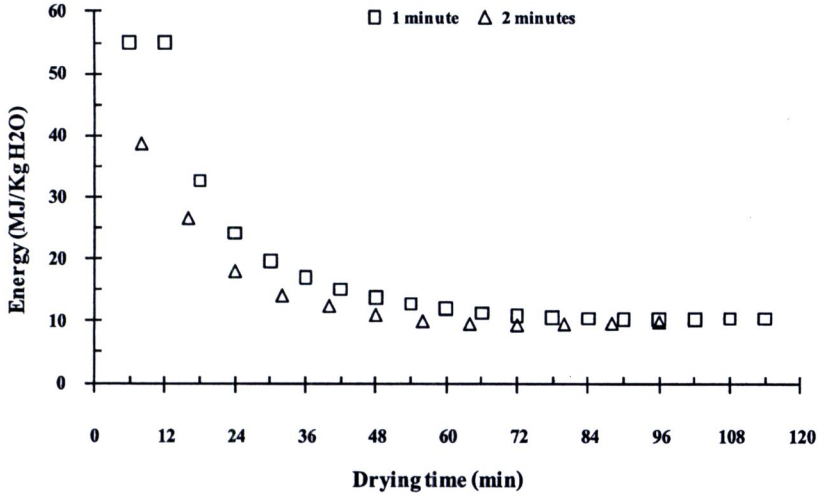
ผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อนที่มีต่อพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งยาง ได้ถูกแสดงทั้งหมดในภาพที่ ค. 8 (ภาคผนวก ค) สำหรับภาพที่ 4.15 แสดงพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งยางแท่งที่อุณหภูมิลมร้อนต่างกันที่ความหนา 15 เซนติเมตร เห็นได้ว่า การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจาก 100 เป็น 110 องศาเซลเซียส พลังงานที่ใช้ในการอบแห้งลดลงเพราะการระเหยน้ำที่ผิวนอกเกิดได้มากขึ้นตามพลังงานความร้อนที่มากขึ้น ดังนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจึงทำให้เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานลดลง

3.3.3 อิทธิพลของเวลาการให้ไมโครเวฟ

ผลของเวลาการให้ไมโครเวฟที่มีต่อพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งยาง ได้ผลการศึกษาทั้งหมดในภาพที่ ค. 9 (ภาคผนวก ค) สำหรับภาพที่ 4.16 แสดงพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งยางแท่งที่อุณหภูมิลมร้อน 100 องศาเซลเซียส ที่ความสูงชั้นยาง 20 เซนติเมตร เห็นได้ว่า ที่เวลาการให้ไมโครเวฟ 2 นาที พลังงานที่ใช้ในการอบแห้งยางน้อยกว่าที่เวลาการให้ไมโครเวฟ 1 นาที เพราะการแพร่ของน้ำจากภายในยางสู่ภายนอกเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการให้ไมโครเวฟเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ใช้ที่แต่ละอุณหภูมิลมร้อน ที่ความสูงชั้นยาง 15 เซนติเมตร เวลาการให้ลมร้อน 2 นาที เวลาการให้ไมโครเวฟ 1 นาที



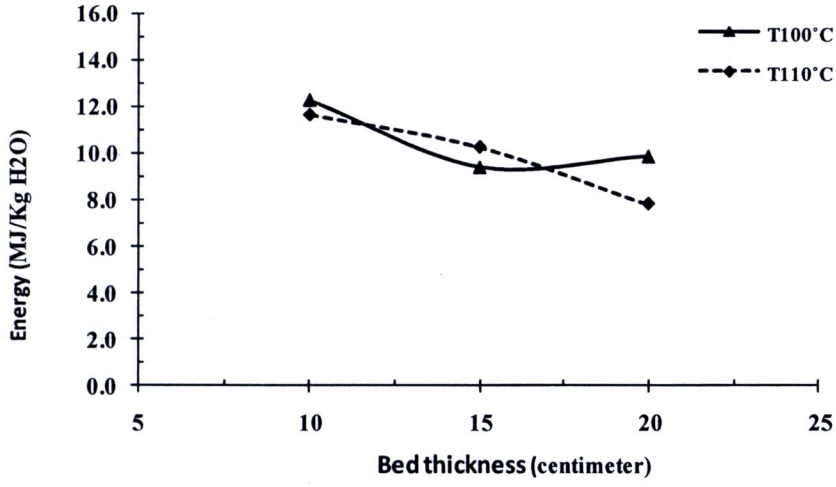
ภาพที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ใช้ตามเวลาการให้ไมโครเวฟ ที่ความสูงชั้นยาง 20 เซนติเมตร อุณหภูมิลมร้อน 100 องศาเซลเซียส

3.4 อิทธิพลของความสูงชั้นยาง อุณหภูมิลมร้อน และเวลาการให้ไมโครเวฟที่มีต่อความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะคือ พลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง ณ เวลาอบแห้ง ที่ผลผลิตมีความชื้นประมาณ 0.80 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จากผลการทดลองมีแนวโน้มว่าความสิ้นเปลืองลดลงตามความสูงชั้นยางสำหรับรายละเอียดทั้งหมดดูได้ที่ภาคผนวก ค

3.4.1 อิทธิพลของความสูงชั้นยางและอุณหภูมิลมร้อน

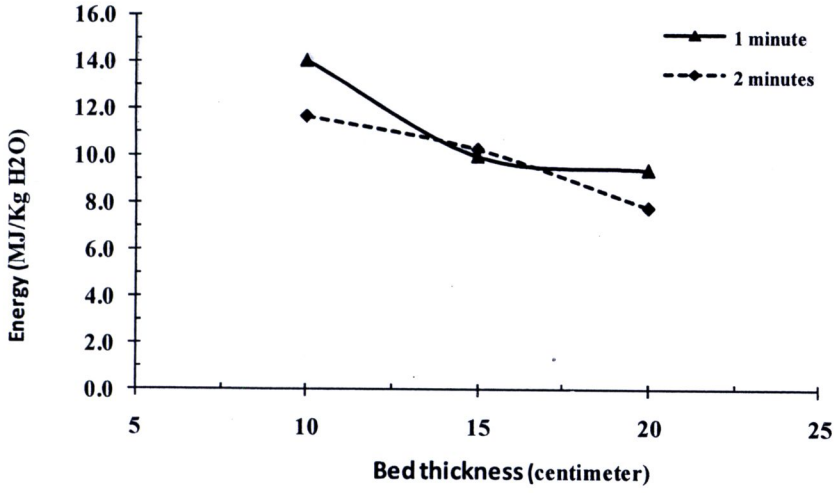
ผลของความสูงชั้นยางและอุณหภูมิลมร้อนที่มีต่อความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งยางแท่งที่ความสูงชั้นยางต่าง ๆ เมื่อให้พลังงานไมโครเวฟ 2 นาที และอุณหภูมิลมร้อน 100 และ 110 องศาเซลเซียส ถูกแสดงในภาพที่ 4.17 พบว่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งยาง มีแนวโน้มลดลงเมื่อความสูงชั้นยางเพิ่มขึ้นจาก 10 เซนติเมตร เป็น 15 และ 20 เซนติเมตร อย่างเห็นได้ชัด และที่ความสูงชั้นยาง 20 เซนติเมตร ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งยางน้อยที่สุด และผลของการเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจาก 100 เป็น 110 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลงด้วย



ภาพที่ 4.17 การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งยางแท่งที่ความสูงชั้นยางและอุณหภูมิลมร้อนต่าง ๆ เมื่อให้ไมโครเวฟ 2 นาที

3.4.2 อิทธิพลของเวลาการให้ไมโครเวฟ

ผลของเวลาการให้ไมโครเวฟที่มีต่อความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งยางแท่งที่อุณหภูมิลมร้อน 100 องศาเซลเซียส ได้ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 4.18 เห็นได้ว่า ที่ทุกความสูงชั้นยางที่เวลาการให้ไมโครเวฟ 2 นาที มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยกว่าเวลาการให้ไมโครเวฟ 1 นาที ยกเว้นที่ความสูงชั้นยาง 15 เซนติเมตรมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 4.18 การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งยางแท่งที่ความสูงชั้นยางและเวลาให้ไมโครเวฟต่าง ๆ เมื่ออบยางในอุณหภูมิลมร้อน 110 องศาเซลเซียส

4. ผลการวิเคราะห์ผลการศึกษาของค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

จากตารางที่ 4.2 วิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า วิธีการอบแห้งยางแท่งแต่ละวิธี มีผลทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และความสูงชั้นยางที่แตกต่างกันมีผลทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ซึ่งความแตกต่างของความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะการอบแห้งย่างแท่ง พบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งยางแท่ง ด้วยการอบด้วยลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ ทำให้ใช้พลังงานในการอบแห้งเพิ่มขึ้นมากกว่าการให้ไมโครเวฟอย่างเดียว เมื่อพิจารณาอุณหภูมิของลมร้อนของวิธีการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน พบว่า การให้ลมร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมากขึ้น และการเพิ่มเวลาการให้ไมโครเวฟ ของวิธีการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลง (ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะดังแสดงในภาคผนวก ค) ภาพที่ 4.19 แสดงพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
METHOD	109.214138	4	27.3035345	2602.8982	0.000
BED	65.6396539	2	32.819827	3128.77692	0.000
METHOD * BED	37.2480559	8	4.65600698	443.866057	0.000
Error	0.31469	30	0.01048967		
Total	4536.01993	45			

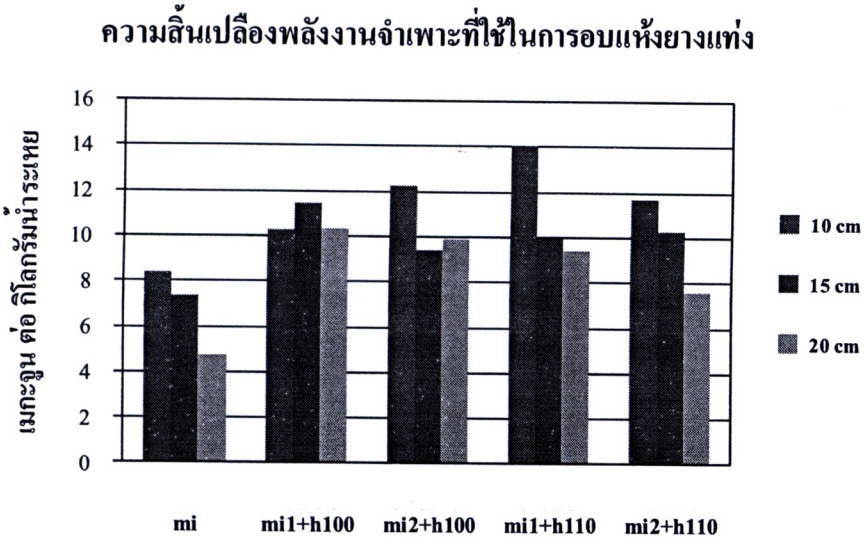
เมื่อ mi คือ การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมธรรมดา

เมื่อ mi1+h100 คือ การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน โดยเวลาการให้ไมโครเวฟ 1 นาที ลมร้อน 2 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เมื่อ mi2+h100 คือ การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน โดยเวลาการให้ไมโครเวฟ 2 นาที ลมร้อน 2 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

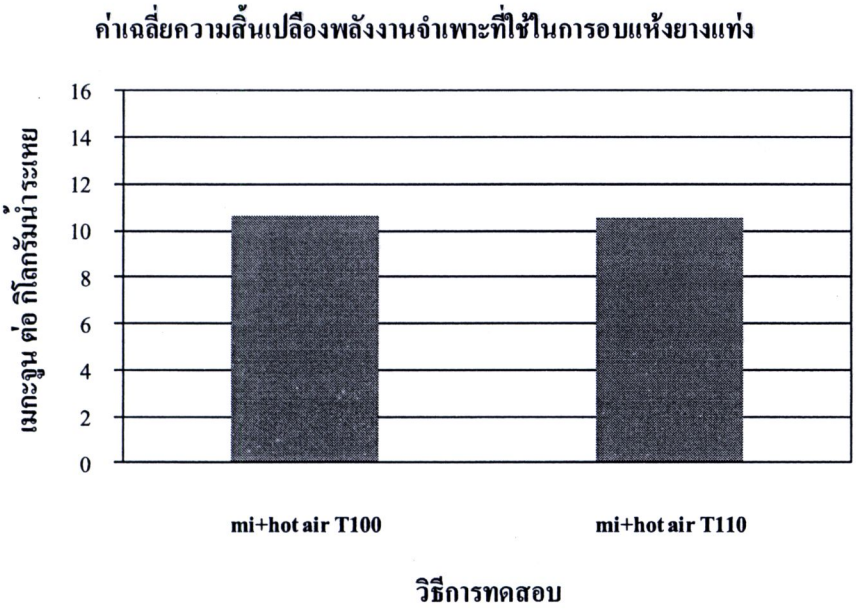
เมื่อ mi1+h110 คือ การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน โดยเวลาการให้ไมโครเวฟ 1 นาที ลมร้อน 2 นาที ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส

เมื่อ mi2+h110 คือ การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน โดยเวลาการให้ไมโครเวฟ 2 นาที ลมร้อน 2 นาที ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.19 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งยางแท่ง

เมื่อพิจารณาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งยางแท่ง พบว่า การใช้ไมโครเวฟอย่างเดียว มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยกว่าการใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 6.80 และ 10.55 เมกะจูนต่อกิโลกรัมน้ำระเหย ตามลำดับ (ภาพที่ 4.20) ดังนั้น การนำไมโครเวฟมาอบแห้งยางแท่งสามารถช่วยลดความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะได้



ภาพที่ 4.20 เปรียบเทียบค่าพลังงานจำเพาะของการใช้ไมโครเวฟกับการใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

5. ผลการประเมินคุณภาพยางตามมาตรฐานยางแท่ง STR 20

การศึกษาการประเมิลผลคุณภาพยางตามมาตรฐานยางแท่ง STR 20 เพื่อต้องการทราบว่ายางที่ได้จากการทดลองมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ โดยส่งชิ้นยางในแต่ละขนาดความสูงชั้นยาง อุณหภูมิลมร้อน และเวลาการให้ไมโครเวฟ หลังจากการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมธรรมดา และไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนที่ได้จากการทดลองที่ 2 และ 3 ให้กับสถาบันวิจัยยาง ส่วนอุตสาหกรรมยาง ทำการทดสอบคุณภาพยางตามมาตรฐานยางแท่ง STR 20 ซึ่งสมบัติที่ทำการทดสอบ ได้แก่ ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณสิ่งระเหย ปริมาณเถ้า ปริมาณไนโตเจน ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก ดัชนีความอ่อนตัว และความหนืด ผลการทดสอบสมบัติ โดยละเอียดแสดงในตาราง ง (ภาคผนวก จ) และเมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานยางแท่ง STR 20 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลการประเมินคุณภาพยางที่ได้จากการทดสอบกับค่ามาตรฐานยางแท่ง (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำการทดสอบ)

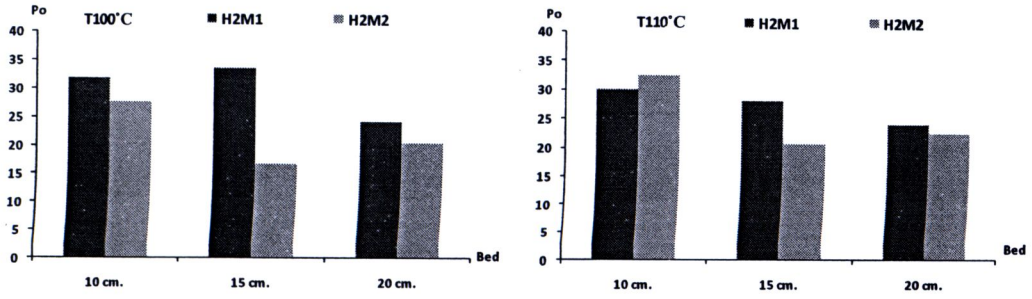
ตัวอย่าง	ผลการทดสอบ						
	ปริมาณสิ่งสกปรก	ปริมาณสิ่งระเหย	ปริมาณเถ้า	ปริมาณไนโตรเจน	ความอ่อนตัวเริ่มแรก	ดัชนีความอ่อนตัว	ความหนืด
	(% โดยน้ำหนัก)	(% โดยน้ำหนัก)	(% โดยน้ำหนัก)	(% โดยน้ำหนัก)	(Po)	(PRI)	ML(1'+4'')100°C
ค่ามาตรฐาน	0.16	0.8	0.8	0.6	30	40	-
1.Hot air 2 min Microwave 1 min 100 °C							
เบต 10 cm	0.025	0.37	0.27	0.27	31.7	56.3	72.7
เบต 15 cm	0.066	0.41	0.27	0.26	33.7	61.4	75.5
เบต 20 cm	0.023	0.34	0.31	0.28	24.5	66.5	59.8
2.Hot air 2 min Microwave2 min 100 °C							
เบต 10 cm	0.021	0.34	0.29	0.27	27.7	61.0	68.1
เบต 15 cm	0.064	0.35	0.32	0.27	17.0	63.6	60.5
เบต 20 cm	0.031	0.31	0.27	0.28	20.8	64.1	56.8
3.Hot air 2 min Microwave 1 min 110 °C							
เบต 10 cm	0.022	0.34	0.27	0.27	30.0	53.8	70.2
เบต 15 cm	0.013	0.35	0.29	0.25	28.2	59.2	67.9
เบต 20 cm	0.021	0.34	0.29	0.27	24.2	64.8	58.3
4.Hot air 2 min Microwave 2 min 110 °C							
เบต 10 cm	0.019	0.37	0.28	0.27	32.5	51.3	71.2
เบต 15 cm	0.054	0.32	0.28	0.27	20.8	59.3	49.5
เบต 20 cm	0.036	0.33	0.27	0.27	22.7	62.8	55.3
5.Microwave							
เบต 10 cm	0.026	0.35	0.26	0.28	29.3	58.8	67.7
เบต 15 cm	0.021	0.32	0.27	0.25	25.0	58.9	58.2
เบต 20 cm	0.016	0.34	0.27	0.27	32.2	59.3	69.9

ซึ่งผลการประเมินคุณภาพยาง พบว่า ยางแท่งทุกขนาดการทดลองมีปริมาณสิ่งสกปรกไม่เกิน 0.16 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปริมาณสิ่งระเหยไม่เกิน 0.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปริมาณเถ้าไม่เกิน 0.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ไนโตรเจนไม่เกิน 0.6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และดัชนีความอ่อนตัวมากกว่า 40 นับได้ว่ามีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกรายการ (ส่วนค่าความหนืดมาตรฐานไม่ได้กำหนด) แต่อย่างไรก็ตามยางแท่งบางส่วนเท่านั้นที่มีค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po) ผ่านเกรณฑ์มาตรฐาน กล่าวคือ ยางแท่งที่ความสูงชั้นยาง 10 และ 15 เซนติเมตร อุณหภูมิลมร้อน 100 องศาเซลเซียส เวลาการให้ลมร้อน 2 นาที ร่วมกับให้ไมโครเวฟ 1 นาที และยางแท่งที่ความสูงชั้นยาง 10 เซนติเมตร อุณหภูมิลมร้อน 110 องศาเซลเซียส เวลาการให้ลมร้อน 2 นาที ร่วมกับการให้ไมโครเวฟ 1 และ 2 นาที โดยจะกล่าวรายละเอียดของปัจจัยของการศึกษาที่มีต่อความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po) ต่อไปดังนี้

5.1 ผลของเวลาการให้ไมโครเวฟที่มีต่อความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po)

ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง (Po) เป็นค่าที่ใช้ประมาณขนาดของโมเลกุลของยาง ยางที่มีค่า Po สูง แสดงว่ามีขนาดโมเลกุลของยางสูง ยางที่ถูกออกซิไดซ์มากจะนิ่ม มีค่า Po ต่ำ (กรณียางที่ทนต่อการถูกออกซิเดชั่นสูง โมเลกุลของยางจะทนต่อการถูกออกซิไดซ์) หรือเป็นการแสดงความต้านทานของยางดิบ ต่อการแตกหักของโมเลกุลยางที่อุณหภูมิสูง

ผลของเวลาการให้ไมโครเวฟ 2 ระดับ คือ 1 และ 2 นาที ที่มีต่อความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง (Po) แสดงในภาพที่ 4.21 พบว่าที่อุณหภูมิลมร้อน 100 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.21 ก) และอุณหภูมิลมร้อน 110 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.21 ข) ทุกความสูงชั้นยางเมื่อเพิ่มเวลาการให้ไมโครเวฟจาก 1 เป็น 2 นาที ทำให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po) ลดลงอย่างชัดเจน (ยกเว้นที่ความสูงชั้นยาง 10 เซนติเมตร และอุณหภูมิลมร้อน 110 องศาเซลเซียส) เพราะพลังงานไมโครเวฟที่เพิ่มขึ้นอาจมีผลทำให้เกิดการออกซิเดชั่นของโมเลกุลยางมากขึ้น หรือโมเลกุลของยางแตกหักมากขึ้น

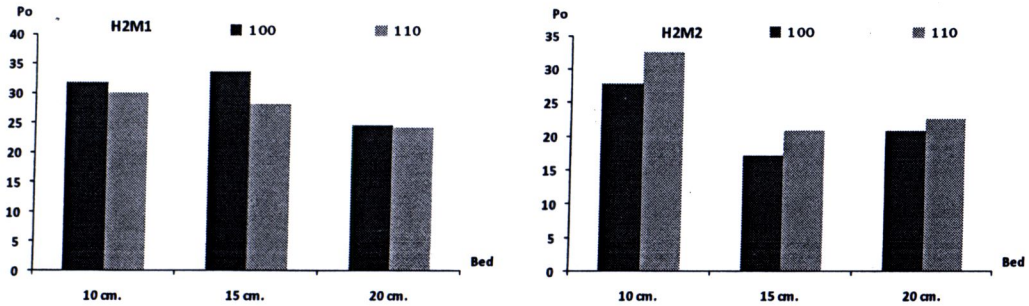


(ก) (ข)

ภาพที่ 4.21 การเปรียบเทียบผลของเวลาการให้ไมโครเวฟที่มีต่อค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po) ที่ความสูงชั้นยางต่าง ๆ

5.2 ผลของอุณหภูมิลมร้อนที่มีต่อความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po)

ผลของอุณหภูมิลมร้อน 2 ระดับ คือ 100 และ 110 องศาเซลเซียส ที่มีต่อค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง (Po) แสดงในภาพที่ 4.22 พบว่าทุกความสูงชั้นยางที่เวลาการให้ไมโครเวฟ 1 นาที (ภาพที่ 4.22 ก) การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจาก 100 เป็น 110 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po) ลดลง เพราะการอบยางที่อุณหภูมิสูง อาจเกิดการออกซิเดชั่นในโมเลกุลของยางหรือมีการแตกหักของโมเลกุลยาง ทำให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po) ต่ำ แต่การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนที่มีผลต่อค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po) ในทิศทางตรงกันข้ามที่เวลาการให้ไมโครเวฟ 2 นาที (ภาพที่ 4.22 ข) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ อิทธิพลของเวลาการให้ไมโครเวฟมีผลสูงกว่าอิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อน

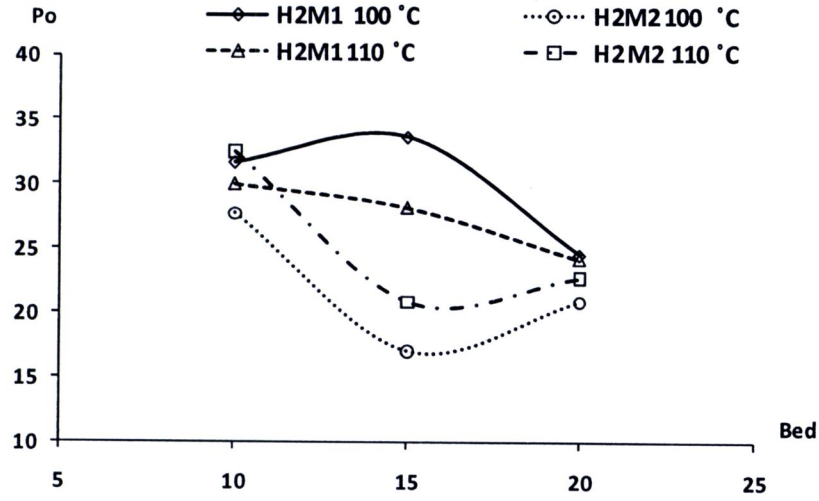


(ก) (ข)

ภาพที่ 4.22 *การเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิลมร้อนที่มีต่อค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po) ที่ความสูงชั้นยางต่าง ๆ*

5.3 ผลของความสูงชั้นยางที่มีต่อความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po)

ผลของความสูงชั้นยาง 3 ระดับ คือ 10 15 และ 20 เซนติเมตร ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง (Po) แสดงในภาพที่ 4.23 พบว่าทุกการทดลองค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง (Po) มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความสูงชั้นยางจาก 10 เซนติเมตร เป็น 15 และ 20 เซนติเมตร เพราะเมื่อยางมีความหนาเพิ่มขึ้นการดูดกลืนพลังงานความร้อนเก็บไว้ในยางมากและเป็นเวลานานเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้องใช้เวลาอบแห้งเพิ่มขึ้น จึงทำให้ยางเกิดการออกซิเดรชั่นได้มากขึ้นตามไปด้วย



ภาพที่ 4.23 การเปรียบเทียบผลของความสูงชั้นยางต่าง ๆ ที่มีต่อค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po)

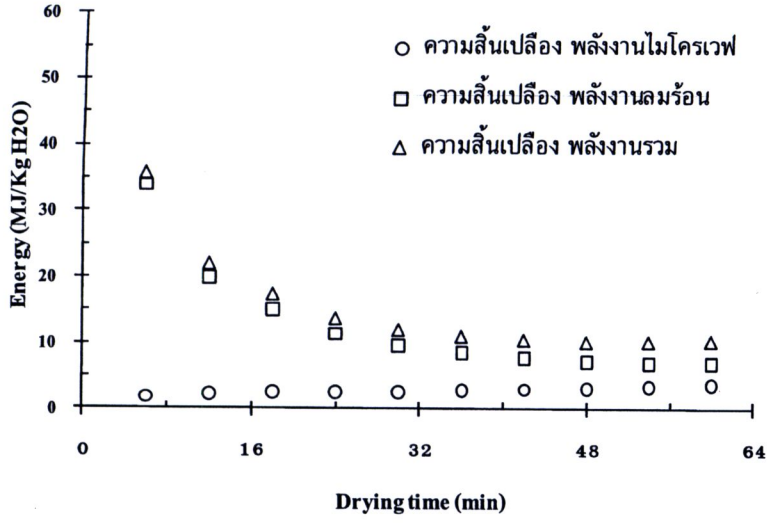
6. เงื่อนไขที่เหมาะสมในการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

การศึกษาการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ที่ปัจจัยการศึกษา 3 ปัจจัย ประกอบไปด้วย ความสูงชั้นยาง มี 3 ระดับ ได้แก่ 10 15 และ 20 เซนติเมตร อุณหภูมิลมร้อน มี 2 ระดับ ได้แก่ 100 และ 110 องศาเซลเซียส และเวลาการให้ไมโครเวฟ มี 2 ระดับ ได้แก่ 1 และ 2 นาที สามารถสรุปเงื่อนไขที่เหมาะสมในการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน (ตารางที่ 4.4) โดยพิจารณาถึง ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งและคุณภาพยางที่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานยางแท่ง STR 20 ได้คือ ความสูงชั้นยางยาง 10 เซนติเมตร อุณหภูมิลมร้อน 100 องศาเซลเซียส เวลาการให้ไมโครเวฟ 1 นาที โดยมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยสุด คือ 10.30 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย เป็นความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะไมโครเวฟ 3.56 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย กับความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลมร้อน 6.74 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการอบแห้งยางแท่งด้วยลมร้อนที่มีผู้ศึกษามาแล้ว ที่มีผลความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำสุดเป็น 22.88 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย

ตารางที่ 4.4 สรุปผลค่าที่เหมาะสมในการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

ตัวอย่าง	เบด	ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก	ความสิ้นเปลืองพลังงานไมโครเวฟ	ความสิ้นเปลืองพลังงานลมร้อน	ความสิ้นเปลืองพลังงานรวม
		30 (Po)	(MJ/Kg H2O)	(MJ/Kg H2O)	(MJ/Kg H2O)
1.Hot air 2 min Microwave 1 min 100°C	10 cm	31.7	3.56	6.74	10.30
	15 cm	33.7	3.74	7.72	11.45
2.Hot air 2 min Microwave 1 min 110°C	10 cm	30.0	3.84	10.21	14.05
3.Hot air 2 min Microwave 2 min 110°C	10 cm	32.5	4.21	7.46	11.67

อนึ่งพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งตามเงื่อนไขเหมาะสมดังกล่าวสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 4.24 ซึ่งเห็นได้ว่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลมร้อนมีค่าลดลงเมื่อเวลาอบแห้งมากขึ้น ส่วนค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะไมโครเวฟก็เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้น ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะไมโครเวฟนี้มีค่าต่ำกว่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะไมโครเวฟในการอบแห้งยางแท่งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมธรรมดาค่อนข้างมาก จึงนับได้ว่าการนำลมร้อนเข้ามาร่วมกับไมโครเวฟมีส่วนช่วยลดความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะไมโครเวฟได้มาก และยังแก้ปัญหาการเกิดจุดขาวของยางได้อีกด้วย



ภาพที่ 4.24 การเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ตามเงื่อนไขของค่าที่เลือกที่ความสูงชั้นยาง 10 เซนติเมตร