

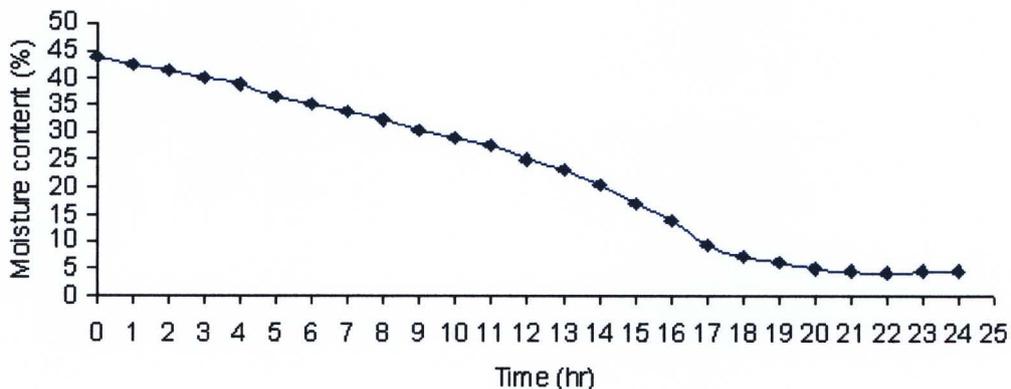


## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อน

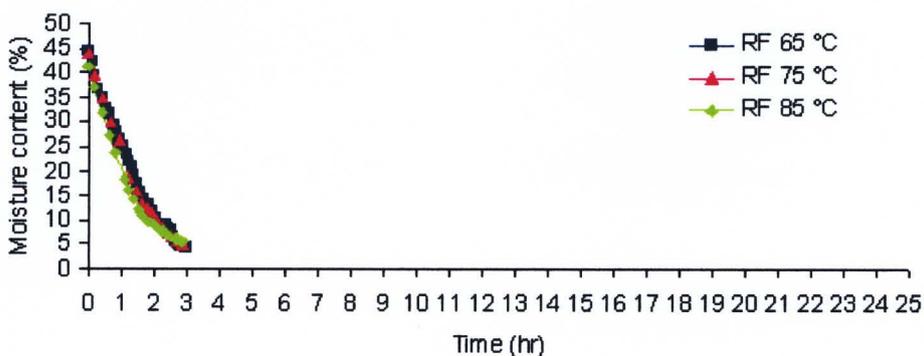
จากการนำข้าวบาร์เลย์ที่ผ่านขบวนการงอกหรือมอลต์มาวัดความชื้นด้วยวิธีวัดความชื้นมาตรฐานก่อนนำไปอบลดความชื้น พบว่าเมล็ดมอลต์มีความชื้นเริ่มต้น 44% เมื่อนำไปลดความชื้นมอลต์ด้วยลมร้อนโดยใช้เครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลานาน 10 ชม. ปริมาณความชื้นลดลงจากเหลือ 28.9% ดังแสดงในภาพที่ 5 จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60°C นาน 3 ชม. ปริมาณความชื้นลดลงอยู่ที่ 23% และอบลดความชื้นต่อเนื่องโดยใช้อุณหภูมิสูงจากที่ 70°C นาน 3 ชม. ต่อเนื่องด้วยอุณหภูมิ 80°C นาน 3 ชม. และ 85°C นาน 3 ชม. พบว่าความชื้นลดลงเหลือ 13.78, 6 และ 4.4% ตามลำดับ และสุดท้ายลดอุณหภูมิการอบลงมาที่ 50°C นาน 1 ชม. พบว่าความชื้นมอลต์ลดลงเหลือ 4.78% โดยในช่วงเวลาที่ 1 ถึง 10 นั้นความชื้นมอลต์ค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่อง มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 1.51 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง เมื่อลดความชื้นต่อเนื่องถึง 17 ชั่วโมง พบว่ามอลต์มีความชื้นอยู่ในระดับความชื้น 10% และข้าวมอลต์มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 2.54 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง จากนั้นอบจนถึง 24 ชั่วโมง ในระยะเวลาดังกล่าวพบว่า ความชื้นค่อยๆ ลดลงจาก 10% โดยความชื้นมอลต์มีการลดลงอย่างช้าๆ จนความชื้นอยู่ที่ 4.78% และมีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 0.33 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของมอลต์ภายหลังการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อน (Hot-air Oven)

#### 4.2 การลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

จากการนำตัวอย่างมอลต์ที่ผ่านขบวนการแช่และงอกมาวัดความชื้น พบว่าเมล็ดมอลต์มีความชื้นเริ่มต้น 44% แล้วนำไปอบลดความชื้นด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ ที่ระดับความถี่ 27.12 MHz เป็นแหล่งสร้างพลังงานความร้อนเพื่อลดความชื้นมอลต์โดยใช้ความร้อนอุณหภูมิตั้งที่ 65°C ลดความชื้นมอลต์โดยในช่วงแรกความชื้นมอลต์ลดลงเหลือ 23.62% อัตราการลดความชื้นเท่ากับ 19.79 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง เมื่อลดความชื้นจนถึงชั่วโมงที่ 2 ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างต่อเนื่องเหลือ 11.97% อัตราการลดความชื้น 11.77 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 3 ความชื้นมอลต์ลดลงเหลือ 4.63% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 5.73 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการลดความชื้น 2 ชั่วโมง 59 นาที ส่วนการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 75°C พบว่า ช่วงเวลาการลดความชื้นมอลต์ในช่วงแรกความชื้นมอลต์ลดลงเหลือ 18.61% อัตราการลดความชื้น 23.95 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง แล้วลดต่อเนื่องจนถึงชั่วโมงที่ 2 ความชื้นมอลต์ลดลงเหลือ 6.65% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 18.4 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง จากนั้นอบลดความชื้นมอลต์จนมอลต์มีความชื้นสุดท้าย 5.00% ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ทั้งหมด 2 ชั่วโมง 56 นาที และการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 85°C สามารถลดความชื้นมอลต์ได้อย่างรวดเร็ว โดยในช่วงแรกที่ความชื้นมอลต์ลดลงเหลือ 18.3% อัตราการลดความชื้น 21.42 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง จากนั้นเมื่อลดความชื้นมอลต์จนถึงชั่วโมงที่ 2 ความชื้นมอลต์ลดลงเหลือ 8.18% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 10.12 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง และเมื่อลดความชื้นมอลต์ต่อเนื่องจนมอลต์มีความชื้น 5.16% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 2.10 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ทั้งหมด 2 ชั่วโมง 51 นาที



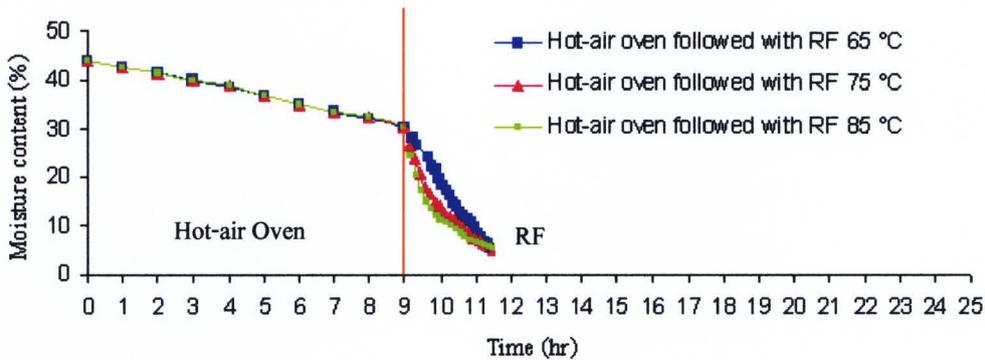
ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของมอลต์ภายหลังจากการอบลดความชื้นด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (27.12 MHz) ที่ระดับอุณหภูมิต่างกัน

### 4.3 การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

#### 4.3.1 การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนจนมีความชื้น 30% ร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

จากการนำมอลต์ที่ผ่านขบวนการแช่และงอกมาวัดความชื้นด้วยวิธีมาตรฐานก่อนนำไปอบ เพื่อให้มีความชื้นประมาณ 30% ก่อนนำไปอบต่อด้วยเครื่องความถี่วิทยุพบว่า การนำไปอบลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลานาน 9 ชม. ผลการทดลองพบว่า มอลต์มีความชื้นก่อนการอบหรือความชื้นเริ่มต้น 44% และเมื่อครบเวลาที่อบ ความชื้นลดลงเหลือ 30.27% อัตราการลดความชื้นเท่ากับ 1.53 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง และเมื่อนำตัวอย่างดังกล่าวไปอบลดความชื้นต่อด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับคือ 65, 75 และ 85°C จนกระทั่งมอลต์มีความชื้นลดลงถึง 5% โดยการจับเวลาที่อุณหภูมิต่างๆ ใช้ในการลดความชื้น ผลการทดลองพบว่า การประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65°C ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยในชั่วโมงที่ 1 ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 18.4% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 11.02 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง แล้วอบมอลต์ต่อจนถึงชั่วโมงที่ 2 ความชื้นมอลต์ลดลงเหลือ 8.45% อัตราการลดความชื้นเท่ากับ 10.15 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง จากนั้นอบมอลต์ต่อจนมอลต์มีความชื้นลดลงถึง 5% ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ 2 ชั่วโมง 36 นาที รวมเวลาการประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65°C ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ทั้งหมด 11 ชั่วโมง 36 นาที การประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 75°C ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยในชั่วโมงที่ 1 ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 12.66% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 15.55 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง แล้วอบมอลต์ต่อจนถึงชั่วโมงที่ 2 ความชื้นมอลต์ลดลงเหลือ 7.09% อัตราการลดความชื้นเท่ากับ 5.08 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง จากนั้นอบมอลต์ต่อจนมอลต์มีความชื้น 5% ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ 2 ชั่วโมง 30 นาที รวมเวลาการประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 75°C ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ทั้งหมด 11 ชั่วโมง 30 นาที และ การประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 85°C ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยในชั่วโมงที่ 1 ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 11.22% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 18.43 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง แล้วอบมอลต์ต่อจนถึงชั่วโมงที่ 2 ความชื้นมอลต์ลดลงเหลือ 6.83% อัตราการลดความชื้นเท่ากับ 5.23 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง จากนั้นอบมอลต์ต่อจนมอลต์มีความชื้น 5% ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ 2 ชั่วโมง 25 นาที

รวมเวลาการประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 85°C ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ทั้งหมด 11 ชั่วโมง 25 นาที

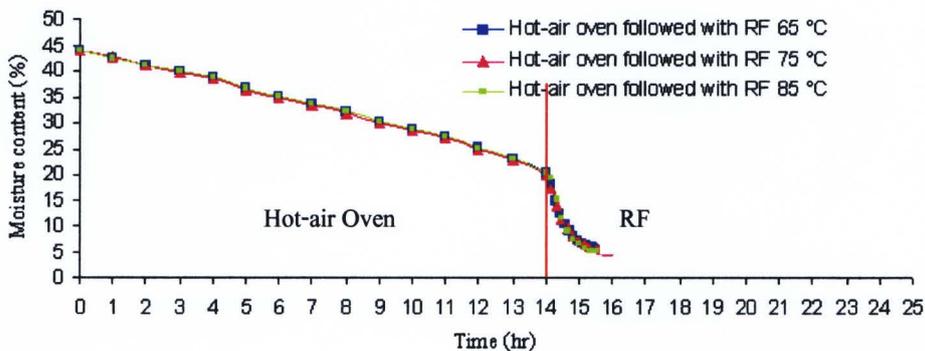


ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของมอลต์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อนจนมีความชื้น 30% ร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (27.12 MHz) ที่ระดับอุณหภูมิต่างกัน

#### 4.3.2 การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนจนมีความชื้น 20% ร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

จากการนำมอลต์ที่ผ่านขบวนการแช่และงอกมาวัดความชื้นด้วยวิธีมาตรฐานก่อนนำไปอบ เพื่อให้มีความชื้นประมาณ 20% ก่อนนำไปอบต่อด้วยเครื่องความถี่วิทยุพบว่า การนำไปอบลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลานาน 14 ชม. ผลการทดลองพบว่า มอลต์มีความชื้นก่อนการอบหรือความชื้นเริ่มต้น 44% และเมื่อครบเวลาที่อบ ความชื้นลดลงเหลือ 20.24% อัตราการลดความชื้นเท่ากับ 1.70 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง และเมื่อนำตัวอย่างดังกล่าวไปอบลดความชื้นต่อด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับคือ 65, 75 และ 85°C จนกระทั่งมอลต์มีความชื้นลดลงถึง 5% โดยการจับเวลาที่อุณหภูมิต่างๆ ใช้ในการลดความชื้น ผลการทดลองพบว่า การประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65°C ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยในชั่วโมงที่ 1 ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 7.32% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 13.30 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง แล้วอบมอลต์ต่อจนมอลต์มีความชื้นลดลงถึง 5% อัตราการลดความชื้นเท่ากับ 2.1 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ 1 ชั่วโมง 59 นาที รวมเวลาการประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 65°C ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ทั้งหมด 15 ชั่วโมง 59 นาที

การประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 75°C ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยในชั่วโมงที่ 1 ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 7.30% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 12.57 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง แล้วอบมอลต์ต่อจนถึงชั่วโมงที่ 2 ความชื้นมอลต์ลดลงเหลือ 5% อัตราการลดความชื้นเท่ากับ 2.2 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ 1 ชั่วโมง 55 นาที รวมเวลาการประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 75°C ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ทั้งหมด 15 ชั่วโมง 55 นาที และการประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 85°C ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยในชั่วโมงที่ 1 ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 6.58% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 13.64 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง แล้วอบมอลต์ต่อจนมอลต์มีความชื้น 5% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 2.96 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ 1 ชั่วโมง 22 นาที รวมเวลาการประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 85°C ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ทั้งหมด 15 ชั่วโมง 22 นาที

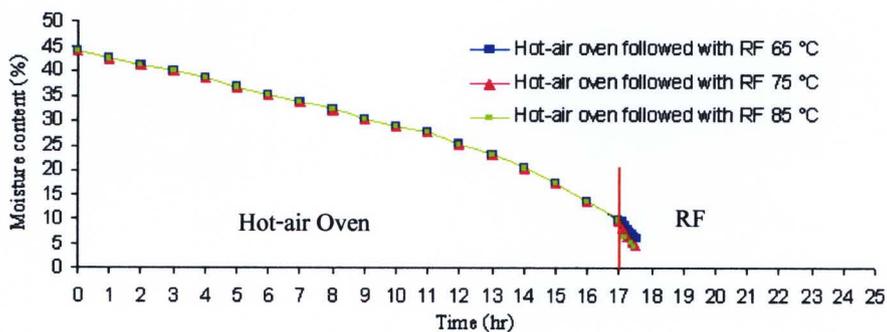


ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของมอลต์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อนจนมีความชื้น 20% ร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (27.12 MHz) ที่ระดับอุณหภูมิต่างกัน

#### 4.3.3 การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนจนมีความชื้น 10% ร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

จากการนำมอลต์ที่ผ่านขบวนการแช่และงอกมาวัดความชื้นด้วยวิธีมาตรฐานก่อนนำไปอบ เพื่อให้มีความชื้นประมาณ 20% ก่อนนำไปอบต่อด้วยเครื่องความถี่วิทยุพบว่า การนำไปอบลดความชื้น โดยใช้เครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลานาน 17 ชม. . ผลการทดลองพบว่า มอลต์

มีความชื้นก่อนการอบหรือความชื้นเริ่มต้น 44% และเมื่อครบเวลาที่อบ ความชื้นลดลงเหลือ 10.00% อัตราการลดความชื้นเท่ากับ 2.00 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง และเมื่อนำตัวอย่างดังกล่าวไปอบลดความชื้นต่อด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับคือ 65, 75 และ 85°C จนกระทั่งมอลต์ที่มีความชื้นลดลงถึง 5% โดยการจับเวลาที่อุณหภูมิต่างๆ ใช้ในการลดความชื้น ผลการทดลองพบว่า การประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65°C ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็วจนมอลต์ที่มีความชื้นลดลงเหลือ 5% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 5.43 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ 42 นาที รวมเวลาการประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 65°C ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ทั้งหมด 17 ชั่วโมง 42 นาที การประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 75°C ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 5% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 9.44 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ 30 นาที รวมเวลาการประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 75°C ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ทั้งหมด 17 ชั่วโมง 30 นาที และการประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 85°C ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยในชั่วโมงที่ 1 ความชื้นมอลต์ลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 6.58% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 13.64 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง แล้วอบมอลต์ต่อจนมอลต์ที่มีความชื้น 5% มีอัตราการลดความชื้นเท่ากับ 2.96 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ 22 นาที รวมเวลาการประยุกต์การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 85°C ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ทั้งหมด 17 ชั่วโมง 26 นาที



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของมอลต์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อนจนมีความชื้น 10% ร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (27.12 MHz) ที่ระดับอุณหภูมิต่างกัน

#### 4.4 การเปรียบเทียบระยะเวลาในการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

ระยะเวลาในการลดความชื้นมอลต์จากความชื้นเริ่มต้น 44% จนมอลต์มีระดับความชื้น 5% ผลการทดลองพบว่าเครื่องอบลมร้อน (hot-air oven) เพียงอย่างเดียวใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์ 24 ชั่วโมง และการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ทั้ง 3 ระดับ 65, 75 และ 85°C พบว่า ระยะเวลาในการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะเวลาในการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ทั้ง 3 ระดับ 65, 75 และ 85°C แต่การลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ทั้ง 3 ระดับ 65, 75 และ 85°C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อน ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลต์มากที่สุด 24 ชั่วโมง ส่วนการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65°C ใช้เวลา 2 ชั่วโมง 59 นาที และการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 75 และ 85 °C ใช้เวลาในการลดความชื้นเท่ากับ 2 ชั่วโมง 56 นาที และ 2 ชั่วโมง 51 นาที ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระยะเวลาในการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot-air oven) และความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) (27.12 MHz) ที่ระดับอุณหภูมิต่างกัน

Treatment	Drying time
	(hour : minute)
Hot-air oven	24.00 a
RF 65°C	2:59 b
RF 75°C	2:56 b
RF 85°C	2:51 b
CV (%)	1.46

ระยะเวลาในการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot-air oven) จนมีระดับความชื้นเริ่มต้น 3 ระดับ ได้แก่ 30, 20 และ 10% ได้ถูกบันทึกเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นในแต่ละระดับก่อนนำไปลดความชื้นต่อเนื่องด้วยการให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ 65, 75 และ 85°C และบันทึกระยะเวลาในการอบต่อเนื่องจากข้างต้นจนมอลต์มีความชื้นลดลงเหลือ 5% และนำระยะเวลาทั้งสองช่วงการอบลดความชื้นมารวมกันดังแสดงในตารางที่ 3 ผลการบันทึกเวลาพบว่า ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาในการลดความชื้นด้วยอุณหภูมิต่างๆ จากความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้ในการลดความชื้นทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การลดความชื้นที่ต่างกันตามระดับความชื้นเริ่มต้น 3 ระดับ คือ 30, 20 และ 10% ใช้เวลาในการลดความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนจากความชื้นเริ่มต้น 44% ลดลงเหลือ 30% ตามด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิต่างกัน ใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นมอลต์โดยเฉลี่ย 11 ชั่วโมง 23 นาที การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนจากความชื้นเริ่มต้น 44% ลดลงเหลือ 20% ตามด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C ใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นมอลต์โดยเฉลี่ยมากขึ้นเป็น 15 ชั่วโมง 31 นาที และการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนจากความชื้นเริ่มต้น 44% ลดลงเหลือ 10% ตามด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C ใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นมอลต์โดยเฉลี่ย 17 ชั่วโมง 24 นาที เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเริ่มต้นและอุณหภูมิพบว่าไม่แตกต่างกัน

**ตารางที่ 3** การเปรียบเทียบระยะเวลาในการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

Malt moisture content (%)	RF temperature (°C)			mean
	65	75	85	
after hot-air oven drying	Drying time (hour : minute)			
30	11:36	11:30	11:25	11:23 a <sup>1</sup>
20	15:59	15:55	15:22	15:31 b
10	17:42	17:30	17:26	17:24 c
mean	14:53	14:46	14:40	
CV (%)	2.28			
LSD <sub>0.05</sub> mc	0:17			
LSD <sub>0.05</sub> RF temperature	ns			
LSD <sub>0.05</sub> mc <sup>2</sup> x drying time	ns			

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

<sup>2</sup> mc = Malt moisture content after hot-air oven drying

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

#### 4.5 ผลการลดความชื้นมอลต์ต่อค่าความเข้มของสีมอลต์

ค่าความเข้มของสีมอลต์เป็นลักษณะเฉพาะที่ขึ้นกับวัตถุดิบที่นำมาใช้ และสถานะในการอบมอลต์ด้วยอุณหภูมิต่างๆ โดยค่าความเข้มของสีมอลต์ในการลดความชื้นมอลต์ ด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot-air oven) กับค่าความเข้มของสีมอลต์ในการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ทั้ง 3 ระดับ 65, 75 และ 85°C จากความชื้นเริ่มต้น 44% จนมอลต์มีระดับความชื้น 5% ผลการทดลองพบว่า ค่าความเข้มของสีมอลต์ในการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าความเข้มของสีมอลต์ในการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ทั้ง 3 ระดับ 65, 75 และ 85°C แต่ค่าความเข้มของสีมอลต์ในการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ทั้ง 3 ระดับ 65, 75 และ 85°C ไม่มีความ

แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการลดความชื้นมอลต์ด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 10 ชม. จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60°C นาน 3 ชม. และจากนั้นเพิ่มเป็น 70°C นาน 3 ชม. 80°C นาน 3 ชม. 85°C นาน 3 ชม. และ 50°C นาน 1 ชม. ตามลำดับ พบว่า ค่าความเข้มของสีมอลต์อยู่ที่ระดับ 5.63 EBC และการลดความชื้นด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ ที่อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C พบว่าค่าความเข้มของสีมอลต์อยู่ที่ระดับ 4.29, 3.93, 3.93 EBC ตามลำดับ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความเข้มของสีมอลต์จากการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot-air oven) และความชื้นจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) อุณหภูมิ 3 ระดับ

Treatment	Wort color (EBC)
Hot-air oven	5.63 a
RF 65°C	4.29 b
RF 75°C	3.93 b
RF 85°C	3.93 c
CV (%)	10.28

การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot-air oven) จนมีระดับความชื้นเริ่มต้น 3 ระดับ ได้แก่ 30, 20 และ 10% ได้ถูกบันทึกที่ใช้ในการลดความชื้นในแต่ละระดับก่อนนำไปลดความชื้นต่อเนื่องด้วยการให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ 65, 75 และ 85°C และอบต่อเนื่องจากข้างต้นจนมอลต์มีความชื้นลดลงเหลือ 5% และนำมอลต์ที่ได้มาทำการวัดค่าความเข้มของสีมอลต์ ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่า ค่าความเข้มของสีมอลต์จากการลดความชื้นด้วยอุณหภูมิจากความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้ในการลดความชื้นทั้ง 3 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการจากความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 85°C มีผลทำให้ค่าความเข้มของสีมอลต์เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3.73EBC รองลงมาคือ 75 และ 65°C มีค่าความเข้มของสีมอลต์เฉลี่ยเท่ากับ 3.37 และ 3.04 EBC ตามลำดับ เช่นเดียวกับการลดความชื้นที่ต่างกันตามระดับความชื้นเริ่มต้น 3 ระดับ คือ 30, 20 และ 10% มีผลให้ค่าความเข้มของสีมอลต์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนจากความชื้นเริ่มต้น 44% ลดลงเหลือ 30% ตามด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิต่างกัน มีผลทำให้ค่าความเข้มของสีมอลต์เท่ากับ 3.68 EBC ซึ่งสูงกว่า การลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนจากความชื้นเริ่มต้น 44% ลดลง

เหลือ 20 และ 10% ซึ่งมีค่าความเข้มของสีมอลท์ใกล้เคียงกันคือ 3.29 และ 3.16 EBC และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเริ่มต้นและอุณหภูมิพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความเข้มของสีมอลท์จากการลดความชื้นมอลท์โดยใช้เครื่องอบลมร้อน อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 9 ชม. ความชื้นลดลง 30.27% ตามด้วยลดความชื้นด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C จนมอลท์มีความชื้น 5% พบว่าสีมอลท์ อยู่ที่ระดับ 3.33, 3.38 และ 4.40 EBC ตามลำดับ การลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบลมร้อน อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 14 ชม. ความชื้นลดลง 20.24% ตามด้วยลดความชื้นด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C จนมอลท์มีความชื้น 5% พบว่าค่าความเข้มของสีมอลท์อยู่ที่ระดับ 2.77, 3.50 และ 3.60 EBC ตามลำดับ และจากการลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบลมร้อน อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 17 ชม. ความชื้นลดลง 10.00% ตามด้วยลดความชื้นด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C จนมอลท์มีความชื้น 5% พบว่ามีค่าความเข้มของสีมอลท์อยู่ที่ระดับ 3.03, 3.23 และ 3.23 EBC ตามลำดับ ดังตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** การเปรียบเทียบค่าความเข้มของสีมอลท์จากการลดความชื้นมอลท์ด้วยเครื่องอบลมร้อน ร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

Malt moisture content (%)	RF temperature (°C)			mean
	65	75	85	
after hot-air oven drying	Wort color (EBC)			
30	3.33	3.38	4.40	3.68 a <sup>1</sup>
20	2.77	3.50	3.60	3.29 b
10	3.03	3.23	3.23	3.16 b
mean	3.04 c <sup>2</sup>	3.37 b	3.73 a	
CV(%)	7.78			
LSD <sub>0.05</sub> mc <sup>3</sup>	0.22			
LSD <sub>0.05</sub> RF temperature	0.22			
LSD <sub>0.05</sub> mc <sup>3</sup> x RF temperature	0.38			

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

<sup>12</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

<sup>13</sup> mc = Malt moisture content\_after hot-air oven drying

#### 4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต (Specific Energy Consumption: SEC)

ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตในการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot-air oven) กับค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตในการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ทั้ง 3 ระดับ 65, 75 และ 85°C จากความชื้นเริ่มต้น 44% จนมอลต์มีระดับความชื้น 5% ผลการทดลองพบว่า ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตในการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตในการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ทั้ง 3 ระดับ แต่ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตในการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อน อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 10 ชม. จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60°C นาน 3 ชม. และจากนั้นเพิ่มเป็น 70°C นาน 3 ชม. 80°C นาน 3 ชม. 85°C นาน 3 ชม. และ 50°C นาน 1 ชม. ตามลำดับ มีค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตมากที่สุด โดยเฉลี่ย 64.73 MJ/kg water รองลงมาคือการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 85°C มีค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต 3.54 MJ/kg water และการลดความชื้นมอลต์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65 และ 75 °C มีค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตน้อยที่สุด โดยเฉลี่ย 2.25, 2.20 MJ/kg water ตามลำดับ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตในการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot-air oven) และความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) อุณหภูมิ 3 ระดับ

Treatment	SEC (MJ/kg water)
Hot-air oven	64.73 a
RF 65°C	2.25 c
RF 75°C	2.20 c
RF 85°C	3.54 c
CV (%)	1.31

ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตในการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot-air oven) จนมีระดับความชื้นเริ่มต้น 3 ระดับได้แก่ 30, 20 และ 10% ได้ถูกคำนวณและบันทึกที่ใช้ในการลดความชื้นในแต่ละระดับก่อนนำไปลดความชื้นต่อเนื่องด้วยการให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ 65, 75 และ 85°C และบันทึกค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตในการอบต่อเนื่องจากข้างต้นจนมอลต์มีความชื้นลดลงเหลือ 5% และนำค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตทั้งสองช่วงการอบลดความชื้นมารวมกัน ดังแสดงในตารางที่ 7 ผลการคำนวณค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตพบว่า ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตจากการลดความชื้นมอลต์ด้วยอุณหภูมิจากความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้ในการลดความชื้นทั้ง 3 ระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีความแตกต่างกันตามระดับความชื้นเริ่มต้น 3 ระดับ โดยพบว่าเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเริ่มต้นและอุณหภูมิพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการประยุกต์การอบแห้งมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนอุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 9 ชั่วโมง ร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 54.16, 54.69 และ 56.44 MJ/kg water ส่วนการอบแห้งมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนอุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 14 ชั่วโมง ร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต โดยเฉลี่ย 56.99, 58.33 และ 57.37 MJ/kg water และการอบแห้งมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนอุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 17 ชั่วโมง ร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 58.01, 54.50 และ 55.52 MJ/kg water ตามลำดับ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตในการลดความชื้นมอลต์ด้วยเครื่องอบลมร้อนร่วมกับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

Malt moisture content_(%) after hot-air oven drying	RF temperature (°C)			mean
	65	75	85	
	SEC (MJ/kg water)			
30	54.16	54.69	56.44	55.10 c <sup>1</sup>
20	56.99	58.33	57.37	57.56 a
10	58.01	54.50	55.52	56.01 b
mean	56.39	55.84	56.44	
CV (%)	1.2			
LSD <sub>0.05</sub> mc <sup>2</sup>	0.57			
LSD <sub>0.05</sub> RF temperature	ns			
LSD <sub>0.05</sub> mc <sup>2</sup> x SEC	0.99			

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

<sup>2</sup> mc = Malt moisture content\_after hot-air oven drying

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ