

พฤติกรรมการแห้งและความแข็งผิวของผลปาล์มที่อบด้วยคลื่นไมโครเวฟ

Drying Behavior and Surface Hardness of Palm Fruit Drying with Microwave

ปริญา พานิชย์¹, นันทพันธ์ นภทรานันท์² และ ชยุต นันทดุสิต^{2*}

1 โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อ.เมือง จ.สงขลา 90000

2 สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงานและภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112

*ติดต่อ: E-mail: chayut@me.psu.ac.th โทรศัพท์: 074 287 036, โทรสาร: 074 558 830

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการอบแห้งผลปาล์มด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกำลังคลื่นไมโครเวฟที่ใช้อบที่มีต่อพฤติกรรมการแห้ง อุณหภูมิ และความแข็งผิวของผลปาล์ม ในการทดลองได้ใช้ผลปาล์มสด 690 กรัม อบในตู้อบไมโครเวฟที่สามารถควบคุมกำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟ โดยทดลองอบที่เงื่อนไข 100 W 200 W 300 W และ 400 W ในระหว่างการอบนำผลปาล์มออกมาชั่งน้ำหนัก สุ่มวัดอุณหภูมิในเนื้อปาล์ม และวัดความแข็งผิวของผลปาล์ม จากผลการทดลองพบว่า การเพิ่มกำลังวัตต์มีผลให้ผลปาล์มแห้งเร็วขึ้น และอุณหภูมิของผลปาล์มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ความแข็งผิวของผลปาล์มจะลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นความแข็งผิวจะเพิ่มขึ้นอีกครั้ง โดยที่ความชื้นในช่วง 20-30%db จะมีค่าความแข็งผิวของผลปาล์มน้อยที่สุด ประมาณ 10 N

คำหลัก: ผลปาล์ม, อบแห้ง, คลื่นไมโครเวฟ, ความแข็งผิว

Abstract

This research studied for palm fruits drying with microwave. The objective was to study the effect of microwave power using for drying on drying characteristics, temperature and hardness of palm fruit surface. In the experiment, 690 grams of palm fruits were dried in microwave oven which can control the power controlled at 100 W, 200 W, 300 W and 400 W. During the drying test, the weight of palm fruits were recorded, measured temperature in sampled palm fruit and measured strength on palm fruit surface. The results show that increasing the power of microwave can reduce the drying time and temperature inner the palm fruit increases rapidly. The hardness of palm fruit surface decreased rapidly and then increased again with drying time. The palm fruit with moisture content in range 20-30%db had the minimum hardness about 10 N.

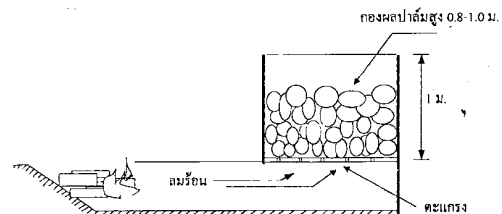
Keywords: Palm fruit, Drying, Microwave, Surface hardness

1. บทนำ

ในประเทศไทยอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม สามารถแบ่งตามกระบวนการผลิตออกได้เป็น 2 ประเภท คือ หีบแบบแยกเมล็ดในปาล์ม หรือการหีบแบบเปียก และหีบแบบรวมเมล็ดในปาล์มหรือการหีบแบบแห้ง โดยการหีบแบบแยกเมล็ดในปาล์มนั้นส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานขนาดใหญ่ที่กำลังการผลิตสูง และจะใช้ผลปาล์มทั้งทะลายในการผลิตน้ำมันปาล์ม ได้ผลผลิตเป็นน้ำมันจากเปลือกและน้ำมันจากเมล็ดในปาล์ม การสกัดแบบรวมเมล็ดในปาล์มนั้นมักใช้กับผลปาล์มร่วงหรือผลปาล์มสับ เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาไลโปไลซิซและไล่น้ำออกจากผลปาล์ม ก่อนที่นำผลปาล์มที่ได้ไปหีบในขั้นตอนต่อไป ซึ่งจะได้น้ำมันปาล์มดิบ ในการให้ความร้อนนี้ แบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ ย่างหรือทอด การสกัดแบบนี้เป็นกระบวนการที่ไม่ใช้น้ำในการสกัดน้ำมัน ไม่มีน้ำเสียจากกระบวนการผลิต อาจเรียกว่า การสกัดแบบแห้ง [1]

การอบแห้งผลปาล์มเป็นกระบวนการต้นทางที่ควบคุมคุณภาพน้ำมันปาล์มสำหรับกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบรวมเมล็ด ในการอบแห้งในปัจจุบันจะอบแห้งโดยบรรจุผลปาล์มในกระบะซีเมนต์ที่ปูพื้นด้วยตะแกรงเหล็กด้านล่างเป็นช่องให้ลมร้อนไหลขึ้นผ่านตะแกรงเหล็กได้ ลมร้อนที่ใช้มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น ไม้ยางพารา หรือน้ำมันเตา ดังแสดงในรูปที่ 1 การอบแห้งวิธีนี้จะทำให้อุณหภูมิเกิดกลิ่นตัวที่ชั้นบนของกองปาล์มในช่วงแรกของการอบแห้งเนื่องจากผลปาล์มยังมีอุณหภูมิต่ำอยู่ นอกจากนั้นยังพบว่าผลปาล์มทั้งกองแห้งไม่สม่ำเสมอ โดยผลปาล์มชั้นล่างอาจจะแห้งเกินไปและมีความแข็งแรงมากทำให้ยากต่อการบีบและยังส่งผลให้เครื่องจักรเกิดการสึกหรองได้ง่าย ส่วนผลปาล์มชั้นบนที่แห้งไม่สนิทจะมีน้ำปนทำให้ได้น้ำมันปาล์มที่ด้อยคุณภาพ วิธีการอบแห้งแบบนี้ไม่มีแรงดูดของอากาศจากด้านบนกองปาล์มทำให้อากาศที่ร้อนขึ้นในกระบะแรกที่กองปาล์มยังมีอุณหภูมิต่ำอยู่ อีกทั้งแรงต้านทานของกองปาล์มทำให้ต้องใช้พัดลมเป่าอัดลมร้อนเข้าใต้กระบะอบแห้ง การให้อากาศโดยการอัดนี้ทำให้อากาศร้อนมีโอกาส

รั่วไหลออกจากระบบได้ง่ายซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานและเพิ่มต้นทุนเชื้อเพลิง นอกจากนี้การอบแห้งผลปาล์มชั้นหนาเกินไปทำให้ผลปาล์มแห้งไม่สม่ำเสมอและมีผลต่อคุณภาพผลปาล์มที่ดี ในขณะที่ช่วงท้ายของการอบแห้งผลปาล์มที่ใกล้แห้งจะมีการสูญเสียพลังงานความร้อนออกไปมากโดยลมที่ปลอยทิ้งจากระบบอาจมีอุณหภูมิสูงถึง 70°C ระบบแบบนี้มีเตาเผาเชื้อเพลิงซึ่งมักจะอยู่ระดับใต้พื้นทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เพราะจำกัดอากาศเข้าสันดาป (ไม่มีอากาศปฐมภูมิ) ส่งผลให้เกิดเขม่าจำนวนมากและจะเกาะกับผลปาล์มชั้นล่าง



รูปที่ 1 รูปแบบการวางผลปาล์มในโรงงานแบบหีบรวม [2]

ปัญหาดังกล่าวทำให้ผลปาล์มมีความแห้งไม่สม่ำเสมอโดยผลปาล์มที่อยู่ด้านใต้จะแห้งเกินไปจนแข็ง ดังนั้นการอบแห้งโดยการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจที่จะนำมาทำการศึกษา งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการอบแห้งผลปาล์มด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกำลังคลื่นไมโครเวฟที่ใช้ในการอบที่มีผลต่อพฤติกรรมการแห้ง อุณหภูมิ และความแข็งแรงของผลปาล์ม ในการทดลองได้ใช้ผลปาล์มสด 690 กรัม อบในตู้อบไมโครเวฟที่สามารถควบคุมกำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟ โดยทดลองอบที่เงื่อนไข 100 W 200 W 300 W และ 400 W ในระหว่างการอบนำผลปาล์มออกมาชั่งน้ำหนัก สุ่มวัดอุณหภูมิในเนื้อปาล์มและวัดความแข็งแรงของผิวปาล์ม

2. ขุดทดลอง

ขุดทดลองใช้ตู้อบไมโครเวฟในครัวเรือนที่ทำการดัดแปลงให้สามารถต่อได้กับชุดควบคุม

แรงเคลื่อนไฟฟ้า เพื่อให้สามารถควบคุมกำลังวัตต์ของตู้ไมโครเวฟได้ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3



รูปที่ 2 ชุดทดลองที่ใช้ในการอบแห้งผลปาล์มด้วยไมโครเวฟ



รูปที่ 3 ชุดควบคุมกำลังวัตต์ของไมโครเวฟ

3. วิธีการทดลอง

จากชุดทดลองดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 จำเป็นต้องมีการสอบเทียบเครื่องไมโครเวฟเพื่อกำหนดกำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟที่มีความต่างศักย์ต่างๆ ซึ่งวิธีการสอบเทียบจะทำโดยเตรียมน้ำสะอาด 500 กรัมวัดอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าตู้อบแล้วบันทึกค่า จากนั้นนำน้ำเข้าตู้อบกำหนดค่าความต่างศักย์ที่ให้แก่อุปกรณ์ไมโครเวฟโดยดูค่าจากมัลติมิเตอร์ และใช้ความต่างศักย์เริ่มต้นที่ 140 V แล้วทำการอบเป็นเวลา 3 นาที แล้วนำออกมาวัดอุณหภูมิของน้ำหลังการอบและจดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่วัดได้ จากนั้นให้เปลี่ยนน้ำใหม่แล้วทำเหมือนเดิมอีก 2 ครั้ง จากนั้นเพิ่มความต่างศักย์ครั้งละ 10 V และทำเหมือนเดิม จากนั้นนำค่าอุณหภูมิที่ได้มาคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าของเครื่องไมโครเวฟจากความร้อนที่ได้รับจากสมการ

$$W = \frac{mc_p(T_2 - T_1)}{s} \quad (1)$$

โดยที่ W คือ กำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟ, m คือ น้ำหนักของน้ำ (kg), c_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ ($=4.18 \text{ kJ/kg K}$), T_1 คือ อุณหภูมิน้ำก่อนเข้าตู้อบไมโครเวฟ, T_2 คือ อุณหภูมิน้ำหลังผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ และ s คือ เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนน้ำ

สำหรับการทดลองอบผลปาล์มด้วยคลื่นไมโครเวฟ ทำโดยการนำผลปาล์มที่จะนำมาอบโดยการนำมาใส่ไว้ในตะแกรงโดยวางให้กระจายและทั่วทั้งตะแกรง จากนั้นชั่งน้ำหนักของผลปาล์มในแต่ละตะแกรงเพื่อบันทึกค่าน้ำหนักเริ่มต้นของผลปาล์มโดยกำหนดน้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 690 กรัมนำตะแกรงที่บรรจุผลปาล์มเข้าตู้อบโดยใช้กำลังไฟฟ้าที่ 100 W จากนั้นเก็บข้อมูลโดยการ วัดอุณหภูมิ ชั่งน้ำหนักผลปาล์มและวัดความแข็งของผลปาล์มเป็นระยะจนกว่าน้ำหนักของผลปาล์มในตะแกรงจะมีการเปลี่ยนแปลง น้ำหนักน้อยหรือหยุดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก นำผลปาล์มที่อบแล้วบางส่วนมาอบให้แห้งสนิทในตู้อบไฟฟ้าเพื่อหาค่าน้ำหนักแห้ง นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าความชื้นมาตรฐานแห้งจากน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป โดยค่าความชื้นมาตรฐานแห้งสามารถหาได้ตามสมการ

$$M = \frac{(m - m_d)}{m_d} \times 100\% \quad (2)$$

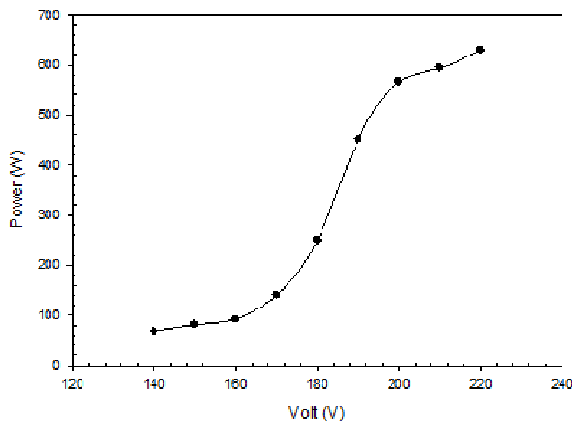
โดยที่ m คือ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่เวลานั้น และ m_d คือ น้ำหนักของมวลแห้ง และทดลองอบซ้ำที่ค่ากำลังวัตต์ดังนี้ 200 W 300 W และ 400 W

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการสอบเทียบกำลังวัตต์ของไมโครเวฟ

จากการสอบเทียบกำลังวัตต์ของตู้ไมโครเวฟที่เงื่อนไขความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างๆ ที่จ่ายให้กับหม้อแปลงไฟฟ้า ในการสอบเทียบได้ใช้น้ำ 500 กรัม ใส่ลงภาชนะ วัดอุณหภูมิน้ำก่อนและหลังการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟเป็นเวลา 3 นาที แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณปริมาณความร้อนและกำลังวัตต์ที่ทำให้ให้น้ำอุ่น

ขึ้น โดยการทดลองสอบเทียบได้เพิ่มกำลังวัตต์ของตู้ไมโครเวฟ โดยกำหนดให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าเริ่มต้นอยู่ที่ 140 V แล้วปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นครั้งละ 10 V แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังวัตต์กับความต่างศักย์ไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4

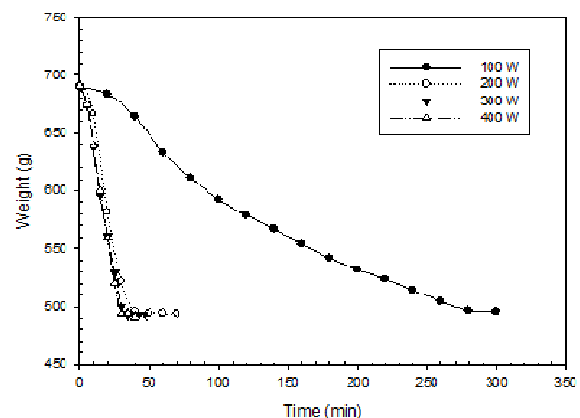


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังวัตต์ของไมโครเวฟกับความต่างศักย์ไฟฟ้า

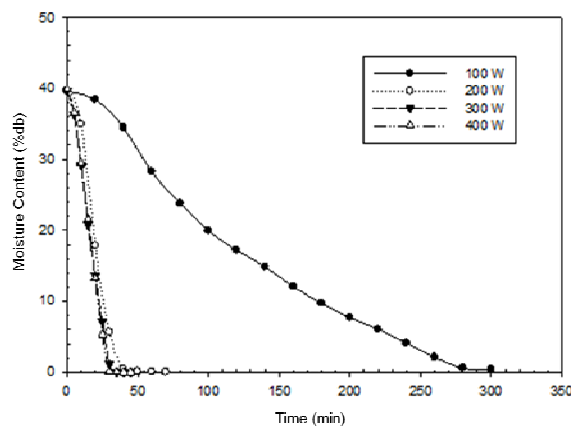
4.2 ผลการทดลองหาค่าความชื้นของผลปาล์มที่อบด้วยไมโครเวฟ

จากการทดลองหาค่าความชื้นของผลปาล์มที่ทำการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลังของไมโครเวฟ 100, 200, 300 และ 400 W โดยที่กำลังของไมโครเวฟ 100W ได้ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที ในกรณีที่ กำลังของไมโครเวฟ 200 W ได้ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 10 นาที ในกรณีที่กำลังไมโครเวฟ 300 W ได้ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที และในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 400 W ได้ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที จากนั้นนำผลการทดลองทั้งหมดมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของผลปาล์มที่ลดลงกับเวลา ดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่าเมื่อเวลาในการอบผลปาล์มเพิ่มขึ้นทำให้น้ำหนักของผลปาล์มลดลงด้วย โดยน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของผลปาล์มอยู่ที่ 690 กรัม เมื่อทำการอบที่กำลังวัตต์ต่างๆ แล้วพบว่าที่กำลังของไมโครเวฟ 400 W ทำให้น้ำหนักของผลปาล์มลดลงเหลือ 493.8 กรัม เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 45 นาที ในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 300 W น้ำหนัก

ของผลปาล์มลดลงเหลือ 492 กรัม เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 45 นาที ในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 200 W น้ำหนักของผลปาล์มลดลงเหลือ 494 กรัม เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 70 นาที และที่กำลังของไมโครเวฟ 100 W พบว่าอัตราการการลดลงของน้ำหนักของผลปาล์มมีค่าน้อยที่สุด คือ น้ำหนักของผลปาล์มลดลงเหลือ 495.8 กรัม เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 300 นาที ซึ่งผลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลปาล์มส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในผลปาล์มด้วยโดยคำนวณจากสมการที่ (2) พบค่าความชื้นของผลปาล์มมีค่าลดลงตามเวลาดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น(มาตรฐานแห้ง)กับเวลาโดยความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 39.7%db พบว่าที่กำลังของไมโครเวฟ 400 W จะทำให้ผลปาล์มมีอัตราการลดลงของความชื้นดีที่สุดโดยลดลงเหลือ 0.08%db เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 30 นาที ในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 300 W ความชื้นของผลปาล์มลดลงเหลือ 1.21%db เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 30 นาที ในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 200 W ความชื้นของผลปาล์มลดลงเหลือ 0.02%db เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 70 นาที และในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 100 W จะให้อัตราการลดลงของความชื้นน้อยที่สุดคือ ความชื้นของผลปาล์มลดลงเหลือ 0.38%db เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 300 นาที



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของผลปาล์มที่ลดลงกับเวลาที่อบด้วยไมโครเวฟ

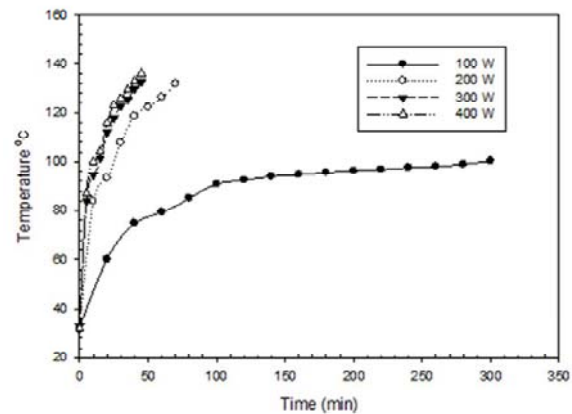


รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณร้อยละค่าความชื้น(มาตรฐานแห้ง)กับเวลา ที่อบด้วยไมโครเวฟที่กำลังวัตต์ต่างๆ

4.3 ผลการทดลองหาอุณหภูมิภายในผลปาล์มที่อบด้วยไมโครเวฟ

จากการทดลองหาค่าอุณหภูมิภายในผลปาล์มที่ทำการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลังของไมโครเวฟ 100 W 200 W 300 W และ 400 W โดยที่กำลังของไมโครเวฟ 100 W ได้ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาทีที่กำลังของไมโครเวฟ 200 W ได้ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 10 นาทีที่กำลังไมโครเวฟ 300 W ได้ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที และที่กำลังของไมโครเวฟ 400 W ได้ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที แล้วนำผลการทดลองทั้งหมดมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในผลปาล์มกับเวลา ดังรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่า เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิภายในผลปาล์มเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อพิจารณาที่กำลังวัตต์ต่างๆ พบว่าที่กำลังของไมโครเวฟ 100 W อุณหภูมิภายในผลปาล์มจะมีค่าเข้าใกล้ 100°C เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 300 นาทีโดยอุณหภูมิภายในผลปาล์มจะมีค่า 100.3°C เมื่อพิจารณาที่กำลังของไมโครเวฟ 200 W, 300 W และ 400 W พบว่าอุณหภูมิภายในผลปาล์มจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยที่กำลังของไมโครเวฟ 200 W อุณหภูมิภายในผลปาล์มมีค่า 131.8°C เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 70 นาที กำลังของไมโครเวฟ 300 W อุณหภูมิภายในผลปาล์มมีค่า 132.5°C เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 45 นาที

และที่กำลังของไมโครเวฟ 400 W อุณหภูมิภายในผลปาล์มมีค่า 135.9 °C เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 45 นาที



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในผลปาล์มกับเวลา ที่อบด้วยไมโครเวฟ

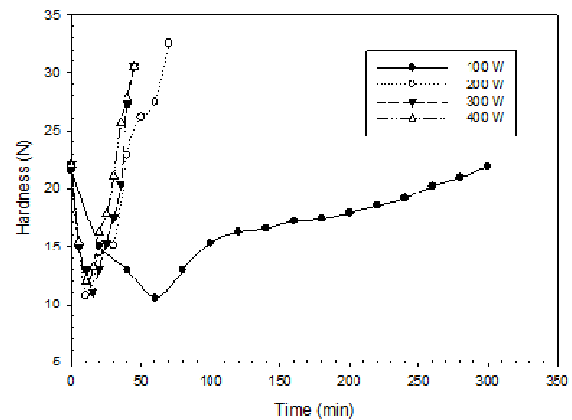
4.4 ผลการทดลองหาค่าความแข็งที่ผิวของผลปาล์มที่อบด้วยไมโครเวฟ

จากการทดลองหาค่าความแข็งที่ผิวของผลปาล์มเมื่อทำการอบผลปาล์มด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลังของไมโครเวฟ 100 W, 200 W, 300 W และ 400 W โดยความแข็งที่ผิวของผลปาล์มเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 21.94 N ทำการวัดค่าความแข็งที่ผิวโดยใช้เกจวัดความแข็งซึ่งมีลักษณะเป็นเข็มกด ทำการกดลงไปบนผิวของผลปาล์มจนเกิดการยุบตัวของผิวผลปาล์มจากนั้นทำการเก็บข้อมูล ในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 100 W ได้ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที ในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 200 W ได้ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 10 นาที ในกรณีที่กำลังไมโครเวฟ 300 W ได้ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที และในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 400 W ได้ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที แล้วนำผลการทดลองทั้งหมดมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งที่ผิวของผลปาล์มกับเวลา ดังแสดงในรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่าค่าความแข็งที่ผิวของผลปาล์มจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็น 2 ช่วง กล่าวคือช่วงแรกของการอบความแข็งที่ผิวของผลปาล์มจะมีค่าลดลงจนถึงค่าหนึ่งและในช่วงหลังค่าความแข็งที่ผิวจะค่อยๆ

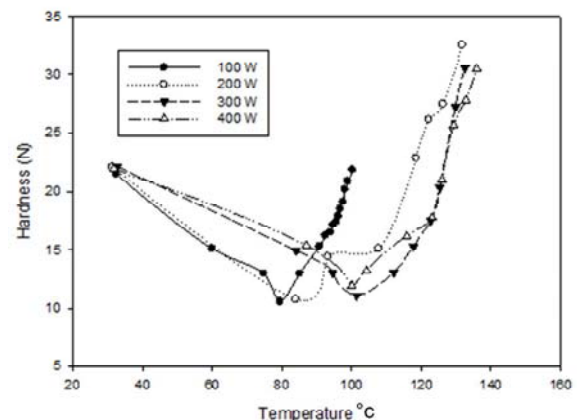
เพิ่มขึ้นอีกครั้ง โดยที่กำลังของไมโครเวฟ 100 W ความแข็งที่ผิวของผลปาล์มจะมีค่าลดลงเหลือ 10.5 N เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นทำการอบผลปาล์มจนแห้งค่าความแข็งที่ผิวของผลปาล์มมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 21.9 N ในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 200 W ความแข็งที่ผิวของผลปาล์มมีค่าลดลงเหลือ 10.8 N เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นทำการอบผลปาล์มจนแห้งค่าความแข็งที่ผิวของผลปาล์มมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 32.5 N ในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 300 W ความแข็งของผลปาล์มมีค่าลดลงเหลือ 11.1 N เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นทำการอบผลปาล์มจนแห้งค่าความแข็งที่ผิวของผลปาล์มมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 30.6 N และในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 400 W ความแข็งที่ผิวของผลปาล์มมีค่าลดลงเหลือ 11.9 N เมื่อทำการอบผลปาล์มเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นทำการอบผลปาล์มจนแห้งค่าความแข็งที่ผิวของผลปาล์มมีค่า 30.5 N

รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งที่ผิวของผลปาล์มกับอุณหภูมิภายในผลปาล์มที่อบด้วยกำลังของไมโครเวฟ 100 W, 200 W, 300 W และ 400 W โดยค่าความแข็งที่ผิวของผลปาล์มเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 21.9 N พบว่าค่าความแข็งที่ผิวของผลปาล์มจะมีค่าไม่สูงมากเมื่ออุณหภูมิภายในผลปาล์มมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 80-100°C เมื่อพิจารณาในแต่ละกำลังวัตต์ของไมโครเวฟพบว่า ที่กำลังของไมโครเวฟ 100 W ความแข็งที่ผิวของผลปาล์มมีค่าลดลงเหลือ 10.5 N เมื่ออุณหภูมิภายในผลปาล์มมีค่าเท่ากับ 79.5 °C ในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 200 W มีค่าความแข็งที่ผิวของผลปาล์มลดลงเหลือ 10.8 N เมื่ออุณหภูมิภายในผลปาล์มมีค่าเท่ากับ 84°C ในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 300 W ค่าความแข็งที่ผิวของผลปาล์มมีค่าลดลงเหลือ 11.1 N เมื่ออุณหภูมิภายในผลปาล์มมีค่าเท่ากับ 101°C และในกรณีที่กำลังของไมโครเวฟ 400 W ค่าความแข็งที่ผิวของผลปาล์มมีค่าลดลงเหลือ 11.9 N เมื่ออุณหภูมิภายในผลปาล์มมีค่าเท่ากับ 100°C และจากรูปที่ 9 ยังพบอีกว่าเมื่ออุณหภูมิภายในผล

ปาล์มมีค่าสูงก็จะส่งผลให้ค่าความแข็งที่ผิวของผลปาล์มมีค่าสูงขึ้นด้วยเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในผลปาล์มทำให้อัตราการอบแห้งของผลปาล์มเพิ่มขึ้นเมื่อผลปาล์มมีการแห้งมากขึ้นก็จะส่งผลทำให้ความแข็งที่ผิวของผลปาล์มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งที่ผิวของผลปาล์มกับเวลาที่อบด้วยไมโครเวฟ



รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งที่ผิวกับอุณหภูมิภายในผลปาล์มที่อบด้วยไมโครเวฟ

5. สรุป

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแห้งของผลปาล์มด้วยระบบไมโครเวฟสามารถสรุปได้ว่า การแห้งของผลปาล์มขึ้นอยู่กับกำลังของคลื่นไมโครเวฟ เมื่อให้กำลังแก๊วไมโครเวฟมากขึ้นทำให้อัตราการแห้งของผลปาล์มเพิ่มขึ้นด้วย โดยที่ กำลัง 400 W จะให้อัตราการแห้งสูงสุดทำให้ความชื้นมาตรฐานแห้งของผล

ปาล์มลดลงเหลือ 0.08%.db ในเวลา 30 นาที และที่อุณหภูมิ 100°C ของการอบด้วยกำลังไมโครเวฟ 400 W จะทำให้ความแข็งที่ผิวของผลปาล์มลดลงเหลือ 11.9 N

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] พูนสุข ประเสริฐสรรพ และ สุธีระ ประเสริฐสรรพ. (2537). การศึกษาและวิเคราะห์สถานภาพและศักยภาพของการใช้ประโยชน์จากของเสียจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม, ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
- [2] บัญญัติ นิยมवास (2544). การพัฒนาระบบอบแห้งผลปาล์ม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 133 หน้า.
- [3] ยุทธพงศ์ เพียรโรจน์ พันธุ์ศักดิ์ เกิดทองมี และ หมุดตอเล็บ หนิสอ. (2548). การพัฒนาระบบการให้ความร้อนเพื่อการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ, การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1, โรงแรมแอมบาสเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน, จังหวัดชลบุรี. 11-13 พฤษภาคม 2548.
- [4] หมุดตอเล็บ หนิสอ และคณะ (2548). การพัฒนาระบบการให้ความร้อนเพื่อการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, หน่วยวิจัยฟิสิกส์ทดลอง สำนักวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- [5] อัครวิน ชินธรรมมิตร (2546). การพัฒนากรรมวิธีการอบแห้งแครอทและเนื้อไก่ โดยการอบแห้งแบบลมร้อน ร่วมกับการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [6] Chow, M.C. and Ma, A.N., (2007). Processing of fresh palm fruits using microwaves, *Journal of Microwave Power and*

Electromagnetic Energy, vol. 40(3), pp. 165-173.

- [7] Sukaribin, N. and Khalid, K. (2009). Effectiveness of sterilisation of oil palm bunch using microwave technology, *Industrial Crops and Products*, vol. 30(2), pp. 179-183.