

เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งแบบถึงทรงกระบอกหมุนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน ในการอบแห้งเม็ดพลาสติก

Rotary Dryer Technology for Improving of Energy Consumption Efficiency of Plastic Pellets Drying

อรรถพล สิมประดิษฐ์พันธุ์^{1*} พิชัย นามประกาย¹ และณรงค์ชัย โอเจริญ²

¹สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทร 08-3704-9418 E-mail: kukki555@hotmail.com, 52402628@st.kmutt.ac.th

²ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี ปทุมธานี 12110

บทคัดย่อ

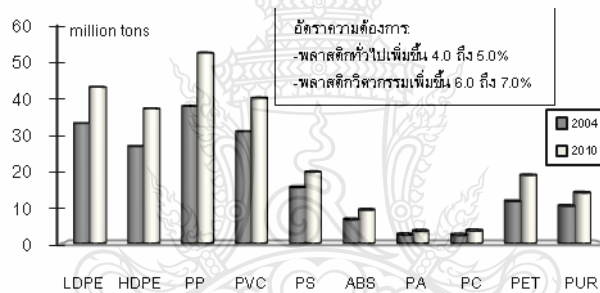
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้งและแบบของเครื่องอบแห้งต่อปริมาณความชื้นที่หลงเหลือ และประสิทธิภาพของการใช้พลังงานจำเพาะในการอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต โดยเปรียบเทียบระหว่างเครื่องอบแห้งแบบถึงทรงกระบอกหมุนกับเครื่องอบแห้งแบบถึงอยู่กับที่ ซึ่งมีความเร็วอากาศร้อนอยู่ที่ 4 และ 0.4 m/s ตามลำดับ ในขั้นตอนแรกทำการหาความชื้นเริ่มต้นของเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต ในขั้นตอนที่สองอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนตด้วยเครื่องอบแห้งแบบถึงที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 4 hrs เพื่อนำค่าความชื้นหลังการอบแห้งที่ได้ไปตั้งเป็นค่าความชื้นที่ต้องการ และในขั้นตอนสุดท้ายอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนตด้วยเครื่องอบแห้งทั้งสองแบบที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 °C จนได้ค่าความชื้นที่ต้องการ จากการทดลองพบว่า ค่าความชื้นเริ่มต้นและค่าความชื้นที่ต้องการมีค่าอยู่ที่ 0.186 ถึง 0.193% และ 0.120% w.b. ตามลำดับ โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งให้สูงขึ้นหรืออบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถึงทรงกระบอกหมุน มีผลทำให้เม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนตเหลือความชื้นที่ต้องการได้รวดเร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำหรือด้วยเครื่องอบแห้งแบบถึง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 120 °C ใช้ระยะเวลาที่น้อยที่สุด ส่งผลให้มีค่าการใช้พลังงาน และประสิทธิภาพของการใช้พลังงานในส่วนของความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ต่ำกว่า

คำสำคัญ: การอบแห้งเม็ดพลาสติก, ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ, เครื่องอบแห้งแบบถึงทรงกระบอกหมุน

1. บทนำ

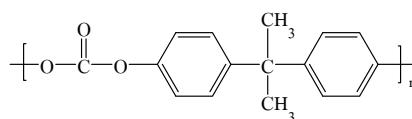
พลาสติก (Plastic) หมายถึง สารประกอบอินทรีย์ที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อนำมาใช้แทนวัสดุธรรมชาติ โดยมีทั้งชนิดที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้เรียกว่า เทอร์มอพลาสติก (Thermoplastic) และชนิดที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เรียกว่า เทอร์มอเซตพลาสติก (Thermoset Plastic) และพลาสติกเป็นพอลิเมอร์ (Polymer) ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยมีโครงสร้างทางเคมีที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยซ้ำๆ ของโมเลกุลที่เรียกว่า เมอร์ (Mer) และหากเป็นโมเลกุลที่มีเมอร์เพียง 1 หน่วย ก็จะเรียกว่า มอนอเมอร์ (Monomer) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของพอลิเมอร์อีกครั้งหนึ่ง [1] พลาสติกเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศกล่าวคือ เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) เนื่องมาจากการผลิตเม็ดพลาสติกในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีต้องใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) เป็นวัตถุดิบในการผลิต ดังนั้นถ้ายังมีการใช้ถุงพลาสติกมากขึ้น ก็จะทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide, CO₂) ที่ถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศโลกจากการเผาไหม้ในกระบวนการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้พลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานสั้น โดยทั่วไปเมื่อ

ใช้แล้วเพียงครั้งเดียวก็จะกลายเป็นขยะ ซึ่งถ้ามีวิธีการกำจัดที่ไม่เหมาะสม เช่น การเผาทำลาย ซึ่งถ้าการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ก็จะมีก๊าซพิษออกมา แต่ถึงแม้ว่าจะเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ก็ตาม ก็จะมี CO₂ ที่เป็นก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) เกิดขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งก๊าซกลุ่มนี้จะมีโมเลกุลใหญ่ ทำหน้าที่ดูดซับ และกักเก็บพลังงานความร้อนที่มาจากดวงอาทิตย์ไว้ได้มาก หากชั้นบรรยากาศมีปริมาณก๊าซกลุ่มนี้อยู่ในระดับที่พอดี ก็จะทำให้โลกมีอุณหภูมิที่อบอุ่นเหมาะแก่การดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตในโลก แต่หากก๊าซกลุ่มนี้มีมากเกินไปก็จะทำให้อุณหภูมิในโลกเพิ่มสูงขึ้น [2] ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนอย่างที่เรารู้จักในปัจจุบัน แต่ในทางความเป็นจริงแล้วในปัจจุบันนี้พบว่า พลาสติกถูกนำมาใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ อย่างมากมาย เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นอยู่หลายประการ เช่น น้ำหนักเบา ไม่เป็นสนิม มีความแข็งแรง และสามารถทำการขนย้ายได้สะดวก ซึ่งจากข้อมูลการนำเข้าผลิตภัณฑ์พลาสติกของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2552 พบว่า มีมูลค่าการนำเข้าเท่ากับ 83,056 ล้านบาท มีปริมาณการนำเข้า 482,820 ตัน มีมูลค่าการส่งออกเท่ากับ 80,320 ล้านบาท และมีปริมาณการส่งออก 874,324 ตัน [3] นอกจากนี้จากการคาดคะเนในปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2553) พบว่า มีความต้องการใช้พลาสติกทั่วโลกเพิ่มขึ้น 4-5% และ 6-7% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2547 สำหรับพลาสติกทั่วไปและพลาสติกวิศวกรรม ตามลำดับ [4] ดังแสดงในรูปที่ 1 ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกทุกเลาลงได้ในทางปฏิบัติ จึงควรดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมพลาสติกให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยที่สุดหรือใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพควบคู่กันไปด้วย [5, 6] เช่น ปรับปรุงเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมหรือทำการคัดค้านวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่ทันสมัยมาใช้ในกระบวนการผลิต เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น น้ำมัน (Oil) ถ่านหิน (Coal) และก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) ล้วนแล้วแต่ปลดปล่อย CO₂ ที่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกแทบทั้งสิ้น [7-9]



รูปที่ 1 เปรียบเทียบอัตราความต้องการของพลาสติกชนิดต่างๆ [4]

จากการที่พลาสติกบางชนิดมีความเป็นขั้ว (Polarity) สูง เช่น พอลิคาร์บอนเนต (Polycarbonate, PC), พอลิเอไมด์ (Polyamide, PA) พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเรท (Polyethylene Terephthalate, PET) และอีพอกซี (Epoxy, EP) จึงทำให้มีความสามารถในการดูดความชื้นสูงขึ้นตามไปด้วย [10-13] โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลาสติก PC เป็นพลาสติกที่มีหมู่คาร์บอนเนต (CO₃) อยู่ในสายโซ่โมเลกุล ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งมีความเป็นขั้วสูง จึงทำให้สามารถดูดความชื้นได้ดี [14] โดยมีอัตราการดูดความชื้นประมาณ 0.150% จากการทดสอบเป็นเวลา 24 hrs ตามมาตรฐาน ASTM D 570 นอกจากนี้ PC มีโครงสร้างเป็นแบบอสัณฐาน (Amorphous) มีความหนาแน่น 1.20 g/cm³ มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.2 W/mK [15] มีความใสสูง ใช้งานได้ที่อุณหภูมิกว้างตั้งแต่ -100 °C ถึง 145 °C มีอัตราการหดตัวต่ำ มีความเหนียวสูง ทนแรงกระแทกได้สูงมาก มีสมบัติเป็นฉนวนทางไฟฟ้าที่ดีมาก และทนต่อสารเคมีและรอยขีดข่วนต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพลาสติก PC ได้แก่ หมวกกันน็อก โคมไฟฟ้า ภาชนะบรรจุน้ำร้อน ภาชนะบรรจุอาหารหรือเครื่องดื่มสำหรับทารก คอนแทคเลนส์ แว่นตานิรภัย และชิ้นส่วนประกอบภายในรถยนต์ [16]



รูปที่ 2 ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของพอลิคาร์บอนเนต

ในการที่จะได้ผลิตภัณฑ์พลาสติก PC ที่มีคุณภาพที่เหมาะสมประกอบกับพลาสติกบางชนิดมีการดูความชื้นสูง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำเม็ดพลาสติก PC โดยใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มาอบไล่ความชื้นหรืออบแห้งก่อนในเบื้องต้น เนื่องจากความชื้นมีส่วนทำให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้เกิดความบกพร่อง เช่น เกิดฟองอากาศ (Bubble) เกิดประกายเงิน (Silver Streak) และมีสมบัติเชิงกลลดลง [17, 18] ซึ่งในการอบแห้งเม็ดพลาสติกจะอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิตามมาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับพลาสติกแต่ละชนิดด้วยเครื่องอบไล่ความชื้นหรือเครื่องอบแห้งที่ติดตั้งมากับเครื่องขึ้นรูปที่เรียกว่า เครื่องอบแห้งแบบถัง (Hopper Dryer) โดยใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งเครื่องอบแห้งแบบถังมีข้อจำกัดในส่วนของการที่วัสดุที่นำมาอบแห้งได้รับความร้อนที่แตกต่างกัน เนื่องจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถัง วัสดุหรือเม็ดพลาสติกจะวางเรียงซ้อนกันอย่างหนาแน่นอยู่ในห้องอบแห้ง (Drying Chamber) และการกระจายตัวของอากาศร้อนภายในห้องอบแห้งไม่ทั่วถึง ทำให้ปริมาณความชื้นที่ลดลงของเม็ดพลาสติกเป็นไปอย่างเชื่องช้าและไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่สูง ซึ่งแตกต่างจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน (Rotary Dryer) ที่วัสดุมีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง และภายในตัวถังมีแผ่นครีบริบรูปทรงคล้ายเกลียวทำหน้าที่บังคับให้วัสดุเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะที่แนบติดอยู่กับผิวของถังที่ได้รับการถ่ายโอนความร้อนมาจากแหล่งความร้อน ซึ่งมีส่วนทำให้ความชื้นที่มีอยู่ในวัสดุมีการระเหยออกมาได้อย่างรวดเร็ว และมีความสม่ำเสมอกันทั่วทุกตำแหน่ง ส่งผลให้มีส่วนช่วยในการประหยัดพลังงาน และเป็น การเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งอีกทางหนึ่งด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีการนำเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน มาประยุกต์ใช้ในการอบแห้งเม็ดพลาสติก PC เพื่อศึกษาถึงการลดลงของความชื้น การบริโภคพลังงาน และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) โดยเปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งแบบถัง ซึ่งคาดว่าจะประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกต่อไป

2. การอบแห้ง (Drying) [19-22]

การอบแห้งคือ กระบวนการลดความชื้นที่มีอยู่ในวัสดุต่างๆ ซึ่งโดยทั่วไปใช้หลักการถ่ายโอนความร้อนให้กับวัสดุที่มีความชื้นอยู่ เพื่อไล่ความชื้นออกจากวัสดุโดยการระเหย ซึ่งอาศัยความร้อนที่ได้รับจากอากาศร้อนเป็นความร้อนแฝงของการระเหย ในขณะที่เดียวกันไอน้ำก็จะเกิดการเคลื่อนที่จากผิวของวัสดุมายังกระแสอากาศ การอบแห้งวัสดุโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.1 ช่วงเริ่มต้นของการอบแห้ง (Rising Rate Drying Period)

ช่วงเริ่มต้นของการอบแห้ง อุณหภูมิที่พื้นผิวของวัสดุที่นำมาอบแห้งจะเข้าสู่สภาวะสมดุลทางความร้อน และเกิดการระเหยของความชื้นขึ้นที่พื้นผิวของวัสดุ โดยที่อัตราการอบแห้งของวัสดุมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งให้สูงขึ้น และเมื่อมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ลดลง

2.2 ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant Rate Drying Period)

ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ความร้อนจากอากาศจะถ่ายโอนไปยังผิวของวัสดุโดยการนำความร้อนผ่านชั้นฟิล์มของก๊าซ และวัสดุจะแพร่ความชื้นจากผิวผ่านชั้นฟิล์มของก๊าซไปยังอากาศร้อน เนื่องจากการระเหยของความชื้นที่ผิวของวัสดุล่าช้ากว่าการแพร่ของความชื้นภายในวัสดุมายังผิวของวัสดุ ส่งผลให้อุณหภูมิของผิววัสดุมีค่าคงที่ๆ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ และความเข้มข้นของน้ำที่ผิวของวัสดุมีค่าคงที่ ดังนั้นอัตราการระเหยของน้ำที่ผิวจะเป็นตัวควบคุมอัตราการอบแห้ง

2.3 ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling Rate Drying Period)

ช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเกิดขึ้นเมื่อวัสดุมีความชื้นลดลงจนถึงความชื้นวิกฤต ซึ่งเป็นช่วงหลังจากที่ความชื้นบริเวณผิวหน้าของวัสดุถูกระเหยออกไปมากแล้ว อัตราการอบแห้งจะเริ่มเปลี่ยนแปลงจากช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ที่เป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงนั้นการแพร่ของความชื้นมายังผิวของวัสดุจะล่าช้ากว่าการระเหยของน้ำที่ผิวของวัสดุ ดังนั้นอัตราการอบแห้งจะถูกควบคุมด้วยการแพร่ของความชื้นภายในวัสดุ โดยที่ผิวของวัสดุจะค่อยๆ แห้ง และอุณหภูมิจึงค่อยๆ สูงขึ้น เนื่องจากความร้อนที่ถ่ายโอนให้กับวัสดุถูกใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิให้กับวัสดุส่วนหนึ่ง จึงมีความร้อนเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ใช้ในการระเหยของน้ำ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งถึงความชื้นค่าหนึ่งแล้วจากนั้นความชื้นก็จะไม่ลดลงอีกเรียกว่า ความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content)

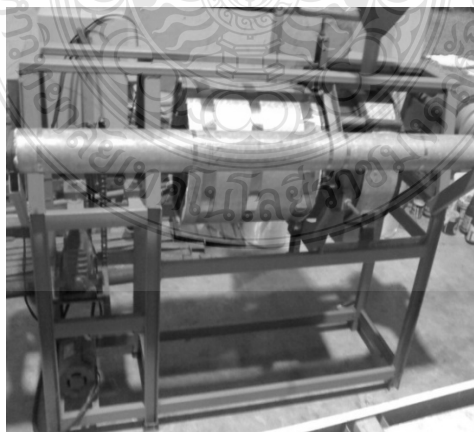
3. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ทดลองต่างๆ ได้แก่ เครื่องอบแห้งแบบถัง ดังแสดงในรูปที่ 3 ยี่ห้อ Shini รุ่น SHD-25 ของบริษัท Shini Electric Heaters CO. LTD ประเทศไทย นำมาใช้อบแห้งเม็ดพลาสติก PC ประกอบด้วย เครื่องเป่าลม (Blower) ขนาด 90 W อุปกรณ์ให้ความร้อน (Heater) ขนาด 2.8 kW และมีความจุประมาณ 25 kg ทำงานโดยการดูดอากาศจากภายนอก แล้วให้ความร้อนด้วยอุปกรณ์ให้ความร้อน จากนั้นทำการเป่าอากาศร้อนดังกล่าวด้วยเครื่องเป่าลม ให้มีความเร็วหรือแรงดันสูง เพื่อให้สามารถสัมผัสผ่านเม็ดพลาสติกที่วางเรียงซ้อนกันอยู่ในห้องอบแห้ง ส่งผลให้เม็ดพลาสติก มีความชื้นลดลง เครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน ดังแสดงในรูปที่ 4 นำมาใช้อบแห้งเม็ดพลาสติก PC ประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 372 W เครื่องเป่าลมขนาด 186 W อุปกรณ์ให้ความร้อนขนาด 5 kW และมีความจุประมาณ 5 kg ทำงานโดยการเป่าอากาศร้อน ซึ่งถูกเพิ่มอุณหภูมิด้วยอุปกรณ์ให้ความร้อนพัดผ่านเข้าไปยังถังหมุนที่มีเม็ดพลาสติกบรรจุอยู่ โดยที่ภายในถังบรรจุมีแผ่นครีบริบรูปทรงคล้ายเกลียว เพื่อทำหน้าที่กระจายวัสดุให้ทั่วผนังของห้องอบแห้ง และส่งวัสดุไปข้างหน้า รวมทั้งเป็นการเพิ่มผิวสัมผัสระหว่างอากาศร้อนและวัสดุอบแห้ง โดยที่ขณะอบแห้งถังจะหมุนในแนวแกนนอนอย่างต่อเนื่อง เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Moisture Analyzer) นำมาใช้ในการวัดค่าความชื้นเริ่มต้น และหลังการอบแห้งของเม็ดพลาสติก PC และเม็ดพลาสติก PC Makrolon เกรด 2405 ซึ่งนำมาใช้เป็นวัสดุทดลองในการอบแห้งกับเครื่องอบแห้งทั้งสองแบบดังกล่าว



รูปที่ 3 เครื่องอบแห้งแบบถัง [23]



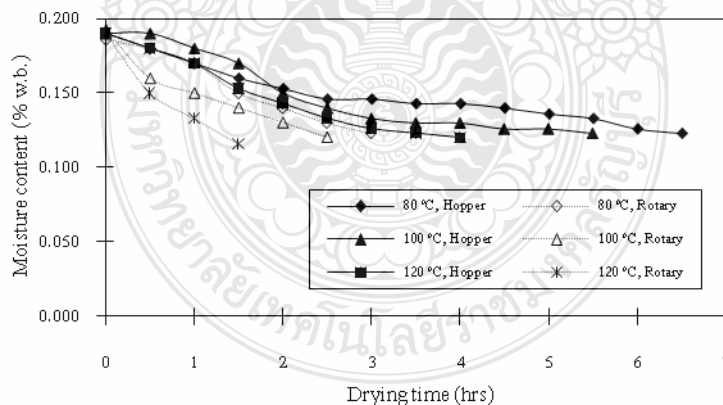
รูปที่ 4 เครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน

3.2 วิธีการวิจัย

ในขั้นตอนแรกนำเม็ดพลาสติก PC มาทำการทดสอบหาปริมาณความชื้นเริ่มต้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น จากนั้นอบแห้งเม็ดพลาสติกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 4 hrs ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต [24] เพื่อนำค่าความชื้นที่ได้หลังการอบแห้งไปตั้งเป็นค่าความชื้นที่ต้องการของการทดลองต่อไป และอบแห้งเม็ดพลาสติก PC ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถัง และแบบถังทรงกระบอกหมุนที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 °C จนได้ค่าความชื้นที่ต้องการ ซึ่งได้มาจากการทดลองในขั้นต้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างมีน้ำหนักเริ่มต้น 3 kg โดยทำการเก็บตัวอย่างเม็ดพลาสติก PC ประมาณ 15 g ที่ช่วงระยะเวลาการอบแห้ง 30 นาที เพื่อนำมาวัดปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งของตัวอย่างต่างๆ ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น เพื่อนำไปใช้คำนวณหาปริมาณความชื้นที่ลดลงต่อไป โดยในแต่ละตัวอย่างการทดลองมีการวัดค่าการบริโภคพลังงานที่ใช้ โดยการนำอุปกรณ์เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้ามาติดตั้งเชื่อมต่อกับวงจรการจ่ายกระแสไฟฟ้าของเครื่องอบแห้งแต่ละแบบ แล้วทำการวัดและบันทึกค่าพลังงานที่ใช้ในแต่ละตัวอย่างของการอบแห้งทั้งหมด จากนั้นนำค่าที่ได้ไปทำการคำนวณหาความสัมพันธ์เปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งของเม็ดพลาสติก PC

4. ผลการวิจัย

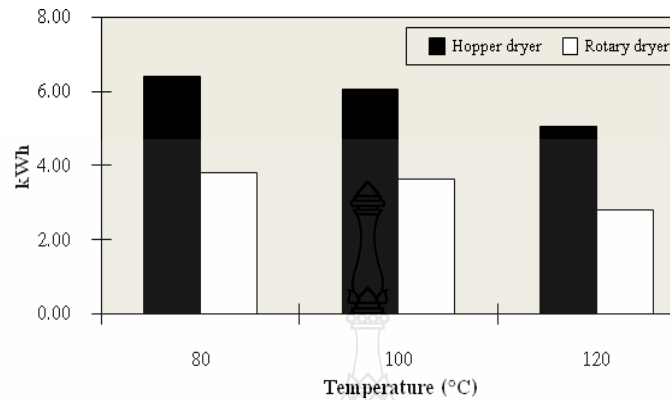
จากการทดลองพบว่า ค่าความชื้นเริ่มต้นและหลังการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 4 hrs ของเม็ดพลาสติก PC อยู่ที่ประมาณ 0.186-0.190% และ 0.120% w.b. ตามลำดับ และเมื่อทำการพิจารณาที่ความชื้นที่ต้องการดังกล่าวคือ 0.120% w.b. การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงด้วยเครื่องอบแห้งแต่ละแบบ และการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน มีผลทำให้ค่าความชื้นลดลงจนได้ค่าความชื้นที่ต้องการดังกล่าวรวดเร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ และการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถัง ดังแสดงในรูปที่ 5 อาจเนื่องมาจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศร้อนกับอุณหภูมิของเม็ดพลาสติก PC มีค่ามากกว่ากรณีที่ใช้อุณหภูมิต่ำ [25-31] และการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน ห้องอบแห้งมีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้เม็ดพลาสติก PC เคลื่อนที่ตามไปด้วย เป็นผลให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนไปยังเม็ดพลาสติก PC ได้สูงขึ้น และส่งผลให้มีการลดลงของความชื้นหรืออัตราการระเหยของน้ำที่สะสมอยู่ในเม็ดพลาสติก PC ที่สูงและรวดเร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ และการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังดังกล่าวข้างต้น



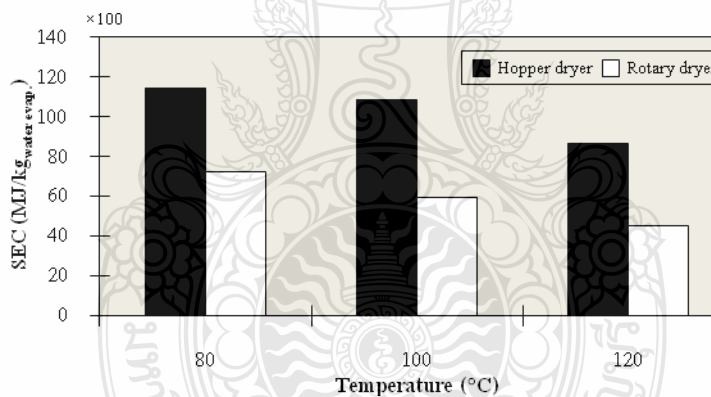
รูปที่ 5 เปรียบเทียบระยะเวลาของการอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต ณ ปริมาณความชื้นที่ต้องการ 0.120% มาตรฐานเปียก ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งทั้งสองแบบที่อุณหภูมิต่างๆ

ในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการทดลองอบแห้งเม็ดพลาสติก PC ที่สภาวะต่างๆ โดยพิจารณาที่ความชื้นที่ต้องการคือ 0.120% w.b. พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงหรือด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุนมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำหรือด้วยเครื่องอบแห้งแบบถัง ดังแสดงในรูปที่ 6 เนื่องมาจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงหรือด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุนสามารถลดความชื้นให้เหลือประมาณ 0.120% w.b. ได้รวดเร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำหรือด้วยเครื่องอบแห้งแบบถัง ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยลง ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาและพลังงานที่

ใช้ในการอบแห้ง และเมื่อเปรียบเทียบในส่วนของความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะพบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงหรือด้วยเครื่องอบแห้งแบบถึงทรงกระบอกหมุนมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำหรือด้วยเครื่องอบแห้งแบบถึง ดังแสดงในรูปที่ 7 อาจเนื่องมาจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงหรือด้วยเครื่องอบแห้งแบบถึงทรงกระบอกหมุนมีอัตราการระเหยของน้ำที่รวดเร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำหรือด้วยเครื่องอบแห้งแบบถึง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 120 °C มีค่าดังกล่าวต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะการทดลองอื่นๆ



รูปที่ 6 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของการอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนตที่สภาวะการทดลองต่างๆ ณ ปริมาณความชื้นที่ต้องการ 0.120% มาตรฐานเปียก



รูปที่ 7 เปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนตที่สภาวะการทดลองต่างๆ ณ ปริมาณความชื้นที่ต้องการ 0.120% มาตรฐานเปียก

5. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองสรุปได้ว่า เม็ดพลาสติก PC มีความชื้นเริ่มต้นที่ 0.186-0.190% w.b. และความชื้นที่หลงเหลือหลังการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถึงที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 4 hrs อยู่ที่ประมาณ 0.120% w.b. โดยที่อุณหภูมิและแบบของเครื่องอบแห้งที่ใช้ในการอบแห้งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น และการใช้พลังงานในการอบแห้งเม็ดพลาสติก PC กล่าวคือ เมื่อพิจารณาการอบแห้งเพื่อให้ได้ความชื้นที่ต้องการคือ 0.120% w.b. การอบแห้งที่อุณหภูมิสูง และการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถึงทรงกระบอกหมุนใช้ระยะเวลาในการอบแห้งเพื่อให้ได้ความชื้นที่ต้องการดังกล่าวน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ และการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถึง จึงทำให้มีค่าการใช้พลังงาน และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำกว่า โดยการที่มีค่าการใช้พลังงาน และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะดังกล่าวที่ต่ำกว่าเป็นการช่วยประหยัดและอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยบรรเทาปัญหาภาวะโลกร้อนที่เป็นอยู่ในปัจจุบันให้ลดลงได้

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] McCrum, N.G., Buckley, C.P. and Bucknall, C.B., "Principles of Polymer Engineering," 2nd ed., Oxford University Press, Oxford, pp. 20, 2005.
- [2] Morlot, J.C. and Höhne, N., "Climate change: Long-Term Targets and Short-Term Commitments," *Global Environmental Change*, Vol. 13, No. 4, pp. 277–293, 2003.
- [3] สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย "การนำเข้าส่งออกผลิตภัณฑ์พลาสติกของไทย ปี 2552" *Plastics Intelligence Update* ปีที่ 2 ฉบับที่ 5 หน้า 1-8 พ.ศ. 2553
- [4] Dröscher, M. and Degussa, A.G., "World Plastics Production," from http://www.umsicht.fraunhofer.de/veranstaltungen/downloads/060913_umta06_8.pdf, Retrieved September 2, 2010.
- [5] Lenard, T.M., "Renewable Electricity Standards, Energy Efficiency, and Cost-Effective Climate-Change Policy," *The Electricity Journal*, Vol. 22, No. 8, pp. 55-64, 2009.
- [6] Clift, R., "Climate Change and Energy Policy: The Importance of Sustainability Arguments," *Energy*, Vol. 32, No. 4, pp. 262–268, 2007.
- [7] Sims, R.E.H., Rogner, H-H. and Gregory, K., "Carbon Emission and Mitigation Cost Comparisons between Fossil Fuel, Nuclear and Renewable Energy Resources for Electricity Generation," *Energy Policy*, Vol. 31, No. 13, pp. 1315–1326, 2003.
- [8] Baptiste, P.J. and Ducroux, R., "Energy Policy and Climate Change," *Energy Policy*, Vol. 31, No. 2, pp. 155-166, 2003.
- [9] วนิตา ชูอักษร "บทบาทของโรงงานอุตสาหกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก" เทคนิค เครื่องกล ไฟฟ้า อุตสาหกรรม ปีที่ 24 ฉบับที่ 81 หน้า 153-156 พ.ศ. 2550
- [10] Soles, C.L., Chang, F.T., Bolan, B.A., Hristov, H.A., Gidley, D.W. and Yee, A.F., "Contributions of the Nanovoid Structure to the Moisture Absorption Properties of Epoxy Resins," *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, Vol. 36, No. 17, pp. 3035-3048, 1998.
- [11] Buehler, F.U. and Seferis J.C., "Effect of Reinforcement and Solvent Content on Moisture Absorption in Epoxy Composite Materials," *Composite: Part A*, Vol. 31, No. 7, pp. 741-748, 2000.
- [12] Wu, T. and Ke, Y., "The Absorption and Thermal Behaviors of PET-SiO₂ Nanocomposite Films," *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 91, No. 9, pp. 2205-2212, 2006.
- [13] Wang, J., Gong, J., Gong, Z., Yan, X., Wang, B., Wu, Q. and Li, S., "Effect of Curing Agent Polarity on Water Absorption and Free Volume in Epoxy Resin Studied by PALS," *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, Vol. 268, No. 14, pp. 2355–2361, 2010.
- [14] Weibin, G., Shimin, H., Minjiao, Y., long, J. and Yi, D., "The Effects of Hydrothermal Aging on Properties and Structure of Bisphenol A Polycarbonate," *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 94, No. 1, pp. 13-17, 2009.
- [15] Crawford, R.J., "Plastics Engineering," 3rd ed., Elsevier Butterworth-Heinemann, Burlington, pp. 31, 2005.
- [16] อรรถพล สิมประดิษฐ์พันธ์ุ กวีวัฒน์ มณีवाल และสุชาติร์น บุญจำ "ความสามารถในการขึ้นรูปของพอลิคาร์บอเนตในกระบวนการขึ้นรูปแบบหมุน" *ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลาสติก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี* หน้า 2-5 พ.ศ. 2552
- [17] Lawrence, S.St., Willett, J.L. and Carriere, C.J., "Effect of Moisture on the Tensile Properties of Poly(Hydroxyl Ester Ether)," *Polymer*, Vol. 42, No. 13, pp. 5643-5650, 2001.

- [18] Kumosa, L., Benedikt, B., Armentrout, D. and Kumosa, M., "Moisture Absorption Properties of Unidirectional Glass/Polymer Composites Used in Composite (Non-Ceramic) Insulators," *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, Vol. 35, No. 9, pp. 1049–1063, 2004.
- [19] มัทธินยา เชี่ยวเวช "การเร่งความแก่ของข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคในการอบแบบฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับการเทมเปอร์" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หน้า 24-63 พ.ศ. 2548
- [20] เพชรรัตน์ ใจบุญ "การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งลำไยด้วยเทคนิคแบบต่างๆ" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หน้า 18-19 พ.ศ. 2549
- [21] วรเมธ ทัดทอง "การศึกษาเชิงทดลองอบแห้งเมล็ดกาแฟด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หน้า 10-55 พ.ศ. 2547
- [22] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ "การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท" พิมพ์ครั้งที่ 7 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ หน้า 1-109 พ.ศ. 2540
- [23] Kenplas, "Hopper Dryer-Dry Plastic Granules," from <http://www.kenplas.com/hopperdryer/> Retrieved October 12, 2010.
- [24] Bayer MaterialScience, "MAKROLON 2405, 2407 and 2456," from <http://www.BayerMaterialScienceNAFTA.com>, Retrieved July 2, 2010.
- [25] นภาพรณ พลายโต "ผลของการพรีทรีทเมนต์ที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งและคุณภาพของกล้วยแผ่น" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หน้า 55 พ.ศ. 2548
- [26] มานะ สุยะรา "อิทธิพลของระดับความสูงที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งและคุณภาพของกล้วยแผ่น" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หน้า 30 พ.ศ. 2550
- [27] เสริมพงษ์ อติเรกรัฐ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และฐานิตย์ เมธิยานนท์ "จลนพลศาสตร์การอบแห้ง คุณภาพ และปัญหาการเกาะตัวในการอบแห้งมะพร้าวชูดด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด" การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21 วันที่ 17-19 ตุลาคม 2550, จังหวัดชลบุรี
- [28] Zielinska, M. and Markowski, M., "Air Drying Characteristics and Moisture Diffusivity of Carrots," *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, Vol. 49, No. 2, pp. 212-218, 2010.
- [29] ปิยะพงษ์ จันดาประดิษฐ์ วฑฒัญ รอดประพันธ์ และกิตติศักดิ์ วินันท์กิตติ "การศึกษาเปรียบเทียบอบแห้งปลาทุด้วยอากาศร้อนและไอน้ำร้อนขนาดยิ่ง" วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มศว. ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 หน้า 37-44 พ.ศ. 2552
- [30] Mujumdar, A.S., "Handbook of Industrial Drying," 2nd ed., Marcel Dekker, New York, pp. 1071-1086, 1995.
- [31] Gely, M.C. and Santalla, E.M., "Moisture Diffusivity in Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) Seeds: Effect of Air Temperature and Initial Moisture Content of Seeds," *Journal of Food Engineering*, Vol. 78, No. 3, pp. 1029-1033, 2007.