ETM 72

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

คุณลักษณะของการอบแห้งกากชานอ้อยโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง

Drying Characteristics of Bagasse using Continuous Dryer

สุระ ตันดี[1*] ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์[1] สฤษดิ์ วงค์จีน[1]

Sura Tundee[1*] Suparerk Chamongkolpradit[1], and Sarid Wongjeen[1]

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

โทร 0-4323-5893-4 ต่อ 2601 โทรสาร 0-4323-7483 อีเมล์ Suratundee@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะของการอบแห้งกากชานอ้อยโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง โดยทดสอบที่อุณหภูมิลมร้อนที่ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 8 9 และ 10 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ทำการทดสอบในห้องอบแห้งขนาด 0.6 x 1.2 x 1.2 m^3 กากชานอ้อยที่นำมาทดสอบมีความชื้นเริ่มต้นที่ 77% มาตรฐานเปียก น้ำหนักเริ่มต้น 500 กรัม จากการทดสอบพบว่า ความชื้นของกากชานอ้อยมีค่าลดลง เมื่อเวลาการอบแห้ง อุณหภูมิ และความเร็วลมร้อน เพิ่มขึ้น จุดที่เหมาะสมในการอบแห้งกากชานอ้อยในการทดลองนี้ คือความเร็วลมร้อน 9 เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 56 นาที และ จากการทดสอบหาค่าพลังงานความร้อนโดยใช้ บอมแคลอลีมิเตอร์ พบว่า ที่ความชื้น 35% มาตรฐานเปียก ให้ค่าความร้อน 18.93 kJ/kg เป็นค่าความร้อนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกากชานอ้อยที่ผ่านการอบแห้งที่ระดับความชื้นที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อความชื้นของกากชานอ้อยลดลงมีผลทำให้ค่าพลังงานความร้อนที่ได้สูงขึ้น

คำหลัก: อบแห้ง, กากชานอ้อย, ความชื้น

Abstract

This study aimed to study the characteristics of dry bagasse pulp using a continuous dryer machine. During the test, hot air with 80 90 and 100 °C, the velocity of its 8, 9, and 10 m/s were used, respectively. The drying experiment in size 0.6 x 1.2 x 1.2 square meters, The In drying test, the initial moisture content and weight of the the bagasse residue were 77% wet basis and 500 grams respectively. And considered the charge of the heat of the waste bagasse to change. The results from exponential indicated that moisture content of bagasse were continuously reduced the increasing of, drying time, drying temperature and drying velocity, which heat up the appropriate drying bagasse pulp in this experiment. The appropriate drying bagasse pulp in this experiment. The appropriate drying condition for bagasse in this experiment were drying velocity of 9 m/s drying temperature of 90 °C. Constant wet basis drying period of 56 minutes, and test of the thermal energy by using Bomb Calorimeter showed that

the moisture content 35% wet heat to a higher value equal to Premiums 18.93 kJ / kg. This is the highest compared with the heat waste bagasse through drying at different humidity. When the moisture content of bagasse pulp result in lower cost thermal energy to be.

***Keywords**:* Drying, Bagasse, Moisture

1.บทนำ

ประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วแทบทุกด้านโดยเฉพาะด้านอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ทำให้ความต้องการใช้พลังงานของประเทศเพิ่มมากขึ้นทุก ๆ ปี โดยทั่วไปแล้วประเทศไทยนำเข้าพลังงานในรูปของน้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน ในบางช่วงเวลาพลังงานที่กล่าวถึง มีราคาสูงมากทำให้ส่งผลต่อการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ ประเทศไทยได้มีการส่งเสริมการใช้พลังงานทางเลือกอยู่หลายรูปแบบ เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ ไบโอดีเซลและเอทานอล แต่อย่างไรก็ตามการที่จะได้มาของพลังงานเหล่านี้มีความยุ่งยากและมีต้นทุนการผลิตที่สูง มีพลังงานทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจคือพลังงานชีวมวล เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมทำให้มีวัสดุเหลือจากภาคเกษตรกรรมเป็นจำนวนมาก เช่น กากชานอ้อย เป็นวัสดุเหลือจากทางการเกษตร ภายหลังจากการผลิตน้ำตาล โดยมีกากชานอ้อยเหลือจากการผลิตน้ำตาลปีละประมาณ 13 ล้านตัน ปัจจุบันรัฐบาลได้ส่งเสริมการใช้เศษวัสดุเหลือจากทางภาคการเกษตรมาเป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า เช่นจากปริมาณกากชานอ้อย 13 ล้านตันถ้านำกากชานอ้อยทั้งหมดมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าจะได้ประมาณ 900 เมกะวัตต์ แต่ในปัจจุบันได้มีการนำกากชานอ้อยมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าแค่ 3 ล้านตัน ผลิตไฟฟ้าได้ 146 เมกะวัตต์ ดังนั้นจึงเหลือปริมาณกากชานอ้อยที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์อีกประมาณ 10.89 ล้านตัน แต่อย่างไรก็ตามความชื้นของกากชานอ้อยจะอยู่ที่ 77 % ซึ่งไม่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงและไม่สะดวกในการขนส่ง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการอบแห้งกากชานอ้อยให้มีค่าความชื้นประมาณ 30 – 35 มาตรฐานเปียก (ที่มา:http://www.rdi.ku.ac.)

จากสาเหตุที่กล่าวมาจึงได้มีการศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง โดยนำเอากากชานอ้อยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลองเพื่อศึกษาคุณลักษณะของการอบแห้งกากชานอ้อยโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเร็วของลมร้อนและอุณหภูมิในห้องอบแห้งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของกากชานอ้อย และเปรียบเทียบค่าความร้อนของกากชานอ้อยที่ผ่านการอบแห้งในแต่ละความชื้นของกากชานอ้อย

การอบแห้ง (Drying) คือกระบวนการลดความชื้นให้แก่วัสดุ โดยใช้การถ่ายเทความร้อนให้กับวัสดุเพื่อลดความชื้นออกจากวัสดุโดยการระเหย การอบแห้งสามารถลดความชื้นให้กับผลผลิตทางการเกษตรที่ส่วนใหญ่จะมีความชื้นค่อนข้างสูง ทำให้เก็บรักษาไม่ได้นาน การอบแห้งจะช่วยให้สามารถเก็บรักษาผลผลิตได้เป็นระยะเวลายาวนานขึ้น และสะดวกในการขนส่ง

3.อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

3.1 สมการการคำนวณการอบแห้ง

สมชาติ(2540) ใช้สมการที่ (1),(2) คำนวณหาความชื้นจากวัสดุ สมการที่ (3) หาค่าความชื้นสุดท้ายและสมการที่ (4) หาค่าอัตราส่วนความชื้น

สมการความชื้น

$$MC_{wb} = \frac{W - d}{W} \times 100 \quad (1)$$

$$MC_{db} = \frac{W - d}{d} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ

MC_{wb} = คือความชื้นมาตรฐานเปียก (% มาตรฐานเปียก),

MC_{db} = คือความชื้นมาตรฐานแห้ง (% มาตรฐานแห้ง)

W = คือมวลของผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัม),

d = คือมวลของผลิตภัณฑ์แห้ง (กิโลกรัม),

สมการความชื้นสมดุล

$$M_{eq} = \frac{W - d}{W_1} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ

M_{eq} = คือความชื้นสมดุล (% มาตรฐานเปียก),

W = มวลสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักจากเครื่องอบแห้งโดยใช้พลังงานแกลบ (กิโลกรัม),

d = คือมวลสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก

จากเครื่องอบแห้งแบบโอเว่น (กิโลกรัม),

W_1= คือมวลเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ก่อนการอบแห้ง (กิโลกรัม)

สมการอัตราส่วนความชื้น MR

$$MR = \frac{M_t - M_{eq}}{M_W - M_{eq}} \quad (4)$$

เมื่อ

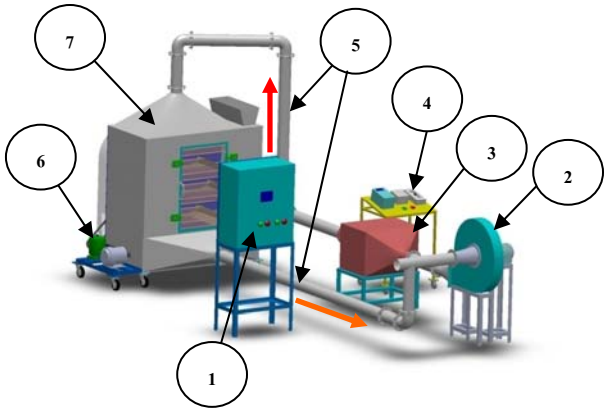
MR = คืออัตราส่วนความชื้น

M_t = คือความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เวลาใด ๆ (% มาตรฐานเปียก),

M_W = คือความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ (% มาตรฐานเปียก),

M_{eq} = คือความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์ (% มาตรฐานเปียก)

3.2 เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง

รูปที่ 1 แสดงเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย 1) ตู้ควบคุม ภายในตู้ควบคุมทำการติดตั้ง วัตต์มิเตอร์เพื่อวัดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าของเครื่องอบแห้ง รวมทั้งติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิและความเร็วรอบมอเตอร์เพื่อควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ ฮีตเตอร์ให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการและควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ของโบล์วเวอร์เพื่อให้ได้อัตราการไหลของอากาศที่จะเข้าสู่ตู้อบแห้งตามต้องการ 2)โบล์วเวอร์ ทำหน้าที่ดูดอากาศที่ออกจากห้องอบแห้งที่มีอุณหภูมิสูงและจ่ายอากาศผ่านเข้าชุดทำความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นก่อนที่อากาศจะเข้าห้องอบแห้ง 3) ประกอบด้วย ฮีตเตอร์ขนาด 1500 วัตต์จำนวน 8 ตัว เพื่อทำความร้อนให้กับอากาศ และทำการหุ้มฉนวนผิวด้านนอกของชุดทำความร้อนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกสู่บรรยากาศ 4)ชุดควบคุมความเร็วของสายพานลำเลียงกากชานอ้อยทำหน้าที่เพิ่มหรือลดความเร็วในการลำเลียงกากชานอ้อยภายในห้องอบแห้ง 5) ท่อส่งลมร้อนเข้าสู่ห้องอบแห้งและรับอากาศกลับเข้าสู่โบล์วเวอร์ ท่อทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 m ทำการหุ้มฉนวนตลอดความยาวท่อเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน 6) ชุดควบคุมความเร็วสายพาน

ลำเลียงกากชานอ้อย 7) ตู้อบแห้งแบบต่อเนื่อง มีความกว้าง 0.6 m ยาว 1.2 m สูง 1.2 m ภายในตู้อบแห้งประกอบด้วยสายพานลำเลียง 4 ชั้นสายพานมีความกว้าง 0.60 m แต่ละชั้นมีความยาว 0.80 m สายพานเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องด้วยความเร็ว 0.4 เมตรต่อวินาที

ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ในตำแหน่งทางเข้าและทางออกเครื่องทำความร้อนตำแหน่งละ 2 จุดเพื่อวัดอุณหภูมิของอากาศโดย 1 จุดทางออกของเครื่องทำความร้อนต่อเข้าชุดควบคุมอุณหภูมิ รุ่น MD 130 R/E ของบริษัท Shinko ประเทศญี่ปุ่น โดยทำการควบคุมอุณหภูมิแบบ PID เพื่อรักษาอุณหภูมิในห้องอบแห้งให้เป็นไปตามค่าที่ตั้งไว้ และติดตั้งในตำแหน่ง ทางเข้าและออกตู้อบแห้งอย่างละ 2 จุดในแต่ละชั้นของห้องอบแห้งชั้นละ 1 จุดรวมการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิทั้งสิ้น 12 จุด สายเทอร์โมคัปเปิลต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิชนิด 32 ช่องสัญญาณรุ่น 8422-51 บริษัท Hioki ประเทศญี่ปุ่นทำการบันทึกค่าของอุณหภูมิทุก ๆ 10 นาที เพื่อคำนวณหาค่าการการถ่ายเทความร้อนและทำการติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วลม ที่บริเวณทางออกของตู้อบแห้ง ซึ่งเครื่องมือวัดความเร็วลมใช้ของบริษัท Testo รุ่น 435 มีช่วงของการวัด 0.4 – 30 เมตรต่อวินาที

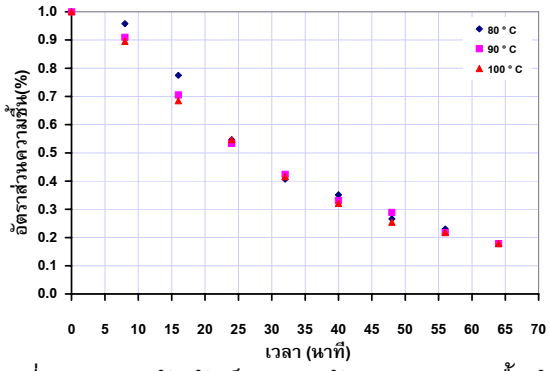
รูปที่ 2 เครื่องทดสอบหาค่าทางความร้อน (IKA รุ่น C2000)

3.3 การทดสอบเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง

กากชานอ้อยที่นำมาทดสอบมีความชื้นเริ่มต้นที่ 77 % มาตรฐานเปียก ทำการทดสอบครั้งละ 0.5 กิโลกรัม อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบมี 3 ค่า 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส ความเร็วของลมร้อน 3 ค่า 8 9 และ 10 เมตรต่อวินาที เริ่มต้นการทดสอบตั้งค่าของอุณหภูมิอากาศที่ชุดควบคุมอุณหภูมิ ไว้ที่ 80 องศาเซลเซียส และปรับชุดควบคุมความเร็วของอากาศให้ได้ความเร็วหลังออกจากเครื่องอบแห้ง 8 เมตรต่อวินาที ทำการอบแห้งและบันทึกค่าความชื้นที่ลดลงทุก ๆ 30 นาทีจนกระทั่งกากชานอ้อยมีอัตราส่วนความชื้น 7 % หลังจากนั้นทำการอบแห้งกากชานอ้อยชุดใหม่ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และเพิ่มความเร็วของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง เป็น 9 และ 10 เมตรต่อวินาที เป็นการสิ้นสุดการทดสอบครั้งที่ 1และทำการทดสอบซ้ำอีก 2 ครั้งต่อ 1 ชุดการทดลอง หลังจากนั้นเป็นการทดสอบชุดที่ 2 และ 3 ที่อุณหภูมิของลมร้อน 90 และ 100 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วของอากาศ เป็น 8 9 และ 10 เมตรต่อวินาที

4.ผลการทดลอง

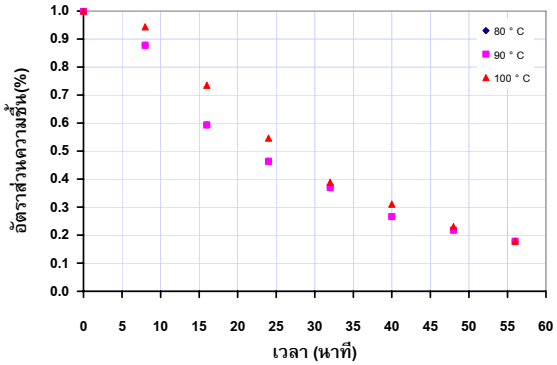
4.1 ผลของอุณหภูมิต่ออัตราส่วนความชื้น



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาอบแห้งที่ความเร็วของอากาศ 8 เมตรต่อวินาที

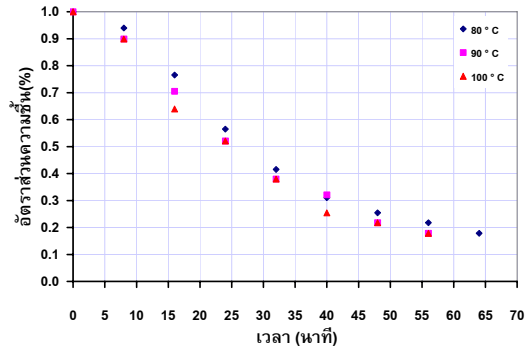
ในการทดสอบเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 3 ค่า เริ่มจาก 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วของลมร้อนที่ออกจากห้องอบแห้ง 8 เมตรต่อวินาที จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นผลของอัตราส่วนความชื้นต่อเวลามีการ

เปลี่ยนแปลงน้อยมาก เนื่องจากที่ความเร็วของอากาศต่ำการกระจายตัวของความร้อนภายในห้องอบแห้งจะไม่สม่ำเสมอทำให้กากชานอ้อยไม่ได้รับความร้อนทั่วถึง ส่งผลให้การลดลงของอัตราส่วนความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันในทุกอุณหภูมิ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาอบแห้งที่ความเร็วของอากาศ 9 เมตรต่อวินาที

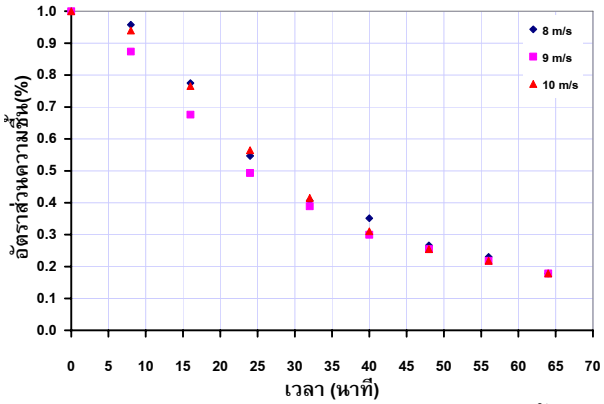
จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วของอากาศ 9 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ผลของอัตราส่วนความชื้นต่อเวลามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 80 องศาเซลเซียส เป็น 90 องศาเซลเซียส และ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการอบแห้งไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากผลของการเพิ่มความเร็วของอากาศ ทำให้เกิดการกระจายตัวของความร้อนภายในห้องอบแห้งดีขึ้นทำให้กากชานอ้อยได้รับความร้อนทั่วถึง ส่งผลให้เวลาการอบแห้งเท่ากัน



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาอบแห้งที่ความเร็วของอากาศ 10 เมตรต่อวินาที

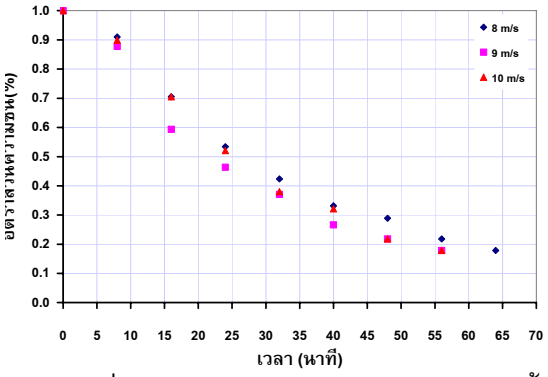
จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนความชื้นมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ในทุกอุณหภูมิในการอบแห้ง เนื่องจากความเร็วของอากาศที่เพิ่มขึ้นการกระจายตัวของความร้อนภายในห้องอบแห้ง เป็นไปอย่างทั่วถึง ทำให้กากชานอ้อยได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นระยะเวลาในการอบแห้งลดลง การอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และ 100 องศาเซลเซียส เวลาการอบแห้งลดลง 10 นาที ต่อการอบแห้งที่ความเร็วลมร้อน 8 เมตรต่อวินาที

4.2 ผลของความเร็วลมร้อนต่ออัตราส่วนความชื้น



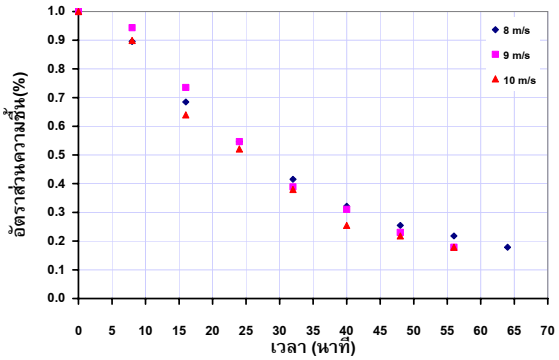
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความชื้นกากชานอ้อยต่อเวลาในแต่ละความเร็วของลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 6 จะเห็นว่าที่อุณหภูมิการอบแห้ง 80 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วของอากาศ 8 9 และ 10 เมตรต่อวินาที การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากอุณหภูมิในการอบแห้งต่ำ การเปลี่ยนแปลงความเร็วของลมร้อนสูงขึ้นจึงไม่มีผลต่ออัตราส่วนความชื้น



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความชื้นกากชานอ้อยต่อเวลาในแต่ละความเร็วของลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

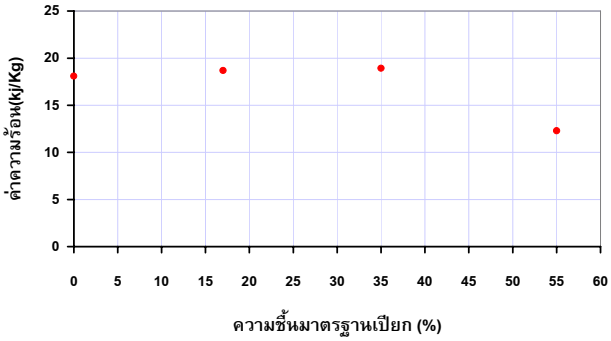
จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มเป็น 90 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อนมีผลต่ออัตราส่วนความชื้นมากขึ้น เมื่อความเร็วของอากาศมากขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง โดยที่ระยะเวลาในการอบแห้งที่ทำให้กากชานอ้อยมีค่า 0.17 ที่ ความเร็วอากาศ 8 9 และ 10 เมตรต่อวินาที ใช้เวลา 64 56 และ 56 นาที ตามลำดับ



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความชื้นกากชานอ้อยต่อเวลาในแต่ละความเร็วของลมร้อน อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 8 เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มเป็น 100 องศาเซลเซียส อัตราส่วนความชื้นที่ลดลงมีค่าใกล้เคียงกันทุกความเร็วของอากาศร้อน เมื่อเทียบกับรูปที่ 7 ที่อุณหภูมิลมร้อน 90 องศาเซลเซียสแล้วมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากการกระจายตัวของความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ภายในห้องอบแห้งเป็นไปอย่างทั่วถึง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งเป็น 100 องศาเซลเซียส อัตราส่วนความชื้นลดลงเล็กน้อย

4.3 ค่าความร้อนของกากชานอ้อย



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนของกากชานอ้อยต่อความชื้นมาตรฐานเปียก

รูปที่ 9 แสดงการทดสอบหาค่าความร้อนของกากชานอ้อยต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น จะเห็นได้ว่าเมื่อกากชานอ้อยมีปริมาณความชื้นที่ 55% มาตรฐานเปียก มีค่าความร้อนเท่ากับ 12 กิโลจูลต่อกิโลกรัม เมื่อค่าความชื้นลดลงค่าความร้อนมีค่าสูงขึ้นจนกระทั่งความชื้นที่ 35% จะมีค่าความร้อนเท่ากับ 19 กิโลจูลต่อกิโลกรัมและเมื่อค่าความชื้นลดลงอีก ค่าความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนกระทั่งค่าความชื้นที่ 0 % มีค่าความร้อนเท่ากับ 18 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ดังนั้นความชื้นที่เหมาะสมที่ทำการอบแห้งอยู่ที่ 35 %

5. สรุปผลการทดลอง

ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในห้องอบแห้งกับความเร็วของลมร้อน มีผลต่อความชื้นของกากชานอ้อย เมื่ออุณหภูมิลมร้อนเพิ่มสูงขึ้นความชื้นในกากชานอ้อยจะลดลง และความเร็วลมร้อนที่ 8 เมตรต่อวินาทีมีระยะเวลาในการอบแห้งสูงสุดเมื่อเทียบกับที่ความเร็วลมร้อน 9 และ 10 เมตรต่อวินาที แต่ที่ความเร็วลมร้อน 9 และ 10 เมตรต่อวินาทีไม่มีผลต่ออัตราความชื้น

ความชื้นของกากชานอ้อยมีผลต่อค่าความร้อน ถ้าความชื้นมีค่ามาก ค่าความร้อนจะมีค่าน้อย ค่าความชื้นที่เหมาะสมในการอบแห้งเท่ากับ 35 % เนื่องจากใช้เวลาในการอบแห้งน้อย

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

[1] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์.การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. พิมพ์ครั้งที่ 7.กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540.

[2] สุนันท์ ศรัณยนิตย์.การถ่ายเทความร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ: สมาคมสงเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545

[3] ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. การออกแบบระบบพลังงานความร้อน. กรุงเทพมหานคร

[4] งานเอกสารและการพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. , 2537 เรียวโซโทเอ. อุปกรณ์อบแห้งใน อุตสาหกรรม. แปลโดยวิวัฒน์ ตัณฑะ พานิชกุล. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์., 2529