

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่ส่งผลต่อการอบแห้งกากมะพร้าว โดยเครื่องอบแห้งแบบสกรู

Effect of Drying Air Temperatures on Copra Meal Drying by Screw-conveyor Dryer

ปรัชญา บุญประสิทธิ์¹ และ อาณัติ พิล่า^{2,*}

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530

* ติดต่อ: โทรศัพท์: 0-2988-3655 ต่อ 3113 โทรสาร: 0-2988-3655 ต่อ 3106

E-mail: arnut_phila@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนออิทธิพลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่มีต่อการอบแห้งกากมะพร้าวชุดด้วยเครื่องอบแห้งแบบสกรู ในทุกเงื่อนไขการทดลองได้ป้อนกากมะพร้าวชุดซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ $102 \pm 5\%$ d.b. (มาตรฐานแห้ง) ด้วยอัตรา 0.3 kg/min และควบคุมความเร็วรอบของสกรูลำเลียงไว้ที่ 10 rpm ในขณะที่อากาศอบแห้งจะถูกจ่ายเข้าเครื่องอบแห้งผ่านท่อกระจายอากาศด้วยอัตราการไหลเชิงมวล 0.1359 kg/s ส่วนอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่ศึกษาได้ปรับเปลี่ยนในแต่ละเงื่อนไขการทดลองที่ $60, 80$ และ 100°C ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิอากาศอบแห้งส่งผลให้การลดลงของความชื้นเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากระยะเวลาการอบแห้งที่สั้นเกินไปซึ่งเป็นผลมาจากความยาวของห้องอบแห้งที่ไม่เพียงพอ (1 m) จึงส่งผลให้ความชื้นสุดท้ายของกากมะพร้าวชุดที่ผ่านการอบซึ่งมีค่าประมาณ $25\% \text{ d.b.}$ ยังคงมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ที่ $5\% \text{ d.b.}$

คำหลัก: กากมะพร้าว, เครื่องอบแห้งแบบสกรู, อบแห้ง

Abstract

This work describes the effect of drying air temperatures on the drying of finely-chopped copra meal in a screw-conveyor dryer. For all conditions, the finely-chopped copra meal with an initial moisture content of about $102 \pm 5\%$ d.b. (dry basis) was fed at the rate of 0.3 kg/min and the revolution of screw conveyor was constantly regulated at 10 rpm , while drying air discharged into the dryer through the distributor pipe was also fixed at a mass flow rate of 0.1359 kg/min . The investigated drying air temperature for each experiment was varied at $60, 80$ and 100°C , respectively. The results showed that a drying rate was enhanced by increase in the drying air temperature. However, due to too short the drying time resulted from insufficient drying-chamber length (1 m), the final moisture content of the dried product, about $25\% \text{ d.b.}$, was still higher than that the acceptable value for trading, at $5\% \text{ d.b.}$

Keywords: Copra meal, Drying, Screw-conveyor dryer

1. บทนำ

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ผลผลิตส่วนใหญ่ประมาณ 65% จะใช้บริโภคสดภายในประเทศ และอีก 35% ส่งไปเข้าโรงงานแปรรูป [1] เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น การทำน้ำกะทิ กะทิผง และอุตสาหกรรมการหีบน้ำมันมะพร้าวจากปริมาณผลผลิตที่ส่งเข้าโรงงานแปรรูป เป็นกะทิและน้ำมันมะพร้าว ก็จะเกิดเศษที่เหลือจากกระบวนการผลิตนั้นคือ กากมะพร้าว โดยคาดว่าจะไม่น้อยกว่า 40,000 tons/year และมีเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์จำนวนไม่น้อยที่นำเอากากมะพร้าวมาเป็นส่วนผสมของอาหารเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งในกากมะพร้าวที่เหลือจากการแปรรูปผลผลิตนั้นยังคงมีปริมาณโปรตีนเหลืออยู่

ดังนั้นในการดำเนินการวิจัยนี้ จึงมีความจำเป็นที่ต่อการพัฒนาวิธีการลดความชื้นกากมะพร้าวเพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการทำอาหารสัตว์ (การลดความชื้นก็เป็นวิธีการแปรรูปอีกวิธีหนึ่ง) เพื่อลดต้นทุนในการซื้ออาหารสัตว์ที่มีราคาสูงขึ้นทุก ๆ วัน แต่ในการลดความชื้นกากมะพร้าวก็สามารถทำได้หลากหลายรูปแบบที่แตกต่างกันไปแล้วแต่ทางบริษัทผู้ผลิต ซึ่งทางงานวิจัยนี้จึงก็ได้มีการปรับปรุงเครื่องอบแห้งแบบสกรูขึ้นมา ซึ่งลักษณะพิเศษของเครื่องอบแห้งแบบนี้ จะประกอบไปด้วยสกรูหมุนอยู่ในตัวถัง และเปลือกด้านนอกจะถูกหล่อด้วยไอน้ำร้อน ของแข็งจะถูกป้อนเข้าด้านหนึ่งและถูกขับเคลื่อนไปข้างหน้าด้วยการหมุนของสกรู ความร้อนที่เกี่ยวข้องจะถูกดูดออกทางท่อระบายของตัวถัง [2] นอกจากนี้ยังได้ทำการติดตั้งท่อสำหรับกระจายอากาศ ที่อยู่ตรงกลางของชุดใบสกรู ซึ่งเป็นการที่มีการเจาะรูเพื่อฉีดอากาศในแนวรัศมีเพื่อให้มีการสัมผัสกับวัสดุโดยตรง ติดตั้งไว้ตำแหน่งตรงกลางของห้องอบแห้ง เพื่อเป็นการสัมผัสกันระหว่างอากาศกับวัสดุ จะทำให้วัสดุมีการเคลื่อนที่แบบไร้อทิศทาง (มีลักษณะพฤติกรรมคล้ายกับของไหล) จึงทำให้เป็นการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและมวลให้สูงขึ้น [3, 4, 5]

2.1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง คือ กากมะพร้าว (Copra Meal) มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยประมาณ $102 \pm 5\% \text{d.b.}$ จะมีลักษณะรูปร่างเป็นเกล็ด ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ที่ 2.28 mm ซึ่งมีลักษณะและรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 1

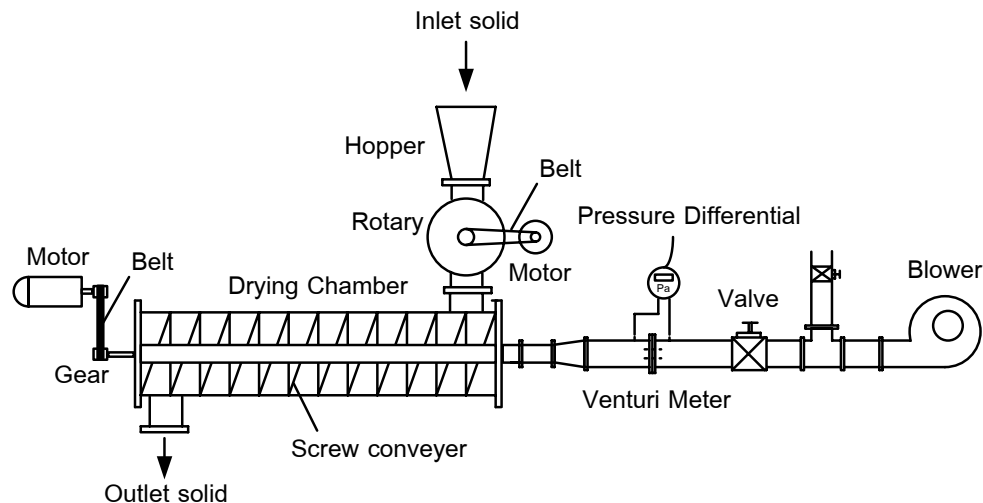


รูปที่ 1 แสดงลักษณะของกากมะพร้าวชุดที่ใช้ทดลอง

2.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 2 แสดงลักษณะของเครื่องอบแห้งแบบสกรู โดยห้องอบแห้งที่ใช้ทำมาจากสแตนเลส มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 cm มีความยาว 100 cm อากาศที่หมุนเวียนในระบบมาจากพัดลมขนาด 2 hp ปริมาณการไหลของอากาศสามารถวัดได้จากชุดเวเนจัวร์ โดยใช้เครื่องมือวัดความดันตกคร่อม (ความแม่นยำ $\pm 2\%$) เป็นตัวแสดงผล ที่ทำการเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดความเร็วลมแบบใบพัด (Vane Type Anemometer) มีความคลาดเคลื่อน $\pm 3\%$ ซึ่งลักษณะของเครื่องอบแห้งจะเป็นแบบต่อเนื่อง ผลิตภัณฑ์จะถูกป้อนเข้าด้านหนึ่งของห้องอบแห้ง และออกอีกทางด้านหนึ่งของห้องอบแห้ง ผลิตภัณฑ์จะถูกขับเคลื่อนไปทางข้างหน้าด้วยการหมุนของชุดใบสกรู

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง



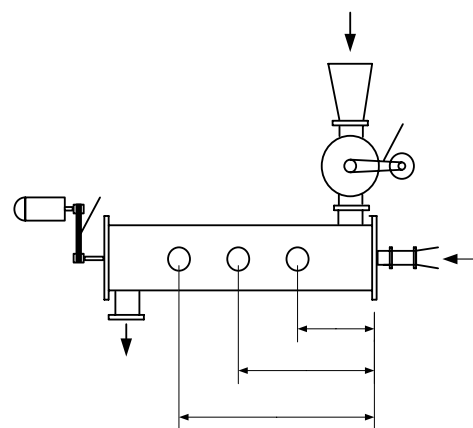
รูปที่ 2 แสดงลักษณะของเครื่องอบแห้งแบบสกรูที่นำมาใช้ในการทดลอง

ตรงส่วนกลางของท่อชุดใบสกรูจะทำการเจาะรูขนาด 4 mm โดยมีระยะช่องว่างระหว่างรูเจาะอยู่ที่ 6 mm (ท่อกระจายอากาศมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm) ซึ่งมีไว้สำหรับฉีดอากาศในแนวนอนเพื่อให้การสัมผัสกับวัสดุโดยตรง และส่วนที่เป็นชุดของใบสกรูมีระยะห่างของร่องเกลียว (pitch) 45 mm จะทำหน้าที่ขับเคลื่อนวัสดุทดสอบไปข้างหน้าด้วยการผลักดันของใบสกรู โดยที่ชุดใบสกรูและชุดโรตารีจะถูกควบคุมโดยใช้ชุดมอเตอร์ปัดน้ำฝนที่ใช้แรงดันไฟฟ้าขนาด 12 V กระแสไฟฟ้าสูงสุด 1 A ควบคุมจังหวะการทำงาน 3 จังหวะคือ ปิด (off) ช้า (slow) และเร็ว (fast) และสามารถทำการหน่วงเวลาได้

2.3. วิธีการทดลอง

ขั้นตอนของการทดลองจะเริ่มจากการควบคุมอัตราการป้อนของกากมะพร้าวอยู่ที่ 0.3 kg/min อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ 0.1359 kg/s และทำการควบคุมความเร็วรอบของชุดใบสกรูไว้ที่ 10 rpm ทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศอยู่ที่ 60, 80 และ 100°C จากนั้นทำการเปิดระบบเพื่อทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ เป็นเวลา 15 min เพื่อให้ระบบอยู่ในสภาวะสมดุลทางความร้อน

จากนั้นจึงเริ่มป้อนวัสดุทดสอบเข้าสู่ห้องอบแห้งแล้วทำการเก็บตัวอย่างของกากมะพร้าวที่ตำแหน่งทางเข้าของห้องอบแห้งและที่ทางออกของห้องอบแห้ง รวมไปถึงการเก็บตัวอย่างที่ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้ง คือ ที่ระยะ 25, 50 และ 75 cm ดังแสดงในรูปที่ 3 จะทำการจับเวลาเพื่อที่จะเก็บตัวอย่างของกากมะพร้าวทุกๆ 20 s จากนั้นจะนำตัวอย่างไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 72 h เพื่อนำไปคำนวณหาเฉลี่ยของความชื้นที่ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้ง

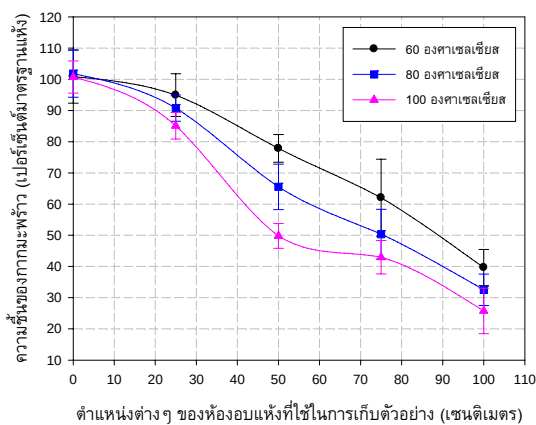


รูปที่ 3 ตำแหน่งในการเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ความชื้นของเครื่องอบแห้งแบบสกรู

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องอบแห้งแบบสกรู จะใช้กากมะพร้าวมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่ 2.28 mm ทำการปรับอัตราการป้อนวัสดุทดสอบคงที่ 0.3 kg/min อัตราการไหลเชิงมวลอากาศที่ 0.1359 kg/s ความเร็วรอบของชุดใบสกรูอยู่ที่ 10 rpm และทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศที่ 60, 80 และ 100°C ตามลำดับ จนครบทุกเงื่อนไขของการทดลอง และทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้งในแต่ละการทดลอง ส่วนผลของการทดลองจะแสดงในหัวข้อต่อไป

3.1. พฤติกรรมของกากมะพร้าวที่เกิดขึ้นภายในห้องอบแห้งแบบสกรู



รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นของกากมะพร้าวที่เงื่อนไขอุณหภูมิต่างๆ

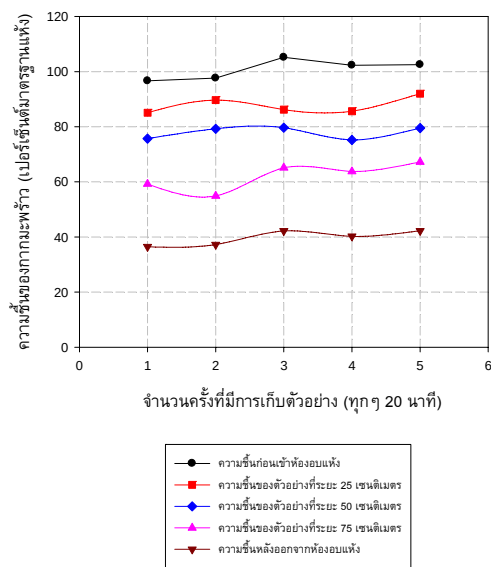
รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นของกากมะพร้าวภายในเครื่องอบแห้งแบบสกรูที่เงื่อนไขอุณหภูมิ 60, 80 และ 120°C พบว่าในช่วงแรกของการทดลองคือระยะที่ตำแหน่งทางเข้า (ระยะ 0 cm) ไปจนถึงระยะ 25 cm ความชื้นจะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ เนื่องจากในช่วงแรกนี้กากมะพร้าวยังมีความชื้นสูงอยู่ จึงส่งผลให้การฟุ้งกระจายและสัมผัสกับตัวกลางยังเกิดขึ้นไม่ดี และเกิดการจับตัวกันของมะพร้าวบางส่วน

จึงส่งผลให้อากาศร้อนสัมผัสกับวัสดุไม่ดี เลยทำให้ความชื้นเฉลี่ยในทุกเงื่อนไขของการทดลองลดลงมาเล็กน้อย ซึ่งอยู่ในช่วง 85-94%d.b. และหลังจากผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่ผ่านระยะ 25 cm กากมะพร้าวชุดจะเริ่มเกิดการฟุ้งกระจายตัว (คล้ายกับของไหล) เนื่องมาจากการฉีดอากาศที่ทำการติดตั้งไว้ตรงส่วนกลางของชุดใบสกรู จึงส่งผลให้อากาศมีการสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ได้ดี ซึ่งจะเป็นการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวล การลดลงของความชื้นจึงสูงมากขึ้นกว่าช่วงระยะแรก

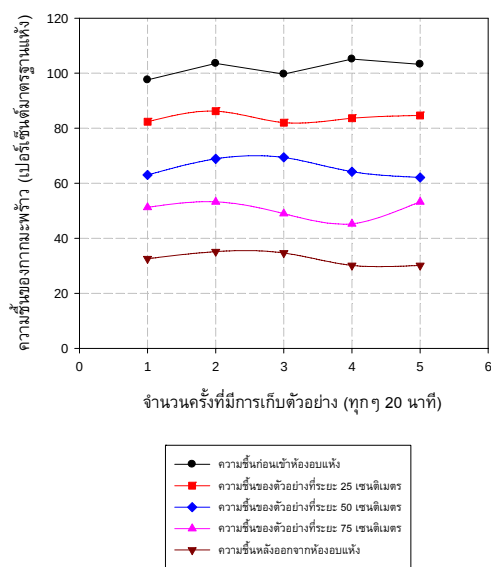
3.2. อิทธิพลของอุณหภูมิของอากาศที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของกากมะพร้าว

เมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศพบว่าเมื่ออุณหภูมิของอากาศมีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้การลดลงของความชื้นเป็นไปได้สูง เนื่องจากมีปริมาณความร้อนที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนที่สูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำๆ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากระยะเวลาการอบแห้งที่สั้นเกินไป ซึ่งเป็นผลมาจากความยาวของห้องอบแห้งที่ไม่เพียงพอ (ระยะ 1 m) จึงส่งผลให้ค่าความชื้นสุดท้ายของกากมะพร้าวที่ผ่านการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบสกรูมีค่าอยู่ที่ประมาณ 25-40%d.b. ซึ่งยังคงมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ที่ โดยมีค่าความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 5%d.b.

จากรูปที่ 5-7 เป็นการเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นที่ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100°C โดยทำการการเก็บตัวอย่างเป็นจำนวน 5 ครั้ง ในแต่ละครั้งจะเก็บตัวอย่างห่างกันเป็นเวลา 20 นาที ซึ่งจะสังเกตได้ว่าความชื้นที่เวลาต่างๆ จะมีค่าใกล้เคียงกัน สามารถดูได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ที่อยู่ในช่วง 1.53-4.58 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถรับได้ ซึ่งจะสามารถบ่งบอกถึงความสม่ำเสมอในแต่ละตำแหน่งของการลดลงของความชื้น



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นที่ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C

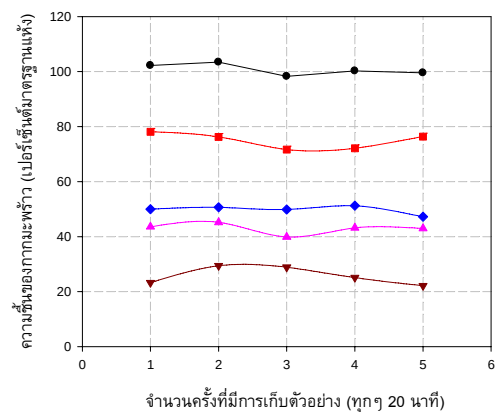


รูปที่ 6 การเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นที่ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C

4. สรุปผลการทดลอง

1. จากการศึกษาการอบแห้งกากมะพร้าวด้วยเครื่องอบแห้งแบบสกรู เครื่องอบแห้งสามารถที่จะอบแห้งกากมะพร้าวโดยไม่เกิดปัญหาการจับตัวกันเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมา ในส่วนของการอบแห้งเนื้อมะพร้าวสดนั้นเกิดปัญหาเรื่อง

การเกาะตัวกันค่อนข้างมากซึ่งจากงานวิจัยนี้ ในช่วงแรกของการอบแห้ง (ที่ระยะ 0-25 cm) จะเกิดการเกาะตัวกันเล็กน้อย เนื่องจากยังคงมีความชื้นสูงอยู่ หลังจากระยะประมาณ 25 เซนติเมตรเป็นต้นไป มะพร้าวเริ่มเกิดการฟุ้งกระจายมากขึ้น เนื่องจากการจ่ายอากาศในแนวนอน และความชื้นของมะพร้าวเริ่มลดลงแล้ว จึงทำให้ไม่เกิดปัญหาในการเกาะตัว



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นที่ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้งที่อุณหภูมิ 100°C

2. จากการที่ทำการเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศให้สูงขึ้น จะส่งผลการถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์มากขึ้น การลดลงของความชื้นจึงเป็นไปได้ดี อย่างไรก็ตาม เนื่องจากระยะเวลาการอบแห้งที่สั้นเกินไป ซึ่งเป็นผลมาจากความยาวของห้องอบแห้งที่ใช้ในการทดลองสั้นเกินไป (ระยะ 1 m) จึงส่งผลให้ความชื้นสุดท้ายของกากมะพร้าวชุดที่ผ่านการอบโดยเครื่องอบแห้งแบบสกรูมีค่าประมาณ 25% d.b. ยังคงมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ที่ 5% d.b.

3. ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศที่ส่งผลต่อจลนศาสตร์ของการอบแห้งกากมะพร้าวชุดเพียงอย่าง ซึ่งในอนาคตจำเป็นต้องมีการปรับปรุงเครื่องอบแห้งให้มีความยาวมากขึ้น หรือทำการติดตั้งห้องอบแห้งเพิ่มขึ้นอีก 1-2 ชุด เพื่อให้

ความชื้นเป็นไปตามที่มาตรฐานยอมรับ ซึ่งรวมไปถึงการวิเคราะห์ถึงคุณภาพของกากมะพร้าวหลังจากการอบแห้ง อาทิเช่น สี ปริมาณไขมันที่ผิว เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ที่ให้การสนับสนุนในงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

6.1 บทความจากวารสาร (Journal)

[3] S. Prakash, S. K. Jha, N. Datta, (2004), Performance evolutions of blanched carrots dried by three different driers, Vol. 62, pp.305-313.

6.2 บทความจากเอกสารประกอบการประชุม (Proceedings)

[4] Sornprom, P., Hanchaiyungwa, N. and Teeboonma, U. (2007). Performance improvement of solar dryer, paper presented in *the 21st conference of the mechanical engineering network of Thailand*, Chonburi, Thailand.

[5] Achariyaviriya, A., Maneeboon, K. and Jeonrentong, W. (2007). Performance of a Batch Type Dryer for Longan Fruits Drying, paper presented in *the 21st conference of the mechanical engineering network of Thailand*, Chonburi, Thailand.

6.3 เว็บไซต์

[1] ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับมะพร้าว (Coconut), แหล่งที่มา <http://web.ku.ac.th/agri/coconut1/coco.html>

[2] การถนอมอาหารโดยวิธีตากแดด, ประเทศไทย (2552). บทความทางวิชาการ, แหล่งที่มา <http://scratchpad.wikia.com/wiki>