ME-NETT 25
The 25th Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand

ETM74

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25
19-21 ตุลาคม 2554 จังหวัดกระบี่

อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งต่อการลดลงของความชื้นในกากมะพร้าวที่อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสกรูลำเลียงอนุกรมสองชุด

Influences of Drying Air Temperature on Reduction of Moisture Content of Copra Meal Dried with the Two-series Screw Conveyor Dryer

ยิ่งยง แก้วก่อเกียรติ ปรัชญา บุญประสิทธิ์ และ อาณัติ พิลา*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530
*ติดต่อ: โทรศัพท์: 0-2988-3655 ต่อ 3113, โทรสาร: 0-2988-3655 ต่อ 3106
*E-mail: arnut_phila@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งกากมะพร้าวด้วยเครื่องอบแห้งแบบสกรูลำเลียงอนุกรมสองชุดซึ่งไม่คำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในทุกเงื่อนไขการทดลองใช้อัตราการป้อนกากมะพร้าว 33.4 g/min และควบคุมความเร็วรอบของสกรูลำเลียงที่ 12 rpm ในขณะที่อากาศอบแห้งถูกจ่ายเข้าเครื่องอบแห้งผ่านท่อกระจายอากาศด้วยอัตราการไหลเชิงมวล 0.1359 kg/s ส่วนอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่ศึกษาได้ปรับเปลี่ยนในช่วง 60-140^{o}C (เพิ่มขึ้น 20^{o}C ในแต่ละการทดลอง) ผลการทดลองพบว่าอัตราการอบแห้งกากมะพร้าวของเงื่อนไขอุณหภูมิอากาศอบแห้ง 140^{o}C มีค่าสูงสุด โดยสามารถลดความชื้นจาก 95.28% (d.b.) เหลือ 0.71% (d.b.) เพราะการเพิ่มอุณหภูมิอากาศอบแห้งส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิอากาศอบแห้ง 80-140^{o}C มีค่าในช่วง 0.71-4.92% (d.b.) สำหรับกรณีอุณหภูมิอากาศอบแห้ง 60^{o}C นั้นมีความชื้นสุดท้าย 16.51% (d.b.) ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์กำหนดไว้ที่ 5% (d.b.)

คำหลัก: การลดลงของความชื้น, การอบแห้ง, กากมะพร้าว, อัตราการอบแห้ง, เครื่องอบแห้งแบบสกรู

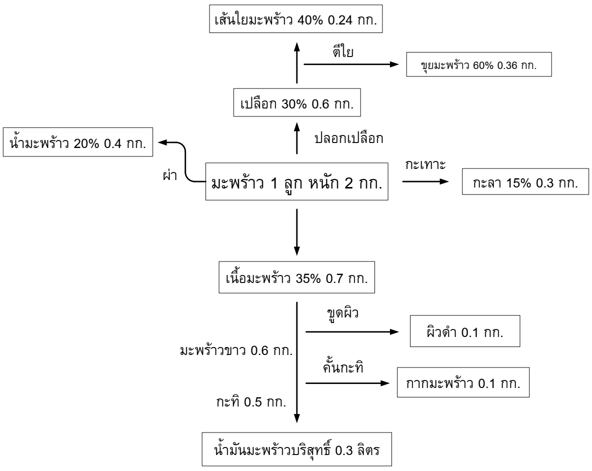
Abstract

This research aims to study the effects of drying air temperature on the drying kinetics of copra meals dried with a two-series screw-conveyor dryer. The product qualities were not taken into account. The product feed rate of 33.4 g/min, and rotation speed of the screws at 12 RPM were held constant for all circumstances. Drying air, supplied through the distribution tubes to the drying chamber, was regulated at 0.1359 kg/s. Drying air temperature was altered in the ranges 60-140^{o}C (stepped up 20^{o}C for each test). The results showed that Maximum drying rate was found at the 140^{o}C drying-temperature condition, which could reduce the moisture content from 95.28% (d.b.) to 0.71% (d.b.). The increased in heat transfer rate due to high temperature was responsible for this result. The final moisture contents of products performed under the range of drying temperatures between 80 and 140^{o}C were 0.71-4.92% (d.b.). In the case of using 60^{o}C drying-temperature, the final moisture content was 16.51% (d.b.), higher than that of commercial standard value at 5% (d.b.).

Keywords: reduction of the moisture, drying, copra meal, the rate of drying, screw conveyor dryer

1. บทนำ

ประเทศไทยมีผลผลิตมะพร้าวประมาณ 2.75 ล้านตัน ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ผลผลิตส่วนใหญ่ประมาณ 65% จะใช้บริโภคสดภายในประเทศ และอีก 35% ส่งไปเข้าโรงงานแปรรูปและส่งออก ซึ่งมีมูลค่ารวมประมาณ 160 ล้านบาท โดยผลิตภัณฑ์ที่สำคัญได้แก่ มะพร้าวน้ำหอม กะทิ และเส้นใยมะพร้าว [1] รวมไปถึงผลิตภัณฑ์ที่มีการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า อาทิเช่น การทำน้ำกะทิ กะทิผง และอุตสาหกรรมการหีบน้ำมันมะพร้าว จากปริมาณผลผลิตที่ส่งเข้าโรงงานแปรรูป เป็นกะทิและน้ำมันมะพร้าว ก็จะเกิดเศษที่เหลือจากกระบวนการผลิต นั่นคือ กะลา น้ำมะพร้าว ใยมะพร้าว ผิวดำ และกากมะพร้าว ดังแสดงให้เห็นว่ามีห่วงโซ่อุปสงค์และอุปทานที่ซับซ้อนสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิดและเกิดมูลค่าเพิ่มขึ้นในทุกขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 เส้นทางการแปรรูปมะพร้าว

โดยเฉพาะกากมะพร้าวคาดว่าจะไม่น้อยกว่า 40,000 tons/year และมีเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์จำนวนไม่น้อยที่นำเอากากมะพร้าวมาเป็นส่วนผสมของอาหารเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งในกากมะพร้าวที่เหลือจากการแปรรูปผลผลิตนั้นยังคงมีปริมาณโปรตีนเหลืออยู่ แต่หลังจากกระบวนการแปรรูปนั้น ความชื้นของกากมะพร้าวยังคงสูงอยู่ ทำให้ไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน

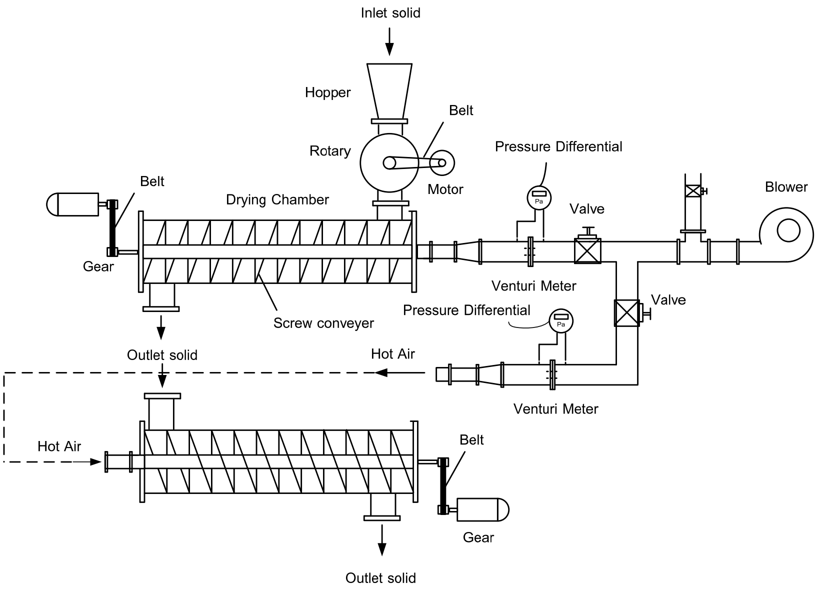
ดังนั้นในการดำเนินการวิจัยนี้ จึงมีความจำเป็นที่ต้องการพัฒนาเทคนิควิธีในการลดความชื้นกากมะพร้าวเพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการทำอาหารสัตว์ เพื่อลดต้นทุนในการซื้ออาหารสัตว์ที่มีราคาสูงขึ้น แต่ว่าในการลดความชื้นกากมะพร้าวก็สามารถทำได้หลากหลายรูปแบบที่แตกต่างกันไปแล้วแต่ทางบริษัทผู้ผลิต ซึ่งทางงานวิจัยนี้จึงก็ได้มีการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบสกรูขึ้นมา ซึ่งลักษณะพิเศษของเครื่องอบแห้งแบบนี้ จะประกอบไปด้วยชุดสกรูหมุนอยู่ในตัวถัง และเปลือกด้านนอกจะถูกหล่อด้วยไอน้ำร้อน ของแข็งจะถูกป้อนเข้าด้านหนึ่ง และถูกขับเคลื่อนไปข้างหน้าด้วยการหมุนของสกรู ความร้อนที่เกี่ยวข้องจะถูกดูดออกทางท่อระบายของตัวถัง [2] นอกจากนี้ยังได้ทำการติดตั้งท่อสำหรับกระจายอากาศที่อยู่ตรงกลางของชุดใบสกรู ซึ่งเป็นท่อที่มีการเจาะรูเพื่อฉีดอากาศในแนวรัศมีเพื่อให้มีการสัมผัสกับวัสดุโดยตรง ติดตั้งไว้ตำแหน่งตรงกลางของห้องอบแห้ง จะทำให้วัสดุมีการฟุ้งกระจายภายในห้องอบแห้ง จึงทำให้เป็นการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและมวลให้สูงขึ้น [3, 4, 5]

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง คือ กากมะพร้าว (Copra Meal) มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยประมาณ 95.28% (d.b.) จะมีลักษณะรูปร่างเป็นเกล็ด ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ที่ 2.28 mm ซึ่งมีลักษณะและรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 กากมะพร้าวขูดที่ใช้ทดลอง



รูปที่ 3 เครื่องอบแห้งแบบสกรูที่นำมาใช้ในการทดลอง

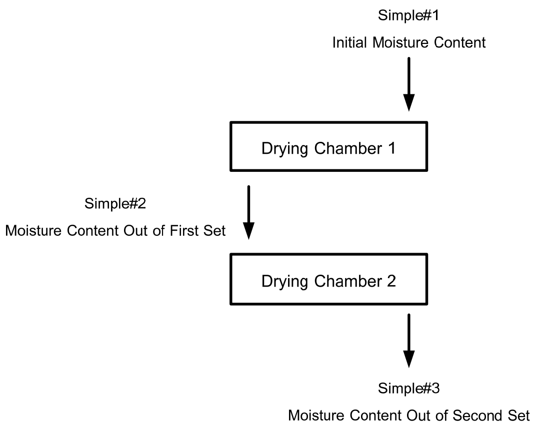
2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 3 แสดงลักษณะของเครื่องอบแห้งแบบสกรู โดยห้องอบแห้งที่ใช้ทำมาจากสแตนเลส มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 cm มีความยาว 100 cm จำนวน 2 ชุด นำมาต่ออนุกรมกัน อากาศที่หมุนเวียนในระบบมาจากพัดลมขนาด 2 hp ปริมาณการไหลของอากาศสามารถวัดได้จากชุดเวนจูรี่ โดยใช้เครื่องมือวัดความดันตกคร่อม (ความแม่นยำ 2%) เป็นตัวแสดงผล ที่ทำการปรับเทียบกับเครื่องมือวัดความเร็วลมแบบใบพัด (Vane Type Anemometer) มีความคลาดเคลื่อน 3% ซึ่งลักษณะของเครื่องอบแห้งจะเป็นแบบต่อเนื่อง ผลิตภัณฑ์จะถูกป้อนเข้าด้านหนึ่งของห้องอบแห้ง และออกอีกทางด้านหนึ่งของห้องอบแห้ง ผลิตภัณฑ์จะถูกขับเคลื่อนไปทางข้างหน้าด้วยการหมุนของชุดใบสกรู ตรงส่วนกลางของท่อชุดใบสกรูจะทำการเจาะรูขนาด 4 mm โดยมีระยะช่องว่างระหว่างรูเจาะอยู่ที่ 6 mm (ท่อกระจายอากาศมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm) ซึ่งมีไว้สำหรับฉีดอากาศในแนวรัศมีให้มีการสัมผัสกับวัสดุโดยตรง และส่วนที่เป็นชุดของใบสกรูมีระยะห่างของร่องเกลียว (pitch) 45 mm จะทำหน้าที่ขับเคลื่อนวัสดุทดสอบไปข้างหน้าด้วยการผลักของใบสกรู โดยที่ชุดใบสกรูและชุดโรตารี่จะถูกควบคุมโดยใช้ชุดมอเตอร์ปัดน้ำฝนที่ใช้แรงดันไฟฟ้าขนาด 12 V กระแสไฟฟ้าสูงสุด 1 A ควบคุมจังหวะการทำงาน 3 จังหวะคือ ปิด (off) ช้า (slow) และเร็ว (fast) และสามารถทำการหน่วงเวลาได้

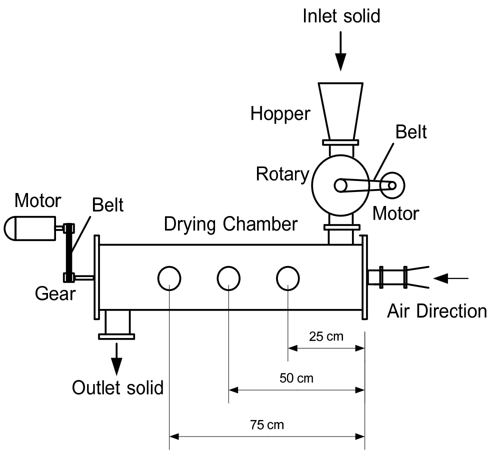
2.3. วิธีการทดลอง

ขั้นตอนของการทดลองจะเริ่มจากการควบคุมอัตราการป้อนของกากมะพร้าวอยู่ที่ 33.4 g/min อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ 0.1359 kg/s และทำการควบคุมความเร็วรอบของชุดใบสกรูไว้ที่ 12 rpm ทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศอยู่ที่ 60, 80, 100 และ 120°C จากนั้นทำการเปิดระบบเพื่อทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ เป็นเวลา 15 min เพื่อให้ระบบอยู่ในสภาวะสมดุลทางความร้อน

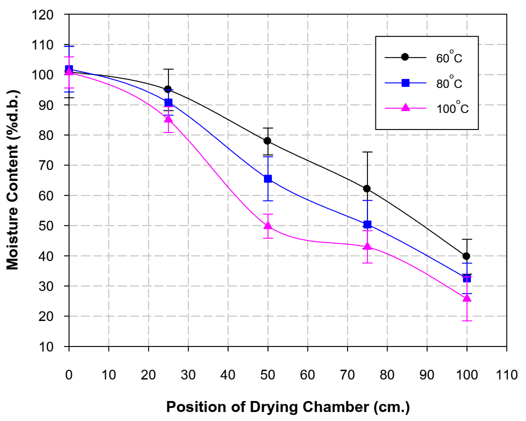
จากนั้นจึงเริ่มป้อนวัสดุทดสอบเข้าสู่ห้องอบแห้ง แล้วทำการเก็บตัวอย่างของกากมะพร้าวที่ตำแหน่งทางเข้าของห้องอบแห้งชุดที่ 1 (Simple#1) ทางออกของห้องอบแห้งชุดที่ 1 (Simple#2) และทางออกของห้องอบแห้งชุดที่ 2 (Simple#3)ดังแสดงในรูปที่ 4 รวมไปถึงการเก็บตัวอย่างที่ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้ง คือ ที่ระยะ 25, 50 และ 75 cm ดังแสดงในรูปที่ 5 จะทำการจับเวลาเพื่อที่จะเก็บตัวอย่างของกากมะพร้าวทุกๆ 20 s จากนั้นจะนำตัวอย่างไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 72 h เพื่อนำไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความชื้น



รูปที่ 4 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ความชื้น



รูปที่ 5 ตำแหน่งในการเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ความชื้นของเครื่องอบแห้งแบบสกรู



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นของกากมะพร้าวที่เงื่อนไขอุณหภูมิต่างๆ

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 การกระจายตัวของความชื้นกากมะพร้าวภายในห้องอบแห้งแบบสกรูที่ตำแหน่งต่าง ๆ

จากงานวิจัยต่อเนื่องซึ่งได้ทำการการศึกษาถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องอบแห้งแบบสกรู ทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศที่ 60, 80 และ 100°C ตามลำดับ จนครบทุกเงื่อนไขของการทดลองและทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้งในแต่ละการทดลอง

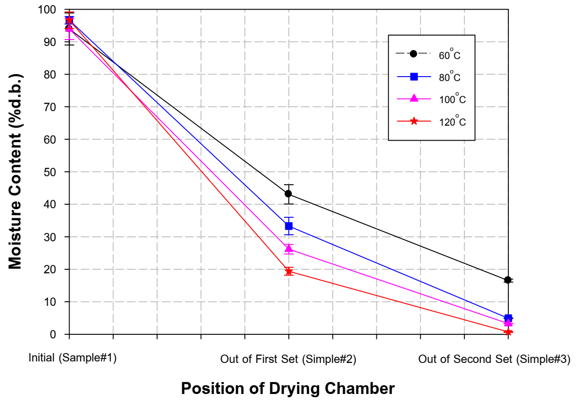
จากรูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นของกากมะพร้าวที่เงื่อนไขอุณหภูมิต่างๆ พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศพบว่าเมื่ออุณหภูมิของอากาศมีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้การลดลงของความชื้นเป็นไปได้สูง เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิอากาศอบแห้งจะส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากระยะเวลาการอบแห้งที่สั้นเกินไป ซึ่งเป็นผลมาจากความยาวของห้องอบแห้งที่ไม่เพียงพอ (ระยะ 1 m) จึงส่งผลให้ความชื้นสุดท้ายของกากมะพร้าวที่ผ่านการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบสกรูมีค่าอยู่ที่ประมาณ 25-45% (d.b.) ซึ่งยังคงมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ที่ โดยมีค่าความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 5% (d.b.)

3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการลดลงของความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบสกรูลำเลียงแบบมีการเชื่อมต่อในชุดที่สอง

จากผลของความชื้นของมะพร้าวที่ผ่านการอบแห้งมาจากห้องอบแห้งชุดที่หนึ่ง ค่าความชื้นที่ได้รับยังมีค่าสูงกว่าค่าที่เชิงพาณิชย์กำหนดไว้ ดังนั้นจึงทำการเพิ่มห้องอบแห้งชุดที่สอง ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยทำการทดลองที่เงื่อนไขอุณหภูมิของอากาศที่ 60, 80, 100 และ 120°C และทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

จากกราฟรูปที่ 6 เป็นการเปรียบเทียบความชื้นของกากมะพร้าวที่ตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องอบแห้ง คือ ทางเข้าห้องอบแห้งชุดที่ 1 (Simple#1) ทางออกห้องอบแห้งชุดที่ 1 หรือ ทางเข้าห้องอบแห้งชุดที่ 2

(Simple#2) และทางออกห้องอบแห้งชุดที่ 2 (Simple#3) ดังแสดงตำแหน่งของการเก็บในรูปที่ 4



รูปที่ 6 เปรียบเทียบความชื้นของกากมะพร้าวที่ตำแหน่งต่างๆ ที่อุณหภูมิ 60-120°C

จากการทดลองพบว่า ที่เงื่อนไขอุณหภูมิ 140°C สามารถลดความชื้นของกากมะพร้าวจาก 95.28% (d.b.) เหลือ 0.71% (d.b.) ซึ่งมีอัตราการอบแห้งที่สูง เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิอากาศอบแห้งจะส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าความชื้นสุดท้ายที่ เงื่อนไขอุณหภูมิ 80-140°C อยู่ที่ 0.71-4.92% (d.b.) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานยอมรับ และที่เงื่อนไขอุณหภูมิ 60°C อยู่ที่ 16.51% (d.b.) ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งยังคงมีค่าสูงกว่าที่มาตรฐานในเชิงพาณิชย์กำหนดไว้ที่ 5% (d.b.)

ตารางที่ 1 สรุปค่าความชื้นของกากมะพร้าวหลักจากผ่านเครื่องอบแห้งแบบสกรูในแต่ละชุด

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นที่ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้ง % (d.b.)	
	ชุดที่หนึ่ง	ชุดที่สอง
60	43.05	16.51
80	33.29	4.92
100	26.17	3.27
120	19.38	0.71

4. สรุปผลการทดลอง

1.จากการศึกษาการอบแห้งกากมะพร้าวด้วยเครื่องอบแห้งแบบสกรู เครื่องอบแห้งสามารถที่จะอบแห้งกากมะพร้าวโดยไม่เกิดปัญหาการจับตัวกันเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์

2.จากการที่ทำการเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศให้สูงขึ้น จะส่งผลการถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์มากขึ้น การลดลงของความชื้นจึงเป็นไปได้ดี

3.หลังจากทำการติดตั้งห้องอบแห้งชุดที่สองเข้ากับอุปกรณ์การทดลอง พบว่า ที่เงื่อนไขอุณหภูมิ 80-140°C มีความชื้นอยู่ที่ 0.71-4.92%d.b. มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานยอมรับ แต่ที่เงื่อนไขอุณหภูมิ 60°C มีความชื้นอยู่ที่ 16.51%d.b. ซึ่งยังคงมีค่าสูงกว่าที่มาตรฐานในเชิงพาณิชย์กำหนดไว้ที่ 5%d.b.

4.ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศที่ส่งผลต่อจลนศาสตร์ของการอบแห้งกากมะพร้าวขูดเพียงอย่าง ซึ่งในอนาคตจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ถึงคุณภาพของกากมะพร้าวหลังจากการอบแห้ง อาทิเช่น สี ปริมาณไขมันที่ผิว เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

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 21rd 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 21rd conference of the mechanical engineering network of Thailand*, Chonburi, Thailand.

6.3 เว็บไซด์

[1] ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับมะพร้าว (Coconut), แหล่งที่มา http://web.ku.ac.th/agri/coconut1/coco.html
[2] การถนอมอาหารโดยวิธีตากแดด, ประเทศไทย (2552). บทความทางวิชาการ, แหล่งที่มา http://scratchpad.wikia.com/wiki