

จลนพลศาสตร์การอบแห้ง คุณภาพ และปัญหาการเกาะตัวในการอบแห้งมะพร้าวขูดด้วย เทคนิคฟลูอิดไชด์เบด

Drying kinetics, quality and problematic aggregate of chopped coconut dried with fluidized bed technique

เสริมพงษ์ อติเรกรัฐ¹ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์² และ ธานิตย์ เมธิยานนท์^{3*}

¹นักศึกษา ป.เอก ²ศาสตราจารย์ คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

91 ถ.ประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10400

โทร 02-4708693-9 ext. 111 E-mail:somchart.sop@kmutt.ac.th⁴

³ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร 51 ถ.เชื่อมสัมพันธ์

เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530

โทร 02-9883666 ext. 244 E-mail:thanid_m@yahoo.com¹

Serpong Adirekrut¹, Somchart Soponronnarit²

School of Energy Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi

91 Prachauthit Road, Bangmod, Thung Kharu District, Bangkok 10140

Thanid Madhiyanon^{3*},

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahanakorn University of Technology

51 Cheum-Sampan Road, Nong Chok, Bangkok 10530

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือศึกษาการอบแห้งมะพร้าวขูดด้วยเทคนิคฟลูอิดไชด์เบด ซึ่งจะพิจารณาถึงคุณภาพของมะพร้าวขูดที่อบได้โดยเฉพาะปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าว จากผลการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง พบว่าส่งผลให้การลดลงของความชื้นมะพร้าวเร็วขึ้น (เฉพาะมะพร้าวส่วนที่เกิดฟลูอิดไชชัน) โดยสามารถลดความชื้นได้ประมาณ 2.5% d.b. ภายในระยะเวลาการอบแห้ง 10-25 นาที และนอกจากนี้ยังพบปัญหาการเกาะกันของมะพร้าวขูดหลังการอบแห้งโดยมีส่วนที่เกาะกันเป็นก้อนและที่ติดขอบกระบอกอยู่ประมาณ 25% ของมวลแห้งทั้งหมดที่เหลืออยู่ และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณน้ำมันที่ผิวของมะพร้าวขูดหลังการอบแห้งที่ความชื้นต่ำกว่า 3% d.b. พบว่าที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 120°C จะมีปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าวขูดน้อยกว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 100°C และเมื่อเทียบกับมะพร้าวขูดที่ขายในท้องตลาดพบว่าปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าวขูดออกมามากกว่างานวิจัยนี้ประมาณสามเท่า

คำสำคัญ: ฟลูอิดไชด์เบด, ปริมาณน้ำมันที่ผิว, มะพร้าวขูด, อบแห้ง

Abstract

The purpose of this research is to study of finely chopped coconut dried by fluidized bed technique and surface oil content was then examined. It was found that the drying air temperature had significant effect on moisture content reduction. (particular part of chopped coconut which is fluidization) When coconut was approximately dried to moisture content of 2.5% d.b. for 10-25 min. However, It was found problematic drying of chopped coconut by participated the crystallized mass and that stick tightly on the edge glass about 25% of all dry mass. While the quantity of surface oil was determined only for sample that has a moisture content with less than 3% d.b. It was found that product at temperatures of 120°C had quantity of surface oil less than in case of 100°C. When the chopped coconut from this research was compared with the generally chopped coconut in the market we found that the amount of surface oil of chopped coconut from the market has triple more than the research chopped coconut.

* Corresponding author.

KEYWORDS: fluidized bed, surface oil content, chopped coconut, drying

1. บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์มะพร้าวอบแห้งมีความต้องการเพื่อการส่งออกเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในอุตสาหกรรมอาหารได้หลากหลายชนิด เช่น ขนมอบ เบเกอรี่ และคุกกี้ เป็นต้น หรือสามารถทำน้ำกะทิจากมะพร้าวอบแห้งก็ได้ เพื่อนำมาปรุงอาหารทั้งคาวและหวาน [1] ซึ่งการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรโดยทั่วไปสามารถอบได้หลายวิธี เช่น การอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสารดูดความชื้น [2] การอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน [3] ซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งด้วยวิธีนี้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีเป็นที่ยอมรับของตลาดในด้านของสี กลิ่น และรสชาติ แต่ทั้งนี้การอบด้วยเทคนิคดังกล่าวนี้ต้องใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน 4-10 ชม. และอีกทั้งต้นทุนของระบบปั๊มความร้อนมีราคาแพง จึงจำเป็นต้องหาเทคนิคการอบแห้งอื่นๆ เพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้ง โดยเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจและกำลังได้รับความนิยมมากในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือเทคนิคฟลูอิดไอเซชัน ซึ่งมีข้อดีหลายอย่าง เช่น ให้อัตราการอบแห้งสูง เนื่องจากเม็ดของแข็งกับตัวกลางในการอบแห้งสัมผัสกันได้ดี, ประสิทธิภาพทางความร้อนสูง และมีต้นทุนในการดำเนินการต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งแบบอื่น [4] โดยได้มีการนำไปอบแห้งข้าว [5], ข้าวโพด [6], ถั่วเหลือง [7] และพริก [8] เป็นต้น โดยพบว่าได้ผลการอบแห้งที่ดีคือสามารถลดความชื้นได้เร็วและคุณภาพผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาจนพบผลสาธิตการอบแห้งมะพร้าวชูดด้วยเทคนิคฟลูอิดไอเซชัน โดยใช้มวลมะพร้าวชูด 250 g ทำการอบแบบเป็นงวด (batch) พบว่าผลการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งและความเร็วลมส่งผลให้การลดลงของความชื้นมะพร้าวเร็วขึ้น โดยความชื้นของมะพร้าวลดลงเหลือประมาณ 1%d.b. ภายในระยะเวลาการอบแห้ง 6-12 นาที และเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งพบว่าที่ความชื้นสุดท้ายประมาณ 2.5%d.b. มะพร้าวยังคงคุณภาพดีอยู่ [9-10] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาต่อเนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งได้เพิ่มมวลมะพร้าวชูดเป็น 2,000 g โดยจะดูผลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งและปัญหาการอบแห้งมะพร้าวชูดด้วยเทคนิคฟลูอิดไอเซชัน รวมถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งในส่วนของการปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าวชูดโดยจะเทียบกับที่ขายตามท้องตลาด

2. วิธีการทดลอง

ในการทดลองอบแห้งมะพร้าวชูดด้วยเทคนิคฟลูอิดไอเซชันจะใช้เครื่องอบแห้งดังรูปที่ 1 โดยห้องอบทำจากสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.5 cm และ สูง 100 cm ทางออกของห้องอบติดตั้งไซโคลนเพื่อตกมะพร้าวที่หลุดลอยออกไปนอกห้องอบ สำหรับอากาศที่หมุนเวียนภายในระบบจะใช้พัดลมขนาด 3 hp และให้ความร้อนด้วยขดลวดความร้อนขนาด 7.5 kW โดยจะควบคุมอุณหภูมิของ

อากาศด้วยชุดควบคุมอุณหภูมิแบบ PID ความละเอียด $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (Temperature Control) การทดลองทำโดยนำมะพร้าวที่ถูกผ่าออกเป็นสองซีกไปทำการแช่น้ำคลอรีนซึ่งมีความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 10 นาที เพื่อฆ่าเชื้อโรค [11] ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 130%d.b. ส่วนการวัดความเร็วของอากาศนี้ได้ทำการติดตั้งชุดเซนเซอร์ในเครื่องอบแห้งฟลูอิดไอเซชันเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการปรับความเร็วลมและวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เข้า-ออกห้องอบแห้งและอากาศภายนอก ทำโดยใช้การวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกรวมถึงตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งมีค่าความแม่นยำ $\pm 2\%$ ของค่าที่อ่านได้อีกครั้งหนึ่ง โดยมีเงื่อนไขการทดลองดังนี้คือ ใช้มะพร้าวชูดเป็นวัสดุทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้น 2,000 g โดยเปลี่ยนแปลงความเร็วลมของอากาศร้อนเข้าอย่างเป็นขั้นดังนี้คือ ที่ 2 นาทีแรกจะใช้ความเร็วลม 4 m/s จากนั้น 2-6 นาที จะลดความเร็วลมเป็น 3 m/s และ 6-30 นาที จะลดความเร็วลมเป็น 2.4 m/s โดยจะทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิอากาศที่เข้าอบแห้งที่ 80, 100 และ 120°C โดยไม่มีการนำอากาศเย็นกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งมะพร้าวชูดที่ผ่านการอบแห้งจะถูกนำไปอบเพื่อหาความชื้นที่เหลืออยู่ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103°C ความละเอียด $\pm 2\%$ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าวชูดต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นมะพร้าวโดยนำกระดาษซับมันขนาด 7 cm x 10 cm (nxy) มาจัดเป็นชุดๆ ละ 10 แผ่น มาชั่งน้ำหนัก (W_1) จากนั้นนำมะพร้าวชูดตัวอย่าง (เฉพาะที่มี %d.b. ต่ำกว่า 4%d.b.) โดยกำหนดให้มีน้ำหนักแห้งเท่ากัน คือ 1 กรัม แล้วมาเกลี่ยลงบนกระดาษซับมันบนพื้นที่ 5 cm x 7 cm (nxy)ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษซับมันที่ผ่านการซับน้ำมัน มาชั่งน้ำหนัก (W_2) สุดท้ายคำนวณหาปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าวชูดที่ถูกซับลงบนกระดาษมัน โดย $W_2 - W_1$ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเทียบกับมะพร้าวชูดอบแห้งที่ขายในท้องตลาด

3. ผลการทดลอง

จุดประสงค์ของการทดลองเพื่อทำการศึกษาต่อเนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งได้เพิ่มมวลมะพร้าวชูดเป็น 2,000 g โดยจะศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของมะพร้าวชูดและปัญหาของการอบแห้งมะพร้าวชูดด้วยเทคนิคฟลูอิดไอเซชัน รวมถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งในส่วนของการปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าวชูดโดยจะเทียบกับที่ขายตามท้องตลาด

3.1 อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของมะพร้าวชูด

จากการทดลองการอบแห้งมะพร้าวชูดด้วยเทคนิคฟลูอิดไอเซชันจากรูปที่ 2 เป็นกราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความชื้นเทียบกับเวลาที่อุณหภูมิอบแห้ง 80, 100 และ 120°C พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งส่งผลให้การลดลงของความชื้นมะพร้าวเร็วขึ้น (เฉพาะมะพร้าวชูดส่วนที่เกิดฟลูอิดไอเซชัน) โดยพบว่าช่วงประมาณ 7 นาที แรกของการอบแห้ง อยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant rate drying) ดังนั้นการลดลงของความชื้นจะถูกควบคุมด้วยปัจจัยภายนอก (อุณหภูมิ ,

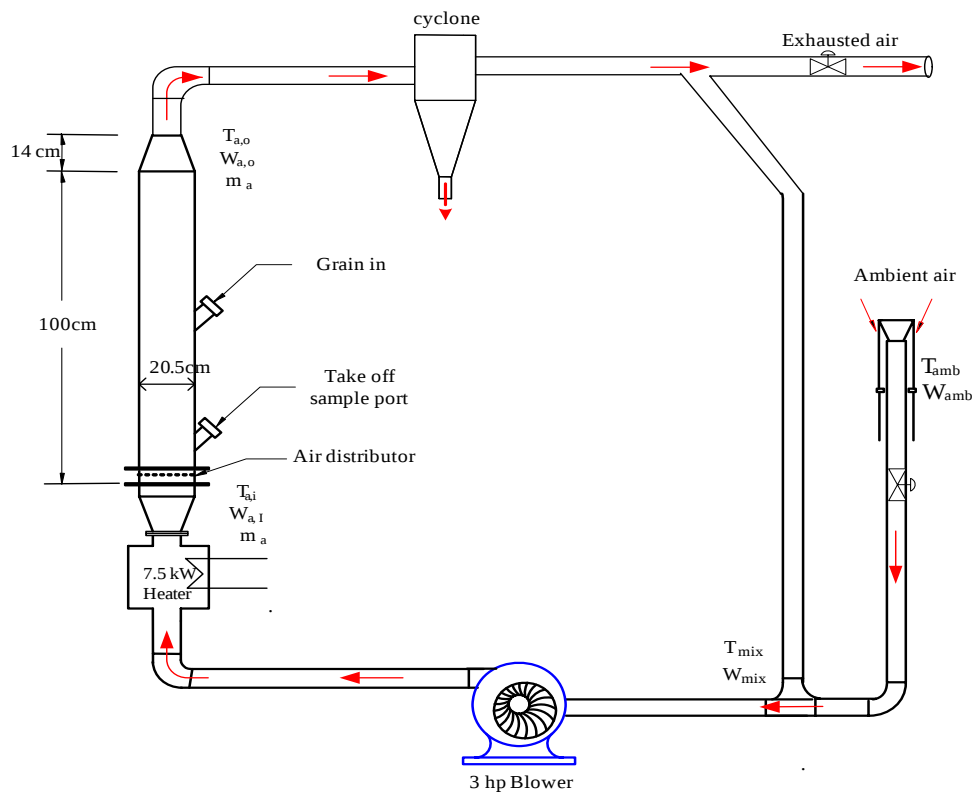
ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์) ซึ่งในการทดลองนี้คือ อุณหภูมิอากาศอบแห้ง และหลังจากนั้นการอบแห้งจะอยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling rate drying) โดยผลจากการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งส่งผลให้การลดลงของความชื้นของมะพร้าวเร็วขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เข้าห้องอบแห้งและอากาศภายนอก ดังรูปที่ 3 โดยมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเข้าห้องอบแห้งเฉลี่ยในช่วง 2-8% และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกเฉลี่ย 60-70% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิของอากาศออกห้องอบแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศออกห้องอบแห้ง ดังรูปที่ 4 โดยพบว่าช่วงประมาณ 7 นาที แรกของการอบแห้งอุณหภูมิที่ออกจากห้องอบแห้งมีค่าต่ำเนื่องจากช่วงแรกของการอบแห้งมะพร้าวมีความชื้นมาก ดังนั้นจึงต้องใช้ความร้อนในการระเหยน้ำมาก ทำให้อุณหภูมิก๊าซออกจากห้องอบแห้งมีค่าต่ำและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าสูงในช่วงแรกจากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากห้องอบแห้งก็จะเริ่มสูงขึ้นจนกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่เข้าห้องอบแห้ง ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก็จะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งใกล้เคียงกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทางเข้า ซึ่งผลของอุณหภูมิที่ออกจากห้องอบแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศออกห้องอบแห้ง เมื่อดูจากกราฟผลการทดลองพบว่ามีความสอดคล้องกับการลดลงของความชื้นมะพร้าว ดังนั้นทำให้เชื่อได้ว่าการลดลงของความชื้นที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากอุณหภูมิของอากาศอบแห้งที่แตกต่างกัน จากการทดลองพบว่าความชื้นของมะพร้าวลดลงเหลือประมาณ 2.5% d.b.

ภายในระยะเวลา 10 นาทีที่อุณหภูมิอบแห้ง 120°C , 15 นาที ที่อุณหภูมิอบแห้ง 100°C และ 25 นาที ที่อุณหภูมิอบแห้ง 80°C

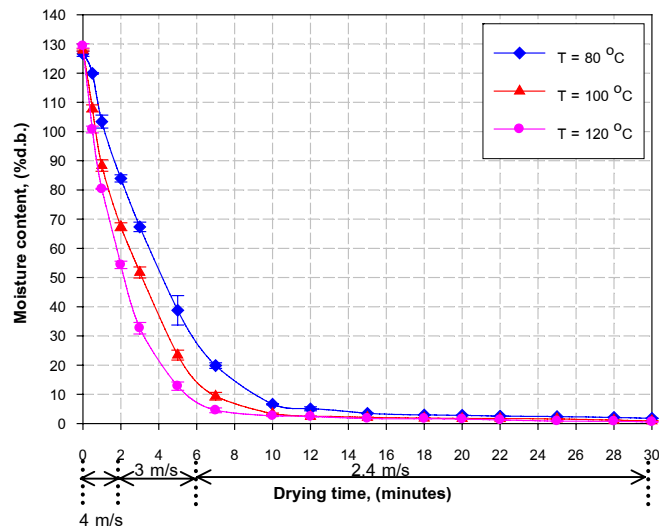
3.2 ปัญหาของการอบแห้งมะพร้าวชุดด้วยเทคนิคฟลูอิดไชน์เบด

จากการทดลองอบแห้งมะพร้าวชุดด้วยเทคนิคฟลูอิดไชน์เบด โดยใช้มวลมะพร้าวชุดน้ำหนักเริ่มต้น 2,000 g เบดสูง 13 cm จากผลการทดลองพบว่าเกิดปัญหาการเกาะกันของมะพร้าวชุดหลังการอบแห้งโดยมีส่วนที่เกาะกันเป็นก้อนและที่ติดขอบกระบอกอยู่ประมาณ 25% ของมวลแห้งทั้งหมดที่เหลืออยู่ ดังรูปที่ 6 ซึ่งน่าจะมาจากสาเหตุสองประการคือ 1.) การกระจายลมไม่ดี 2.) รูปทรงขนาดมะพร้าวไม่เท่ากัน ซึ่งจะมีทั้งแบบเป็นเส้นและมีลักษณะคล้ายทรงกลมบ้างขึ้นอยู่กับการชุด

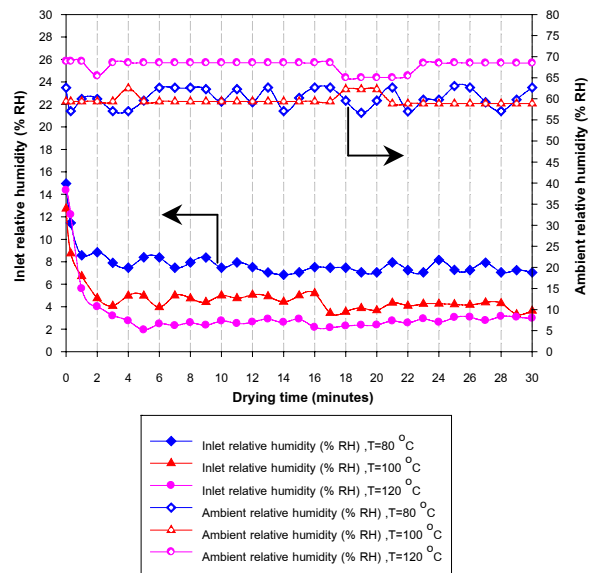
ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองเพิ่มความยาวท่อตรงบริเวณใต้แผ่นตะแกรงในเครื่องอบแห้งฟลูอิดไชน์เบดขนาดเล็ก เพื่อให้มีการกระจายลมที่ดี สรุปได้ว่าจะต้องทำการเพิ่มความยาวท่อตรงบริเวณใต้แผ่นตะแกรงประมาณ 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง ถึงจะมีการกระจายลมที่ดี ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า เมื่อมีการกระจายลมที่ดีแล้ว ถ้ามะพร้าวชุดมีรูปทรงที่คล้ายทรงกลมมากๆ ก็จะไม่ปัญหาการเกาะกันเป็นก้อนในระหว่างการทดลองแต่ถ้ามะพร้าวชุดมีรูปทรงเป็นเส้นก็จะมีโอกาสเกาะกันเป็นก้อนได้ (ดูได้จากการทดลอง) แต่ถ้ากรณีที่มีการกระจายลมไม่ดีทั้งมะพร้าวชุดที่มีรูปทรงคล้ายทรงกลมมากๆ และที่เป็นเส้น จะมีการเกาะกันเป็นก้อนในระหว่างการทดลองแน่นอน ดังรูปที่ 7 ได้แสดงขนาดของรูปทรงมะพร้าวที่นำมาอบแห้ง



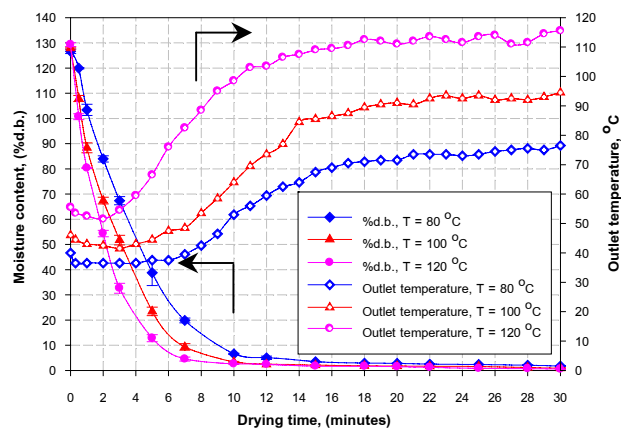
รูปที่ 1 วงจรเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไชน์เบด



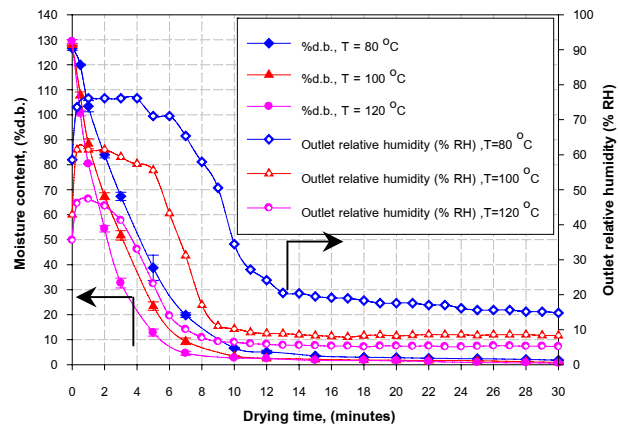
รูปที่ 2 การลดลงของความชื้นมะพร้าวในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง



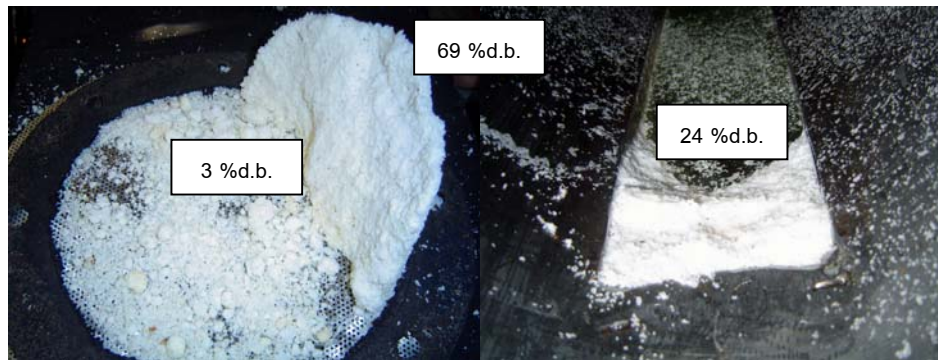
รูปที่ 3 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้งและอากาศภายนอกห้องอบในแต่ละเงื่อนไข



รูปที่ 4 การลดลงของความชื้นมะพร้าวชุดกับอุณหภูมิอากาศที่ออกห้องอบแห้งในแต่ละเงื่อนไข



รูปที่ 5 การลดลงของความชื้นมะพร้าวชูดกับความชื้นสัมพัทธ์อากาศออกห้องอบแห้งในแต่ละเงื่อนไข



รูปที่ 6 มะพร้าวที่เกาะกันเป็นก้อนและที่ติดขอบกระชกหลังการอบแห้ง

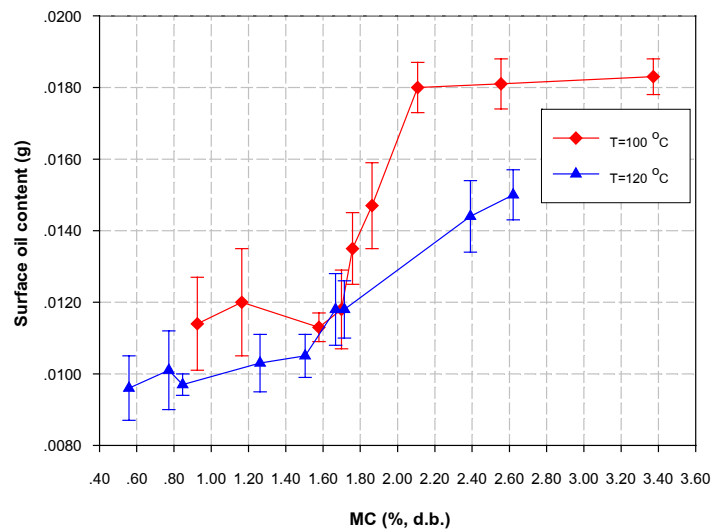


รูปที่ 7 ขนาดรูปทรงมะพร้าวที่นำมาอบแห้ง

3.3 ผลของปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าวชูดต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น

ในเชิงพาณิชย์แล้วปริมาณน้ำมันที่ผิวของมะพร้าวหลังการอบแห้งนับว่ามีความสำคัญต่อผู้บริโภค เนื่องจากผู้บริโภคไม่ต้องการให้น้ำมันที่ผิวมะพร้าวชูดออกมามาก ซึ่งจะทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น เกิดกลิ่นเหม็นหืนได้ง่าย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลของอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการอบแห้งที่ความชื้นต่ำกว่า 3 %d.b. โดยเทียบกับมะพร้าวชูดอบแห้งที่ขายตามท้องตลาดด้วย จากผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 120 °C จะมีปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าวชูดออกมาน้อยกว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง

100 °C ดังรูปที่ 8 ซึ่งน่าจะมาจากที่อุณหภูมิอบแห้งสูงมะพร้าวจะแห้งเร็ว ทำให้รูที่ผิวของมะพร้าวถูกปิดเร็วขึ้น ดังนั้นจึงส่งผลให้น้ำมันที่ผิวออกมาได้น้อย หรือน่าจะมาจากการที่อุณหภูมิอบแห้งสูงมะพร้าวแห้งเร็วทำให้ระยะเวลาการอบแห้งสั้นลง ทำให้น้ำมันที่ผิวออกมาได้น้อย โดยถ้าดูจากแนวโน้มทั้งสองอุณหภูมิ พบว่าเมื่อความชื้นน้อยลงปริมาณน้ำมันที่ผิวก็จะเริ่มน้อยลงไปด้วยและเมื่อทำการเปรียบเทียบกับมะพร้าวที่ขายตามท้องตลาด พบว่าปริมาณน้ำมันที่ผิวของมะพร้าวชูดออกมามากกว่าในงานวิจัยนี้ประมาณสามเท่า ดังตารางที่ 1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความชื้นและปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าวชูดที่เงื่อนไขการทดลองต่างๆ



รูปที่ 8 ผลของปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าวชุดต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 100 และ 120 °C

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นและปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าวชุดที่เงื่อนไขการทดลองต่างๆ

Experimental conditions	Drying time (min)	% MC (d.b.)	Surface oil content (g)
Reference sample	-	1.65	0.0509 ± 0.0058
Stepwise change of air temperature (4 m/s, 2 min; 3 m/s, 4 min; 2.4 m/s, 24 min)			
T _i = 100 °C	10	3.37	0.0183 ± 0.0005
T _i = 100 °C	12	2.55	0.0181 ± 0.0007
T _i = 100 °C	15	2.11	0.0180 ± 0.0007
T _i = 100 °C	18	1.86	0.0147 ± 0.0012
T _i = 100 °C	20	1.76	0.0135 ± 0.0010
T _i = 100 °C	22	1.70	0.0118 ± 0.0011
T _i = 100 °C	25	1.58	0.0113 ± 0.0004
T _i = 100 °C	28	1.16	0.0120 ± 0.0015
T _i = 100 °C	30	0.92	0.0114 ± 0.0013
T _i = 120 °C	10	2.62	0.0150 ± 0.0007
T _i = 120 °C	12	2.40	0.0144 ± 0.0010
T _i = 120 °C	15	1.71	0.0118 ± 0.0008
T _i = 120 °C	18	1.67	0.0118 ± 0.0010
T _i = 120 °C	20	1.50	0.0105 ± 0.0006
T _i = 120 °C	22	1.26	0.0103 ± 0.0008
T _i = 120 °C	25	0.84	0.0097 ± 0.0003
T _i = 120 °C	28	0.77	0.0101 ± 0.0011
T _i = 120 °C	30	0.56	0.0096 ± 0.0009

4 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองอบแห้งมะพร้าวชุดด้วยเทคนิคฟลูอิดไชน์เบด พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งส่งผลให้การลดลงของความชื้น

มะพร้าวเร็วขึ้น (เฉพาะมะพร้าวส่วนที่เกิดฟลูอิดไชน์) โดยสามารถลดความชื้นได้ประมาณ 2.5%d.b. ภายในระยะเวลาการอบแห้ง 10-25 นาที และนอกจากนี้ยังพบปัญหาการเกาะกันของ

มะพร้าวชุดหลังการอบแห้งโดยมีส่วนที่เกาะกันเป็นก้อนและที่ติดของบรจกอยู่ประมาณ 25% ของมวลแห้งทั้งหมดที่เหลืออยู่ จากการทดลองเพิ่มความยาวท่อตรงบริเวณใต้แผ่นตะแกรงในเครื่องอบแห้งฟลูอิดซ์เบดขนาดเล็กเพื่อให้การกระจายลมดีขึ้น สรุปได้ว่าจะต้องทำการเพิ่มความยาวท่อตรงบริเวณใต้แผ่นตะแกรงประมาณ 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง ถึงจะมีการกระจายลมที่ดี และเมื่อมีการกระจายลมที่ดีแล้ว ถ้ามะพร้าวชุดมีรูปทรงที่คล้ายทรงกลมมากๆ ก็จะไม่มีปัญหาการเกาะกันเป็นก้อนในระหว่างการทดลอง แต่ถ้ามะพร้าวชุดมีรูปทรงเป็นเส้นก็จะมีโอกาสเกาะกันเป็นก้อนได้ (ดูได้จากภาพการทดลอง) แต่กรณีที่มีการกระจายลมไม่ดีทั้งมะพร้าวชุดที่มีรูปทรงคล้ายทรงกลมมากๆ และที่เป็นเส้น จะมีการเกาะกันเป็นก้อนในระหว่างการทดลองแน่นอน และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณน้ำมันที่ผิวของมะพร้าวชุดหลังการอบแห้งที่ความชื้นต่ำกว่า 3% d.b. พบว่าที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 120°C จะมีปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าวชุดน้อยกว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 100°C และเมื่อเปรียบเทียบกับมะพร้าวชุดที่ขายในท้องตลาดพบว่าปริมาณน้ำมันที่ผิวมะพร้าวชุดออกมามากกว่างานวิจัยนี้ประมาณสามเท่า

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงอุตสาหกรรม. 2523, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเนื้อมะพร้าวแห้ง สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 18 น.
- [2] T. Madhiyanon, Adirekrut, S. Sathitruangsak, P. and Soponronnarit, S. 2007, "Integration of a rotary desiccant wheel into a hot-air drying system: Drying performance and product quality studies", Chemical Engineering and Processing, Vol. 46, pp. 282-290.
- [3] T. Madhiyanon, Soponronnarit, S. and Swasdisevi T. 1999, "Industrial Scale Heat Pump Fruit Drying", In Proceeding of the first Asian-Australian drying conference (ACD'99), Bali, Indonesia, October 24-27, pp. 609-617.

- [4] D.Kunii, and Levenspiel, O., 1991, Fluidization Engineering, 2nd ed., Boston, Butterworth-Heinemann, pp. 1-49.
- [5] W. Rordprapat, Nathakaranakule, A. Tia, W. and Soponronnarit, S. 2005, "Comparative study of fluidized bed paddy drying using hot air and superheated steam". Journal of Food Engineering. Vol. 71, pp. 28-36.
- [6] S. Prachayawarakorn, Soponronnarit, S. Wetchacama, S. and Chinnabun, K. 2004, "Methodology for enhancing drying rate and improving maize quality in a fluidized-bed dryer". Journal of Stored Products Research. Vol. 40, pp. 379-393.
- [7] S. Prachayawarakorn, Prachayawasin, P. and Soponronnarit, S. 2006, "Heating process of soybean using hot-air and superheated-steam fluidized-bed dryer". LWT. Vol. 39, pp. 770-778.
- [8] S.M. Tasirin, Kamarudin, S.K., Jaafar, K. and Lee, K.F., 2007, "The drying kinetics of bird's chillies in a fluidized bed dryer". Journal of Food Engineering. Vol. 79, pp. 695-705.
- [9] T. Madhiyanon, Sathitruangsak, P. Adirekrut, S. and Soponronnarit, S. 2006, "A Study of Coconut Drying kinetic by Fluidized Bed Technique", In CD-Rom Proc. Of the 7th National Conference of Thai Society of Agricultural Engineering, Mahasarakham Univ., 23rd-24th January 2006, pp. 525-530 (in Thai).
- [10] T. Madhiyanon, Adirekrut, S. Sathitruangsak, P. and Soponronnarit, S. 2006, "Study of the effect of drying air temperature on chopped coconut drying by fluidized-bed technique", In CD-Rom Proceedings of the 20th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand, 18-20 October 2006, 7p.
- [11] C. Niamnuy, and Devahastin, S. 2005, "Drying kinetics and quality of coconut dried in a fluidized bed dryer". Journal of Food Engineering. Vol. 66, pp. 267-271.