

การพัฒนาตู้อบแบบถังหมุนสำหรับให้ความร้อนผลปาล์ม : กรณีศึกษาเบื้องต้นสำหรับผลของ จำนวนรูระบายลมร้อน

The Development of Rotary Drum Dryer for Palm Fruit Sterilization: Preliminary Study of the Effect of Ventilation Hole Numbers.

อภิเชษฐ์ เลขวิริยะกุล, อามีน อาลีมีลบาเรี, มัगतาร์ แวหะยี่* และ กำพล ประทีปชัยกุล

สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงานและภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

*ติดต่อ E-mail: wmakatar@eng.psu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 074-287-231, เบอร์โทรสาร: 074-558-830

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอบถังหมุนเพื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์ม ซึ่งในบทความนี้จะนำเสนอเฉพาะที่ได้ศึกษาในเบื้องต้นคือ ผลของจำนวนรูระบายลมร้อนที่มีต่อการลดความชื้นของผลปาล์ม ชุดทดลองเป็นถังอบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 57.5 cm และมีความยาว 90 cm (ขนาดใกล้เคียงถัง 200 ลิตร) ถังอบถูกหมุนด้วยชุดเฟืองและมอเตอร์ขับเคลื่อนแบบเกียร์ทดความเร็ว 0.5 รอบ/นาที สำหรับรูระบายลมร้อนได้ทำการเจาะบริเวณด้านข้างของถัง โดยรูที่ทำการเจาะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm จำนวน 16 และ 24 รู (ข้างละ 8 และ 12 รู) ในการทดลองจะทำการอบปาล์มโดยใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีให้ความร้อนด้านล่างของถัง โดยจะควบคุมอัตราการไหลของเชื้อเพลิงเพื่อให้อุณหภูมิภายในถังคงที่ที่ 120°C ผลการทดลองพบว่าที่จำนวนรูระบายลมร้อน 24 รู สามารถลดความชื้นในปาล์มที่อบได้เร็วกว่ากรณี 16 รู

คำหลัก: ปาล์มน้ำมัน, การอบปาล์ม, เครื่องอบถังหมุน

Abstract

The aim of this research was to design and develop a rotary drum dryer for palm fruit sterilization. In this article, the results of preliminary study of the effect of ventilation hole numbers on the reduction of moisture content in palm fruit were presented. The experimental set up was a drum dryer which has 57.5 cm in a diameter and 90 cm in a length (the size was similar to 200-litre steel drum container). The drum dryer was rotated by a driving gear and a gear motor at 0.5 rpm. The ventilation holes were drilled on the lateral side of the drum. The diameter of ventilation holes was 10 mm, and the numbers of ventilation holes were 16 and 24 holes (Each side was 8 and 12 holes). In the experiment, the palm fruit was dried by using LPG to burn and heat the bottom of drum. The flow rate of LPG was controlled to keep the temperature inside the tank steadily at 120°C. The results showed that the ventilation of hot air with 24 holes can reduce the moisture content in dried palm being faster than the case of 16 holes.

Keywords: Oil Palm Fruit, Palm Sterilization, Rotary Drum Dryer

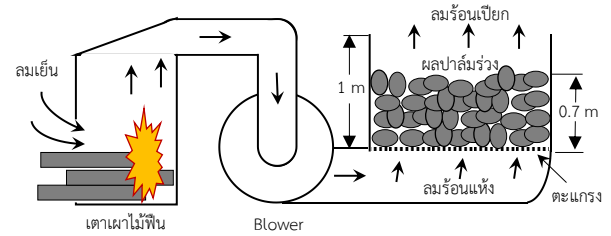
1. บทนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย ทั้งในด้านอุปโภค บริโภค รวมถึงพลังงานทดแทน เช่น ไบโอดีเซล เป็นต้น

กระบวนการหีบน้ำมันปาล์มในระดับอุตสาหกรรม สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) หีบแบบแยกเมล็ดในปาล์มและ 2) หีบแบบรวมเมล็ดในปาล์ม วิธีแรกการหีบแบบแยกเมล็ดในปาล์มหรือบางครั้งจะเรียกว่า “หีบแบบเปียก” สาเหตุของการเรียกว่าหีบแบบเปียกเนื่องจากในกระบวนการอบเพื่อให้ความร้อนทะลายปาล์มต้องใช้ไอน้ำ ส่วนใหญ่จะใช้ในโรงงานขนาดใหญ่ โดยใช้ปาล์มทั้งทะลายเป็นวัตถุดิบ ในขั้นตอนการอบจะนึ่งโดยใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 120-130 °C ที่ความดันไอน้ำ 2-3 bar เป็นระยะเวลา 45-60 นาที เพื่อหยุดยั้งการเกิดกรดไขมันอิสระและเพื่อให้ทะลายปาล์มอ่อนนุ่ม ทำให้ผลปาล์มหลุดจากทะลายได้ง่าย การหีบด้วยวิธีนี้จะได้น้ำมันได้ 2 ชนิด คือ น้ำมันที่สกัดจากเนื้อนอกปาล์ม (Mesocarp) จะเรียกว่า CPO (Crude Palm Oil) และน้ำมันที่สกัดจากเนื้อในปาล์ม (Kernel) จะเรียกว่า CPKO (Crude Palm Kernel Oil) [1]

วิธีที่สองการหีบแบบรวมเมล็ดในปาล์มหรือบางครั้งจะเรียกว่า “หีบแบบแห้ง” เนื่องจากภายในกระบวนการจะไม่ใช้ไอน้ำเหมือนแบบแรก ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในโรงงานขนาดเล็ก โดยรับซื้อเฉพาะผลปาล์มร่วง ซึ่งกระบวนการนี้จะให้ความร้อน (Sterilization) แก่ผลปาล์ม ด้วยวิธีอย่างด้วยกระบอกซีเมนต์ตามที่ได้แสดงในรูปที่ 1 [2] ลมร้อนที่ใช้มาจากการเผาเชื้อเพลิง เช่น ไม้ฟืนหรือน้ำมันเตา เป็นต้น ลมร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 120°C ถูกดูดโดยโบลเวอร์แล้วส่งเข้าด้านล่างของกระบอก ผ่านชั้นตะแกรงและผลปาล์ม เพื่อทำหน้าที่ไล่ความชื้นและหยุดปฏิกิริยาการเกิดกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) ในผลปาล์ม

จากนั้นนำมาหีบจนได้น้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวม (Mixed Crude Palm Oil, MCPO)

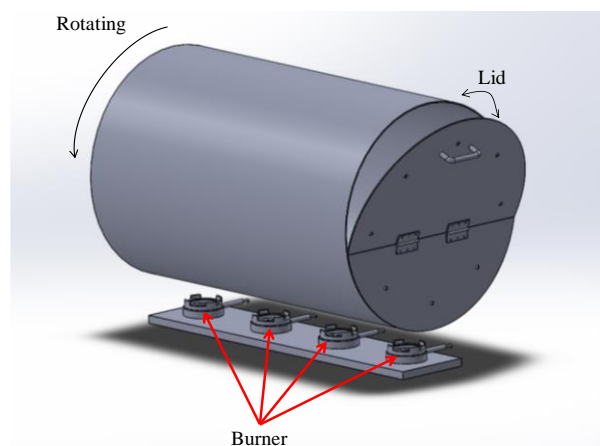


รูปที่ 1 รูปแบบการย่างผลปาล์มในโรงงานแบบหีบรวม

[2]

สำหรับปัญหาที่พบในการย่างด้วยกระบอกซีเมนต์นี้คือ ลูกปาล์มหลังจากย่างจะมีลักษณะดำไหม้เนื่องจากสัมผัสกับควันไฟโดยตรงและผลปาล์มสุกไม่ทั่วถึง ผลปาล์มที่อยู่ชั้นล่างจะสุกเร็วกว่าที่อยู่ชั้นบน ระหว่างการย่างจึงต้องใช้คนเข้าไปเกลี่ยลูกปาล์มที่อยู่ชั้นบนให้ไปอยู่ชั้นล่างและที่อยู่ชั้นล่างให้มาอยู่ชั้นบน นอกจากนี้ต้องใช้เวลาอบนานประมาณ 30 ชั่วโมง [3]

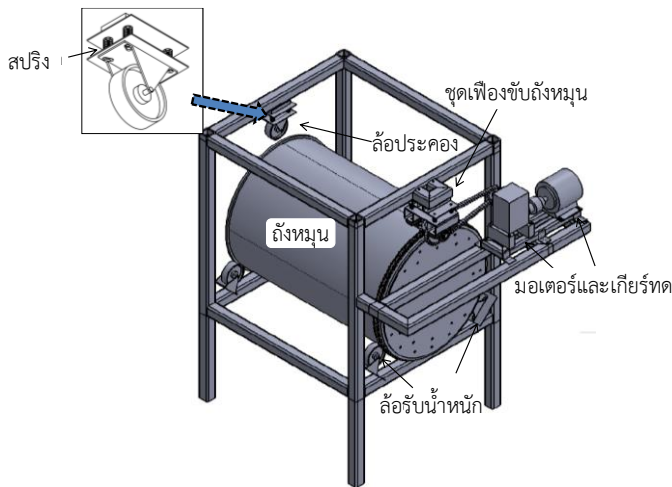
จากปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขโดยการออกแบบเครื่องอบผลปาล์มแบบถังหมุนตามที่แสดงดังรูปที่ 2 เครื่องอบเป็นแบบกะ ลูกปาล์มร่วงจะถูกใส่เข้าไปในถังหมุน จากนั้นจะให้ความร้อนจากด้านล่าง ในการใช้งานจริงเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนอาจจะเป็นไม้ฟืน ถังอบจะหมุนช้าๆ ทำให้ผลปาล์มเกิดการคลุกกันเองภายในถังหมุนซึ่งจะทำให้ผลปาล์มได้รับความร้อนทั่วถึง



รูปที่ 2 โมเดลของชุดทดลองแบบถังหมุน

ในอดีตได้มีการนำหลักการถังอบแบบหมุนนี้ไปใช้ในการอบสมุนไพร [4] แต่ถังอบจะมีลักษณะเป็นแบบตะแกรง ซึ่งจะสูญเสียความร้อนค่อนข้างมาก นอกจากนี้ได้มีการใช้ Computational Fluid Dynamics (CFD) ในการศึกษาพฤติกรรมการกระจายตัวของอนุภาคในถังหมุน [5]

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาตู้อบแบบถังหมุนสำหรับให้ความร้อนผลปาล์ม ซึ่งมีข้อดีคือ เป็นการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มโดยตรงและผลปาล์มที่ได้จะไม่สัมผัสกับควันไฟ สามารถใช้ไม้พินเป็นเชื้อเพลิงได้ ช่วยประหยัดเวลาและพลังงานที่ใช้ในการอบผลปาล์ม อีกทั้งยังทำให้ได้น้ำมันปาล์มดิบที่มีคุณภาพสูง ในเบื้องต้นจะศึกษาผลของจำนวนรอบการหมุนของถังหมุนจำนวน 16 และ 24 รอบ ที่มีผลต่อการลดความชื้นในผลปาล์ม



(ก) โครงสร้างของเครื่องอบแบบถังหมุน



(ข) รูปถ่ายเครื่องอบแบบถังหมุน

รูปที่ 3 เครื่องอบแบบถังหมุน

2.2 วิธีการทดลอง

รูปที่ 4 แสดงไดอะแกรมของชุดทดลองเครื่องอบแบบถังหมุน การอบจะเป็นแบบกะ สามารถอบลูกปาล์มร่วงครั้งละ 50 kg ในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มได้ใช้เชื้อเพลิง LPG เผาด้านล่างของถังหมุน โดยจะวางหัวเตา

2. ชุดทดลองและวิธีการทดลอง

2.1 ชุดทดลอง

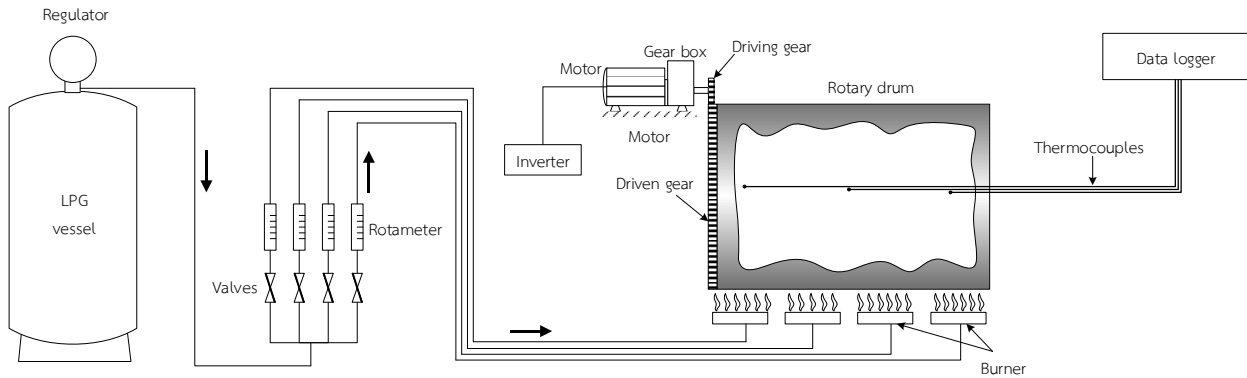
รูปที่ 3 แสดงต้นแบบของเครื่องอบปาล์มแบบถังหมุนที่ใช้ในการทดลอง ถังหมุนทำมาจากเหล็กแผ่นแล้วม้วนขึ้นรูปเป็นทรงกระบอก โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 57.5 cm และมีความยาว 90 cm ถังหมุนจะวางอยู่บนลูกกลิ้ง (Bearing) สำหรับรองรับน้ำหนักทั้งหมด 4 ชุด โดยมีลูกกลิ้งด้านบน 1 ชุด ที่อยู่ด้านตรงข้ามเฟืองขับ ทำหน้าที่ประคองให้ถังหมุนอยู่ในตำแหน่งคงที่ สำหรับด้านเฟืองขับจะถูกกดด้วยชุดขับ โดยลูกกลิ้งที่อยู่ด้านบนและชุดเฟืองขับจะถูกกดด้วยชุดสปริงเพื่อให้สามารถปรับระยะการกดได้ ด้านข้างของถังหมุนมีชุดเฟืองและมอเตอร์ขับแบบเกียร์ทด ซึ่งสามารถปรับความเร็วรอบในการหมุนของถังหมุนโดยใช้อินเวอร์เตอร์ ถังอบจะหมุนที่ความเร็ว 0.5 รอบ/นาที

แก๊สด้านล่างของถังหมุนจำนวน 4 ชุด ซึ่งเป็นการให้ความร้อนโดยตรง

นอกจากนี้ได้ติดตั้งโรตาริเตอร์สำหรับวัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง LPG เพื่อควบคุมอัตราการไหลของเชื้อเพลิง LPG ให้เท่ากันทุกๆ เต้าแก๊ส ในการทดลองได้

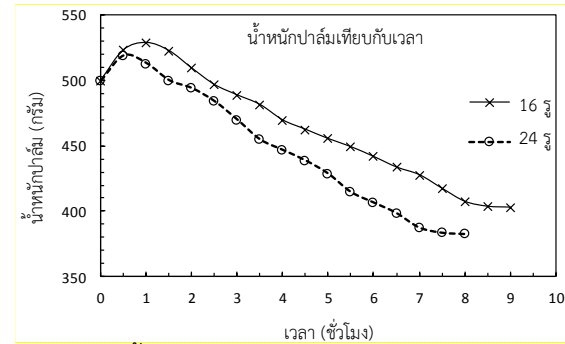
ควบคุมอัตราการไหลของเชื้อเพลิง LPG เพื่อให้อุณหภูมิ

ภายในถังหมุ่นมีค่าคงที่เท่ากับ $120^{\circ}\text{C} (\pm 3^{\circ}\text{C})$



รูปที่ 4 แสดงไดอะแกรมของชุดทดลองเครื่องอบแป้งถึงหมุ่น

สำหรับตัวอย่างแป้งที่นำมาทดสอบ ได้รับซื้อจากลานเทพาแป้งสถานที่และเวลาเดียวกัน (เพื่อลดผลของความชื้นเริ่มต้น) จากนั้นได้แบ่งตัวอย่างแป้งออกเป็นสองกอง กองละ 50 kg โดยแต่ละกองใช้สำหรับอบกรณีรระบายลมร้อน 16 รู และ 24 รู สำหรับตัวอย่างแป้งที่ซึ่งน้ำหนักเพื่อหาการลดความชื้นของแป้งจะนำตัวอย่างแป้ง 500 g (จาก 50 kg) ใส่ในตะแกรงเหล็กที่ปิดทุกด้านซึ่งแป้งพร้อมตะแกรงนี้จะถูกอบพร้อมกับแป้งในถังหมุ่น ระหว่างการอบ ตัวอย่างแป้งพร้อมตะแกรงจะถูกเอาออกจากถังเพื่อชั่งน้ำหนักทุกๆ ครึ่งชั่วโมง



รูปที่ 5 น้ำหนักตัวอย่างแป้งที่อบที่ระยะเวลาต่างๆ

3. ผลการทดลอง

รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบผลของจำนวนรระบายลมร้อนที่มีต่อน้ำหนักตัวอย่างแป้งที่อบที่ระยะเวลาต่างๆ ภาพรวมของผลการทดลองพบว่า ที่ระยะเวลาการอบต่างๆ น้ำหนักตัวอย่างแป้งมีค่าลดลง ซึ่งน้ำหนักที่ลดลงคือปริมาณความชื้นที่หายไปจากตัวอย่างแป้งสำหรับในช่วงระยะเวลา 0-1 ชม. จะพบว่า น้ำหนักตัวอย่างแป้งมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะเกิดจากความชื้นภายในถังหมุ่นเกาะติดบนตะแกรง เมื่อระยะเวลาการอบผ่านไป พบว่าน้ำหนักตัวอย่างแป้งลดลงเกือบเชิงเส้น สำหรับในช่วงสุดท้าย น้ำหนักตัวอย่างแป้งลดลงน้อยมาก (เกือบคงที่)

จากการเปรียบเทียบน้ำหนักตัวอย่างแป้งกรณีจำนวนรระบายลมร้อน 16 และ 24 รู พบว่า กรณีรระบายลมร้อน 24 รู การลดความชื้นในตัวอย่างแป้งเร็วกว่ากรณีรระบายลมร้อน 16 รู อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากพื้นที่ทางออกสำหรับรระบายลมร้อนกรณี 24 รู มีขนาดกว้างกว่ากรณี 16 รู ทำให้ลมร้อนที่มีความชื้นระบายออกได้ดีกว่า

นอกจากนี้ ในระหว่างการเอาตัวอย่างแป้งพร้อมตะแกรงออกจากถังหมุ่นเพื่อชั่งน้ำหนัก ได้เอาแป้งที่ถูกอบในถังที่ระยะเวลาต่างๆ จำนวน 5 ลูก ทำการผ่าตรงกลางตามที่ได้แสดงในรูปที่ 6 จากรูป เป็นตัวอย่างกรณีจำนวนรระบายลมร้อน 24 รู โดยสามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงภายในผลแป้งดังนี้

1. ระยะเวลา 1-3 ชม. ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นการอบ ความร้อนจากถังหมุ่นเริ่มถ่ายเทเข้าสู่แป้ง ลักษณะเนื้อชั้นนอกมีสีเหลือง และเนื้อชั้นในมีสีขาว เฉพาะ

สำหรับที่ 3 ชม. จะเริ่มเห็นที่ขอบเปลือกปาล์มมีสีน้ำตาล แสดงถึงความร้อนเริ่มถ่ายเทเข้าสู่ปาล์ม

2. ที่ระยะเวลา 4-5 ชม. พบว่า เนื้อชั้นนอกปาล์มมีสีผสมระหว่างเหลืองกับน้ำตาล สำหรับเนื้อชั้นในปาล์มยังคงมีสีขาว การเปลี่ยนสีของเนื้อชั้นนอกจากเหลืองเป็นน้ำตาล แสดงถึงสภาวะของน้ำมันดิบที่อยู่ในเนื้อปาล์มเริ่มมีการแตกตัว

3. ที่ระยะเวลา 6-7 ชม. พบว่า เนื้อนอกปาล์มมีสีน้ำตาลเกือบทั้งหมด สำหรับเนื้อชั้นในปาล์มบริเวณที่ขอบมีสีใส แต่ตรงกลางยังคงมีสีขาว การเปลี่ยนสีของเนื้อชั้นในจากสีขาวเป็นสีใส แสดงถึงสภาวะของน้ำมันดิบที่อยู่ในเนื้อปาล์มชั้นในเริ่มมีการแตกตัว

4. ที่ระยะเวลา 8 ชม. ซึ่งเป็นระยะเวลาสุดท้ายของการอบ พบว่า ลักษณะภายในของผลปาล์มเหมือนกับกรณีที่ระยะเวลา 6-7 ชม. โดยเนื้อชั้นในปาล์มเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีใสทั้งหมด

สำหรับการอบปาล์มภายในโรงงานหีบแบบรวมเมล็ดในปาล์ม ตัวชี้วัดอย่างหนึ่งที่จะบ่งบอกถึงระยะเวลาการอบปาล์มนั้นเพียงพอที่จะเข้ากระบวนการต่อไปนั่นคือการเปลี่ยนสีของเนื้อปาล์มชั้นนอกจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาล และเนื้อปาล์มชั้นในจากสีขาวเป็นสีใส ซึ่งแสดงถึงสภาวะของน้ำมันดิบที่อยู่ในเนื้อปาล์มทั้งสองส่วนเกิดการแตกตัว พร้อมทั้งจะป้อนเข้าเครื่องอัดสกรูต่อไป

สำหรับผลที่ได้ตามที่แสดงในรูปที่ 6 แสดงถึงสภาวะการแตกตัวของน้ำมันดิบในเนื้อปาล์มทั้งสองส่วนที่ใช้ระยะเวลาอบเพียง 8 ชม. ในขณะที่โรงงานจริงจะใช้ระยะเวลาอบนานถึง 30 ชม. เพื่อให้ไขมันปาล์มดิบเกิดการแตกตัวลักษณะดังกล่าว อย่างไรก็ตาม สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอผลที่ได้ศึกษาในเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับวิธีที่โรงงานใช้อบ ในเชิงปริมาณและคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ รวมถึงพลังงานหรือต้นทุนที่ใช้ในการอบ เป็นต้น



รูปที่ 6 แสดงลูกปาล์มที่ผ่าตรงกลางที่ผ่านการอบที่ระยะเวลาต่าง ๆ (กรณีรูระบายลมร้อน 24 รู)

สำหรับในกรณีจำนวนรูระบายลมร้อน 8 และ 24 รู จะใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีไปในการอบผลปาล์ม 5.8 และ 5.2 กิโลกรัม ตามลำดับ

4. สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ ได้ศึกษาผลของจำนวนรูระบายลมร้อนของตู้อบปาล์มแบบถังหมุน ที่มีต่อการลดความชื้นและการแตกตัวของน้ำมันปาล์มดิบ จากการศึกษาพบว่า รูระบายลมร้อนจำนวน 24 รู สามารถลดความชื้นในตัวอย่างปาล์มได้ดีกว่ากรณีรูระบายลมร้อนจำนวน 16 รู นอกจากนี้รูระบายลมร้อนจำนวน 24 รู จะใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีในการอบผลปาล์มน้อยกว่ารูระบายลมร้อน



จำนวน 16 รู อีกด้วย สำหรับการอบที่เงื่อนไขรูระบายลมร้อนจำนวน 24 รู ระยะเวลาอบ 8 ชม. การเปลี่ยนสีของเนื้อปาล์มชั้นนอกจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลและเนื้อปาล์มชั้นในจากสีขาวเป็นสีใส ซึ่งแสดงถึงสถานะของน้ำมันดิบที่อยู่ในเนื้อปาล์มทั้งสองส่วนเกิดการแตกตัว พร้อมทั้งจะป้อนเข้าเครื่องอัดสกรู สำหรับการอบในโรงงานจริง ต้องใช้ระยะเวลาอบนานถึง 30 ชม. ที่จะทำให้เกิดสถานะตามที่กล่าวมา อย่างไรก็ตาม ในบทความนี้เป็นการนำเสนอผลที่ได้ศึกษาในเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม ในเชิงปริมาณและคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ รวมถึงพลังงานหรือต้นทุนที่ใช้ในการอบ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับวิธีที่โรงงานใช้อยู่ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน เลขที่สัญญา EE-PSU-59-02

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชนินทร พรนภดล, 2550, การวิเคราะห์และออกแบบตู้แห้งปาล์ม, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [2] อามีน อาลีมีลบาร์, มัคตาร์ แวะหะยี, ชยุต นันทดุสิต, การทบทวนเอกสาร: กระบวนการของการสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย, สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงานและภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [3] พูนสุข ประเสริฐสรรพ และ สุธีระ ประเสริฐสรรพ, 2537, การศึกษาและวิเคราะห์สถานภาพและศักยภาพของการใช้ประโยชน์จากของเสียจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม, ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

- [4] Sefa TARHAN, Saadettin YILDIRIM, M. Taner TUNCAY, Isa TELCI, 2008. Development of A Rotary Drum Dryer to Dry Medicinal and Aromatic Plants. Journal of Agricultural Machinery Science, 4(3), 295-300.
- [5] D.A. Santos, C.R. Duarte, M.A.S. Barrozo, 2016. Segregation phenomenon in a rotary drum: Experimental study and CFD simulation. Powder Technology, 294, 1-10