



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

ผลของความดันที่มีต่อการหลุดร่วงและปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ ในกระบวนการให้ความร้อนปาล์มน้ำมันแบบนิ่งโดยตรง

The Effects of Sterilization Pressure on Fruit-Bunch Separation and Crude Palm Oil Yield in Sterilization Process Using Direct Steaming

สิริวิญญ์ ภักดีโชติ และ มักตาร์ แวหะยี*

Siravit Pakdeechot and Makatar Wae-hayee*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla

Received: 23 February 2020

Revised: 24 June 2020

Accepted: 17 July 2020

Available online: 7 December 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของความดันที่มีต่อการหลุดร่วงและปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil, CPO) ในการนึ่งทะลายปาล์มที่ใช้ในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม การทดลองได้ให้ความร้อนทะลายปาล์มแบบนิ่งโดยตรงในหม้อน้ำขนาดเล็ก ที่ระยะเวลา 60 นาที โดยควบคุมความดันที่ 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 bar ทะลายปาล์มที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนจะนำเข้าเครื่องแยกลูกปาล์มออกจากทะลาย เพื่อหาปริมาณการหลุดร่วงของลูกปาล์มจากทะลาย จากนั้นนำลูกปาล์มที่ได้เข้าเครื่องสกัดน้ำมันปาล์มแบบสกรู เพื่อหาปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ จากการศึกษพบว่าความดันที่ 1.5, 2.5 และ 3.5 bar มีผลทำให้ลูกปาล์มหลุดร่วงออกจากทะลายในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ที่ 90.85, 91.84 และ 94.69% ตามลำดับ และได้ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ใกล้เคียงเช่นกันที่ 18.52, 18.91 และ 19.61% ตามลำดับ ซึ่งมีผลแตกต่างกันไม่เกิน 4% สำหรับที่ความดัน 0.5 bar การหลุดร่วงออกจากทะลายและปริมาณน้ำมันปาล์มดิบมีค่าต่ำสุด ดังนั้น ควรเลือกที่ความดัน 1.5 bar

สำหรับใช้ในการให้ความร้อนผลปาล์มแบบนิ่งโดยตรง เนื่องจากในแง่การใช้พลังงาน ที่ความดัน 1.5 bar ใช้พลังงานน้อยกว่าที่ 2.5 bar และ 3.5 bar

คำสำคัญ: ปาล์มน้ำมันทั้งทะลาย การสกัดน้ำมันปาล์ม น้ำมันปาล์มดิบ การนึ่งทะลายปาล์ม หม้อนึ่งทะลายปาล์ม

Abstract

In this work, the effect of pressure on fruit-bunch separation and Crude Palm Oil (CPO) yield in palm-bunch sterilization for palm oil milling process. Palm bunches were sterilized using direct steaming in a mini sterilizer for 60 min, and the sterilization pressure was varied at 0.5, 1.5, 2.5 and 3.5 bar. The palm bunches, after sterilizing, was loaded suddenly into the bunch-fruit separator to consider the efficiency of fruit-bunch separation. Then, palm fruit were extracted by screw press to evaluate a CPO yield. The results show that at 1.5, 2.5 and 3.5 bar, amount of palm fruits from fruit-bunch separation was 90.85, 91.84 and 94.69%, respectively, and CPO yield was 18.52, 18.91 and 19.61%, respectively, which slightly affected with small discrepancy lesser than 4%. However, at 0.5 bar, the amount of fruit-bunch separation and the crude palm oil yield were the lowest. Therefore, to apply this direct steaming in palm-bunch sterilization process, the sterilization pressure at 1.5 bar should be selected due to lower energy consumption as compared to the case of 2.5 bar and 3.5 bar.

Keywords: Fresh Fruit Bunch (FFB): Palm Oil Milling: Crude Palm Oil (CPO): Oil palm sterilization: Oil palm sterilizer

*ติดต่อ: makatar.w@psu.ac.th, 074-287-231

1. บทนำ

ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งในประเทศอินโดนีเซีย มาเลเซียและไทย อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสามารถแบ่งตามกระบวนการผลิตได้ออกเป็น 2 ประเภท คือ หีบแบบแยกเมล็ดในปาล์ม และหีบแบบรวมเมล็ดในปาล์ม การหีบแบบแยกเมล็ดในปาล์มนั้นส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานขนาดใหญ่ที่มีกำลังการผลิตสูง ใช้ผลปาล์มทั้งทะลายเป็นวัตถุดิบ ซึ่งหลังจากเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มสดแล้ว ควรส่งทะลายปาล์มไปยังโรงงานเพื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้วสกัดน้ำมันปาล์มทันทีหรือไม่เกิน 24 ชั่วโมง โดยกระบวนการให้ความร้อนเป็นการยับยั้งการเกิดกรดไขมันอิสระ โดยกรดไขมันอิสระนั้นจะส่งผลทำให้น้ำมันปาล์มดิบที่ได้มีคุณภาพต่ำ ดังนั้นกระบวนการให้ความร้อนจึงมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม [1]

กระบวนการให้ความร้อน (Sterilization) มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ทะลายปาล์มอ่อนนุ่ม ทำให้ผลปาล์มหลุดออกจากทะลายได้ง่ายและยับยั้งเอนไซม์ที่ไม่พึงประสงค์ ทำได้โดยการนึ่งทะลายปาล์มด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 140°C ความดันไอน้ำ 40 psi เป็นระยะเวลา 75 ถึง 90 นาที [2,3] จากนั้นทะลายปาล์มจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องแยกลูกปาล์มออกจากทะลายแบบตะแกรงหมุน [4-7] ผลผลิตที่ได้รับจะแบ่งเป็นสองส่วนคือ น้ำมันจากเนื้อปาล์ม (Crude Palm Oil, CPO) และน้ำมันจากเมล็ดในปาล์ม (Crude Palm Kernel Oil, CPKO) ในส่วนข้อเสียของวิธีการให้ความร้อนผลปาล์มโดยการนึ่งด้วยไอน้ำนี้คือ (1) ทำให้เกิดน้ำเสียจากการควบแน่นของไอน้ำหลังจากกระบวนการนึ่ง จึงก่อให้เกิดมลภาวะ (2) ผล

ปาล์มได้รับความชื้น จากไอน้ำจำเป็นต้องไล่ความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบอีกครั้ง และ (3) ต้องมีเครื่องจักรที่ซับซ้อน ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษา

นอกจากนี้ยังมีการหีบอีกวิธี คือ การหีบแบบรวมเมล็ดในปาล์ม ส่วนมากเป็นโรงงานขนาดเล็ก จะใช้เตาอบลมร้อน ซึ่งจะใช้อุณหภูมิลมร้อน 100-150°C เป็นเวลา 30-40 ชั่วโมง แล้วทำการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยเครื่องสกัดแบบอัดเกลียวเดียว น้ำมันที่ได้เป็นแบบผสมกันระหว่างน้ำมันจากเนื้อปาล์มและน้ำมันจากเมล็ดในปาล์ม เรียกว่า น้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวม (Mixed Crude Palm Oil, MCPO) ซึ่งข้อเสียคือในกระบวนการให้ความร้อนจะใช้ระยะเวลาและคุณภาพน้ำมันจะเป็นแบบเกรดต่ำ [8,9]

ในปัจจุบันได้มีการศึกษากระบวนการหีบแบบแยกเมล็ดในปาล์ม โดยทีมีวิจัย Hadi และคณะ [10] ได้ศึกษากระบวนการให้ความร้อนในหม้อหนึ่งขนาดเล็ก โดยหม้อไอน้ำ (Boiler) และหม้อนึ่ง (Sterilizer) แยกออกจากกัน ทดสอบที่ความดัน 2.6 บาร์ และอุณหภูมิไอน้ำที่ 140°C โดยพิจารณาผลของระยะเวลาการนึ่งที่มีต่อการหลุดร่วงของผลปาล์มจากทะลาย โดยให้ความร้อนที่ระยะเวลา 40, 50, 60 และ 70 นาที ผลการทดลองพบว่าที่ระยะเวลา 70 นาที ทำให้การหลุดร่วงของผลปาล์มมีค่ามากที่สุดที่ 100% ในขณะที่ที่ระยะเวลา 60 นาที ทำให้การหลุดร่วงมีค่าประมาณ 90% อย่างไรก็ตาม จากการแนะนำโดย Malaysian Palm Oil Board (MPOB) [11] การหลุดร่วงของผลปาล์มจากทะลาย 90 % เป็นที่ยอมรับได้

Sukaribin และ Khalid [12] ได้ศึกษาผลของระยะเวลาให้ความร้อนแก่ผลปาล์มด้วยไมโครเวฟที่มี

ต่อการหลุดร่วงของผลปาล์มจากทะลาย ในการทดลองได้แยกทะลายปาล์มเป็นข้อเล็กๆ แล้วนำไปอบในเตาไมโครเวฟตามระยะเวลาที่กำหนด ผลการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของผลปาล์มจากข้อทะลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์สูงสุดของการหลุดร่วงของผลปาล์มจากทะลาย อยู่ที่ 81.67, 81.29 และ 83.09% ที่ระดับพลังงาน 1, 1.5 และ 2 kW ตามลำดับ แต่เมื่อผ่านระยะเวลาที่มีเปอร์เซ็นต์สูงสุด (หลังจาก 16, 14 และ 12 นาที ที่ระดับพลังงาน 1, 1.5 และ 2 kW ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของผลปาล์มจากทะลายจะมีแนวโน้มที่ลดลง และยังพบว่าเปอร์เซ็นต์การลดความชื้นในผลปาล์มจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการให้ความร้อน

นอกจากนี้ได้มีการศึกษาเพื่อลดระยะเวลาการให้ความร้อนผลปาล์ม เช่น Alimalbari และคณะ [13] ได้ศึกษาแนวทางการลดระยะเวลาการอบปาล์มโดยการบีบให้ปาล์มแตกก่อนทำการอบ Hanifarianty และคณะ [14] พัฒนาเครื่องอบถึงหมุนเพื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์ม สาวิตรี และคณะ [15] ได้ประยุกต์เตาอบไมโครเวฟแบบสายพาน มาใช้ในกระบวนการให้ความร้อนผลปาล์ม โดยวิธีที่ได้กล่าวทั้งหมดสามารถช่วยลดระยะเวลาการให้ความร้อนผลปาล์ม แต่จะเหมาะกับการสกัดแบบหีบรวมเมล็ดในปาล์ม [8,9]

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบหีบแยกเมล็ดในปาล์ม ต้องใช้น้ำและพลังงานปริมาณที่มากในกระบวนการหนึ่งเพื่อให้ความร้อนทะลายปาล์ม โดยปกติแล้ว หม้อไอน้ำ (Boiler) และหม้อนึ่ง (Sterilizer) ถูกแยกออกจากกันในแต่ละหน่วย (เป็นรูปแบบ

เดียวกับที่ใช้ในงานวิจัยของ Hadi และคณะ [10]) ซึ่งจะส่งผลต่อการสูญเสียความร้อนและต้องใช้น้ำปริมาณที่มาก เพื่อลดการสูญเสียความร้อนและลดปริมาณการใช้น้ำ งานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะรวมหม้อไอน้ำและหม้อนึ่งให้อยู่ในหน่วยเดียว ซึ่งเป็นวิธีการให้ความร้อนทะลายปาล์มแบบหนึ่งโดยตรง

ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ [16] ได้ศึกษาการให้ความร้อนทะลายปาล์มแบบหนึ่งโดยตรงในหม้อนึ่งขนาดเล็ก หม้อไอน้ำและหม้อนึ่งอยู่ในหน่วยเดียวกัน โดยพิจารณาผลของระยะเวลาการนึ่ง (ความดันคงที่) ที่มีผลต่อการหลุดร่วงและปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ จากผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาการนึ่งทะลายปาล์มที่นานกว่า มีผลทำให้การหลุดร่วงและปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่เพิ่มขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้ จะพิจารณาผลของความดันที่มีผลต่อการหลุดร่วงและปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ

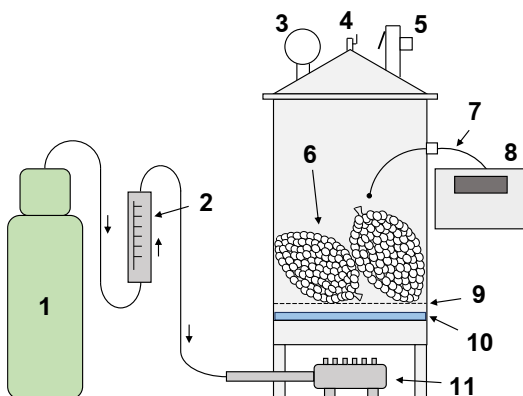
2. วิธีการการวิจัย

2.1 ชุดการทดลอง

2.1.1 ถังนึ่งปาล์ม

ถังนึ่งปาล์มขนาดเล็กแบบหนึ่งโดยตรงได้แสดงในรูปที่ 1 และ 2 ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 cm สูง 60 cm มีปริมาตร 58 ลิตร ภายในถังมีชั้นตะแกรงสูงจากก้นถัง 2 cm ได้ทำการติดตั้งวาล์วระบายแรงดัน (Pressure relief valve) เพื่อควบคุมความดันภายในถังให้คงที่ ภายในได้ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลและเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data Logger) เพื่อวัดอุณหภูมิไอน้ำ ในการนึ่งปาล์มจะนำทะลายปาล์มใส่เข้าไปในถัง จากนั้นเติมน้ำในปริมาณตามที่กำหนด แล้วให้ความร้อนจากเตา

แก๊สโดยใช้เชื้อเพลิง LPG



รูปที่ 1 ส่วนประกอบทั้งหมดของถังนึ่งปาล์มน้ำมันแบบนึ่งโดยตรง

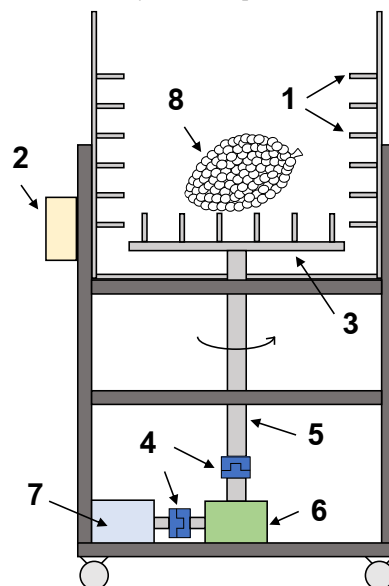
(1) ถังเชื้อเพลิง LPG (2) โรตاميเตอร์ (3) เกจวัดความดัน (4) วาล์ว (5) วาล์วระบายแรงดัน (6) ทะลายปาล์ม (7) โพรบวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) (8) อุปกรณ์เก็บข้อมูลอุณหภูมิ (Data logger) (9) ตะแกรง (10) น้ำ (11) เตาแก๊ส



รูปที่ 2 ถังนึ่งปาล์มน้ำมันแบบนึ่งโดยตรงที่ใช้ในการทดลอง

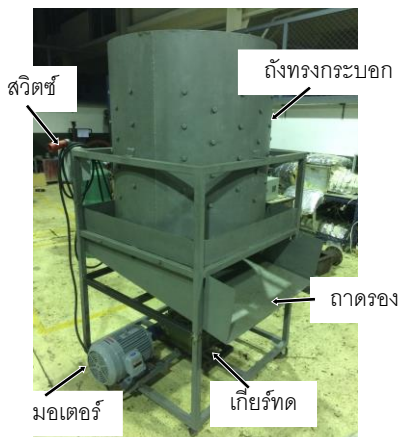
2.1.2 เครื่องแยกลูกปาล์มจากทะลาย

เครื่องแยกลูกปาล์มจากทะลาย ตามที่ได้แสดงในรูปที่ 3 และ 4 เป็นแบบทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 96 cm ภายในได้ติดตั้งเดือยที่มีความยาว 10 cm ด้านล่างมีจานหมุนสำหรับเหวี่ยงทะลายปาล์ม ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 7.5 แรงม้า ใช้ขับเคลื่อนที่มีอัตราส่วน 1:20 แล้วหมุนจานหมุนด้วยความเร็วรอบ 70 rpm (ความเร็วเชิงเส้นที่ขอบจาน 3.5 เมตร/วินาที) โดยจานหมุนจะเหวี่ยงทะลายปาล์มให้ชนกับเดือยที่ติดอยู่ข้างๆ ทำให้ลูกปาล์มหลุดออกจากทะลาย ซึ่งในการทดลอง ได้นำทะลายปาล์มที่ผ่านการนึ่งใส่เข้าเครื่องแยกลูกปาล์มจากทะลาย โดยกำหนดให้ระยะเวลาการหมุนของเครื่องให้คงที่ แล้วพิจารณาการหลุดร่วงของลูกปาล์มจากทะลาย



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของเครื่องแยกลูกปาล์มจากทะลาย

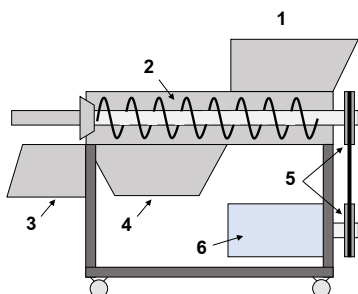
(1) เดือย (2) สวิตช์ (3) จานหมุน (4) ยอเย (5) เพลา (6) เกียร์ทด (7) มอเตอร์ (8) ทะลายปาล์ม



รูปที่ 4 เครื่องแยกลูกปาล์มจากทะลายที่ใช้ในการทดลอง

2.1.3 เครื่องสกัดน้ำมันปาล์ม

เครื่องสกัดน้ำมันปาล์ม ตามที่ได้แสดงในรูปที่ 5 และ 6 ใช้มอเตอร์ขนาด 10 แรงม้า โดยจะนำลูกปาล์มที่ได้จากเครื่องแยกลูกปาล์มจากทะลาย มาใส่ทางด้านบนของตัวเครื่อง ด้านในเครื่องจะมีสกรูลำเลียงลูกปาล์มเข้าไปแล้วบีบให้น้ำมันปาล์มออกมาที่ถาดด้านล่างของเครื่อง และกากปาล์มออกมาทางด้านข้างของเครื่อง โดยเครื่องสกัดนี้สามารถสกัดน้ำมันปาล์มดิบโดยไม่ทำให้กะลาปาล์มแตก ส่วนน้ำมันปาล์มที่สกัดได้จะนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อเปรียบเทียบผลแต่ละกรณีต่อไป



รูปที่ 5 ส่วนประกอบของเครื่องสกัดน้ำมันปาล์ม

(1) ทางเข้าลูกปาล์ม (2) เพลากลีวย (3) ถาดรองกากปาล์ม (4) ถาดรองน้ำมัน (5) พูล์เลย์ (6) มอเตอร์



รูปที่ 6 เครื่องสกัดน้ำมันปาล์มที่ใช้ในการทดลอง

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 การหาประสิทธิภาพการแยกลูกปาล์มออกจากทะลาย

ได้ทดลองโดยการนำทะลายปาล์มสดที่มีน้ำหนัก 18 กก. $\pm$ 2 กก. ใส่เข้าไปในถังนี้ แล้วให้ความร้อนจากด้านล่างโดยใช้เชื้อเพลิง LPG จากนั้นทำการปรับวาล์วระบายแรงดัน (Pressure relief valve) ไปที่ 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 bar เพื่อศึกษาผลต่างของความดัน ในการทดสอบที่ระดับช่วงความดันนี้ขึ้นเนื่องมาจากในปัจจุบันมีการให้ความร้อนทะลายปาล์มโดยการใช้ไอน้ำอยู่ในช่วง 3 ถึง 3.5 bar [17-19] โดยวาล์วระบายแรงดันจะทำหน้าที่ในการควบคุมแรงดันให้คงที่ตามที่กำหนด และระบายไอน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการนี้ออกสู่บรรยากาศ ในการนี้แต่ละครั้งได้กำหนดให้ระยะเวลาคงที่ที่ 60 นาที ทุกการทดลองเพื่อนำไปเปรียบเทียบเฉพาะผลของความดัน ที่เลือกระยะเวลานี้ เนื่องจากกระบวนการนี้ปาล์มน้ำมัน เช่น horizontal sterilizer, vertical sterilizer, compact modular sterilizer และ continuous sterilizer มีการใช้ระยะเวลาในการนี้ที่ใกล้เคียง 60 นาที [20-24] ดังนั้นที่ระยะเวลา 60 นาที

จึงเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ หลังจากการนี้ ทะลายปาล์มถูกใส่เข้าเครื่องแยกลูกปาล์มออกจากทะลาย เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพการแยกลูกปาล์มออกจากทะลาย โดยระยะเวลาที่ใช้ในการแยกลูกปาล์มออกจากทะลายกำหนดให้คงที่ที่ 60 วินาที [16] ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมจากการทดลองก่อนหน้านี้

ประสิทธิภาพการแยกลูกปาล์มออกจากทะลาย โดยมีอ้างอิงจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่คล้ายคลึงกัน [12,16,25-26] ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

$$\eta_M = \frac{M_1 - M_2}{M_1} (100 \%) \quad (1)$$

โดยที่ η_M = ประสิทธิภาพการแยกลูกปาล์มออกจากทะลาย (%), M_1 = น้ำหนักลูกปาล์มทั้งหมด (kg), M_2 = น้ำหนักลูกปาล์มที่ไม่หลุดออกจากทะลาย (kg)

2.2.2 ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้

ในการหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ จะทำการชั่งน้ำหนักลูกปาล์มทั้งหมดที่นำเข้าสู่เครื่องสกัดน้ำมันปาล์ม และชั่งน้ำหนักน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ จากนั้นนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ โดยมีอ้างอิงจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่คล้ายคลึงกัน [16] ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (2)

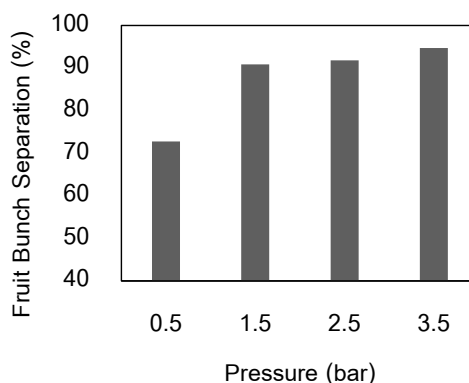
$$\eta_m = \frac{m_1}{m_2} (100\%) \quad (2)$$

โดยที่ η_m = เปอร์เซนต์น้ำมันปาล์มที่สกัดได้ (%), m_1 = น้ำหนักน้ำมันที่สกัดได้ทั้งหมด (kg), m_2 = น้ำหนักทะลายปาล์มสดทั้งหมด (kg)

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

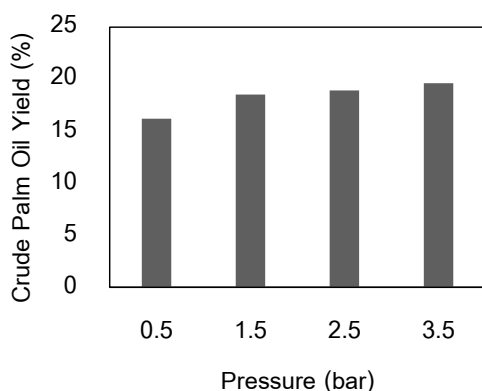
ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 7 และ 8 โดยกำหนดให้ระยะเวลาการนิ่งคงที่ 60 นาที ความดันที่ 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 bar

รูปที่ 7 แสดงประสิทธิภาพในการแยกลูกปาล์มออกจากทะลาย พบว่า ประสิทธิภาพในการแยกลูกปาล์มอยู่ที่ 72.75, 90.85, 91.84 และ 94.69% ที่ความดัน 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 bar ตามลำดับ ซึ่งตั้งแต่ที่ความดัน 1.5 bar ขึ้นไปมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ไม่เกิน 4%) ส่วนที่ความดัน 0.5 bar พบว่ามีค่าต่ำสุด



รูปที่ 7 ประสิทธิภาพแยกลูกปาล์มออกจากทะลายที่ระยะเวลาการนิ่ง 60 นาที

รูปที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ พบว่า มีปริมาณน้ำมันปาล์มดิบอยู่ที่ 16.20, 18.52, 18.91 และ 19.61% ที่ความดัน 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 bar ตามลำดับ ซึ่งตั้งแต่ที่ความดัน 1.5 bar ขึ้นไปมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ไม่เกิน 1.1%) ส่วนที่ความดัน 0.5 bar มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับประสิทธิภาพการแยกลูกปาล์มออกจากทะลายตามที่แสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 8 เปอร์เซ็นน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ ที่ระยะเวลาการนึ่ง 60 นาที

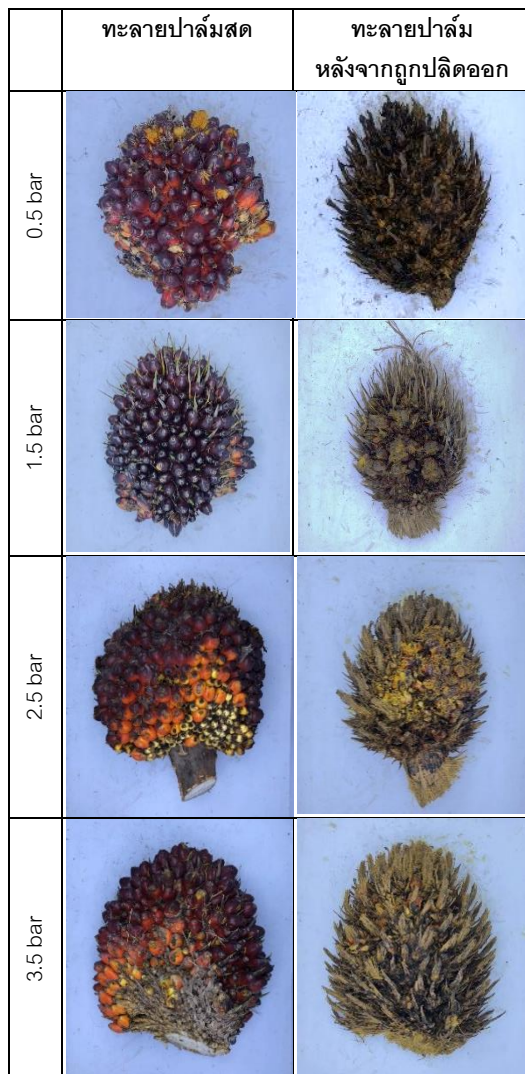
เมื่อความดันในการนึ่งปาล์มเพิ่มขึ้น (ตั้งแต่ 0.5 bar จนถึง 3.5 bar) ประสิทธิภาพการแยกลูกปาล์มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ เมื่อเทียบผลของระยะเวลาในการนึ่งปาล์มจากการทดลองก่อนหน้านี้ [16] พบว่า แนวโน้มผลของระยะเวลามีผลต่อประสิทธิภาพแยกลูกปาล์มและเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มดิบมากกว่าผลของความดันที่ทดลองในครั้งนี้

จากงานวิจัยก่อนหน้านี้โดย Hadi และคณะ [10] ได้ศึกษาการนึ่งปาล์มที่ความดัน 2.6 bar แต่เป็นวิธีการนึ่งปาล์มแบบทั่วไป ที่มีการแยกระหว่างหม้อไอน้ำ (Boiler) และหม้อนึ่ง (Sterilizer) สำหรับงานวิจัยนี้มีแนวคิดการรวมหม้อไอน้ำและหม้อนึ่งให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน เพื่อลดการสูญเสียความร้อน และลดปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม เนื่องจากในกระบวนการต้มที่แยกหม้อไอน้ำ (Boiler) ออกจากหม้อนึ่ง (Sterilizer) ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนใน

ระบบท่อส่งไอน้ำ จากการทดลองในครั้งนี้ที่ความดัน ตั้งแต่ 0.5 bar จนถึง 3.5 bar (ความดันอยู่ในช่วงการทดลองของ Hadi และคณะ [10]) พบว่า แนวคิดการรวมหม้อไอน้ำและหม้อนึ่งนี้สามารถใช้ได้ ซึ่งหลังจากนี้ต้องมีการศึกษาในรายละเอียดเพิ่มเติมในส่วนของการใช้พลังงาน

รูปที่ 9 แสดงทะลายปาล์มหลังการนึ่งและเครื่องแยกลูกปาล์มจากทะลาย พบว่าในช่วงความดันที่ 0.5 bar ยังมีลูกปาล์มที่ยังติดค้างอยู่ในทะลายปาล์มส่วนหนึ่ง ลูกปาล์มมีสภาพไม่แตกแต่มีลักษณะข้าปานกลาง และช่วงความดันตั้งแต่ 1.5 bar จนถึง 3.5 bar ลูกปาล์มติดค้างที่ทะลายเล็กน้อย มีสภาพไม่แตกแต่มีลักษณะข้าเล็กน้อย ลูกปาล์มที่ติดค้างเป็นลูกปาล์มขนาดเล็กที่อยู่ชั้นในของทะลาย ลักษณะทางกายภาพของทะลายหลังจากการแยกลูกปาล์มคล้ายคลึงกัน จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การนึ่งผลปาล์มที่ความดัน ตั้งแต่ 1.5 bar จนถึง 3.5 bar ไม่ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของทะลายหลังจากการแยกลูกปาล์ม

ดังนั้น ในการเลือกความดันสำหรับควบคุมการนึ่งปาล์มแบบวิธีนี้โดยตรงนี้ ควรเลือกที่ความดัน 1.5 bar เนื่องจากประสิทธิภาพในการแยกลูกปาล์มออกจากทะลายตั้งแต่ความดัน 1.5 bar ขึ้นไปมีค่ามากกว่า 90% ซึ่งการหลุดร่วงของผลปาล์มจากทะลาย 90% เป็นที่ยอมรับได้ [11] และในแง่การใช้พลังงาน เมื่อความดันเพิ่มขึ้นทำให้ค่า Specific enthalpy of steam เพิ่มขึ้นตามไปด้วย จึงทำให้ที่ความดัน 1.5 bar จะใช้พลังงานน้อยกว่าที่ 2.5 bar และ 3.5 bar



รูปที่ 9 ตัวอย่างทะลายปาล์มหลังผ่านการนึ่งและเครื่องแยกลูกปาล์มจากทะลาย

4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของความดันที่มีผลต่อการหลุดร่วงและปริมาณน้ำมันปาล์มดิบในกระบวนการให้ความร้อนทะลายปาล์มแบบนึ่งโดยตรง โดยการออกแบบให้หม้อนึ่ง (Sterilizer) กับหม้อไอน้ำ (Boiler) อยู่ในหน่วยเดียวกัน

เพื่อนำไปศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงกระบวนการนึ่งทะลายปาล์ม สำหรับบทความนี้ได้ทดลองการนึ่งทะลายปาล์มที่ระยะเวลาคงที่ที่ 60 นาที และปรับความดันที่ 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 bar จากการทดลองพบว่า

1. ที่ความดัน 1.5 ถึง 3.5 bar การแยกลูกปาล์มออกจากทะลาย เเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มที่สกัดได้และลักษณะทางกายภาพของทะลายปาล์มหลังผ่านการนึ่งและเครื่องแยกลูกปาล์ม มีผลที่ต่างกันไม่มากนัก (ไม่เกิน 4%) สำหรับที่ความดัน 0.5 bar การแยกลูกปาล์มออกจากทะลาย และเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มมีค่าต่ำสุด ดังนั้นควรเลือกที่ความดัน 1.5 bar เนื่องจากในแง่การใช้พลังงานเมื่อความดันเพิ่มขึ้นทำให้ค่า Specific enthalpy of steam เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ที่ความดัน 1.5 bar จึงใช้พลังงานน้อยกว่าที่ 2.5 bar และ 3.5 bar

2. เมื่อเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ศึกษาผลของระยะเวลาในการนึ่งปาล์ม [16] พบว่าผลของระยะเวลามีผลต่อประสิทธิภาพแยกลูกปาล์มและเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มดิบมากกว่าผลของความดันที่ทดลองในครั้งนี้

จากการทดลองครั้งนี้ มีแนวโน้มสามารถปรับปรุงกระบวนการนึ่งปาล์มโดยการรวมหม้อไอน้ำ (Boiler) กับหม้อนึ่ง (Sterilizer) ให้อยู่ในหน่วยเดียวกันได้ ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียความร้อนและประหยัดน้ำที่ใช้ในกระบวนการนึ่งทะลายปาล์ม เนื่องจากในกระบวนการต้มน้ำที่แยกหม้อไอน้ำ (Boiler) ออกจากหม้อนึ่ง (Sterilizer) จะทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนในระบบท่อส่งไอน้ำ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เลขที่สัญญา ENG 610585S

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Jusoh JM, Rashid NA, Omar Z. Effect of Sterilization Process on Deterioration of Bleachability Index (DOBI) of Crude Palm Oil (CPO) Extracted from Different Degree of Oil Palm Ripeness. *Int. J. Biosci. Biochem. & Bioinfo* 2013; 3(4): 322-7.
- [2] Mahidin MR. Quality improvement in the production of Malaysian palm oil. *Palm Oil Development* 1998; 9: 15-21.
- [3] Sivasothy K. Palm oil milling technology. *Advances in Palm Oil Research* 2000; 1: 745-75.
- [4] Mattheus B. Technological innovations in major world oil crops. *Oil technology* 2012; 2: 23-92,
- [5] Let CC. storage and transportation of fresh fruit bunch and palm oil products. *Palm Oil Technical Bulletin* 1995; 1: 2-4.
- [6] Olie JJ, Tjeng TD. The Extraction of Palm Oil. *The Incorporated Society of Planters*, Kuala Lumpur 1974; 29-35.
- [7] Hadi S, Ahmad D, Akande FB. Determination of the bruise indexes of oil palm fruits. *Journal of Food Engineering* 2009; 95: 322-6.
- [8] อามีน อาลีมัลบารี มักตาร์ แวหะยี และ ชยุด นันทดุสิต. การทบทวนเอกสาร กระบวนการของการสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย. การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลสารในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการครั้งที่ 16, 23 – 24 กุมภาพันธ์ 2560, จังหวัดเชียงใหม่; 2560
- [9] พูนสุข ประเสริฐสรรพ และ สุธีระ ประเสริฐสรรพ. การศึกษาและวิเคราะห์สถานภาพและ ศักยภาพของการใช้ประโยชน์จากของเสียจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม. ศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. สำนักงานวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม; 2537.
- [10] Hadi AA, Mohammad AW, Takriff MS. Determination of optimum sterilization condition based on calculated heat transfer rate for palm oil mill process. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences* 2016; 11(13): 8475-80.
- [11] Malaysian Palm Oil Board (MPOB). Fresh fruit bunch (FFB) grading manual. Kuala Lumpur; 2003.

- [12] Sukaribin N, Khalid K. Effectiveness of sterilization of palm bunch using microwave technology. *Industrial Crops and Products* 2009; 30(2): 179-83.
- [13] Alimalbari A, Hanifarianty S, Kumar A, Khomphet T, Eksomtramage T, Wae-hayee M. Effects of pressed palm conditions on acceleration of palm drying rate and CPO quality. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences* 2019; 55(1): 12-9.
- [14] Hanifarianty S, Legwiriyakul A, Alimalbari A, Nuntadusit C, Theppaya T, Wae-Hayee M. The development of rotary drum dryer for palm fruit sterilization. 8th TSME-International Conference on Mechanical Engineering, 2017 December 12-15; TSME-ICoME, Thailand; 2017
- [15] สาวิตรี คำหอม วีรชัย อัจหาญ และ ชาญชัย ทองโสภณ. การศึกษาการประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟแบบสายพานในกระบวนการนึ่งปาล์มน้ำมัน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10, 1-3 เมษายน 2552, จังหวัดนครราชสีมา; 2552.
- [16] สิริวิชญ์ ภักดีโชติ อามีน อาลีมัลบารี และ มักราร์ แวนะฮ์. ผลของระยะเวลาที่มีผลต่อ การหลุดร่วงและปริมาณน้ำมันดิบในกระบวนการอบแบบนึ่งโดยตรง. การถ่ายทอดความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการครั้งที่ 18, 20-21 มีนาคม 2562, จังหวัดกระบี่; 2562.
- [17] Chavalparit O. Clean Technology for the Crude Palm Oil Industry in Thailand [PhD Thesis]. Wageningen University; 2006.
- [18] Mahidin MR. Quality improvement in the production of Malaysian palm oil. *Palm Oil Development* 1998; 9: 15–21.
- [19] Sivasothy K. Palm oil milling technology. *Advances in Palm Oil Research* 2000; 1: 745–75.
- [20] Hadi NA, Han NM, May CY, Ngan MA. Dry Heating of Palm Oil Fruits: Effect on Selected Parameters. *American Journal of Engineering and Applied Sciences* 2012; 5(2): 128-31.
- [21] Eaton. Process of sterilizer 2012. [Internet]. Available from: [http://www.novaflo.com.my/wpcontent/themes/webtemp/pdf/ICEPO%202012%20Part3 . pdf](http://www.novaflo.com.my/wpcontent/themes/webtemp/pdf/ICEPO%202012%20Part3.pdf).
- [22] Reese CD. *Industrial Safety and Health for Infrastructure Services*. CRC Press Taylor and Francis Group; 2009.
- [23] Kandiah S, Basiron Y, Suki A, Taha RM,

- Hwa TY, Sulong M. Continuous Sterilization: The New Paradigm for Modernizing Palm Oil Milling - Journal of Oil Palm Research 2006, 144-52.
- [24] Loh TW. Innovative methods in oil processing oil palm industry. In Proceedings of the 1994 PORIM National Palm Oil Milling and Refining Technology Conference, Kuala Lumpur; 1994.
- [25] Ali FS, Shamsudina R, Yunusb R. The effect of storage time of chopped oil palm fruit bunches on the palm oil quality - Agriculture and Agricultural Science Procedia 2014; 2: 165 – 72.
- [26] สมพร พรหมดวง. การออกแบบและพัฒนาเครื่องแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลาย. การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 12, 17 สิงหาคม 2560, มหาวิทยาลัยรังสิต; 2560.