การลดพลังงานในการอบลดความชื้นข้าวเปลือกในไซโลขนาด 300 ตัน โดยการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่

Reducing energy consumption for the drying of 300 tons of rice paddy in silos with heat recovery

อมร ดอนเมือง[1], นิรุต อ่อนสลุง[1]*, สุริยา โชคเพิ่มพูน[1]

Amorn Donmueng[1], Nirut Onsalung[1]*, Suriya Chockphermpoon[1]

Received: 23 June 2019 ; Revised: 30 August 2019 ; Accepted: 17 September 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการลดพลังงานในการอบลดความชื้นข้าวเปลือกในไซโลขนาด 300 ตัน โดยการสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อนำความร้อนที่เหลือจากการอบลดความชื้นข้าวเปลือกในไซโลมาหมุนเวียนความร้อนกลับมาใช้ใหม่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการอบลดความชื้นแบบเดิมกับการอบลดความชื้นแบบที่มีการหมุนเวียนความร้อนมาใช้ใหม่ทั้งหมด โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยตลอดการทดสอบคือประมาณ 32 ºC ผลทดสอบพบว่าอุณหภูมิอากาศร้อนออกจากเตาเผาแกลบเฉลี่ยตลอดการทดสอบใกล้เคียงกันทั้งสองแบบคือประมาณ 80 ºC แต่การทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สร้างขึ้นสามารถประหยัดแกลบเชื้อเพลิงได้ 12.88% เมื่อเปรียบเทียบกับการลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเดิม หรือคิดเป็น 6,408 บาท (คิดที่การซื้อขายแกลบกิโลกรัมละ 8 บาท) หรือจะช่วยให้ประหยัดพลังงานได้ 1,837,080 เมกะจูล/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ 145,800 บาท/ปี โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 237,260.87 บาท และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 17.32% มีระยะเวลาในการคืนทุน 6 ปี และถือว่าเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า

คำสำคัญ : ข้าวเปลือก แกลบ การนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ การลงทุน

Abstract

The research aimed to reduce the energy used for drying of 300 tons of rice paddy in silos by using heat exchange equipment for heat recovery. Then, the old and new type of heat recovery equipment was compared with the result under the average environmental temperature throughout the test of approximately 32ºC. The results showed that the hot air temperature from the rice husk furnace of both tests was about 80ºC but the experiment using the new heat recovery method can save 12.88% or about 6,408 baht (on purchase husk on 8 baht/kg) of rice husk when compared with the old method. The study shows that the energy that can be saved is 1,837,080 MJ/year, cost savings are 145,800 baht/year, present value (NPV) equals 237,260.87 baht and the internal rate of return (IRR) is around 17.32%. Payback time is 6 years and is considered to be a worthwhile investment.

Keywords: Paddy, Husk, Heat recovery, Investment

[1] *สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร 47160*

[1] *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Industry and Technology, Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus, 47160*

* *Corresponding author: onsalung@gmail.com, Tel: 042-772391*

บทนำ

กระบวนการลดความชื้นข้าวเปลือกให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญก่อนการนำข้าวเปลือกไปแปรสภาพเป็นข้าวสาร[1-3] การลดความชื้นข้าวเปลือกสามารถทำได้หลายวิธี[4-5] หากข้าวเปลือกมีปริมาณน้อยทำได้โดยการตากในที่โล่งแจ้งใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ แบบนี้จะไม่มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และแบบการใช้เครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือก แบบนี้จะสามารถลดความชื้นข้าวเปลือกได้ทุกสภาวะแวดล้อม ใช้พื้นที่น้อย ควบคุมคุณภาพข้าวได้และลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ แต่จะมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน เครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกที่มีใช้อยู่ในประเทศ มี 6 แบบคือ แบบกระบะ แบบกระสอบ แบบถังหมุนเวียน แบบคอลัมน์ แบบฟลูอิดไดซ์เบด และแบบไหลคลุกเคล้า จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าโรงสีขนาดใหญ่ที่มีกำลังการผลิตมากกว่า 100 ตันต่อวัน พบว่าเครื่องอบลดความชื้นแบบไหลคลุกเคล้า เป็นที่นิยมใช้มากที่สุด 65.4%[6] อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกเป็นกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานมากซึ่งผลจากการใช้พลังงานดังกล่าวจะมีผลต่อต้นทุนในการผลิตข้าวสาร ส่วนประกอบและกระบวนการทำงานของเครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบไหลคลุกเคล้า ดัง Figure 1

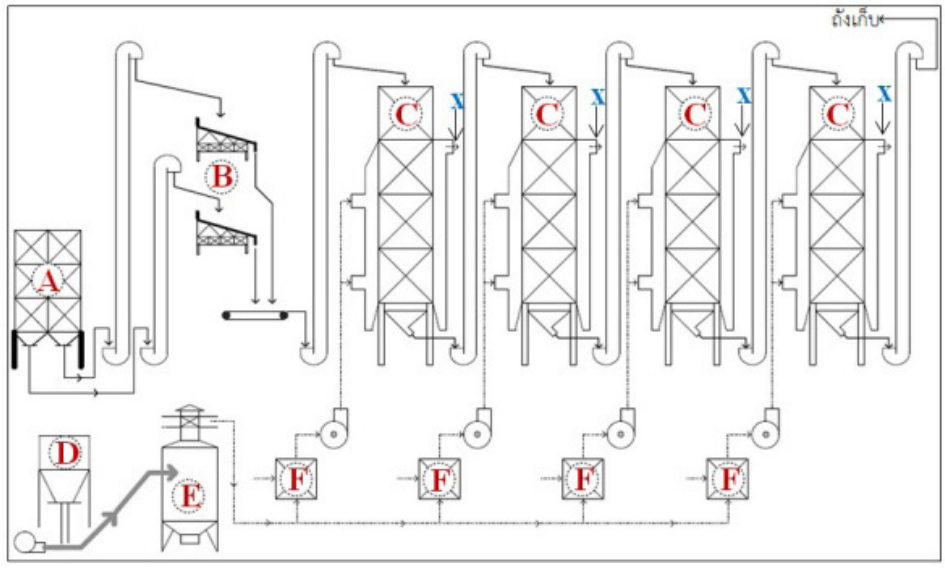

Figure 1 Components and work processes of paddy dehumidifier

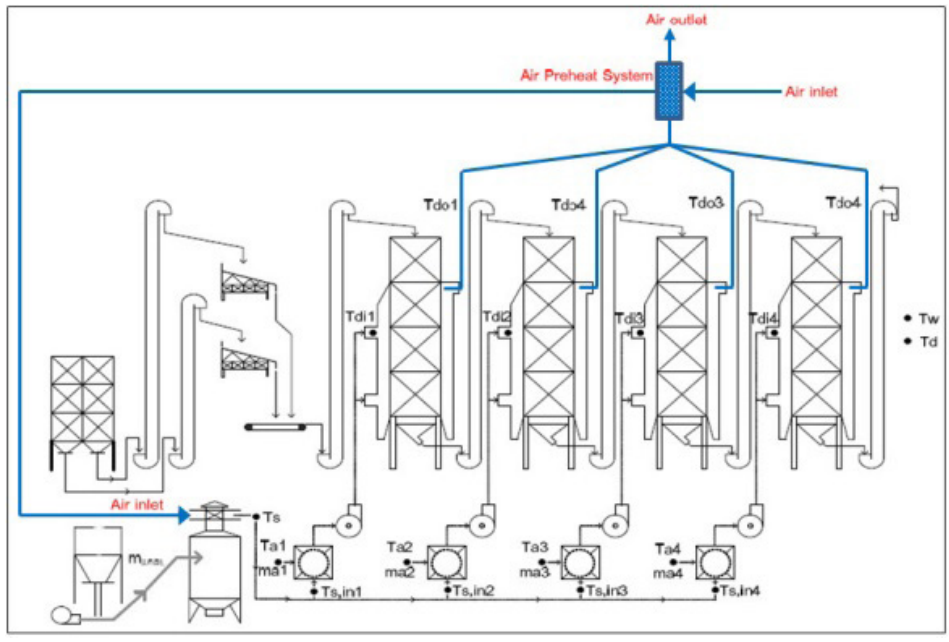

Figure 2 Components and processes of reusing heat energy

Figure 1 กระบวนการทำงานของเครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบไหลคลุกเคล้า เริ่มจากลำเลียงข้าวเปลือกความชื้นสูงจากถังรองรับข้าวเปลือกความชื้นสูง (A) ด้วยสายพานและกระพ้อไปยังเครื่องทำความสะอาด (B) เพื่อแยกฝุ่นและสิ่งเจือปนน้ำหนักเบาจากนั้นถูกลำเลียงด้วยสายพานและกระพ้อไปยังห้องอบลดความชื้น (C) ซึ่งมีอยู่ 4 ห้องอบ แต่ละห้องอบลดความชื้นจะเป็นถังทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 3 เมตรและสูง 10 เมตร ซึ่งมี 4 ห้องอบ หลังจากนั้นข้าวเปลือกที่ถูกอบเสร็จแล้วจะลำเลียงไปถังเก็บโดยสายพาน กระบวนการอบลดความชื้นจะใช้ลมร้อนเป็นสารทำงาน ลมร้อนจะมาจากเตาผลิตความร้อน (E) ผ่านชุดลมร้อนก่อนเข้าห้องอบ (F) สำหรับเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในเตาผลิตความร้อนคือแกลบที่ถังบรรจุแกลบเชื้อเพลิง (D)

เมื่อพิจารณา Figure 1 จะสังเกตได้ว่าที่ตำแหน่ง X ซึ่งเป็นตำแหน่งของอากาศที่ให้ความร้อนแก่ข้าวเปลือกตามกระบวนการลดความชื้นข้าวเปลือกแต่ละห้องอบ ถูกปล่อยทิ้งไปโดยไร้ประโยชน์ ซึ่งมีอุณหภูมิสูงและมีปริมาณมาก งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่เพื่อเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานในการอบลดความชื้นข้าวเปลือก โดยติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดัง Figure 2 ซึ่งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับถ่ายเทความร้อนจากของไหลชนิดหนึ่งไปยังของไหลอีกชนิดหนึ่ง โดยที่ของไหลไม่จำเป็นต้องผสมกัน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นเครื่องมือที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง ในทางวิศวกรรมและนิยมใช้อย่างกว้างขวาง เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบ่งตามวัตถุประสงค์การใช้งานได้ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ 1 ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิ เช่น การลดอุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำแข็งจะช่วยให้น้ำกลายเป็นน้ำแข็งเร็วขึ้น เป็นต้น และ 2 ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ เช่น การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้จะช่วยให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น เป็นต้น อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนถือเป็นเทคโนโลยีทางวิศวกรรมที่สำคัญ และนิยมใช้มากในปัจจุบัน เพราะสามารถประหยัดพลังงานได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์คือ (1) เพื่อศึกษาลักษณะการนำความร้อนในการอบลดความชื้นข้าวเปลือกกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานในการอบลดความชื้นข้าวเปลือกต่อไป (2) เพื่อศึกษาออกแบบและปรับปรุงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนรวมถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงที่จำเป็นอื่นๆ ในกระบวนการนำความร้อนกลับมาใช้อบลดความชื้นข้าวเปลือกในไซโล และ (3) วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์การใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนรวมถึงอุปกรณ์ปรับปรุง

วิธีดำเนินการวิจัย

บทความวิจัยนี้เป็นบทความวิจัยต่อเนื่องจากงานวิจัยก่อนหน้า [7] ซึ่งผู้วิจัยได้นำวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics, CFD) มาช่วยในการออกแบบเพราะจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผ่านมายังไม่พบว่ามีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการไหลเวียนของอากาศร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในลักษณะนี้ ซึ่งเป็นที่ทราบดีว่ารูปทรงของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้นสำคัญต่อพฤติกรรมของการไหลเวียนของอากาศภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อให้เห็นถึงพฤติกรรมของการไหล เวียนของอากาศร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน งานวิจัยนี้จึงทำการหารูปทรงที่เหมาะสม โดยอาศัย CFD โดยจะพิจารณาจากลักษณะการกระจายความเร็ว การกระจายอุณหภูมิ และพฤติกรรมการไหลของอากาศในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เมื่อเลือกใช้โครงสร้างที่ต่างกัน 3 รูปแบบ คือ รูปทรงสี่เหลี่ยม รูปทรงหกเหลี่ยม และรูปทรงกระบอก เมื่อพิจารณาจากลักษณะการกระจายอุณหภูมิของอากาศภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจาก CFD พบว่าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทรงกระบอกมีลักษณะการกระจายอุณหภูมิที่ดีกว่าแบบอื่น เพราะมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 322.22 K ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงจะทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าวเปลือกลดลงเร็ว และเมื่อพิจารณาจากลักษณะการกระจายความเร็วของอากาศภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจาก CFD พบว่าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทรงกระบอกมีแนวโน้มดีกว่าแบบอื่นเพราะมีความเร็วเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 0.0419 m/s ซึ่งความเร็วเฉลี่ยที่ต่ำๆ จะช่วยให้อากาศร้อนที่ไหลเวียนในห้องอบมีเวลาในการคลุกเคล้ากับข้าวเปลือกมากขึ้น Figure 3 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนรูปทรงกระบอก และนำอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนไปติดตั้งดัง Figure 4

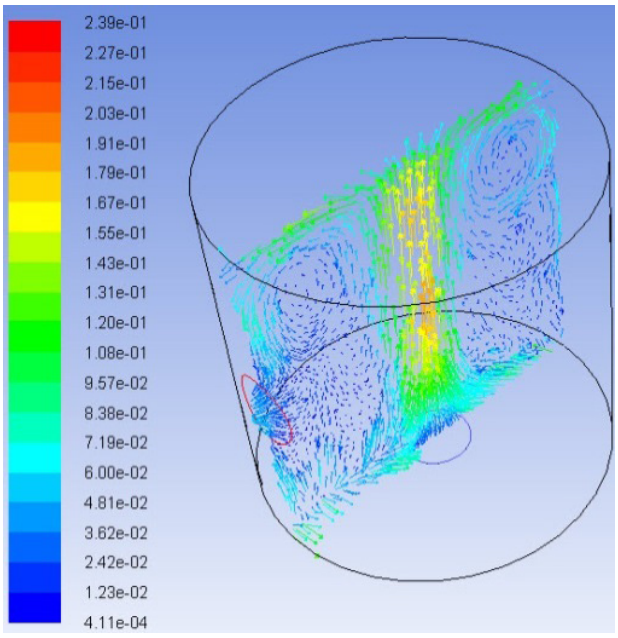

Figure 3 heat exchangers

Figure 4 Installation of heat exchangers

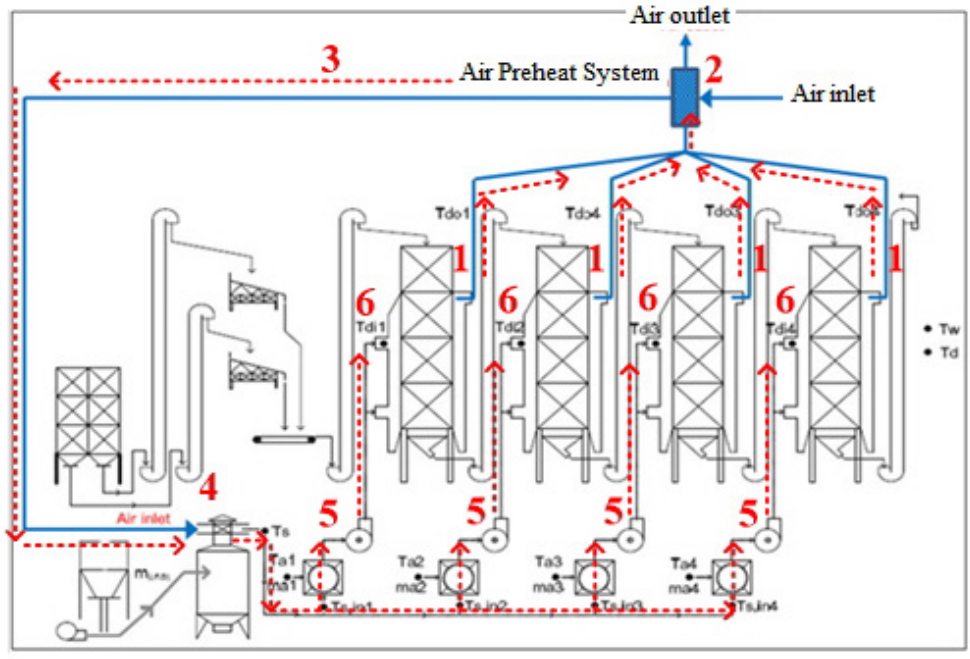

Figure 5 Process of heat exchangers

วิธีการอบลดความชื้นข้าวเปลือก

การอบลดความชื้นข้าวเปลือกสำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้จำแนกออกเป็น 2 แบบคือ

1) การอบลดความชื้นแบบเดิม ซึ่งเป็นวิธีที่เจ้าของกิจการใช้ตั้งแต่เปิดกิจการ คือนำแกลบที่ได้จากการสีข้าวเปลือกมาเผาที่เตาเผาแกลบ และจะนำลมร้อนที่ได้จากการเผาแกลบไปอบลดความชื้นข้าวเปลือก ดัง Figure 1

2) การอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบใหม่ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ สำหรับขั้นตอนของการเผาแกลบจะเหมือนกับการอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเดิม ดัง Figure 1 แต่เพิ่มการนำอากาศร้อนที่ถูกปล่อยทิ้งทั้งหมดจากกระบวนการอบลดความชื้นข้าวเปลือกกลับมาใช้ใหม่ Figure 5 อากาศร้อนที่ถูกปล่อยจากห้องอบลดความชื้นข้าวเปลือกทั้ง 4 ห้อง (1) จะไหลไปรวมกันที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สร้างขึ้น (2) จากนั้นอากาศร้อนทั้งหมดจะไหลผ่านท่อ (3) ไปยังด้านบนของเตาเผาแกลบ (4) เพื่อผสมกับอากาศร้อนที่ออกจากเตาเผาก่อนที่จะไหลออกไปและกระจาย (5) เข้าสู่ห้องอบลดความชื้นข้าวเปลือก (6) ซึ่งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนี้

เมื่อติดตั้งเสร็จแล้วจะใช้งานง่ายและไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่ม เพราะเป็นการนำอากาศที่ถูกปล่อยทิ้งจากการอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเดิมมาหมุนเวียนใช้ซ้ำนั่นเอง

เพื่อยืนยันว่าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริงและไม่มีความเสียหายต่อข้าวเปลือก ซึ่งผลของงานวิจัยจะยืนยันจาก (1) การวัดอุณหภูมิที่ออกจากเตาเผาแกลบจะต้องเท่ากับหรือใกล้เคียงกับวิธีการอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเดิมเพราะอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากจะมีผลต่อคุณภาพข้าวเปลือก และ (2) การวัดปริมาณแกลบเชื้อเพลิงของการอบลดความชื้นแบบใหม่จะต้องน้อยกว่าการอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเดิม

แกลบเชื้อเพลิง

Figure 6 แกลบเชื้อเพลิง ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากการสีข้าวของโรงสีที่ผู้วิจัยร่วมทำงานวิจัยด้วย จากข้อมูลของเจ้าของโรงสีพบว่าปริมาณแกลบเชื้อเพลิงที่ได้จากการสีข้าวประมาณ 4-6 ตันต่อวัน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากจำนวนของแกลบในแต่ละวันแล้วพบว่ามีความเพียงพอกับความต้องการสำหรับการทดลองในงานวิจัยนี้

Figure 6 Fuel husk

วิธีการทดลอง

เพื่อยืนยันว่าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริงและไม่มีความเสียหายต่อข้าวเปลือก ซึ่งผลของงานวิจัยจะยืนยันจากผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิและปริมาณการใช้แกลบเชื้อเพลิงของการอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเดิมและการอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบใหม่ งานวิจัยนี้จึงได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 แบบคือ 1) การทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเดิม และ 2) การทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือกใหม่ ในการทดสอบทั้ง 2 แบบจะทำการทดสอบแบบละ 3 ซ้ำจากนั้นหาค่าเฉลี่ยของผลที่ได้ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดระยะเวลาของการทดลองดังนี้

1. ทดลองเก็บข้อมูลการอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเดิม ซึ่งจะทำการทดลองช่วง 24 กรกฎาคม 2561 ถึง 11 สิงหาคม 2561 ซึ่งจะทำการทดลอง 3 ครั้ง ตั้งแต่เวลา 08.00 - 24.00 น. โดยทดลองครั้งละ 5 วัน เพื่อทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิที่ออกจากเตาเผาแกลบและปริมาณแกลบที่ใช้

2. ทดลองเก็บข้อมูลการอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบใหม่ ซึ่งจะทำการทดลองช่วง 15 สิงหาคม 2561 ถึง 7 กันยายน 2561 ซึ่งจะทำการทดลอง 3 ครั้ง ตั้งแต่เวลา 08.00 - 24.00 น. โดยทดลองครั้งละ 5 วัน เพื่อทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิที่ออกจากเตาเผาแกลบและปริมาณแกลบที่ใช้

วิธีการดำเนินงานด้านเศรษฐศาสตร์

สำหรับวิธีการดำเนินงานด้านเศรษฐศาสตร์ของงานวิจัยนี้แบ่งวิธีการดำเนินงานด้านเศรษฐศาสตร์ออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ปริมาณอากาศร้อนที่นำกลับมาใช้ใหม่ และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ปริมาณอากาศร้อนที่นำกลับมาใช้ใหม่

การวิเคราะห์ปริมาณอากาศร้อนที่นำกลับมาใช้ใหม่เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับ ปริมาณของอากาศร้อนทิ้งต่อวัน อุณหภูมิอากาศเย็นหลังจากรับความร้อน ปริมาณความร้อนที่ลดได้ต่อวัน และเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ต่อวัน (สำหรับระยะเวลาในการทดลอง ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อ วิธีการทดลอง สำหรับสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังแสดงในด้านล่าง[8]

ปริมาณของอากาศร้อนทิ้งต่อวัน

ปริมาณของอากาศร้อนทิ้งต่อวัน

$$CMM_h/d = CMM_h * h * 60 \quad (1)$$

อุณหภูมิอากาศเย็นหลังจากรับความร้อน

$$T_f = T_o + (h_{HX} * (CMM_h * (T_f - T_o)) / CMM_c) \quad (2)$$

ปริมาณความร้อนที่ลดได้ต่อวัน

$$Q = 72 * CMM_c * (T_f - T_o) * h \quad (3)$$

เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ต่อวัน

$$Fuel = Q/(HL * (h_f) \quad (4)$$

เมื่อ

CMM_h คือ อัตราการไหลของอากาศร้อนที่ปล่อยทิ้ง

CMM_c คือ อัตราการไหลของอากาศแวดล้อมที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อน

d คือ วัน

h คือ การใช้งานต่อวัน

HL คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแกลบ

Q คือ ปริมาณความร้อนที่ลดได้ต่อวัน
T_1 คือ อุณหภูมิอากาศร้อนที่ปล่อยทิ้ง
T_o คือ อุณหภูมิอากาศแวดล้อมที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อน
T_f คือ อุณหภูมิอากาศเย็นหลังได้รับความร้อน
h_f คือ ประสิทธิภาพเตาเผา
h_{HX} คือ ประสิทธิภาพเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลาในการคืนทุนโดยจะพิจารณาเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการลงทุนและผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี สำหรับสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังแสดงในด้านล่าง

ระยะคืนทุน

$$\text{ระยะคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (5)$$

มูลค่าปัจจุบัน, NPV

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{R_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (6)$$

เมื่อ

R_t คือ ผลตอบแทนสุทธิในปีที่ t
C_t คือ เงินลงทุนสุทธิของโครงการในปีที่ t
r คือ IRR (อัตราส่วนลด)
t คือ ปีโครงการ คือปีที่1, 2, 3.....n
n คือ อายุของโครงการ

ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิ

Figure 7 พบว่าอุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ยใกล้เคียงกันทั้งสองแบบคือประมาณ 32 ºC แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิแวดล้อมใกล้เคียงกันและไม่มีผลกับการทดลองนี้

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศร้อนออกจากเตาเผาแกลบเฉลี่ยตลอดการทดสอบ (T_2) พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 80 ºC แสดงให้เห็นว่าการที่มีการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่นี้ไม่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิที่ออกจากเตาเผาแกลบ

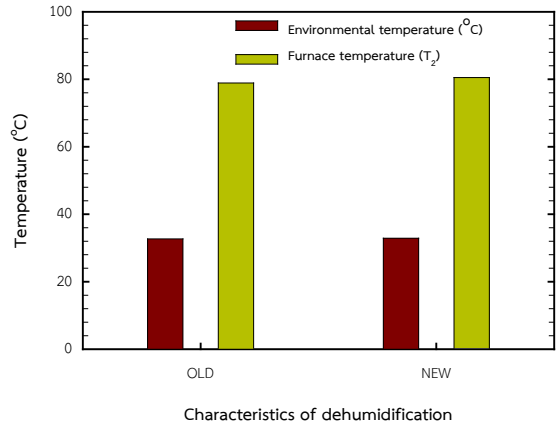

Figure 7 Comparison of the drying temperature of both types of paddy dehumidifier

การเปรียบเทียบปริมาณการใช้แกลบ

Figure 8 พบว่าปริมาณแกลบเชื้อเพลิงที่ใช้พบว่าการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สร้างขึ้น ใช้ปริมาณแกลบเชื้อเพลิงรวม 5,416 กิโลกรัม แต่การอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเดิมใช้ปริมาณแกลบเชื้อเพลิง 6,217 กิโลกรัม

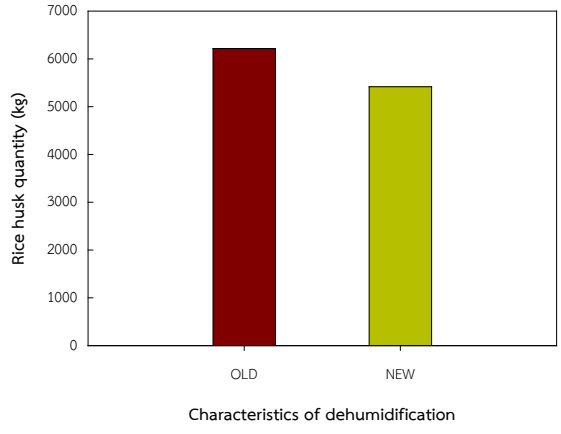

Figure 8 Total fuel husk throughout the test

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

Table 1 จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์กรณีการนำอากาศกลับมาใช้อุ่นอากาศ พบว่าการนำความร้อนทิ้งจากการอบลดความชื้นกลับมาใช้เพื่ออุ่นอากาศสามารถประหยัดพลังงานได้ 1,837,080 เมกะจูล/ปี โดยการลงทุนเริ่มแรกประมาณ 600,00 บาท มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 237,260.87 บาท ซึ่งค่าดังกล่าวคือมูลค่ารายได้สุทธิในอนาคตเมื่อคิดลบเป็นปัจจุบันแล้วมูลค่าของเงินจำนวนนี้แสดงว่านอกจากการลงทุนครั้งนี้จะได้ผลตอบแทนนอกจากการใช้ทุนหรืออัตราดอกเบี้ย 10 % แล้วเจ้าของโรงสียังมีรายได้อีก 237,260.87 บาท ในรูปของมูลค่าปัจจุบัน จากที่ได้จ่ายคืนเป็นค่าลงทุนและค่าดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นแล้ว และเมื่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการที่คำนวณออกมาได้เป็นบวกหรือเกินศูนย์ โครงการนี้จึงให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่า อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 17.32% เมื่อเปรียบเทียบกับผลตอบแทนนอกจากการใช้ทุนหรืออัตราดอกเบี้ย 10% จะเห็นได้ว่าค่า IRR ที่ได้สูงกว่าค่าเสียโอกาสของเงินทุนจึงเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า และมีระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เท่ากับ (PB) 6 ปี

Table 1 Economic analysis

Basic information		
Energy saving	12,247.20	MJ/day
Low calorific value of rice husk	14.40	MJ/kg
Number of work days (24 hours / day)	150	day/year
Air flow rate through heat exchanger	1,360,800	m^3/day
Rice husk saving rate (Furnace efficiency 70%)	1,215.00	kg/day
Project life	10	year
Discount rate	10	%
Cost		
Air heat system price includes installation fees	600,000	baht
Maintenance fee (5% per year)	30,000	baht/year
Return of an investment		
Price husk	800	baht/ton
Analysis of returns		
Energy saving	1,837,080	MJ/year
Think of it as an economical cost.	145,800	baht/year
Investment	600,000	baht
Payback Period :PB	6	year
Net Present Value: NPV	237,260.87	baht
Internal Rate of Return :IRR	17.32	%

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการลดพลังงานในการอบลดความชื้นข้าวเปลือกในไซโลขนาด 300 ตัน โดยการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ ประกอบด้วยการทดลอง 2 แบบคือ 1) การทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเดิม และ 2) การทดสอบการลดความชื้นข้าว เปลือกโดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สร้างขึ้นสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สร้างขึ้น มีอุณหภูมิอากาศร้อนออกจากเตาเผาแกลบเฉลี่ยตลอดการทดสอบใกล้เคียงกันกับการทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเดิมคือ 80.4ºC และ 80.2ºC ตามลำดับ

2. การทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สร้างขึ้น มีปริมาณแกลบเชื้อเพลิงรวมตลอดการทดสอบน้อยกว่าการทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเดิมคือ 5,416 กิโลกรัม และ 6,217 กิโลกรัม ตามลำดับ หรือคิดเป็นประหยัดแกลบเชื้อเพลิงได้ 12.88% เมื่อเปรียบเทียบกับการลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเดิม และพบว่าปริมาณแกลบเชื้อเพลิงต่างกันโดยการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สร้างขึ้นใช้แกลบเชื้อเพลิงน้อยกว่า 801 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 6,408 บาท (คิดที่การซื้อขายแกลบกิโลกรัมละ 8 บาท)

3. อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 17.32% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเสียโอกาสของทุนที่ 10% จะเห็นได้ว่าค่า IRR ที่ได้สูงกว่าค่าเสียโอกาสของเงินทุนจึงเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า และมีระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เท่ากับ (PB) 6 ปี

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับรอบการทำความสะอาดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพราะอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนติดตั้งบริเวณที่มีฝุ่นจากโรงสีตลอดเวลา

2. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนขนาดอื่นที่นอกเหนือ จากงานวิจัยนี้เนื่องจากขนาดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนต้นแบบที่ใช้ในงานวิจัยนี้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตามสัญญาเลขที่ SKC2561REV052 และขอขอบคุณ คุณมานะ วิชางาม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ความรู้เรื่อง CFD

เอกสารอ้างอิง

1 สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2555). สถานการณ์สินค้าการเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2555

2 สำนักสินค้าการเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2547). คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. ISBN 974-436-343-6; 2547

3 สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวข้าว. องค์ความรู้เรื่องข้าว 2555 ได้จาก: http://www.brrd.in.th/rkb/postharvest/. 15 พฤษภาคม 2555.

4 สุพิชญาย์ มีสุขเจ้าสำราญ. เครื่องอบแห้งแบบหล่นอิสระ. เงื่อนไขการอบแห้งที่ให้คุณภาพข้าวสารที่ดี. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2552

5 Poomsa-ad, N. Optimal Design of Paddy Drying System in Rice Mill. Doctor's Thesis: King Mongkut, University of Technology Thonburi, Thailand. 2001.

6 ขุนพล สังข์อารียกุล. การประเมินสถานภาพเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกในประเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.

7 อมร ดอนเมือง, นิรุต อ่อนสลุง และ สุริยา โชคเพิ่มพูน. การทำนายพฤติกรรมของอากาศในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนของการอบข้าวเปลือกเมื่อเลือกใช้โครงสร้างที่ต่างกัน 3 รูปแบบ. ใน: เอกสารการประชุมสัมมนาทางวิชาการ การประชุมวิชาการระดับชาติราชมงคลสกลนคร ครั้งที่ 1. มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร. สกลนคร; 2541. หน้า A252-256.

8 คะนึงนิจ เพียรกลาง. การศึกษาโพรไพล์การใช้พลังงานในโรงสีข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2533.