การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสีย โดยการใช้พัดลม พัดลมร้อน และหลังคาโปร่งแสง ในโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์

Comparative efficiency study for weight reduction of wastewater sludge by fan, heat fan, and translucent roof in auto industry

ธัญญารัตน์ พลพันธ์, วิสาขา ภู่จินดา, จำลอง โพธิ์บุญ
คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์(นิด้า)
Thanyarat Polpan, Wisakha Phoochinda, Jumlong Phoboon
Graduated School of social and Environmental development, National Institute of Development Administration (NIDA)

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียโดยใช้วิธีพัดลม พัดลมร้อน และหลังคาโปร่งแสง และ2) ศึกษาปัจจัยเรื่อง ความชื้นก่อนการทดลอง สภาพอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่มีผลต่อการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสีย ของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยการเก็บตัวอย่างกากตะกอนน้ำเสียจากลานตากกากตะกอนน้ำเสีย และนำมาทำการทดลองทั้งสิ้น 8 งวด ในช่วงเวลา 3 เดือนตั้งแต่เดือนมีนาคม–พฤษภาคม 2556 และนำผลการทดลองมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติ T-test และ ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จากการศึกษาพบว่า วิธีใช้หลังคาโปร่งแสงใหม่มีประสิทธิภาพในการลดน้ำหนักกากตะกอนได้มากที่สุด เฉลี่ยร้อยละ 55.41 มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีเดิม คือการตากโดยหลังคาโปร่งแสงเก่า(ที่มีการใช้งานมามากกว่า 5 ปี) เฉลี่ยร้อยละ 13 รองลงมาเป็นการใช้พัดลมธรรมดา มีประสิทธิภาพในการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียเฉลี่ยร้อยละ 52.49 ประสิทธิภาพดีกว่าวิธีเดิมร้อยละ 10 และการทดสอบสมมติฐานพบว่าระดับความเร็วลมของพัดลมไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการลดน้ำหนักกากตะกอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 และการใช้พัดลมร้อนมีประสิทธิภาพในการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียได้เฉลี่ยร้อยละ 45.26 ประสิทธิภาพมากกว่าวิธีเดิมร้อยละ 3 และจากการทดสอบสมมติฐานพบว่าระยะเวลาให้ความร้อนของพัดลมที่ระยะเวลาที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสีย พบว่าปัจจัยเรื่อง ความชื้นตะกอนก่อนตาก สภาพอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อากาศระหว่างการทดลองต่างมีผลต่อประสิทธิภาพการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ : การลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสีย, การบำบัดน้ำเสีย

Abstract

The objectives of this study were 1) to compare efficiency in weight reducing of wastewater sludge by fan, heat fan, and translucent roof and 2) to explore factors that affected weight reducing of wastewater sludge. In this study, 8 batches of wastewater sludge samples were taken from sludge bed for three months from March to May 2013. Data were analyzed by T-test and ANOVA at significant level of 0.05. The results showed that the new translucent roof gave the highest efficiency in weight reducing about 55.41 percent that was higher than those of the former method–using an old translucent roof (had been used for more than 5 years) for about 13 percent, following by the use of fan that gave the efficiency in weight reducing of wastewater sludge about 52.49 percent that was higher than the former method for about 10 percent. In addition, it was found that different wind speeds did not give different weight reducing of the sludge. Finally, the heat fan gave the efficiency of 45.26 percent that was higher than the former method of about 3 percent. Moreover, it was found that different times to dry by heat fan did not give different weight reducing of the sludge for a significant level of 0.05. Factors affecting weight reduction of the sludge included moisture of waste water sludge before drying, different drying seasons, and relative humidity.

Keywords : Weight Reduction of Wastewater Sludge, Wastewater Treatment

บทนำ

การจัดการของเสียในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ผู้ประกอบการแต่ละประเภทก่อให้เกิดของเสียแต่ละชนิดแตกต่างกัน ขึ้นกับกระบวนการผลิตและวัตถุดิบที่นำมาใช้ วิธีการจัดการของเสียจึงแตกต่างกันออกไป มาตรการที่หลายบริษัทนำไปจัดการของเสียที่สำคัญอย่างหนึ่งนั่นคือ การลดการเกิดของเสียในโรงงาน นอกจากจะเป็นการช่วยลดมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมแล้ว ผู้ประกอบการยังได้ประโยชน์จากการลดต้นทุนและภาษีของบริษัทอีกทางหนึ่ง จากการดำเนินการของบริษัทผู้ผลิตและประกอบรถยนต์ที่มีกำลังการผลิตและยอดขายมากเป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศ ทำให้เกิดของเสียมากตามไปด้วย เช่นเดียวกัน ซึ่งทางโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ได้ให้ความสำคัญในการลดการเกิดของเสียเป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่ง โดยทำการลดของเสียตั้งแต่กระบวนการผลิตและหลังจากกระบวนการผลิต โดยมีเป้าหมายในการลดของเสียจากปี 2554 ที่เฉลี่ย 8.02 กิโลกรัมต่อคัน เหลือเฉลี่ย 7.98 กิโลกรัมต่อคันในปี 2555 ซึ่งร้อยละ 55 ของของเสียทั้งหมดเกิดจากกากตะกอนน้ำเสียจากการผลิตและประกอบรถยนต์ คิดเป็นการก่อเกิดของเสียที่ 3.78 กิโลกรัมต่อคัน ดังนั้นกิจกรรมสำคัญส่วนหนึ่งของการลดของเสียนั่นคือการลดปริมาณกากตะกอนจากน้ำเสีย โดยมีการดำเนินการตั้งแต่ต้นทางโดยการแยกประเภทน้ำเข้า การบำบัดโดยใช้สารเคมีที่ก่อให้เกิด

กากตะกอนน้อย การบีบอัดตะกอนจากระบบบำบัดก่อนนำกากตะกอนไปตากเพื่อลดน้ำหนักต่อในอาคารปิดที่มีหลังคาแบบโปร่งแสงใช้การตากด้วยแสงอาทิตย์ ซึ่งการตากในห้องตากตะกอนปัจจุบันมีหลักการคล้ายกับวิธีการอบแห้งแบบพาสซีฟ (Passive) เป็นการอบแห้งโดยตรง การอบแห้งด้วยวิธีนี้อาศัยวัตถุดิบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง วัตถุดิบที่อบแห้งมักจะอยู่ในวัสดุโปร่งใส อากาศภายในเครื่องอบแห้งจะเคลื่อนตัวจากการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนและจะพาความชื้นออกจากวัตถุดิบและหมุนเวียนเพื่อถ่ายเทความชื้นภายในเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งแบบนี้อุณหภูมิภายในค่อนข้างสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส [1] การตากตะกอนน้ำเสียของโรงงาน ใช้การตากแบบหลังคาโปร่งแสง มีอุณหภูมิภายในห้องตะกอน 40-50 องศาเซลเซียส ใช้วิธีการเกลี่ยตากในลานตากขนาดความกว้าง 11 เมตร ความยาว 18 เมตร ตากที่ความหนาไม่เกิน 10 เซนติเมตร ใช้เวลาในการตาก 6-7 วัน โดยมีการกลับตะกอนระหว่างวันเป็นประจำทุกวัน ซึ่งจากการเก็บข้อมูลผลการดำเนินการในปีพุทธศักราช 2550 พบว่าการตากกากตะกอนน้ำเสียโดยแสงอาทิตย์ผ่านหลังคาโปร่งแสงสามารถลดน้ำหนักกากตะกอนลงไปได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 38

แต่ในปี พ.ศ. 2555 บริษัทมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจากปี 2554 เพิ่มขึ้นร้อยละ 60 ส่งผลให้ปริมาณของเสียต่าง ๆ มีเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณกากตะกอนน้ำเสียคิดเป็นร้อยละ 55 ของของเสียทั้งหมดที่ต้องมีการส่งไปบำบัดหรือกำจัด ดังนั้นเมื่อมีปริมาณของเสียเพิ่มมากขึ้น แต่ห้องตากตะกอนมีขนาดเท่าเดิมทำให้การตากกากตะกอนมีวิธีและปัจจัยที่แตกต่างไปจากเดิม เช่น การตากที่ความหนามากขึ้น 10-15 เซนติเมตร ระยะเวลาในการตากที่ลดลง จาก 7 วัน เหลือเพียงเฉลี่ย 5 วัน ปริมาณตะกอนเข้าไม่เกิน 20 ตัน/ครั้ง เพิ่มขึ้นเป็น 25-30 ตัน/ครั้ง ทำให้ประสิทธิภาพในการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียลดลงเหลือเพียงร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนัก ซึ่งทำให้การลดปริมาณของเสียไม่เป็นไปตามเป้าหมายและมีค่าใช้จ่ายในการกำจัดเพิ่มมากขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ เรื่องการลดน้ำหนักหรือทำให้แห้งโดยการใช้แสงอาทิตย์ พบว่ามีการใช้พัดลมโดยใช้เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยในการขับเคลื่อนพัดลม ควบคู่กับอัตราการไหลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้การอบแห้งมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น [2] หรือการตากแบบอุโมงค์ลมเป็นระบบหมุนเวียนลม ทำให้การอบแห้งใช้เวลาสั้นลง และมีคุณภาพดี [3] จึงเป็นเทคนิคการทดลองที่ 1 ในการนำพัดลมเข้ามาช่วยในการระบายอากาศและความชื้น ส่วนเทคนิคที่ 2 มาจากการศึกษางานวิจัยหลาย ๆ งาน เช่น การนำลมร้อนมาช่วยในการอบยางพาราแผ่นเปรียบเทียบกับการอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนทำให้ประสิทธิภาพการอบแห้งดีกว่าการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ [4] และจากงานวิจัยของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [5] พบว่าการเป่าด้วยลมร้อนผ่านท่อ ซึ่งได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบริเวณหลังคา ทำให้การอบแห้งมีประสิทธิภาพดีขึ้นและใช้เวลาน้อยลง ส่วนเทคนิคที่ 3 มาจากการศึกษาพื้นที่จริงพบว่า ตัวอาคารอบแห้งหลังคาโปร่งแสงเริ่มเสื่อมสภาพเนื่องจากใช้งานมานานกว่า 6 ปี มีอุณหภูมิภายในห้องจากปี 2551 ที่เฉลี่ย 40-50°C ลดลงเหลือเฉลี่ยไม่เกิน 40°C จึงศึกษาเพิ่มเติมโดยการใช้เทคนิคที่ 3 โดยใช้หลังคาโปร่งแสงใหม่ โดยทำแบบจำลองคล้ายตัวอาคารโปร่งแสงที่ใช้อยู่เป็นห้องสี่เหลี่ยมมีหลังคาแบบโปร่งแสงและผนังด้านข้างปิดทึบ ซึ่งในปัจจุบันการตากตะกอนน้ำเสียของทางโรงงานยังไม่มีการนำระบบเพิ่มประสิทธิภาพการตากกากตะกอนน้ำเสียข้างต้นมาใช้

ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบวิธีการที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียให้มากขึ้น โดยการใช้เทคนิคดังกล่าวได้แก่ พัดลม พัดลมร้อน และหลังคา

โปร่งแสง ภายในขอบเขตเวลา และช่วงฤดูกาลที่จำกัดและปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ สภาพอากาศ ความชื้นของตะกอนก่อนตาก ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการลดน้ำหนักตะกอนแต่ละวิธี และนำผลของการศึกษามาเป็นแนวทางในการปรับปรุงใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรมหรือเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในวิธีการอบแห้งอื่น ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกันของวิธีพัดลม พัดลมร้อน และหลังคาโปร่งแสง

2. เพื่อศึกษาปัจจัยเรื่องความชื้นตะกอนก่อนการทดลอง สภาพอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่มีผลต่อประสิทธิภาพการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสีย และผลของปัจจัย

วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิธีและเทคนิคจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และพิจารณาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้กำหนดวิธีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดน้ำหนักตะกอนน้ำเสีย 3 วิธี ได้แก่ 1) การใช้พัดลมเป่าช่วยในการระบายความชื้น 2) การใช้พัดลมร้อนทำให้แห้ง 3) การทดลองในหลังคาโปร่งแสงใหม่ โดยใช้ตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้จากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบเคมีและแบบชีวภาพที่ผ่านเครื่องบีบอัดตะกอน โดยเครื่องรีดความดันสูงและเครื่องรีดแบบสายพาน ของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยแต่ละแบบมีรูปแบบการทดลองดังนี้

1. การใช้พัดลมเป่าช่วยระบายความชื้นออกจากตะกอน จะนำพัดลมมาเป่าโดยตรงกับกระบะทดลอง โดยแยกปัจจัยการทดลองตามความแรงของลมที่แตกต่างกันตามระดับของพัดลม เพื่อศึกษาถึงระดับความเร็วที่เหมาะสมในการทำให้การอบแห้งมีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยแบ่งตามระดับความเร็วของพัดลมที่มี คือ พัดลมระดับที่ 1 ที่ความเร็วลม 2.5 m/s ระดับที่ 2 ที่ความเร็ว 4.6 m/s และระดับที่ 3 ที่ความเร็วลม 5.4 m/s (ทำการวัดก่อนการทดลองเพียงครั้งเดียว) โดยวางพัดลมห่างจากกระบะทดลอง ระยะ 1 เมตร เพื่อให้ระดับของพัดลมพัดตรงกับตะกอนพอดีกัน และแต่ละกระบะวางห่างกันประมาณ 2 เมตร ให้พ้นจากระยะรัศมีการส่ายของพัดลมอีกระดับ โดยเปิดส่ายเป็นเวลานาน 8 ชม.ต่อวันคือ 8.00 -16.00 น.

2. การใช้พัดลมร้อน โดยการนำพัดลมร้อนมาพัดที่ตะกอนโดยตรง โดยกำหนดระยะเวลาที่ตะกอนได้รับความร้อนแตกต่างกัน 3 รูปแบบเพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนกับตะกอนเพื่อประหยัดพลังงาน คือ ให้พัดลมร้อนทุก 20 นาที พัดลมร้อนทุก 40 นาที และพัดลมร้อนทุก 60 นาที โดยนำพัดลมร้อนวางใกล้กับกับกระบะประมาณ 15-20 เซนติเมตรเนื่องจากพัดลมมีขนาดเล็กโดยกำหนดให้พัดลมร้อนพัดตกไปที่ตะกอนพอดี และแต่ระยะเวลาการให้ความร้อนวางห่างกันประมาณ 1 เมตรหรือไม่ให้รัศมีการส่ายของพัดลมไปกระทบกับพัดลมร้อนอีกระยะเวลา โดยแต่ละระยะเวลาการให้ความร้อนของพัดลมร้อนเมื่อครบตามกำหนดจะทำการพักระยะการให้ความร้อน 15 นาที เช่น การให้ความร้อนทุก 20 นาที เมื่อครบจะทำการปิดเครื่อง 15 นาที และให้ความร้อนต่ออีก 20 นาทีไปเรื่อย ๆ ทั้งนี้เพื่อพักการทำงานของพัดลมที่มีความร้อนสูง โดยการให้ความร้อนและพักเครื่องตามระยะเวลาให้ความร้อนต่าง ๆ ไปตั้งแต่เวลา 8.00-16.00 น.

3. การใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านหลังคาโปร่งแสงใหม่ ใช้ทดสอบการทำงานของหลังคาโปร่งแสงใหม่แทนหลังคาแบบเดิมที่เริ่มเสื่อมสภาพ ซึ่งจากเดิมที่มีอุณหภูมิในห้องตากตะกอนเฉลี่ย 40-50 ˚C ปัจจุบันอุณหภูมิในห้องตากลดลงเหลือ

เพียงเฉลี่ยไม่เกิน 40 ˚C แสงแดดจากปี 2551 มีความสว่าง 6,530 ลักซ์ ปัจจุบันความสว่างเหลือเพียง 3,912 ลักซ์ โดยสร้างชุดทดลองจำลองคล้ายตัวอาคารมีลักษณะเป็นห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 2 เมตร สูง 90 เซนติเมตร ปิดทึบด้านข้างและมีหลังคาเป็นแบบโปร่งแสง จากการวัดค่าความสว่างมีค่า 5,932 ลักซ์ อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ย 45-55 องศาเซลเซียส ใกล้เคียงกับห้องตะกอนเดิมที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 45 องศาเซลเซียสโดยนำตะกอนเข้าตาก 1 ชุดการทดลอง

ซึ่งในการทดลองชุดเดียวกัน จะมีตัวแปรควบคุม คือความชื้นของกากตะกอนน้ำเสียก่อนการทดลองที่เท่ากัน และทำการบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทั้งก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองและหลังการทดลอง เช่น ความชื้นของตะกอนก่อนและหลังการทดลอง ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ น้ำหนักตะกอน อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิในห้องตากตะกอน น้ำหนักตะกอนก่อนและหลังการทดลอง อุณหภูมิของตะกอน และทำการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่าความชื้นของตะกอนตามมาตรฐาน ASTM[6] โดยพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ทำการบันทึกสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงพารามิเตอร์ที่วัดในการทดลองแต่ละครั้ง

พารามิเตอร์การวัด		
ก่อนการทดลอง	**ระหว่างการทดลอง**	**หลังการทดลอง**
- น้ำหนักตะกอน (กิโลกรัม)	- อุณหภูมิอากาศ (˚C)	- น้ำหนักตะกอน (กิโลกรัม)
- ความชื้นตะกอน (ร้อยละ)	- อุณหภูมิในห้องตาก (˚C)	- ความชื้นตะกอน (ร้อยละ)
	- อุณหภูมิตะกอน (˚C)	
	- สภาพอากาศ (สังเกต)	

การวัดประสิทธิภาพการลดน้ำหนักตะกอนน้ำเสีย

การวัดประสิทธิภาพของการลดน้ำหนักตะกอนน้ำเสียแต่ละวิธี จะทำโดยการนำน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียก่อนทำการทดลองและหลังจากการทดลองมาเปรียบเทียบน้ำหนักที่ลดลงไปได้คิดเป็นร้อยละประสิทธิภาพที่ลดน้ำหนัก โดยผู้วิจัยใช้วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)} = \left(\frac{\text{น้ำหนักตะกอนก่อนตาก} - \text{น้ำหนักตะกอนหลังตาก}}{\text{น้ำหนักตะกอนก่อนตาก}} \right) \times 100$$

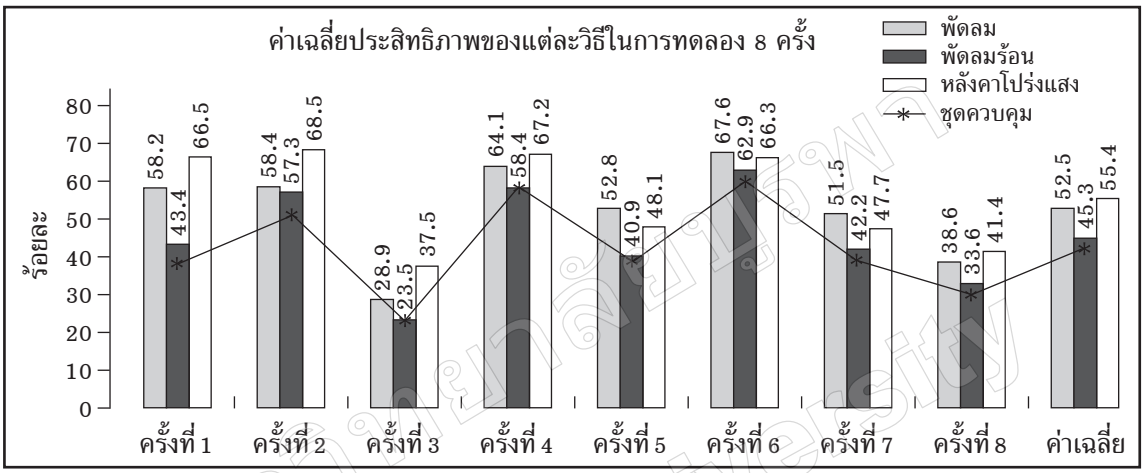
โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ t-test และ ANOVA ที่ระดับความน่าเชื่อถือ 95 % (0.05) หรือความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 [7]

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลการทดลอง

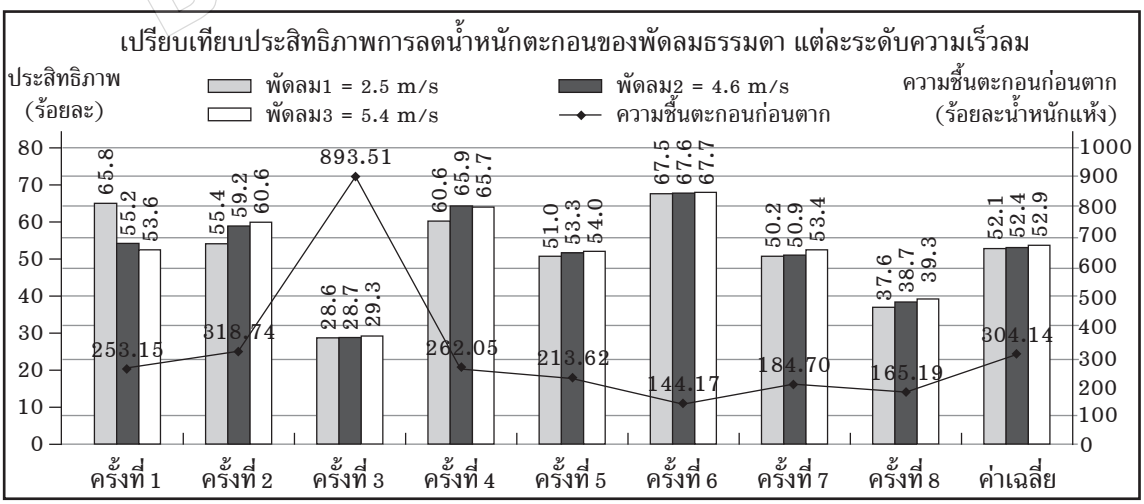
จากการทดลองทั้ง 8 ครั้ง 192 ตัวอย่าง ผู้วิจัยจะแบ่งตามวิธีที่ทำการศึกษาดังนี้

1. เปรียบเทียบประสิทธิภาพทั้ง 3 วิธีพบว่าทั้ง 3 วิธี มีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 โดยพบว่าการใช้หลังคาโปร่งแสงมีประสิทธิภาพมากที่สุดลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียได้เฉลี่ยร้อยละ 55.41 รองลงมาเป็นการใช้พัดลมธรรมดา ลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียได้เฉลี่ยร้อยละ 52.49 และสุดท้ายพัดลมร้อนลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียได้เฉลี่ยร้อยละ 45.26 ดังแสดงในภาพที่ 1



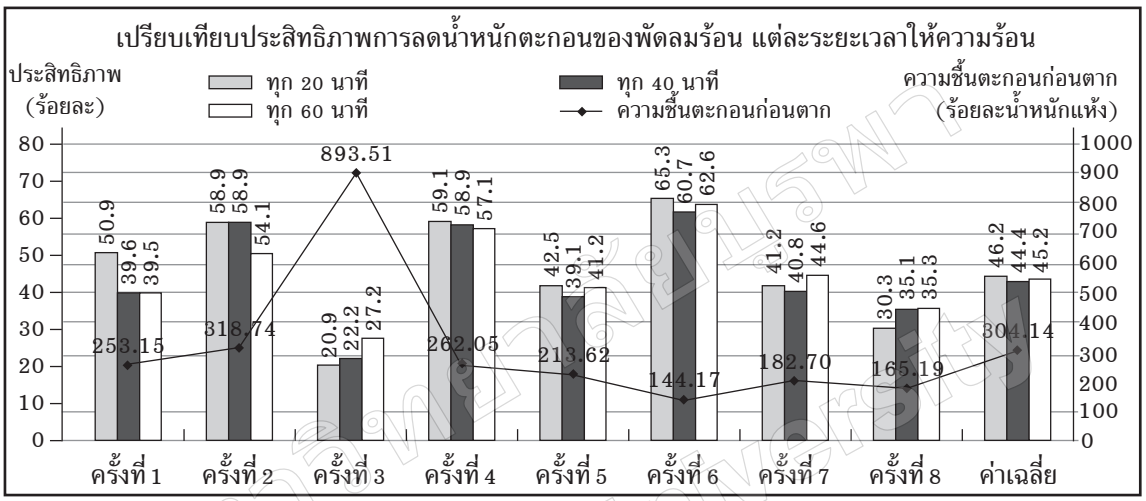
ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียแต่ละวิธี

2. การทดสอบประสิทธิภาพของพัดลม วิธีการใช้พัดลมธรรมดาระบายอากาศและความชื้น โดยศึกษาการใช้ระดับความเร็วลมที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 2.4 m/s 4.6 m/s และ 5.4 m/s เพื่อหาระดับความเร็วลมที่เหมาะสมในการนำไปใช้งาน ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ระดับความเร็วลมที่แตกต่างกัน ประสิทธิภาพการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ซึ่งผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดน้ำหนักในแต่ละครั้งของระดับพัดลม ดังแสดงในภาพที่ 2



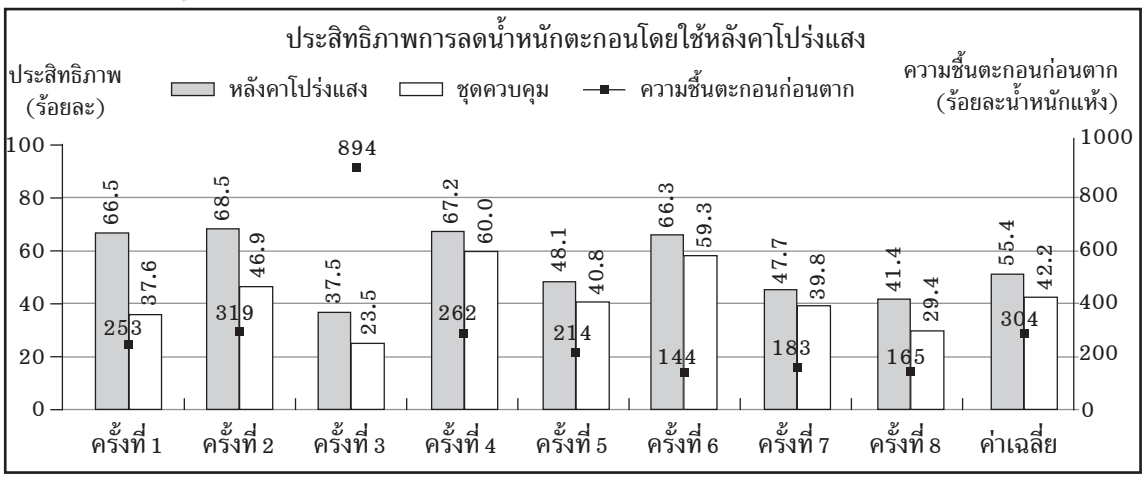
ภาพที่ 2 ประสิทธิภาพการลดน้ำหนักตะกอนน้ำเสียโดยการใช้พัดลมธรรมดา ที่ระดับความเร็วของพัดลมที่แตกต่างกันของการทดลอง 8 ครั้ง

2. วิธีการใช้พัดลมร้อนเพิ่มอุณหภูมิของกากตะกอน มีการแบ่งวิธีย่อยออกเป็น 3 วิธี คือ ระยะเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน คือ ทุก 20 นาที ทุก 40 นาที และทุก 60 นาที(เนื่องจากพัดลมร้อนที่ใช้ทดลองมีระยะเวลาให้ความร้อนได้สูงสุด 60 นาที) เพื่อศึกษาว่าเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนโดยพัดลมร้อนควรเป็นเท่าไหร่ ซึ่งผลการทดลองพบว่าระยะเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน ประสิทธิภาพในการลดน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ซึ่งเปรียบเทียบผลการทดลองพัดลมร้อนในแต่ละครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 3



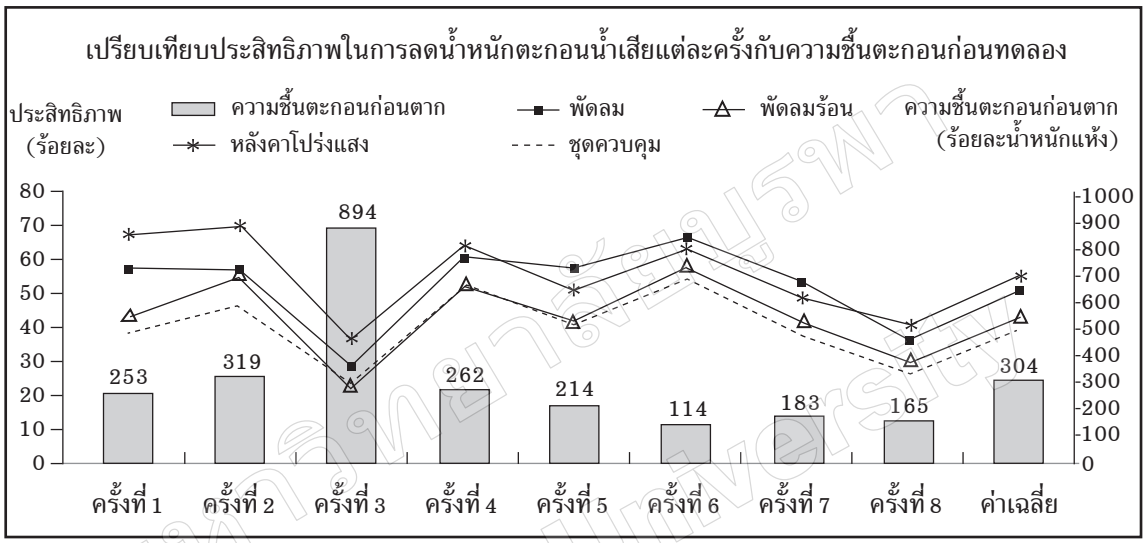
ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพการลดน้ำหนักตะกอนน้ำเสียโดยการใช้พัดลมร้อน ที่ระยะเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกันของการทดลองทั้ง 8 ครั้ง

3. วิธีการใช้หลังคาโปร่งแสงซึ่งทำแบบทดลองที่ใช้หลังคาโปร่งแสงใหม่ เพื่อเพิ่มการส่องแสงและเพิ่มอุณหภูมิในห้องตากตะกอนน้ำเสีย ซึ่งประสิทธิภาพของการตากด้วยหลังคาโปร่งแสงมีประสิทธิภาพการลดน้ำหนักกากตะกอนได้เฉลี่ยร้อยละ 55.4 แต่ทั้งนี้ขึ้นกับความชื้นก่อนการทดลอง หากตะกอนความชื้นสูงจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง ดังแสดงในภาพที่ 4

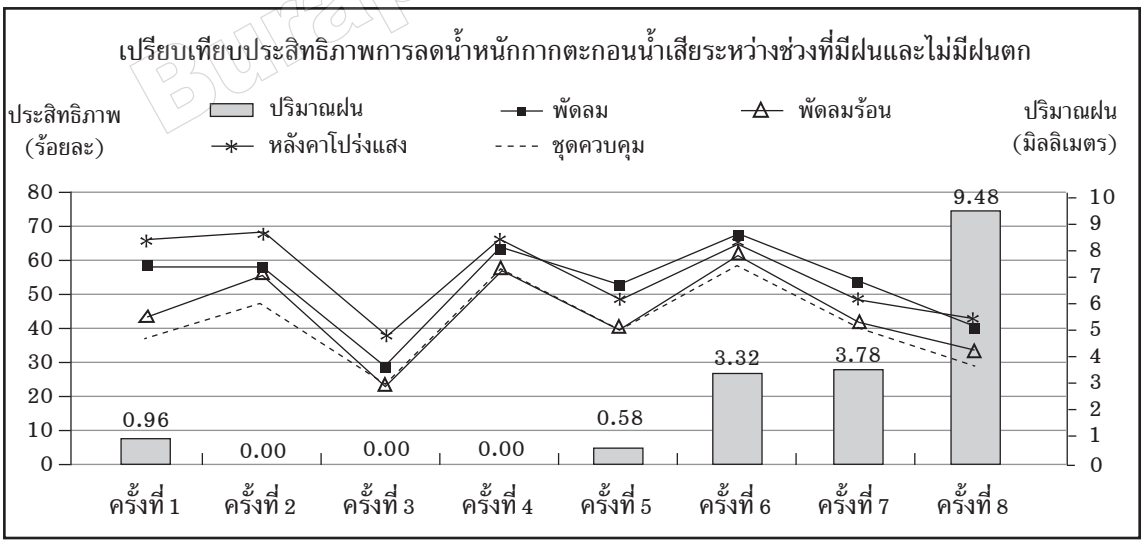


ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพการลดน้ำหนักตะกอนน้ำเสียโดยการใช้หลังคาโปร่งแสงเทียบกับความชื้นตะกอนก่อนการทดลอง

และเมื่อทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองหรือการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียพบว่า ความชื้นตะกอนก่อนการทดลอง สภาพอากาศที่มีฝนตกและไม่มีฝนตก และความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่างมีผลต่อประสิทธิภาพการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 โดยพบว่าหากความชื้นตะกอนก่อนการทดลองมีค่าสูงประสิทธิภาพจะลดลง เช่นเดียวกับในช่วงฝนตกแม้ความชื้นตะกอนก่อนการทดลองมีค่าไม่สูง หากมีฝนตกประสิทธิภาพในการจะลดน้ำหนักจะลดลง แสดงผลเปรียบเทียบดังภาพที่ 5-6

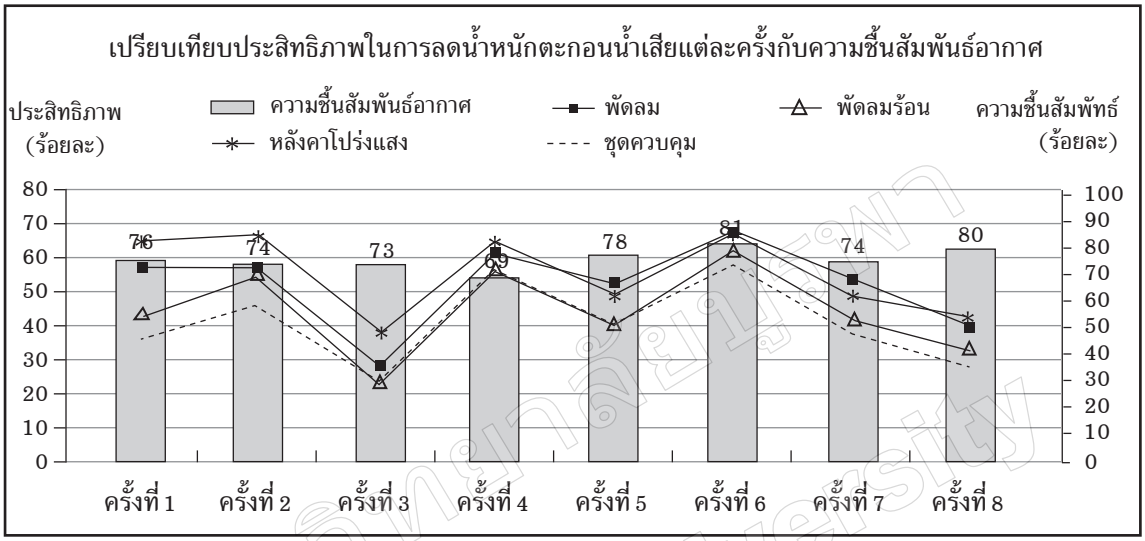


ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพการลดน้ำหนักตะกอนน้ำเสียแต่ละครั้งโดยเปรียบเทียบกับความชื้นตะกอนก่อนการทดลอง



ภาพที่ 6 ประสิทธิภาพการลดน้ำหนักตะกอนน้ำเสียในแต่ละครั้งเปรียบเทียบระหว่างช่วงที่มีฝนและไม่มีฝน

ส่วนความชื้นสัมพัทธ์อากาศแบ่งตามช่วงความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ที่แตกต่างกันคือความชื้นสัมพัทธ์ต่ำคือไม่เกินร้อยละ 61-70 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศปานกลางร้อยละ 71-80 และความชื้นสัมพัทธ์อากาศสูงคือมากกว่าร้อยละ 80 มีผลต่อประสิทธิภาพการลดน้ำหนักกากตะกอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ประสิทธิภาพการลดน้ำหนักตะกอนน้ำเสียในแต่ละครั้งเปรียบเทียบกับความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

อภิปรายผล

จากการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดกากตะกอนน้ำเสียโดยวิธี พัดลม พัดลมร้อน และหลังคาโปร่งแสง ของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ ผลการศึกษาพบว่า การใช้หลังคาโปร่งแสงใหม่มีประสิทธิภาพในการลดน้ำหนักกากตะกอนได้มากที่สุด เนื่องมาจากหลังคาโปร่งแสงใหม่สามารถให้แสงส่องลงมาได้มากขึ้น ตัวอาคารเป็นสี่เหลี่ยม มีหลังคาโปร่งแสง และระบบระบายอากาศ มีค่าความสว่างเฉลี่ย 5,932 ลักซ์ ซึ่งห้องตากตะกอนจะทำหน้าที่คล้ายเรือนกระจก หลังคาเป็นพลาสติกโปร่งแสงยอมให้แสงอาทิตย์ผ่านลงมาและวัสดุที่ตากดูดกลืนแสงเอาไว้และคลายความร้อน และแผ่รังสีอินฟราเรดออกมา แต่ไม่สามารถผ่านหลังคาพลาสติกที่เสมือนเรือนกระจกออกไปได้ ความร้อนจึงสะสมอยู่ภายใน ทำให้ตะกอนแห้งได้มากขึ้น[5] โดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 55.41 มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีเดิมคือการใช้หลังคาโปร่งแสงเดิม มีค่าความสว่างเฉลี่ย 3,912 ลักซ์ ซึ่งใช้มานาน 6 ปี เฉลี่ยร้อยละ 13 สอดคล้องกับงานวิจัยของ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานที่ใช้อาคารหลังคาเรือนกระจกโปร่งแสงและพัดลมระบายอากาศในการตากให้แห้งได้ดีขึ้น[5] แต่พบว่าในช่วงที่มีฝนตกประสิทธิภาพของหลังคาโปร่งแสงจะลดลง ส่วนการใช้พัดลมธรรมดามีประสิทธิภาพรองลงมาจากหลังคาโปร่งแสงมีประสิทธิภาพลดน้ำหนักได้เฉลี่ยร้อยละ 52.49 ประสิทธิภาพดีกว่าวิธีเดิมร้อยละ 10 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐวุฒิ ดุษฎี[7] ที่มีการใช้เครื่องเป่าอากาศอบกล้วย ซึ่งสามารถทำให้กล้วยแห้งได้ดี โดยจากการทดลองครั้งนี้ระดับความเร็วลมของพัดลมไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสีย เนื่องมาจากระดับความเร็วลมที่ใช้ไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และการทำงานของพัดลมเป็นการช่วย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ถ่ายเทความชื้นออกจากวัสดุได้สะดวกดีกว่าสภาพที่อยู่นิ่ง ๆ[5] ซึ่งพัดลมช่วยพัดถ่ายเทได้เหมือนกัน และสุดท้ายการใช้พัดลมร้อนมีประสิทธิภาพในการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียได้เฉลี่ยร้อยละ 45.26 มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีเดิมร้อยละ 3 ซึ่งผลไม่เป็นไปตามที่ตั้งคำถามการวิจัยเอาไว้ จากงานวิจัยของทนงศักดิ์ ลาโพธิ์ และคณะ[9] และของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน[5] ที่ลมร้อนสามารถทำให้วัสดุที่ตากแห้งได้ดีกว่า ทั้งนี้เนื่องจากพัดลมที่นำมาทำการทดลองเป็นพัดลมเพิ่มอุณหภูมิซึ่งไม่มีลมร้อนออกมา จึงเป็นเพียงการช่วยเพิ่มอุณหภูมิของตะกอนได้เพียงเล็กน้อย ไม่มีลมช่วยพาความชื้นออกไป และลักษณะของอาคารเป็นหลังคาโปร่งแสงเดิม ซึ่งมีอุณหภูมิของตะกอนสูงอยู่แล้ว จึงทำให้ผลประสิทธิภาพไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสีย ได้แก่ ความชื้นตะกอนก่อนตากและสภาพอากาศที่มีฝนตกและไม่มีฝน และความชื้นสัมพัทธ์อากาศ โดยพบว่า หากความชื้นตะกอนก่อนตากมีค่าสูง หรือในช่วงที่มีฝนตก ประสิทธิภาพในการลดน้ำหนักกากตะกอนจะลดลง ส่วนความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่ระดับต่างกันมีผลต่อการลดน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นหากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการตากตะกอนน้ำเสีย หรือวัสดุอื่น ๆ สามารถนำผลดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ได้ หากมีพื้นที่เพียงพอสามารถทำการลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสียหรือวัสดุอื่น ๆ ควรทำห้องตากแบบหลังคาโปร่งแสงลักษณะคล้ายเรือนกระจก ทำให้ความร้อนสะสมในเรือนกระจก ทำให้วัสดุที่นำมาตากแห้งได้ดี และไม่สิ้นเปลืองพลังงาน เนื่องจากใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ แต่พบว่าในช่วงฤดูฝนหลังคาโปร่งแสงจะมีประสิทธิภาพต่ำลง ดังนั้นจึงควรเพิ่มการระบายความชื้นให้กับตะกอนโดยใช้พัดลมเป่าพาความชื้นและควรใช้ควบคู่กับพัดลมดูดอากาศ ส่วนการใช้พัดลมร้อน ควรศึกษาใช้แบบมีลมร้อนช่วยพาความชื้นและพัดลมดูดอากาศควบคู่กันไป เช่นเดียวกัน

ข้อเสนอแนะ

1. การนำไปประยุกต์ใช้ควรมีการผสมผสานแต่ละวิธีเข้าด้วยกัน หากมีงบประมาณจำกัดสามารถดำเนินการโดยใช้พัดลมเพียงอย่างเดียว จะใช้ต้นทุนน้อยที่สุด แต่ถ้าต้องการให้ประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นควรทำควบคู่กัน เช่น หลังคาโปร่งแสงกับพัดลม เป็นต้น

2. ในการวิจัยครั้งนี้มีระยะเวลาการศึกษาเพียง 2 ช่วงสภาพอากาศ คือ ช่วงหน้าร้อน และช่วงที่มีฝนตกในช่วง 3 เดือน ซึ่งเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ยังไม่ครอบคลุมทุกฤดู ดังนั้นหากต้องการทราบปัจจัยต่าง ๆ ที่ครบสมบูรณ์ให้พิจารณาศึกษาให้ครบทั้ง 3 ฤดู คือฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะของสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นที่ทำการศึกษาด้วย

3. จากการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้พัดลมร้อนที่มีลักษณะเป็นการพาความร้อนทำให้ประสิทธิภาพของพัดลมร้อนทำได้เพียงการเพิ่มอุณหภูมิให้กับตะกอน โดยหากมีการศึกษาครั้งต่อไป ควรทำการศึกษาในส่วนการใช้พัดลมร้อนที่มีลมร้อนออกมา หรือการประยุกต์นำความร้อนจากหลังคามาใช้ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากต้องใช้การลงทุนที่ค่อนข้างสูง หากมีงบประมาณและเวลาควรจะทำการศึกษาเพิ่มเติมและปรับปรุงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. ทนงศักดิ์ วัฒนา. การอบแห้งและการประยุกต์ใช้งานเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=13208&section=9 (วันที่ค้นข้อมูล 6 กันยายน 2555).

2. Esper A. PV – driven solar tunnel dryer. Proceeding of the Agricultural Engineering Conference December 6-9, 1994. Thailand; 1994.
3. Jinjai S, Hirunlabh J. Experimental study of solar fruit dryer. Proceeding of the ISES solar world Congress. Budapest1; 1993.
4. เถลิงราช นิลเชื้อวงศ์, อนุพงศ์ เอกผล, สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล และ ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. การอบแห้งยางแผ่นผึ่งแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับวิสาหกิจและกลุ่ม สหกรณ์สวนยางพาราขนาดย่อม. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา; 2555.
5. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. รายงานวิจัยการพัฒนาสาธิตและเผยแพร่เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตผลทางการเกษตร กระทรวงพลังงาน; 2547
6. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. การทดลองหาปริมาณความชื้นในดิน. คณะวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร; 2555.
7. วิสาขา ภู่จินดา. ระเบียบวิธีวิจัยและสถิติด้านสิ่งแวดล้อม: พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: บางกอกบล็อกการพิมพ์; 2553.
8. ณัฐวุฒิ ดุษฎี. การพัฒนาระบบอบแห้งผลไม้ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพมหานคร; 2534.
9. ทนงศักดิ์ ลาโพธิ์, อนุพงศ์ เอกผล, ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล และสุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล. การพัฒนาระบบอบแห้งสาหรับยางแผ่นผึ่งแห้งด้วยลมร้อนและพลังงานแสงอาทิตย์. รายงานฉบับสมบูรณ์ในการประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21. สงขลา; 2554.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University