เครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้สำหรับขี้เลื่อยและฝุ่นไม้

A wood vinegar machine for sawdust and wood dust

วชร กาลาสี [1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

E-mail: kkwachar@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดสอบการใช้งานเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้โดยใช้ขี้เลื่อยและฝุ่นไม้ที่ถือเป็นขยะในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ที่โรงงานจำเป็นต้องกำจัดทิ้ง ด้วยการเททิ้งหรือเผาทิ้งเป็นวัตถุดิบทำให้สามารถลดการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจและลดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน โดยเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ได้ศึกษา ออกแบบและสร้างนี้ทำมาจากเหล็กมีความสูง 750 มิลลิเมตร หนา 9 มิลลิเมตร มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ถังบรรจุวัตถุดิบที่เป็นถังสแตนเลสรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร สูง 400 มิลลิเมตร ฝาถังรูปไข่มาตรฐานที่มีความหนา 50 มิลลิเมตร และท่อควบแน่นสแตนเลสที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตร ยาว 550 มิลลิเมตร จากการทดสอบการใช้งานของเครื่องโดยเผาขี้เลื่อยและฝุ่นไม้จนถังสแตนเลสด้านในมีอุณหภูมิสูงถึง 250 ˚C ก่อนปล่อยน้ำให้เกิดการควบแน่นของควันและความร้อนจากการเผาไหม้ในท่อควบแน่นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากทั้งขี้เลื่อยและฝุ่นไม้จะมีสัดส่วนที่สูงขึ้นตามปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ จากประมาณร้อยละ 40 เมื่อใช้วัตถุดิบ 0.5 กิโลกรัม เป็นประมาณร้อยละ 50 เมื่อใช้วัตถุดิบ 2.5 กิโลกรัม และพบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากขี้เลื่อยจะมีปริมาณมากกว่าที่ผลิตได้จากฝุ่นไม้เล็กน้อย

คำสำคัญ: น้ำส้มควันไม้ ขี้เลื่อย ฝุ่นไม้

Abstract

The objectives of this study were to study, design, build and performance test a machine for producing wood vinegar from raw materials of sawdust and wood dust which were waste materials considered as garbage from wood processing factories that had to be disposed of or burned away. The elimination of sawdust and wood dust waste materials helped to reduce both pulmonary diseases and environmental problems. The studied, designed and built wood vinegar producing machine was made of stainless steel with the height of 750 mm and

the thickness of 9 mm. It had three main components, namely, a cylindrical stainless tank for raw materials with the diameter of 200 mm, the thickness of 3 mm and the height of 400 mm; a standard oval tank lid with the thickness of 50 mm; and a stainless condensation tube with the diameter of 14 mm and the length of 550 mm. The performance test of the machine was conducted by burning sawdust and wood dust materials in the stainless tank until the temperature inside the tank reached 250 °C. Then the smoke and heat from the combustion were released to the condensation tube for condensation by water cooling for one hour. Performance test results showed that the ratio of wood vinegar produced increased as the quantity of raw material increased (from about 40 % by weight when 0.5 kilogram of raw material was used to about 50 % by weight when 2.5 kilogram of raw material was used). It was also found that the quantity of wood vinegar produced from sawdust was slightly higher than that produced from wood dust.

Keywords: wood vinegar, sawdust, wood dust

บทนำ

ขี้เลื่อยหรือฝุ่นไม้ที่เป็นชีวมวลอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งได้จากการแปรรูปในอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งที่ผ่านมายังไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ โดยบางครั้งพบว่าขี้เลื่อยและฝุ่นไม้ได้ถูกปล่อยทิ้งไว้ ทำให้เกิดมลภาวะในรูปของการฟุ้งกระจายของฝุ่นไม้ ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของแรงงาน ผู้เกี่ยวข้อง และสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันขี้เลื่อยและฝุ่นไม้ถูกนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับการเพาะปลูกพืชเป็นส่วนใหญ่ โดยมีส่วนน้อยเท่านั้นที่ได้ถูกนำไปใช้ในการผลิตธูป หรือนำไปใช้งานอย่างอื่น จากการศึกษาพบว่าได้มีนักวิจัยได้นำฝุ่นไม้มาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งโดยใช้ระบบไฮดรอลิก (วิริยะ ดวงสุวรรณ และคณะ, 2543) และได้ทำการศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของเศษวัสดุในอุตสาหกรรมไม้ยางพารา รวมไปถึงการพัฒนาเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งจากฝุ่นไม้ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (จรุภัทร์ วัฒนพานิช, 2549)

น้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar หรือ Pyroligneous acid) เป็นของเหลวสีน้ำตาล ใส มีกลิ่นควันไฟที่เกิดจากการควบแน่น ควันที่เกิดจากการเผาไหม้ของไม้และเศษไม้ภายใต้สภาพอับอากาศ มีองค์ประกอบหลัก คือกรดอะซิติก ฟอร์มัลดีไฮด์ เมทานอล อะซิโตน ทาร์ เป็นต้น จึงทำให้มีคุณสมบัติใช้งานกว้างขวางทั้งในการเกษตร ปศุสัตว์ อาหาร และยา โดยคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (FDA) อนุญาตให้นำน้ำส้มควันไม้ไปใช้สำหรับการแต่งกลิ่นควันในอาหาร รวมทั้งใช้เคลือบผิวงานไม้ เพื่อป้องกันมอด แมลง นอกจากนี้น้ำส้มควันไม้ยังมีส่วนประกอบของฟีนอลที่สามารถป้องกันการเกิดเชื้อราได้ด้วย (Kalasee, *et al.*, 2003)

การผลิตน้ำส้มควันไม้ในปัจจุบันยังเป็นการผลิตจากภูมิปัญญาชาวบ้าน โดยใช้เตาเผาถ่านที่ทำจากการก่ออิฐ และใช้ไม้ไผ่แทนท่อสำหรับการทำให้ควันที่เกิดจากการเผาไหม้ไม้ฟืนเกิดการควบแน่นเป็นน้ำส้มควันไม้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการผลิตต่ำ ทำให้ไม่สามารถผลิตน้ำส้มควันไม้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ประกอบกับกรรมวิธีการผลิตแบบเตาเผาถ่านนี้เหมาะสมสำหรับการเผาไม้ฟืนที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งไม่เหมาะสมกับการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จำพวกขี้เลื่อยและฝุ่นไม้ เนื่องจากการเผาขี้เลื่อยและฝุ่นไม้จะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคเขม่าควัน (ขนาดน้อยกว่า

1 ไมครอน) ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ (วชร กาลาสี และคณะ, 2548) ในระดับพื้นดินและง่ายต่อการฟุ้งกระจายเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ขนาดเล็กที่สามารถเคลื่อนที่ได้
2. ทดสอบการใช้งานของเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ขนาดเล็กที่สร้างขึ้นได้

วิธีการศึกษา

1. วัตถุดิบ เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 ขี้เลื่อยไม้ยางพารา (จากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์) หนัก 0.5 กิโลกรัม, 1.0 กิโลกรัม, 1.5 กิโลกรัม, 2.0 กิโลกรัม และ 2.5 กิโลกรัม

1.1.2 ฝุ่นไม้ยางพารา (จากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์) หนัก 0.5 กิโลกรัม, 1.0 กิโลกรัม, 1.5 กิโลกรัม, 2.0 กิโลกรัม และ 2.5 กิโลกรัม

1.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1.4 เครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ (จำเป็นต้องทำการออกแบบ และสร้าง)

1.1.5 แก๊สหุงต้มและถังแก๊ส

1.1.6 น้ำบริสุทธิ์ (ใช้ในการควบแน่น)

1.1.7 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ

1.1.8 ขวดบรรจุน้ำส้มควันไม้

2. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การออกแบบ และสร้างเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้

กระบวนการออกแบบ เนื่องจากถังชั้นในที่ใช้บรรจุขี้เลื่อยและฝุ่นไม้นั้น จำเป็นต้องสัมผัสกับความร้อนและเปลวไฟโดยตรงจากหัวจ่ายแก๊สหุงต้ม (LPG) ที่มีอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานาน จึงจำเป็นต้องออกแบบให้มีความสามารถทนต่ออุณหภูมิและความดันที่สูงได้ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบถังให้เป็นถังสแตนเลสรูปทรงกระบอก เพราะถังรูปทรงกระบอกจะสามารถทนความดันได้สูงกว่าถังรูปแบบอื่นๆ และสามารถรับแรงเค้นที่เกิดขึ้นได้ดีในระหว่างการทำงาน รวมไปถึงน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้นั้นจะมีคุณสมบัติเป็นกรด ทำให้มีความจำเป็นต้องใช้สแตนเลส ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถต้านทานการกัดกร่อนได้ดีกว่าเหล็ก สำหรับการออกแบบตัวถังทรงกระบอกนั้นได้มีการกำหนดความสูงของตัวถังให้มีค่าเป็น 2 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามมาตรฐานการออกแบบ ส่วนฝาถังด้านบนก็ได้ออกแบบให้ฝาถังมีลักษณะเป็นรูปไข่มาตรฐาน เนื่องจากฝาถังรูปไข่จะสามารถรองรับแรงเค้นที่เกิดขึ้นได้ดีกว่าฝาถังชนิดอื่น (วริทธ์ อึ๊งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, 2549) ซึ่งการออกแบบถังของเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้มีสมการที่เกี่ยวข้อง คือ

$$V = 0.785D_i^2 L + V_{head} \quad (1)$$

$$t_1 = \frac{P_{des} D_i}{2S_{des} - 1.2P_{des}} \quad (2)$$

$$t_2 = \frac{P_{des} D_i}{2S_{des} - 0.2P_{des}} \quad (3)$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรของถังทรงกระบอก (10 ลิตร)

Di คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังทรงกระบอก

L คือ ความสูงของถังทรงกระบอก (L=2Di)

V_{head} คือ ปริมาตรของฝาถังรูปไข่

P_{des} คือ ค่าความดันในการออกแบบ

S_{des} คือ ค่าความเค้นในการออกแบบ

t_1 คือ ความหนาของถังทรงกระบอกแบบบาง

t_2 คือ ความหนาของฝาถังรูปไข่มาตรฐาน

โดยสมการที่ 1 คือสมการหาขนาดของถังทรงกระบอกวางตั้ง สมการที่ 2 คือสมการหาความหนาของถังทรงกระบอกแบบบาง และสมการที่ 3 คือสมการหาความหนาของฝาถังรูปไข่มาตรฐาน ตามลำดับ

หากอุณหภูมิของควันและแก๊สร้อนในระหว่างทำการทดสอบมีค่าสูงถึง 310˚C จะทำให้ควันและแก๊สร้อนเกิดการควบแน่นเป็นน้ำมันดินและสารระเหย เป็นผลให้น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้มีปริมาณลดลง (พุฒินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ, 2544) ดังนั้นในการออกแบบถังบรรจุวัตถุดิบจึงได้กำหนดสภาวะการออกแบบที่อุณหภูมิสูงสุด ความดันสูงสุด และความจุสูงสุดโดยปริมาตรของถังทรงกระบอกที่สามารถรับได้ คือ 500˚C, 6 atm และ 10 ลิตร ตามลำดับ เพื่อป้องกันอันตรายและควบคุมไม่ให้อุณหภูมิของควันและแก๊สร้อนมีค่าสูงเกิน 310˚C โดยรายละเอียดของเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ออกแบบได้แสดงดังตารางที่ 1 ส่วนถังทรงกระบอกชั้นนอกได้ออกแบบให้เป็นถังเหล็กที่มีความหนา 9 มิลลิเมตร และมีความสูง 750 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 1 โดยมีการก่อฉนวนที่ทำมาจากปูนทนไฟเพื่อลดการสูญเสียความร้อนจากการเผาไหม้ ดังภาพที่ 2 พร้อมทั้งมีอุปกรณ์ล็อคเพื่อป้องกันการรั่วไหลของความร้อน แต่ก็มีการติดตั้งวาล์วนิรภัย (Safety valve) และเกจวัดความดัน (Pressure gage) ไว้เพื่อป้องกันอันตรายด้วย

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ได้ออกแบบไว้

รายละเอียด	ค่าที่ออกแบบได้
ความสูงของเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ (เหล็ก)	750 มิลลิเมตร
ความหนาของเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ (เหล็ก)	9 มิลลิเมตร
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังสแตนเลส	200 มิลลิเมตร
ขนาดความสูงของถังสแตนเลส	400 มิลลิเมตร
ความหนาของถังสแตนเลส	3 มิลลิเมตร
ความหนาของฝาถังรูปไข่มาตรฐาน	50 มิลลิเมตร
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อควบแน่นสแตนเลส	14 มิลลิเมตร
ความยาวของท่อควบแน่นสแตนเลส	550 มิลลิเมตร

หมายเหตุ จากสมการที่ 2 และสมการที่ 3 นั้น ค่าความหนาที่คำนวณได้ จำเป็นต้องนำไปบวกกับค่าความหนามาตรฐานเพื่อชดเชยการกัดกร่อนระดับปานกลางของวัสดุ คือ 1.5 มิลลิเมตร (วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, 2549)

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

2.2.1 จัดเตรียมอุปกรณ์และวัตถุดิบสำหรับทำการทดสอบ

2.2.2 นำขี้เลื่อยหนัก 0.5 กิโลกรัม มาบรรจุใส่ในถังสแตนเลสที่ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 2

2.2.3 นำถังสแตนเลสที่บรรจุขี้เลื่อยแล้ววางลงในเตาเผา จากนั้นปิดเตาเผา (ภาพที่ 1 และภาพที่ 2)

2.2.4 เปิดแก๊สหุงต้มและรอจนกระทั่งขี้เลื่อยถูกเผาไหม้ ทำให้เกิดควันออกมาทางปลายท่อ (ภาพที่ 3)

2.2.5 เมื่ออุณหภูมิของถังสแตนเลสที่ใช้บรรจุขี้เลื่อยมีค่า 250 °C ก็จะทำการปล่อยน้ำ เพื่อทำการควบแน่นควันและความร้อนจากการเผาไหม้

2.2.6 หลังจากควันและความร้อนได้กระทบกับความเย็น ทำให้เกิดการควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำส้มควันไม้และไหลลงสู่ภาชนะรองรับ ดังภาพที่ 3

2.2.7 หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 1 ชั่วโมง จะสังเกตเห็นว่าควันที่เกิดจากการเผาไหม้ได้ลดลง จึงหยุดทำการควบแน่นพร้อมทั้งปิดแก๊สของเตาเผา และตั้งทิ้งไว้จนเตาเผามีอุณหภูมิลดลง

2.2.8 หลังจากเตาเผาเย็นลงแล้วจะเปิดเตาเผา เพื่อนำขี้เลื่อยที่ถูกเผาไหม้ออกจากถังสแตนเลส และทำความสะอาดให้เรียบร้อย

2.2.9 ทำการเพิ่มน้ำหนักขี้เลื่อยขึ้น ครั้งละ 0.5 กิโลกรัม จนมีค่า 2.5 กิโลกรัม จากนั้นให้ทำการทดลองซ้ำตามวิธีการทดลอง ข้อที่ 2.2.3-2.2.8

2.2.10 ทำการทดลองซ้ำตามวิธีการทดลอง ข้อที่ 2.2.2-2.2.9 สำหรับกรณีของฝุ่นไม้

2.2.11 ทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลที่ได้

ภาพที่ 1 เครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้

ภาพที่ 2 ถังสแตนเลสชั้นใน ถังเหล็กชั้นนอก และส่วนประกอบของเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้

ภาพที่ 3 ควันจากการเผาไหม้และน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้

ผลการศึกษา

น้ำส้มควันไม้จากขี้เลื่อยและฝุ่นไม้ที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ขนาดเล็กที่ได้ออกแบบนั้นจะมีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลแดงเหมือนกัน เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้ใช้ขี้เลื่อยและฝุ่นไม้จากไม้ยางพาราเพียงชนิดเดียว แต่หากได้พิจารณาค่าความเป็นกรดด่าง (pH) จะพบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากขี้เลื่อยจะมีสภาพความเป็นกรดสูงกว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากฝุ่นไม้เล็กน้อย โดยจากการทดลองพบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากขี้เลื่อยจะมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 2.1-2.4 ส่วนน้ำส้มควันไม้จากฝุ่นไม้จะมีค่าอยู่ในช่วง 2.6-2.9 เหตุผลที่เป็นเช่นนี้น่าจะเป็นเพราะว่าขี้เลื่อยอาจจะมีเปลือกไม้หรือปริมาณของเซลลูโลสมากกว่าฝุ่นไม้ เนื่องจากเปลือกไม้และปริมาณของเซลูโลสที่ถูกเผาไหม้นั้นจะมีผลโดยตรงต่อการเกิดกรดจำพวกกรดอะซิติก เมทานอล อะซีโตนและฟีนอลได้

จากตารางที่ 2 และตารางที่ 3 พบว่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้กับปริมาณวัตถุดิบเริ่มต้น (ขี้เลื่อยและฝุ่นไม้) จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งสองกรณี จากตารางทั้งสองพบว่า ในกรณีที่ใช้ปริมาณขี้เลื่อย (ตารางที่ 2) และฝุ่นไม้ (ตารางที่ 3) 0.5 กิโลกรัมนั้น สามารถที่จะผลิตน้ำส้มควันไม้ได้เพียง 210 มิลลิลิตร และ 190 มิลลิลิตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 42 และร้อยละ 38 ของปริมาณเริ่มต้น (น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้มีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1.00-1.05 g/cm^3 จากการทดสอบหาค่าความหนาแน่นโดยวิธีการ Saybolt) แต่ถ้าได้เพิ่มปริมาณขี้เลื่อยและฝุ่นไม้เป็น 2.5 กิโลกรัม จะพบว่าสามารถผลิตน้ำส้มควันไม้ได้เพิ่มขึ้นเป็น 1,460 มิลลิลิตร และ 1,315 มิลลิลิตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 58.4 และร้อยละ 52.6 ของปริมาณเริ่มต้น นั่นคือน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้มีค่าเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 16.4 สำหรับขี้เลื่อย และเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.6 สำหรับฝุ่นไม้ เหตุผลที่เป็นเช่นนี้คงเป็นเพราะในช่วงแรกของการเผาไหม้จำเป็นต้องใช้ขี้เลื่อยและฝุ่นไม้จำนวนหนึ่งเป็นเชื้อเพลิงในการติดไฟ แต่หลังจากที่ไฟได้ติดแล้วก็จะเกิดการเผาไหม้และเป็นผลให้เกิดควันพร้อมด้วยไอร้อน ซึ่งจะกลั่นตัวเป็นน้ำส้มควันไม้ต่อไปอย่างต่อเนื่อง นั่นคือถ้าหากมีการขยายกำลังการผลิตให้มากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น หากมีการใช้วัตถุดิบเริ่มต้น 10.0 กิโลกรัม ปริมาณของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้กับปริมาณวัตถุดิบเริ่มต้นก็จะมีค่าสูงถึงร้อยละ 70

เนื่องจากน้ำส้มควันไม้นั้นเกิดจากการควบแน่นของควันและความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล ทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบในห้องปิดได้ เป็นผลให้ไม่สามารถทำการควบคุมอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิของจุดทุกจุดของเครื่องผลิตได้ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการควบคุมเพียงเฉพาะอุณหภูมิของถังสแตนเลสที่ใช้บรรจุขี้เลื่อยและฝุ่นไม้ไว้ที่ 250˚C เพื่อป้องกันการกลั่นตัวเกิดเป็นสารชนิดอื่น (หากอุณหภูมิของควันและความร้อนมีค่าถึง 310˚C ก็จะมีผลทำให้เกิดการควบแน่นเป็นน้ำมันดินและสารระเหยง่ายมากกว่าน้ำส้มควันไม้) ดังนั้นหากพิจารณาทุกการทดสอบตามตารางที่ 2 และตารางที่ 3 พบว่า อุณหภูมิของผิวนอกของถังทรงกระบอกชั้นนอก (ถังเหล็ก) จะมีค่าแตกต่างกันประมาณ 15 ˚C เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายนอก ความเร็วของลม และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ไม่เท่ากัน ส่วนกรณีของค่าอุณหภูมิของผิวนอกของถังทรงกระบอกชั้นนอกที่มีค่าแตกต่างจากอุณหภูมิของอุณหภูมิของถังสแตนเลสชั้นในที่ใช้บรรจุขี้เลื่อยและฝุ่นไม้มากถึง 140 ˚C เป็นเพราะได้มีการก่อฉนวนที่ทำมาจากปูนทนไฟคั่นกลางระหว่างถัง สแตนเลสชั้นในกับถังเหล็กชั้นนอกไว้ เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนจากการสัมผัสกับบรรยากาศภายนอก

จากตารางที่ 2 และตารางที่ 3 หากพิจารณาในส่วนของปริมาณเชื้อเพลิง (แก๊สหุงต้ม) ที่ใช้ไปสำหรับการผลิต

น้ำส้มควันไม้ พบว่าปริมาณของแก๊สหุงต้มที่ใช้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.13 กิโลกรัม ถึง 0.23 กิโลกรัม และมีค่าใกล้เคียงกันทุกการทดลองแม้จะมีการเพิ่มปริมาณของขี้เลื่อยและฝุ่นไม้หรือไม่ก็ตาม นั่นเป็นเพราะในช่วงต้นของการเผาไหม้จำเป็นต้องใช้ปริมาณแก๊สหุงต้มมากเพื่อทำให้ขี้เลื่อยและฝุ่นไม้เกิดการติดไฟ แต่หลังจากไฟได้ติดแล้วก็จะเกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง ปริมาณของการใช้เชื้อเพลิงจึงลดลง ดังนั้นหากมีการเพิ่มปริมาณของขี้เลื่อยหรือฝุ่นไม้มากขึ้นก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนของเชื้อเพลิงลดลง ทำให้ผู้ผลิตมีรายได้เพิ่มขึ้นและสามารถแข่งขันในตลาดได้

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการศึกษา การออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ พบว่าเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ได้สร้างขึ้นมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ถังบรรจุวัตถุดิบที่เป็นถังสแตนเลสรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร สูง 400 มิลลิเมตร ฝาถังรูปไข่มาตรฐานที่มีความหนา 50 มิลลิเมตร และท่อควบแน่นสแตนเลสที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตร ยาว 550 มิลลิเมตร จากการทดสอบการใช้งานพบว่าสามารถใช้ผลิตน้ำส้มควันไม้จากขี้เลื่อยและฝุ่นไม้ได้ โดยปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากทั้งขี้เลื่อยและฝุ่นไม้นั้นจะมีสัดส่วนที่สูงขึ้นตามปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ จากประมาณร้อยละ 40 เมื่อใช้วัตถุดิบ 0.5 กิโลกรัม เป็นประมาณร้อยละ 50 เมื่อใช้วัตถุดิบ 2.5 กิโลกรัม นอกจากนี้เครื่องต้นแบบก็มีความแข็งแรง มีหลักการทำงานที่ง่าย และยังสามารถทำการเคลื่อนย้ายได้สะดวก จึงเหมาะสมกับเกษตรกร หรือผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้งาน ทั้งนี้การนำขี้เลื่อยและฝุ่นไม้มาผลิตเป็นน้ำส้มควันไม้นั้นได้เกิดประโยชน์ที่สำคัญ 2 ส่วน คือการได้น้ำส้มควันไม้ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์หลายด้าน ทำให้ผู้ผลิตมีรายได้เพิ่มขึ้นและยังเป็นการแก้ปัญหาที่ได้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมจากการเผาหรือเทขี้เลื่อยและฝุ่นไม้ทิ้งแบบเดิม เนื่องจากอนุภาคเขม่าควันบางส่วนได้ถูกดักจับและได้กลั่นตัวเป็นน้ำส้มควันไม้ด้วย

ตารางที่ 2 ปริมาณของแก๊สหุงต้มที่ใช้ อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ และปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้ (ในกรณีใช้ขี้เลื่อยเป็นวัตถุดิบ)

มวล	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิน้ำที่ชุดควบแน่น		อุณหภูมิชุดควบแน่น		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิถังเหล็ก
		ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า			
0.5 kg.	0.16 kg.	30°C	59°C	98°C	63°C	1.10 hr.	210 ml.	156°C
1.0 kg.	0.15 kg.	30°C	56°C	96°C	65°C	1.06 hr.	450 ml.	170°C
1.5 kg.	0.14 kg.	30°C	59°C	102°C	63°C	1.13 hr.	725 ml.	171°C
2.0 kg.	0.18 kg.	30°C	65°C	95°C	62°C	1.16 hr.	1095 ml.	169°C
2.5 kg.	0.23 kg.	30°C	67°C	104°C	64°C	1.26 hr.	1460 ml.	167°C

ตารางที่ 3 ปริมาณของแก๊สหุงต้มที่ใช้ อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ และปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้ (ในกรณีใช้ฝุ่นไม้เป็นวัตถุดิบ)

มวล	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิน้ำที่ชุดควบแน่น		อุณหภูมิชุดควบแน่น		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิถังเหล็ก
		ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า			
0.5 kg.	0.13 kg.	30°C	66°C	104°C	65°C	1.05 hr.	190 ml.	161°C
1.0 kg.	0.19 kg.	30°C	62°C	102°C	61°C	1.09 hr.	400 ml.	148°C
1.5 kg.	0.17 kg.	30°C	59°C	99°C	62°C	1.06 hr.	620 ml.	155°C
2.0 kg.	0.21 kg.	30°C	61°C	102°C	62°C	1.14 hr.	1065 ml.	162°C
2.5 kg.	0.19 kg.	30°C	68°C	101°C	60°C	1.12 hr.	1315 ml.	171°C

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

- ควรมีการออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ที่สามารถใช้วัตถุดิบได้มากกว่า 2.5 กิโลกรัม เพื่อศึกษาศักยภาพการผลิตน้ำส้มควันไม้ที่อาจจะสูงกว่านี้

- ควรมีการวิจัยต่อโดยใช้วัสดุเหลือใช้ชนิดอื่น เช่น เศษไม้ต่างๆ กะลามะพร้าว ทะลายปาล์ม เป็นต้น มาผลิตเป็นน้ำส้มควันไม้ เนื่องจากน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไม้แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างกันตามส่วนประกอบของวัตถุดิบที่นำมาผลิต (วินัย ปัญญาธัญญะ, 2547)

- ควรมีการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้ เช่น ฟีนอลิก ฟลูโอเรนทีน แนฟทาลีน ไพรีน เป็นต้น เนื่องจากในอนาคตอาจจะสามารถนำสารประกอบในน้ำส้มควันไม้ไปใช้ประโยชน์ทดแทนวัสดุหรือสารเคมีในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่ให้โอกาสในการทำงานวิจัย ขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนเงินทุนในการศึกษาวิจัย และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

จรุภัทร์ วัฒนพานิช. (2549). **การพัฒนาเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พุฒินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ. (2544). **น้ำส้มควันไม้.** วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ, 2544 (ฉบับที่ 9), 28-33.

วชร กาลาสี, นฤบดี ศรีสังข์, ภัทร สุพพัตกุล และคณะ. (2548). **ประสิทธิภาพการดักจับอนุภาคของเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต ส่วนที่ 1: อนุภาคเขม่าควันและฝุ่นแป้ง.** นครราชสีมา: การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย (ครั้งที่ 20), 75-79.

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และ ชาญ ฉนัดงาน. (2549). **การออกแบบเครื่องจักรกล.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชัน.

วินัย ปัญญาธัญญะ. (2547). **เทคนิคการผลิตถ่านไม้ไผ่.** กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้.

วิริยะ ดวงสุวรรณ, สมาน เสนงาม และเกริกชัย ทองหนู. (2543). **ต้นแบบเชื้อเพลิงแข็งจากฝุ่นไม้.** เชียงใหม่: การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย (ครั้งที่ 14), 593-597.

Kalasee, W., Tekasakul, S., Otani, Y. *et al.* (2003). **Characteristics of soot particles produced from rubber-wood combustion.** Penang, Malaysia: Proceeding 2nd Asian Particle Technology Symposium, (Vol. 2), 103-108.