

การศึกษาประสิทธิภาพและคุณภาพของรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้ง ทางการเกษตร

THE STUDY OF THE EFFICIENCY AND QUALITY OF INCENSE PRODUCTION FROM AGRICULTURAL WASTES

ศิริวัชร จำปางาม พีรนาฏ คิตดี* และ วิภาณดา ทองเนื้อแข็ง

Siriwatcharee Jumpangam Peeranart Kiddee* and Wikanda Thongnueankaeng

สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

Biological and Environmental Sciences Department, Faculty of Science, Thaksin University

*corresponding author e-mail: peeranart@tsu.ac.th

(Received: 3 April 2020; Revised: 08 May 2020; Accepted: 12 May 2020)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและคุณภาพของรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ทางปาล์ม ชานอ้อย และแกลบ และศึกษาปริมาณตะกั่วในซีเถ้าของรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยการตรวจสอบประสิทธิภาพ ได้แก่ เวลาที่เผาไหม้ น้ำหนักรูป ปริมาณฝุ่นละอองรูป และปริมาณควันรูป และตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ ผิวรูป สีรูป และเนื้อรูป โดยนำรูปแต่ละชนิดมาเปรียบเทียบกับรูปตามท้องตลาดที่ผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ผลการศึกษา พบว่า ทางปาล์มเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ควรนำมาผลิตเป็นรูปมากที่สุด เนื่องจากรูปทางปาล์มใช้เวลาในการเผาไหม้สั้นที่สุด 29.86 ± 6.031 นาที มีปริมาณฝุ่นละอองรูปน้อยเฉลี่ย $0.551 \times 10^{-4} \pm 0.107 \times 10^{-4}$ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาณควันน้อย ผิวขรุขระเล็กน้อย และมีปริมาณตะกั่วในซีเถ้า 2.548 ± 0.021 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ คุณภาพรูป และปริมาณตะกั่วในรูปทางปาล์มกับรูปที่ขายตามท้องตลาด พบว่า มีมาตรฐานใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามรูปที่ผลิตได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรยังมีลักษณะของผิวรูปที่ไม่เรียบเนียน เนื้อรูปไม่แน่น ดังนั้นหากนำรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาจำหน่ายควรปรับปรุงลักษณะของผิวรูปและเนื้อรูป

คำสำคัญ: รูป วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ทางปาล์ม ชานอ้อย แกลบ

Abstract

The objectives of this research were investigated the efficiency and quality of incense from agricultural wastes including oil palm frond, bagasse and rice husk and studied on the concentration of lead in incense ash from agricultural wastes. The efficiency of incense was examined time combustion, weight, total suspended particle and smoke whereas the quality of incenses was inspected surface, colour and texture. The efficiency and quality of the incense and lead concentration of the incense ash were compared to commercial incense which qualified by Thai industrial standards (TIS). The results found that oil palm frond was an agricultural waste which used to produce superiority incense. The incense product from oil palm frond was the shortest combustion time at 29.86 ± 6.031 minute. The average of total suspended particle of the incense product from oil palm frond was $0.551 \times 10^{-4} \pm 0.107 \times 10^{-4}$ mg/m³. The smoke was low and the surface was slightly rough. The lead concentration of the incense ash from oil palm frond was 2.548 ± 0.021 mg/kg under quality standard. The comparison of the efficiency, quality of the incense product and the lead concentration of the incense ash from oil palm with the commercial incense product was nearly equivalent standards. However, the production of incense from agricultural waste was slightly rough surface and loose texture. Therefore, the production of incense from agricultural waste for business competition should be improved the surface and texture of incense.

Keywords: Incense, Agricultural waste, Oil palm frond, Bagasse, Rice husk

บทนำ

ประเทศไทยนั้นเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีลักษณะภูมิประเทศที่เอื้ออำนวยในการเพาะปลูก มีน้ำใช้จากน้ำฝน แหล่งน้ำธรรมชาติ และการชลประทานที่เพียงพอต่อการเกษตร ทำให้การทำการเกษตรยังเป็นที่นิยมในประเทศไทย และมีการนำสินค้าทางการเกษตรมาแปรรูปโดยกระบวนการต่างๆ เนื่องจากมีความต้องการใช้เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรม ทำให้กระบวนการสุดท้ายในการผลิตมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก แต่มีการนำมาใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่ปล่อยทิ้งในพื้นที่เพาะปลูกหรือเผาทิ้ง วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม มีวัสดุเหลือทิ้ง ได้แก่ กากใยปาล์ม กะลาปาล์ม ทะลายปาล์มเปล่า และหางปาล์ม โดยหางปาล์มเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณ

มากที่สุด และมีการนำกลับไปใช้งานน้อยที่สุด (ศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล, 2559) นอกจากนี้ยังมีอ้อยซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย ในการผลิตอ้อยมีวัสดุเหลือทิ้งจากอ้อยหลายอย่าง เช่น ชานอ้อย เป็นเศษเหลือของลำต้นอ้อย มีลักษณะเป็นเส้นใยที่ตีบเอา น้ำอ้อยหรือน้ำตาลออกจากท่ออ้อย ชานอ้อยจึงเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2560) อีกทั้งยังมีข้าวซึ่งในกระบวนการผลิตข้าวจากโรงสีข้าว มีแกลบที่จัดเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ได้จากการสีข้าวในปริมาณมาก แกลบที่ได้จากการสีข้าวเปลือกจะมีประมาณร้อยละ 22–25 โดยน้ำหนักจากเมล็ดข้าวเปลือก ทำให้การสีข้าวเปลือกแต่ละครั้งจะเกิดแกลบจำนวนมาก (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2561)

จากที่กล่าวมานั้นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรสามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกมากมาย และเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การผลิตเป็นรูปซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากรูปใช้ในการประกอบพิธีกรรมทางศาสนา ขอประและกราบไหว้บูชาสิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่เป็นที่พึ่งทางใจของมนุษย์ ซึ่งประเทศไทยมีวัด ศาลเจ้า และกิจกรรมที่เกี่ยวกับศาสนาเป็นจำนวนมากจึงทำให้ความต้องการใช้รูปมีสูง ซึ่งในปัจจุบันมีปริมาณความต้องการใช้รูปโดยเฉลี่ยมากกว่า 1 ล้านดอกต่อปี ขณะเดียวกันอุตสาหกรรมรูปเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดย่อมที่มีแนวโน้มที่ดี อีกทั้งรูปเป็นสินค้าที่ใช้แล้วหมดไปทำให้ความต้องการรูปมีอย่างต่อเนื่อง (อุษณีย์, 2559) นอกจากนี้วัสดุหลักในการผลิตรูป คือ ไม้เลื้อย ซึ่งส่วนมากนิยมใช้ไม้เลื้อยไผ่ยาวพารา แต่ไม้เลื้อยไผ่ยาวพารามีราคาแพงขึ้นมากและมีแนวโน้มที่ราคาจะขยับตัวสูงขึ้นในแต่ละปี ปัจจุบันราคาต้นละ 2,000 – 3,200 บาท (ราคาดังกล่าวไม่รวมค่าขนส่ง) ราคาของไม้เลื้อยในแต่ละพื้นที่จะต่างกันไปตามระยะทางที่ขนส่ง สาเหตุสำคัญที่ทำให้ไม้เลื้อยมีราคาแพงขึ้นเกิดจากพื้นที่ปลูกยางพาราลดลง และการนำไม้เลื้อยเป็นเชื้อเพลิงทดแทนในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท ดังนั้นการนำของเสียทางการเกษตรมาผลิตเป็นรูปสามารถลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ลดต้นทุนการผลิต และสร้างอาชีพและรายได้ให้กับเกษตรกรได้อีกด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ทางปาล์ม ชานอ้อย และแกลบ มาเป็นส่วนผสมของรูปแทนไม้เลื้อย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพ และคุณภาพของรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และศึกษาปริมาณโลหะหนักในไม้เลื้อยของรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อที่จะสามารถนำงานวิจัยนี้ไปต่อยอดพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์และเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ และเป็นการลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการผลิตรูปจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งนำทางปาล์ม ชานอ้อย และแกลบมาผลิตเป็นรูป โดยตรวจสอบประสิทธิภาพ คุณภาพรูป และปริมาณโลหะหนักในซีเมนต์ มีรายละเอียดดังนี้

1. การผลิตรูป มีขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1.1 การเตรียมไม้ก้านรูป ก้านรูปใช้ไม้ไผ่สีสุกที่ผ่านการแยกสารน้ำส้มควันไม้ โดยนำไม้ไผ่สีสุกมาผ่าเป็นซีก ขนาด 1.5×1.5 มิลลิเมตร และมีความยาว 28 เซนติเมตร ซึ่งเป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550) แล้วทำการต้มไม้ไผ่สีสุก เพื่อกำจัดสารน้ำส้มควันไม้ของไม้ไผ่สีสุก

1.2 การเตรียมวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ใช้ทำรูป ในส่วนของผงที่ใช้ทำรูปจะมาจากทางปาล์ม ชานอ้อย และแกลบ โดยนำวัสดุแต่ละชนิดมาตากให้แห้ง แบ่งเป็น 2 ส่วน คือนำส่วนแรกไปบดละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 0.1 มิลลิเมตร และนำส่วนที่สองไปเผาในเตาเผาจนเป็นถ่าน แล้วนำถ่านที่ได้มาบดละเอียด จากนั้นร่อนผ่านตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 0.1 มิลลิเมตร

1.3 การขึ้นรูปของก้านรูป กาวที่ประสานก้านรูป ได้แก่ พงยางบง โดยมีขั้นตอนในการเตรียม ดังนี้

1) เทพยางบงลงบนกระเบื้อง ประมาณ 1 กิโลกรัม นำไม้ไผ่สีสุกประมาณ 5 กิโลกรัม ที่เตรียมไว้สำหรับทำก้านรูปชุบน้ำประมาณ 16 เซนติเมตร แล้วยกขึ้นสะบัดน้ำออก

2) นำผงถ่านวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีความชื้นพอหมาดๆ มาผสมกับพยางบง แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน และคอยกระแทกให้ผงถ่านวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรติดกับก้านรูป

1.4 การผสมผงรูป นำผงวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่บดละเอียดแล้ว โดยจะมีความชื้นพอหมาดๆ ผสมผงวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรปริมาณ 1,500 กรัม และพยางบงปริมาณ 500 กรัม คลุกเคล้าให้เข้ากัน โดยใช้อัตราส่วน 3 : 1 (ผงวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร : พยางบง)

1.5 การคลุกไม้ก้านรูปกับผงรูป นำก้านรูปจากขั้นตอนที่ 1.3 ชุบน้ำอีกครั้ง โดยชุบให้เท่ากับครั้งแรก ยกขึ้นให้น้ำไหลซึมถึงความยาวของเนื้อรูปแล้วสะบัดน้ำออก นำไปผสมกับเนื้อรูปที่เตรียมไว้ ทำซ้ำแบบนี้ 3 ครั้ง และระหว่างที่ทำให้ผงรูปติดนั้น ต้องคอยกระแทกให้ผงรูปติดก้านรูปและไม่ให้ก้านรูปเหนียวติดกันเป็นก้อน ต้องคลึงให้เนื้อรูปกลมดูสวยงาม โดยได้เนื้อรูปที่มีความยาว 16 เซนติเมตร ซึ่งเป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550)

1.6 การแต่งสีรูป โดยใช้ผงจันทน์ขาวในการตกแต่งสีรูป มีขั้นตอนการทำ ดังนี้

1) นำผงจันทน์ขาวประมาณ 1,000 กรัม ผสมกับพยางบงปริมาณ 500 กรัม คลุกให้เข้ากัน ระวังไม่ให้ผงจันทน์ขาว และพยางบงจับกันเป็นก้อน

2) นำรูปจากขั้นตอนที่ 1.5 ชุบน้ำเป่าอีกครั้งแล้วผึ่งไว้พอให้รูปหมาด แล้วนำไปแต่งหน้ากับส่วนผสมของผงจันทน์ขาวและผงยางบง คลึงให้กลมในการแต่งหน้ารูปผสมผงแต่งหน้าจนกว่าเนื้อรูปไม่มีความชื้น เสร็จแล้วจึงนำไปตากแดดให้แห้ง

1.7 การตากรูป จากการผลิตในขั้นตอนที่ผ่านมาอาจตากเพียงแดดเดียวก็เพียงพอ หากแดดดี วิธีการตากต้องหมุนก้านรูปทั้งกำไปในทางเดียวกัน มีลักษณะเหมือนดอกเห็ด ซึ่งเป็นวิธีการตากให้รูปแห้งอย่างได้ผลดีที่สุด

1.8 การชุบก้านรูป จะใช้สีย้อมผ้าซึ่งนิยมใช้สีแดง โดยการใช้สีผสมกับน้ำ 1 ลิตร น้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำต้มสุกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพราะเมื่อผสมแล้วสามารถใช้ได้นาน การชุบก้านรูปต้องชุบให้ถึงปลายของตัวรูป เมื่อเสร็จแล้วนำไปตากอีกครั้ง วิธีการตากโดยวางเรียงตามกันเป็นแถวๆ ใช้เวลาตากประมาณ 1 ชั่วโมง

2. การตรวจสอบรูป โดยมีการทดสอบประสิทธิภาพ คุณภาพ และปริมาณโลหะหนัก โดยทำการทดสอบ จำนวน 4 ตัวอย่าง คือ 1) รูปจากตามท้องตลาดที่มีผลจากจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ภายใต้ มอก.รูป 2345-2550 (ชุดควบคุม) 2) รูปจากทางปาล์ม 3) รูปจากชานอ้อย และ 4) รูปจากเกลบ ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ซึ่งมีวิธีการ ดังนี้

2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของรูป โดยเปรียบเทียบกับรูปที่จำหน่ายตามท้องตลาดที่มีผลจากมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) โดยทดสอบเวลาที่เผาไหม้ น้ำหนักรูป ปริมาณควันรูป และปริมาณฝุ่นละอองของรูป ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550) ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553) และประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2538) ดังตารางที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

1) เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ โดยการนำรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรมาเผาพร้อมๆ กัน แล้วเริ่มทำการจับเวลาด้วยเครื่องจับเวลา และเปรียบเทียบเวลาที่รูปแต่ละชนิดใช้ในการเผาไหม้ จากนั้นนำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ One way analysis of variance: ANOVA

2) น้ำหนักรูป โดยนำรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรซึ่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งตวงวัด 3 ตำแหน่ง จากนั้นนำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA

3) ปริมาณฝุ่นละอองรูป ในการวัดปริมาณฝุ่นละอองจากการจุดรูป โดยใช้เครื่อง Personal air pump โดยนำรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรมาจุดไฟ แล้วใส่ในกล่องลังกระดาษที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาด 20x30x22 (13,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ซึ่งมีพื้นที่เท่ากับ 60 ตารางเซนติเมตร มาเจาะรูให้มีขนาดที่เครื่อง Personal air pump สามารถ

เข้าไปได้ แล้วทำการเปิดเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละออง จากนั้นนำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA

4) ปริมาณควันรูป ทำการทดสอบโดยการสังเกตด้วยตาเปล่า โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 5 คน ซึ่งจำนวนผู้ทดสอบเป็นไปตามประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553) โดยมีการเผาธูปตัวอย่างและให้สังเกตควันรูปที่เกิดขึ้น แล้วให้คะแนนปริมาณควันรูปเกณฑ์ในการให้คะแนนปริมาณควัน คือ 3 = ควันมาก 2 = ควันปานกลาง และ 1 = ควันน้อย ซึ่งแต่ละคนแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

2.2 การทดสอบคุณภาพของธูป คือ ผิวรูป สีรูป และเนื้อรูป โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 5 คน ซึ่งจำนวนผู้ทดสอบเป็นไปตามประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553) โดยมีเกณฑ์ให้คะแนน คือ 1 = ระดับดีมาก 2 = ระดับปานกลาง และ 3 = ระดับแย่มาก ซึ่งแต่ละคนแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

โดยทำการทดสอบคุณภาพตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550) และประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553) ดังตารางที่ 1 ดังนี้

1) ผิวรูป ลักษณะผิวของธูปจะต้องไม่ขรุขระหรือแตกหัก อาจมีฝุ่นธูปได้บ้างเล็กน้อย การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2) สีรูป ในการทดสอบธูปจะต้องมีสีที่สม่ำเสมอ และในกรณีที่มีการแต่งสีเมื่อจับหรือสัมผัสในขณะแห้งแล้วสีต้องไม่ติดมือ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3) เนื้อรูป เนื้อธูปต้องยึดติดกันอย่างดีไม่มีรอยร้าวหรือแตกหักเกาะติดกันธูปอย่างสม่ำเสมอ แต่ละก้านต้องไม่ติดกัน ก้านธูปต้องไม่อ่อนจนหักไม่ได้ เมื่อสัมผัสต้องไม่มีขอบคมและไม่มีเสี้ยน อาจมีฝุ่นธูปได้บ้างเล็กน้อย การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.3 การทดสอบโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว ในขี้เถ้าของธูปที่ผ่านการเผาไหม้มาแล้วนั้นจะมีตะกั่วที่สามารถปนเปื้อนไปสู่อาหารและสิ่งแวดล้อม เช่น ทางน้ำ ทางดิน และทางอากาศได้ เพราะขี้เถ้าจากการเผาไหม้ของธูปมีน้ำหนักเบาสามารถลอยไปตามลมได้ จึงควรมีการตรวจปริมาณตะกั่วในขี้เถ้าธูป การทดสอบตะกั่วในขี้เถ้าธูปด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Atomic absorption spectrophotometer: AAS) จากนั้นนำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA

ตารางที่ 1 มาตรฐานการทดสอบประสิทธิภาพและคุณภาพของรูปและปริมาณตะกั่วในขี้เถ้ารูป

	การทดสอบ	มาตรฐาน	ที่มา
ประสิทธิภาพ	การเผาไหม้	จุดติดไฟง่าย ส่วนที่เป็นเนื้อรูปต้องเผาไหม้ติดต่อกันได้จนหมด กรณีที่มีก้านรูป ไฟที่ก้านรูปต้องดับได้เอง เมื่อเนื้อรูปเผาไหม้หมดแล้ว	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550) และประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553)
	น้ำหนักรูป	ต้องมีขนาดใกล้เคียงกัน	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550) และประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553)
	ปริมาณฝุ่นละอองรูป	ค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน หรือฝุ่นละอองรวมในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2538)
	ปริมาณควันรูป	-	-
คุณภาพ	ผิวรูป	ผิวไม่ขรุขระ ไม่มีรอยร้าวหรือแตกหัก อาจมีฝุ่นรูปได้บ้างเล็กน้อย	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550) และประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553)
	สีรูป	ต้องมีสีสม่ำเสมอ และไม่ติดมือเมื่อสัมผัส	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550) และประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553)
	เนื้อรูป	เนื้อรูปต้องติดก้านรูปอย่างสม่ำเสมอ แต่लगก้านต้องไม่ติดกัน อาจมีฝุ่นรูปได้บ้างเล็กน้อย	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550) และประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553)
โลหะหนัก	ตะกั่ว	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาประสิทธิภาพและคุณภาพของรูปที่ผลิตจากทางปาล์ม ชานอ้อย และแกลบ โดยตรวจสอบประสิทธิภาพ และคุณภาพของรูป และปริมาณตะกั่วในขี้เถ้ารูป เปรียบเทียบกับรูปตามท้องตลาดที่มีผลจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ภายใต้มอก. รูป 2345-2550 พบว่า

1. ประสิทธิภาพของรูป

1.1 เวลาที่เผาไหม้ รูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด มีเวลาในการเผาไหม้สั้นกว่ารูปตามท้องตลาด ซึ่งรูปทางปาล์มใช้เวลาในการเผาไหม้สั้นสุด 29.86 ± 6.031 นาที ขณะที่รูปตามท้องตลาดใช้เวลาในการเผาไหม้นานสุด 38.91 ± 1.125 นาที ดังตารางที่ 2 อีกทั้งเวลาที่เผาไหม้รูปทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่มีความต้องการใช้รูปที่ใช้เวลาการเผาไหม้สั้น ซึ่งสามารถลดเวลาในการเกิดควัน และการกระจายฝุ่นที่เกิดขึ้นในขณะที่เผาไหม้ได้ (ศูนย์อนามัยที่ 8 อุตรดิตถ์, 2562) นอกจากนี้รูปจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด สามารถติดไฟง่ายและมีการเผาไหม้ติดต่อกันจนหมด และเมื่อเผาไหม้จนถึงก้านรูปไฟที่เผาไหม้จะดับเอง ซึ่งเป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550) และประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553) ในการเผาไหม้รูปเวลาที่ใช้งานรูปจะต้องจุดติดไฟง่าย ส่วนเนื้อของรูปจะต้องเผาไหม้ติดต่อกันจนหมด และในกรณีที่มีก้านรูปไฟที่ก้านรูปจะต้องดับเอง

1.2 น้ำหนักรูป รูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด มีค่าน้ำหนักของรูปแต่ละก้านแตกต่างกันมากกว่ารูปตามท้องตลาด ซึ่งรูปแต่ละก้านควรมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, 2550 และประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2553) นอกจากนี้น้ำหนักรูปตามท้องตลาดมีน้ำหนักมากกว่ารูปจากขาน้อย และรูปจากแกลบ ซึ่งรูปจากขาน้อยมีน้ำหนักเบาสุด 1.117 ± 0.025 กรัม ดังตารางที่ 2 อย่างไรก็ตามน้ำหนักรูปทั้ง 4 ชนิด แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้รูปที่มีน้ำหนักน้อยจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

1.3 ปริมาณฝุ่นละอองรูป รูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณฝุ่นละอองสูงกว่ารูปตามท้องตลาด ซึ่งมีปริมาณฝุ่นละอองรูปเฉลี่ย $0.414 \times 10^{-4} \pm 0.076 \times 10^{-4}$ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รูปที่มีปริมาณฝุ่นละอองสูงกว่ารูปตามท้องตลาดเล็กน้อย คือ รูปทางปาล์ม มีปริมาณฝุ่นละอองรูปเฉลี่ย $0.551 \times 10^{-4} \pm 0.107 \times 10^{-4}$ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และรูปที่ผลิตจากแกลบมีปริมาณฝุ่นละอองรูปมากกว่ารูปตามท้องตลาด 2 เท่า และรูปขาน้อยมีปริมาณฝุ่นละอองรูปมากกว่ารูปตามท้องตลาด 1 เท่า ดังตารางที่ 2 อย่างไรก็ตามปริมาณฝุ่นละอองรูปทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และปริมาณฝุ่นละอองของรูปทั้ง 4 ชนิด มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศขนาดไม่เกิน 100 ไมครอนหรือฝุ่นละอองรวม ซึ่งปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2538) กำหนดค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน หรือฝุ่นละอองรวมในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งการเผาไหม้รูปจะมีปริมาณฝุ่นละอองของรูปมีความเข้มข้นของอนุภาคที่มีขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) ขนาดใหญ่ (PM_{10})

และฝุ่นละอองรวมทั้งในร่ม (Indoor) และกลางแจ้ง (Outdoor) ฝุ่นละอองของรูปทำให้หายใจลำบาก แสบหน้าอก และตาอักเสบ ผู้ป่วยเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจจะมีอาการปวดศีรษะ หัวใจเต้นไม่เป็นปกติ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย อาจหมดสติหากสูดดมเป็นเวลานาน (Zhang et al., 2015)

1.4 ปริมาณควันรูป ปริมาณควันรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณควันมากกว่ารูปตามท้องตลาด ซึ่งรูปจากทางปาล์มมีปริมาณควันน้อยที่สุด ส่วนรูปชานอ้อยมีปริมาณควันมากที่สุด และรูปแกลบมีปริมาณควันรองลงมา ซึ่งทั้งรูปแกลบและรูปชานอ้อยมีปริมาณควันระดับปานกลาง ดังตารางที่ 2 ซึ่งปริมาณควันรูปจากการเผาไหม้ก่อให้เกิดมลพิษมากมายต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ในควันรูปมีองค์ประกอบทางเคมีมากมายที่กระทบต่อสุขภาพ เช่น สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds: VOCs) ที่สามารถทำอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ ซึ่งการสูดดมหรือสัมผัสกันต่อเนื่องเป็นเวลานานจะทำให้เลือดหยุดไหล ได้ยากกว่าปกติ และทำลายระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย เพิ่มโอกาสการติดเชื้อทำลายไขกระดูก เป็นเหตุให้จำนวนเม็ดเลือดแดงลดลง และนำไปสู่โรคโลหิตจาง (Anemia) และโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว (Leukemia) (นักรบ และคณะ, 2558)

ตารางที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพและคุณภาพของรูป และปริมาณตะกั่วในไข่ไก่รูป

รูป	ประสิทธิภาพ				คุณภาพ			โลหะหนัก
	เวลาที่เผาไหม้ (นาที)	น้ำหนักรูป (กรัม)	ปริมาณฝุ่นละอองรูป (mg/m^3)	ปริมาณควันรูป	ผิวรูป	สีรูป	เนื้อรูป	ตะกั่ว (mg/Kg)
รูปตามท้องตลาด	38.91 ± 1.125	1.136 ± 0.009	0.414×10^{-4} $\pm 0.076 \times 10^{-4}$	น้อย	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	2.565 ± 0.024
รูปทางปาล์ม	29.86 $\pm 6.031^*$	1.153 ± 0.033	0.551×10^{-4} $\pm 0.107 \times 10^{-4}$	น้อย	ปานกลาง	ดีมาก	ปานกลาง	2.548 ± 0.021
รูปชานอ้อย	32.51 $\pm 1.124^*$	1.117 ± 0.025	0.945×10^{-4} $\pm 0.335 \times 10^{-4}$	ปานกลาง	ปานกลาง	ดีมาก	ปานกลาง	2.574 ± 0.032
รูปแกลบ	31.47 $\pm 2.034^*$	1.130 ± 0.073	1.311×10^{-4} $\pm 0.285 \times 10^{-4}$	ปานกลาง	ปานกลาง	ดีมาก	ปานกลาง	2.538 ± 0.032

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ ($p \leq 0.05$)

2. คุณภาพของรูป

2.1 ผิวนูน ผิวนูนที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด มีผิวนูนในเกณฑ์ระดับปานกลาง ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1 เนื่องจากรูปมีผิวที่ขรุขระ แต่ไม่มีรอยแตกร้าว ไม่เรียบเนียนเหมือนกับรูปที่ขายตามท้องตลาด ซึ่งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550) และประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553) ลักษณะทั่วไปของรูปจะต้องมีผิวที่ไม่ขรุขระ ไม่มีรอยร้าวหรือแตกหัก อาจมีผุเล็กน้อย ซึ่งรูปที่ผลิตได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรยังมีลักษณะของผิวนูนที่ไม่เรียบเนียน เนื่องจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ใช้มีการบดที่ไม่ละเอียดมาก และผู้วิจัยมีความชำนาญน้อยในการทำรูป เพราะกระบวนการทำรูปต้องอาศัยทักษะและความชำนาญที่สะสมมาเป็นระยะเวลานาน

2.2 สีรูป สีรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด และรูปตามท้องตลาด 68 ตลาด มีสีรูปในเกณฑ์ระดับดีมาก ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1 ซึ่งสีของรูปเป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550) และประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553) คือ ก้านรูปและเนื้อรูปต้องมีสีสม่ำเสมอ และเมื่อจับหรือสัมผัสในขณะที่แห้งแล้วสีต้องไม่ติดมือ

2.3 เนื้อรูป เนื้อรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด มีเนื้อรูปในเกณฑ์ระดับปานกลาง ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1 เนื่องจากเนื้อรูปมีลักษณะไม่แน่น เมื่อสัมผัสมีเนื้อรูปติดมือมาเล็กน้อย ขณะที่ก้านรูปมีลักษณะแข็ง ไม่มีขอบคม ไม่มีเสี้ยน และไม่ติดกัน ซึ่งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550) และประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553) เนื้อรูปจะต้องติดกันแน่น เมื่อสัมผัสเนื้อรูปติดมือมาได้เล็กน้อย ซึ่งรูปที่ผลิตได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรยังมีลักษณะเนื้อรูปไม่แน่น เนื่องจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ใช้มีการบดที่ไม่ละเอียดมาก และผู้วิจัยมีความชำนาญน้อยในการทำรูป เพราะกระบวนการทำรูปต้องอาศัยทักษะ และความชำนาญที่สะสมมาเป็นระยะเวลานาน



ภาพที่ 1 รูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (a) รูปทางปาล์ม (b) รูปขาน้อย และ (c) รูปเกล็ด

3. ปริมาณตะกั่ว ชี้นำจากเกลบ และทางปาล์มมีปริมาณตะกั่วเฉลี่ยน้อยกว่าชี้นำรูปตามท้องตลาด ขณะที่ชี้นำรูปชานอ้อยมีปริมาณตะกั่วเฉลี่ยสูงสุด 2.574 ± 0.032 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังตารางที่ 2 อย่างไรก็ตามปริมาณตะกั่วของชี้นำรูปทั้ง 4 ชนิด แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกับรูปอาหารในประเทศซาอุดีอาระเบีย ซึ่งมีปริมาณตะกั่ว 2.03–3.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Elsayed et al., 2016) นอกจากนี้ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2550) กำหนดเกณฑ์ของตะกั่วในรูป ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด และรูปตามท้องตลาดมีปริมาณตะกั่วที่ไม่เกินมาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามในประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2538) กำหนดค่าเฉลี่ยตะกั่วในบรรยากาศในเวลา 1 เดือน จะต้องไม่เกิน 1.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งถ้ามีการจุดรูปเป็นเวลานานคว้นและการฟุ้งกระจายของชี้นำอาจเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่งผลเสียต่อสุขภาพได้ และตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2529) มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนมีตะกั่วได้ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งถ้าชี้นำรูปมีการปนเปื้อนสู่อาหารจะมีอันตรายมากเนื่องจากตะกั่วมีโทษต่อทุกระบบของร่างกาย คือ ทำลายระบบประสาท โดยเฉพาะสมองส่วน Cerebella cortex ทำให้ปวดศีรษะอย่างรุนแรง มีอาการประสาทหลอน และมีผลต่อประสาทส่วนปลาย ทำให้เป็นอัมพาต มีผลทำให้ IQ เด็กลดลง ผลต่อระบบทางเดินอาหารทำให้เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก ปวดท้อง อีกทั้งมีผลต่อไตทำให้ไตอักเสบหรือพิการ นอกจากนี้ทำให้เป็นโรคโลหิตจาง และมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ทำให้เป็นหมัน (มยุรี และคณะ, 2548) ซึ่งปริมาณตะกั่วสูงสุดที่ร่างกายจะรับได้ต่อสัปดาห์ (Provisional tolerable weekly intake: PTWI) เท่ากับ 25 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (JECFA, 1994) นอกจากนี้ข้อมูลของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่า รูปชนิดที่ฉาบด้วยตะกั่วมีปริมาณตะกั่วสูง 20.8 – 85.6 มิลลิกรัมต่อกัน ส่วนชนิดทาสีมีปริมาณตะกั่ว 0.55 มิลลิกรัมต่อกัน ซึ่งพบว่าในชี้นำรูปและชี้นำจากการเผากระดาษเงินกระดาษทอง มีสารโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ โครเมียม นิกเกิล ตะกั่ว และแมงกานีส และพบโลหะหนักเหล่านี้อยู่ในชี้นำมากกว่าฝุ่นละอองในอากาศ ประมาณ 3–60 เท่า ดังนั้นหากมีการจัดการที่ไม่เหมาะสม จะทำให้สารโลหะหนักปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม และเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของสัตว์และมนุษย์ในที่สุด (กองประเมินผลกระทบสุขภาพ, 2558)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพและคุณภาพของรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ รูปจากทางปาล์ม ชานอ้อย และเกลบ ซึ่งวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ควรนำมาผลิตเป็นรูปมากที่สุด คือ ทางปาล์ม เนื่องจากรูปทางปาล์มใช้เวลาในการเผาไหม้สั้นที่สุด 29.86 ± 6.031 นาที มีปริมาณฝุ่นละอองรูปน้อยเฉลี่ย $0.551 \times 10^{-4} \pm 0.107 \times 10^{-4}$ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีปริมาณ

ควันน้อย ผิวนูนขรุขระเล็กน้อย และมีปริมาณตะกั่วในซีเอ็นน้อยกว่า 2.548 ± 0.021 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน รูปทางปาล์มมีประสิทธิภาพ คุณภาพของรูป และปริมาณตะกั่วในถ้ำรูปใกล้เคียงกับรูปที่ขายตามท้องตลาด แต่อย่างไรก็ตามรูปที่ผลิตได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรยังมีลักษณะของผิวรูปที่ไม่เรียบเนียน เนื้อรูปไม่แน่น ดังนั้นหากนำรูปที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาจำหน่ายควรปรับปรุงลักษณะของผิวรูปและเนื้อรูป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง สำหรับทุนการสนับสนุนการวิจัย รวมทั้งนักวิชาชีพสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คุณงามาตา ชัยเจริญ และนักวิชาชีพสาขาวิชาเคมี คุณสันทวุฒิ ฤทธิ์เลื่อน ที่ได้ให้การเอื้อเฟื้อในการทำงานวิจัยให้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2561). **ชีวมวล**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ. (2558). **ผลกระทบต่อสุขภาพจากควันรูปซีเอ็นรูป ไอร์และซีเอ็นรูปจากการเผากระดาษเงินกระดาษทองในช่วงเทศกาลตรุษจีน**. กรุงเทพฯ: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- นักรบ เจริญสุข, รัตมี แสงศิริมงคลยิ่ง, ศุภณี ศุภวรรณกุล, และวิไลลักษณ์ สุจริตตานนท์. (2558). การพัฒนาส่วนผสมของรูปเพื่อลดสารก่อมะเร็งในควันรูป. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์**, 10(3), 75–84.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. (2529, 16 กุมภาพันธ์). **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่มที่ 103 ตอนที่ 23.
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3767 (พ.ศ. 2550) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรูป. (2550, 19 พฤศจิกายน). **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่มที่ 124 ตอนที่ 179 ง.
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป. (2538, 5 กันยายน). **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่มที่ 112 ตอนที่ 43 ง.
- ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ฉบับที่ 1586 (พ.ศ. 2553) เรื่อง ยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนรูปหอย. (2553, 28 กันยายน). **สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**. มพช. 181/2553.

- มยุรี อุรารุ่งโรจน์, ประกาย บริบูรณ์, และพนาวัลย์ กลิ่งกลางดอน. (2548). การศึกษาปริมาณโลหะเป็นพิษในอาหารที่คนไทยบริโภคต่อวัน ระหว่าง พ.ศ. 2542–2544. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์*, 47(4), 234–247.
- ศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล. (2559). *ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์อนามัยที่ 8 อุตรธานี. (2562). *ควันธูป*. อุตรธานี: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและน้ำตาลทราย. (2560). *การใช้ประโยชน์จากอ้อยและผลิตภัณฑ์จากอ้อย*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม.
- อุษณีย์ บุญเนียร. (2559). *รูปแบบและกลยุทธ์ทางการตลาดของผู้ประกอบการธุรกิจผลิตธูปในพื้นที่จังหวัดนครปฐม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยศิลปากร, บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาการจัดการภาครัฐและภาคเอกชน.
- Elsayed, Y., Dalibalta, S., Gomes, I., Fernandes, N. & Alqtaishat, F. (2016). Chemical composition and potential health risks of raw Arabian incense (Bakhour). *Journal of Saudi Chemical Society*, 20(4), 465–473.
- JECFA. (1994). *Summary of evaluations performed by the joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA) 1946–1993 1st–45th meetings*. USA.: Washington, D.C.
- Zhang, J., Chen, W., Li, J., Yu, S. & Zhao, W. (2015). VOC_s and Particulate Pollution due to Incense Burning in Temples, China. *Procedia Engineering*, 121, 992–1000.