

การศึกษาปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน จากการจุดธูปในวัด อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

The Study of Respirable Dust, Carbon Dioxide and Oxygen Concentration Due to Incense Burning in Temples in Mueang District, Surat Thani province

ดร.ปัทมา เสนทอง (Dr. Pattama Senthong)¹* กชพรรณ หนูชนะ (Kodchapan Noochana)**

กนกพร รัญเวศ (Kanokporn Ranwet)*** จริยา หลีเหลี่ยม (Jariya Leelem)*** เมธาสิทธิ์ ปิ๊ง (Matasit Pinang)***

(Received: June 25, 2019; Revised: October 7, 2019; Accepted: October 9, 2019)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจน ในการจุดธูปในวันพระในวัดอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ทั้งหมด 4 วัด คือ วัดพัฒนาราม วัดธรรมบูชา วัดพุทธอุทิศสิทธิธาราม และวัดหน้าเมือง เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้กระดากกรองพีวีซี เก็บที่บริเวณกระถางธูป ภายในโบสถ์ และภายนอกโบสถ์ด้วยอัตราการไหลของอากาศ 2.5 ลิตรต่อนาที เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า วัดพัฒนารามมีจำนวนคนที่เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาและจำนวนธูปที่จุดมาก จึงทำให้บริเวณกระถางธูปในวัดพัฒนารามมีปริมาณฝุ่นที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ภายในโบสถ์ในวัดธรรมบucharมีปริมาณก๊าซออกซิเจนมากที่สุดเนื่องจากมีขนาดพื้นที่ภายในโบสถ์มาก บริเวณภายนอกโบสถ์ของวัดหน้าเมือง ตรวจพบฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจสูงกว่าภายในโบสถ์และบริเวณกระถางธูป เนื่องจากภายนอกโบสถ์ติดกับถนนจึงทำให้มีฝุ่นที่เกิดจากการจราจร ปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนของทั้ง 4 วัดไม่เกินค่ามาตรฐาน ถึงแม้ผลการตรวจสอบไม่เกินค่ามาตรฐานแต่การได้รับสัมผัสฝุ่นติดต่อกันเป็นเวลานานหลายปีอาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ ดังนั้นเมื่อมีการจุดธูปควรมีการเปิดประตู หน้าต่างหรือจุดธูปภายนอกโบสถ์แทนการจุดธูปภายในโบสถ์ และควรมีการติดตั้งพัดลมดูดอากาศภายในโบสถ์ใกล้กับบริเวณพื้นที่จุดธูป

ABSTRACT

The aim of this study was to measure the respirable dust, carbon dioxide and oxygen concentrations caused by burning incense in four temples in Mueang district, Surat Thani province. These included Pattanaram temple, Thambucha temple, PhutornU-thit Sittharam temple and Namueang temple. Air samples were collected around incense burners, worship rooms and surrounding outdoor was using PVC filters at flow rate of 2.5 L/min for 2 hours. The

¹ Corresponding author: pattama.s@psu.ac.th

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

**อาจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

***นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

results showed that the areas around the incense burners in Pattanaram temple had the highest respirable dust and carbon dioxide concentrations as a result of large numbers of worshipers and incenses. The worship room in Thambucha temple had the highest oxygen concentration due to its large area. In Namueang temple, the respirable dust in outdoor area was higher than in the worship room and around the incense burners because it was located near the main road resulting in respirable dust from traffic. The respirable dust, carbon dioxide and oxygen concentrations from the four temples was considerably below standard. However, these concentrations were below standard, the levels could still affect the health of worshipers who were exposed to respirable dust from incense for long periods of time. Therefore, during incense burning, temple staff should open doors and windows, or conduct incense burning outdoors instead of in worship rooms. Installing a local exhaust ventilation system in worship room around incense burners would also help significantly with air quality.

คำสำคัญ: ฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วัด จตุรูป

Keywords: Respirable dust, Carbon dioxide, Temple, Burning incense

บทนำ

พุทธศาสนิกชนให้ความสำคัญกับการเข้าวัดทำบุญและประกอบพิธีกรรมต่าง ๆ อย่างเป็นสิ่งหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในพิธีกรรม การจตุรูปเป็นการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ประกอบพิธีกรรมกับสิ่งศักดิ์สิทธิ์ตามความเชื่อของแต่ละบุคคล ซึ่งในปัจจุบันความต้องการรูปเพื่อใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ เพิ่มขึ้น จากความต้องการใช้รูปที่เพิ่มขึ้นทำให้มีการเพิ่มแหล่งผลิตรูป ซึ่งการผลิตรูปจะมีส่วนประกอบที่สำคัญหลัก ๆ ได้แก่ ก้นไม้ไฟ ผงยางบง จี้เลื้อย จันทวน เป็นต้น แต่เพื่อให้ทันต่อความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น จึงมีการเร่งผลิตรูป โดยใช้วัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตรหรือขี้เลื้อยจากผู้ผลิตเฟอร์นิเจอร์มาแทนการใช้วัตถุดิบธรรมชาติที่ขาดแคลนในชุมชน ซึ่งวัตถุดิบทดแทนหลายชนิดส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากอาจมีสารเคมีที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบดังกล่าว รูปที่ผลิตจากขี้เลื้อยที่คุณภาพต่ำทำให้มีกลิ่นและสีต่าง ๆ เกิดขึ้น ส่งผลให้พระสงฆ์และพุทธศาสนิกชนป่วยเป็นโรคระบบทางเดินหายใจ [1-3]

ควันรูป ประกอบด้วยฝุ่นละอองขนาดเล็ก ที่สามารถเข้าไปในระบบทางเดินหายใจผ่านโพรงจมูกเข้าไปถึงถุงลมในปอด ทำให้เกิดการอักเสบ และการระคายเคืองเรื้อรังและฝุ่นละอองจะมีพิษมากขึ้นหากฝุ่นละอองนั้นเกิดจากการรวมตัวของก๊าซบางชนิด เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน โดยก่อให้เกิดการแพ้และระคายเคืองผิวหนัง ทางเดินหายใจ และดวงตาได้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีฤทธิ์ทำให้เกิดอาการระคายเคืองตาและระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ หากได้รับปริมาณสูงมากจะทำให้หมดสติและเสียชีวิตในที่สุด [4] ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รบกวนการทำงานของก๊าซออกซิเจน ทำให้เกิดการขาดอากาศแบบธรรมดา (Simple asphyxiants) ส่งผลให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์เมื่อมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากในอากาศ จนลดสัดส่วนของก๊าซออกซิเจนในอากาศที่หายใจให้ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมต่อการหายใจ ทำให้ร่างกายเกิดภาวะขาดอากาศ [5] เกิดอาการต่างๆ คือ อ่อนเพลีย ปวดกล้ามเนื้อ เมื่อยล้า ซึมเศร้า มีนสิริษะ กระสับกระส่าย ความจำเสื่อมหรือสูญเสียความทรงจำ การไหลเวียนของโลหิตเสียไป การย่อยและการดูดซึมอาหารบกพร่อง มีกรดในกระเพาะอาหารเพิ่มขึ้น ภูมิคุ้มกันต่ำลง ติดเชื้อโรคได้ง่าย หมดสติ และตายได้ในที่สุด [6] จากการศึกษาพัฒนาการทางระบบประสาทของเด็กอายุ 6 – 18 เดือน ที่มีการ

สัมผัสการเผาไหม้รูปหอม พบว่าเด็กเหล่านี้เกิดอาการทางระบบประสาทขั้นต้นและส่งผลให้พัฒนาการทางระบบประสาทลดลง แม่ที่กำลังตั้งครรภ์และสัมผัสการเผาไหม้รูปหอม ทำให้ทารกที่คลอดออกมามีน้ำหนักแรกเกิดและเส้นรอบศีรษะน้อย [7-8] นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน

จากการศึกษาการประกอบพิธีกรรมทางศาสนาในประเทศอินเดีย พบว่า สถานที่แต่งงานของศาสนาฮินดูมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสุสานมุสลิม วัดพุทธ และวัดฮินดู เนื่องจากสถานที่แต่งงานของศาสนาฮินดูมีการใช้วัสดุในการเผาไหม้ที่หลากหลายในการประกอบพิธีกรรมทางศาสนา เช่น ไม้ มูลวัว ข้าว ข้าวบาเลย์ งา ใบพลู ผงขมิ้น ผงแป้งสีแดง การบูร กระวาน หมากรุก ซึ่งสุสานมุสลิมใช้รูปหอม และกายน วัดพุทธใช้รูปและเทียน ส่วนวัดฮินดูใช้ผงแป้งสีแดงและฝ้าย [9] จากผลการศึกษาคณาณอากาศในวัดของประเทศจีน จำนวน 3 วัด เป็นวัดที่อยู่ในมณฑลชานซี 2 วัด และกรุงปักกิ่ง 1 วัด พบว่า บริเวณกระถางรูปมีความเข้มข้นของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน มากกว่าภายในโบสถ์และภายนอกโบสถ์ [10] การศึกษาความเข้มข้นของอนุภาคนขนาด 2.5 ไมครอน การเผาไหม้รูปในศาลเจ้าจังหวัดเชียงใหม่ในช่วงตรุษจีน ช่วงเทศกาลอื่น ๆ และช่วงเวลาปกติ พบความเข้มข้นของอนุภาคนขนาด 2.5 ไมครอน 625 ± 147 , 184 ± 85 และ 100 ± 35 มิลลิกรัม / ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ความเข้มข้นของอนุภาคนขนาด 2.5 ไมครอนในช่วงตรุษจีนมากกว่าช่วงเทศกาลอื่น ๆ และช่วงเวลาปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากในช่วงตรุษจีนมีผู้ที่เข้ามาทำบุญเป็นจำนวนมากส่งผลให้มีการจุดรูปจำนวนมากด้วยเช่นกัน [11]

อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีวัดเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นสถานที่สำคัญสำหรับประกอบกิจกรรมทางศาสนา ในวันพระจะมีการจุดรูป ทำให้เกิดควันรูป ซึ่งควันรูปจะปล่อยมลพิษหลายชนิดที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และส่งผลกระทบท่อสิ่งแวดล้อม การสัมผัสควันรูปเป็นประจำอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาวได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงตรวจหาปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนจากการจุดรูปในวัดเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานและเพื่อเสนอแนะแนวทางในการป้องกันฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการจุดรูปในวัด

วิธีการศึกษาและวัสดุอุปกรณ์

1. กลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้สำรวจจำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาในวันพระจากวัดในอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 22 วัด ซึ่งจากการสำรวจสามารถจำแนกวัดตามจำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาในวันพระออกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ 1) วัดที่มีจำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาในวันพระ 300-400 คน มี 2 วัด 2) วัดที่มีจำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาในวันพระ 100-150 คน มีจำนวน 7 วัด 3) ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนา 30-50 คน มีจำนวน 11 วัด และ 4) วัดที่มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนา 10-20 คน มีจำนวน 2 วัด (ตารางที่ 1) ดำเนินการตรวจวัดปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนจากการจุดรูปในวันพระในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 โดยสุ่มเลือกวัดจำนวน 1 วัดจากแต่ละกลุ่มด้วยวิธีการจับฉลาก (Lottery) จะได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 4 วัด ดังนี้ วัดพัฒนาราม วัดธรรมบูชา วัดภูธรอุทิศสิทธิาราม และวัดหน้าเมือง เป็นตัวแทนของวัดที่มีจำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาในวันพระ 300-400, 100-150, 30-50 และ 10-20 คน ตามลำดับ

2. การตรวจวัดปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจเป็นไปตามหลักการของ NIOSH method number 0600, Issue 3 [12] โดยบรรจุกระดาศกรองพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร pore size 5 ไมครอน (Zefon, USA.) ลงไปในตลับกรอง จากนั้นนำตลับกรองใส่ในไซโคลนและติดกับขาตั้งให้อยู่ในแนวตั้งที่ระดับความสูง 1.5 เมตรจากพื้น ซึ่งเป็นการตรวจในระดับการหายใจ (breathing zone) ไซโคลนมีการเชื่อมต่อกับเครื่องมือ Personal Pump (Gilliam, USA) ที่มีอัตราการไหลของอากาศ 2.5 ลิตร/นาทีโดยเก็บแบบพื้นที่ (area sampling) ตลอดระยะเวลาการจุดรูป 2 ชั่วโมง เก็บ 3 ตัวอย่างพร้อมกันต่อ 1 วัดในหนึ่งวันพระ ดังนี้ 1) เก็บบริเวณกระถางรูปโดยห่างจากกระถางรูป 2 เมตร [10] จำนวน 1 ตัวอย่าง 2) ภายในโบสถ์ จุดที่เก็บตัวอย่างอากาศภายในโบสถ์จะเก็บบริเวณกึ่งกลางโบสถ์ จำนวน 1 ตัวอย่าง และ 3) ภายนอกโบสถ์ จุดที่เก็บตัวอย่างอากาศภายนอกโบสถ์จะเก็บห่างจากประตูโบสถ์ 1 เมตร จำนวน 1 ตัวอย่าง [10] (ภาพที่ 1) แต่ละวัดเก็บตัวอย่าง 3 วันพระติดต่อกัน ในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่างจะมี blank จำนวน 1 ตัวอย่าง หลังจากนั้นถอดตลับกรองออกจากไซโคลนและปิดจุกพลาสติกทั้งสองของตลับกรอง นำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์ ใส่กระดาศกรองพีวีซีในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนและหลังเก็บตัวอย่าง หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่งทศนิยม 5 ตำแหน่ง นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาคำนวณน้ำหนักต่อปริมาตรอากาศ ตามวิธี ของ NIOSH method number 0600, Issue 3 ดังนี้

$$C = \frac{(W2 - W1) - (B2 - B1)}{V} \times 10^3$$

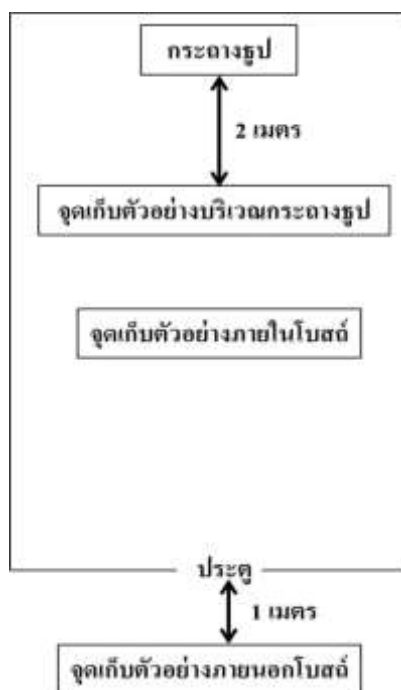
โดย $W1$ = น้ำหนักของกระดาศกรองก่อนการเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)
 $W2$ = น้ำหนักของกระดาศกรองหลังการเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)
 $B1$ = น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาศกรองที่เป็น Blank ก่อนการเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)
 $B2$ = น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาศกรองที่เป็น Blank หลังการเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)
 C = ความเข้มข้นของฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
 V = ปริมาตรอากาศที่เก็บตัวอย่าง (ลิตร)

ตารางที่ 1 จำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาในวันพระจากวัดในอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

จำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาในวันพระ (คน)	วัด
300 – 400	วัดพัฒนาราม วัดโพธารวาส
100 – 150	วัดสมหวังวนาราม วัดไตรธรรมาราม วัดโมกขธรรมมาราม วัดธรรมบูชา วัดโพธิ์นิมิต วัดบางใบไม้ วัดสุนทรนิवास
30 – 50	วัดท่าอุ วัดภูธรอุทิศสิทธิาราม วัดกลางใหม่ วัดพุทธบูชา วัดธาราวดี วัดบุญบันเทิง วัดไพร วัดโพทวย วัดควนขุย วัดมะปริง วัดชอย 10
10 – 20	วัดนิคมธรรมาราม วัดหน้าเมือง

3. การตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน

ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเครื่อง Indoor Air Quality Datalogger รุ่น EA80 (Extech, USA.) และตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนโดยเครื่องวัดก๊าซอินทรีย์ระเหยง่าย Multi gas monitor: ISC รุ่น MX6 (Entech, USA.) บริเวณกระถางรูป ภายในโบสถ์และภายนอกโบสถ์ ใน 1 วัดมีการตรวจ 3 วันพระติดต่อกัน



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงจุดที่เก็บตัวอย่างฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจน บริเวณรอบกระถางรูป ภายในโบสถ์และภายนอกโบสถ์

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ One-way analysis of variance (ANOVA) ที่ $p < 0.05$ และวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้วิธี Least significant difference (LSD)

ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

จากการสำรวจสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบภายใน โบสถ์ของทั้ง 4 วัด พบว่า วัดธรรมบูชามีพื้นที่ภายในโบสถ์ (402 ตารางเมตร) และจำนวนประตู (6 บาน) มากที่สุด แต่มีจำนวนรูปที่จุดในวันพระน้อยที่สุด (10-15 ดอก) วัดหน้าเมืองมีพื้นที่ภายใน โบสถ์ (178 ตารางเมตร) และผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาในวันพระ (10-20 คน) น้อยที่สุด แต่มีจำนวนหน้าต่างมากที่สุด (10 บาน) ส่วนวัดพัฒนารามมีผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาในวันพระ (300-400 คน) จำนวนรูปที่จุดในวันพระ (400-500 ดอก) และจำนวนพัดลม (20 ตัว) มากที่สุด (ตารางที่ 2)

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าวัดพัฒนารามมีปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจบริเวณกระถางรูปมากที่สุด เนื่องจากวัดพัฒนารามมีจำนวนรูปที่จุดและจำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนามากที่สุด ส่วนวัดหน้าเมืองมีปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจบริเวณกระถางรูปต่ำที่สุดเนื่องจากมีจำนวนรูปที่จุดและจำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาที่น้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่าจำนวนรูปที่จุดและจำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนา มีผลต่อปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ [10] เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจภายในโบสถ์ พบว่า วัดธรรมบูชามีปริมาณสูงที่สุด ทั้งที่จำนวนรูปที่จุดต่ำ เนื่องจากวันที่เก็บตัวอย่างอากาศทางวัดธรรมบูชา มีการซ่อมบำรุงโบสถ์ มีการเปิดประตูและหน้าต่างทำให้ฝุ่นจากภายนอกเข้าไปภายในโบสถ์และเกิดการสะสมภายในโบสถ์ เมื่อเปิดพัดลมในขณะที่ทำกิจกรรมจึงมีการฟุ้งกระจายของฝุ่นที่สะสมอยู่ภายในโบสถ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่าการเปิดหน้าต่างเป็นการนำฝุ่นเข้ามาโดยการพัดพาของลมได้ [13] และในกรณีที่ฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจตรวจพบภายนอกโบสถ์ของวัดหน้าเมืองมีปริมาณสูงกว่าภายในโบสถ์และบริเวณกระถางรูป เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างภายนอกโบสถ์ติดกับถนน จึงทำให้มีฝุ่นที่เกิดจากการจราจร นอกจากนี้บริเวณภายในและภายนอกโบสถ์ของวัดพุทธอุทิศสิทธิธารามไม่พบฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ เนื่องจากภายในโบสถ์มีแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจเฉพาะกระถางรูปซึ่งบริเวณกระถางรูปมีปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจน้อย และจุดเก็บตัวอย่างภายในโบสถ์ห่างจากบริเวณกระถางรูป จึงไม่พบฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจบริเวณภายในโบสถ์ และภายนอกโบสถ์ไม่มีปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดฝุ่น เนื่องจากภายนอกโบสถ์ไม่ติดกับถนน เมื่อพิจารณาปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ พบว่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้โดยสำนักงานมลพิษสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข คือ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [14] และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ระหว่างภายในโบสถ์ บริเวณกระถางรูป และภายนอกโบสถ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$

จากการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่ามีความต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้โดยสำนักงานมลพิษสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข คือ 1,000 ppm [14] และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณกระถางรูป มีปริมาณสูงกว่าภายในโบสถ์และภายนอกโบสถ์ เนื่องจากบริเวณกระถางรูปเป็นบริเวณที่มีการจุดรูปเกิดการเผาไหม้ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบริเวณนั้นมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ [9] นอกจากนี้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในโบสถ์ของทั้ง 4 วัดมีปริมาณสูงกว่าภายนอกโบสถ์ เนื่องจากจำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนา มีผลโดยตรงต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ คือ จำนวนคนภายในห้องเป็นตัวแปรหลักที่ส่งผลต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ [15] เมื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างวัดทั้ง 4 วัด พบว่าวัดพัฒนารามมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณกระถางรูปและภายในโบสถ์มากที่สุดเนื่องจากวัดพัฒนารามมีจำนวนรูปที่จุดและจำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนา มากที่สุด และมีขนาดอาคารที่เล็กกว่าวัดธรรมบูชาและวัดพุทธอุทิศสิทธิธาราม อีกทั้งมีจำนวนประตูที่เปิดเพียง 2 บานทำให้เกิดการแออัดและการระบายอากาศไม่เพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ [16]

ปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในโบสถ์ บริเวณกระถางรูปและภายนอกโบสถ์ทั้งในวัดพัฒนาราม วัดธรรมบูชา วัดพุทธอุทิศสิทธิธาราม และวัดหน้าเมือง อยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานโดยหน่วยงาน The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) คือ 19.5 ถึง 25% [17] เนื่องจากโบสถ์ที่ตรวจวัดส่วนใหญ่เป็นอาคารที่เปิดโล่ง มีอากาศถ่ายเทสะดวกทำให้มีการหมุนเวียนของอากาศภายนอกเข้าสู่ภายในและมีพัดลมช่วยในการระบายอากาศ และพบว่าในวัดธรรมบูชาบริเวณภายในโบสถ์มีปริมาณก๊าซออกซิเจนสูงที่สุด ($21.95 \pm 0.15\%$) ซึ่งวัดธรรมบูชามีโบสถ์ขนาดใหญ่และเปิดโล่งจากการเปิดประตูที่มีทั้งหมด 6 บาน ทำให้มีการระบายอากาศได้ดี มีการถ่ายเทอากาศจากภายในออกสู่

ภายนอก และมีอากาศบริสุทธิ์เข้ามาแทนที่อากาศภายในโบสถ์ที่มีอยู่เดิม นอกจากนี้บริเวณกระถางรูปและภายนอกโบสถ์ในวัดพัฒนารามมีปริมาณก๊าซออกซิเจนมากที่สุด เนื่องจากจุดที่ตรวจก๊าซออกซิเจนบริเวณกระถางรูปในวัดพัฒนารามใกล้กับหน้าต่าง ทำให้มีการระบายอากาศได้ดี และภายนอกโบสถ์ของวัดพัฒนารามเป็นพื้นที่โล่ง มีต้นไม้ที่ช่วยดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปและคายก๊าซออกซิเจนออกมา [18]

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ผลการเก็บตัวอย่างฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนในการจุดธูปในวันพระในวัดอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 4 วัด คือ วัดพัฒนาราม วัดธรรมบูชา วัดภูธรอุทิศ สิทธิาราม และวัดหน้าเมือง ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 พบว่าขนาดของโบสถ์ที่ทำพิธีกรรมทางศาสนา จำนวนรูปที่จุด จำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนา ระบบระบายอากาศ เช่น จำนวนประตู หน้าต่างและพัดลม สภาพแวดล้อมภายนอกโบสถ์ มีผลต่อปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจน ซึ่งวัดพัฒนารามมีจำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาและจำนวนรูปที่จุดมาก จึงทำให้วัดพัฒนารามบริเวณกระถางรูปมีปริมาณฝุ่นที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ภายในโบสถ์ในวัดธรรมบucharมีปริมาณก๊าซออกซิเจนมากที่สุดเนื่องจากมีขนาดพื้นที่ภายในโบสถ์มาก ภายนอกโบสถ์ของวัดหน้าเมืองตรวจพบฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจสูงกว่าภายในโบสถ์และบริเวณกระถางรูป เนื่องจากภายนอกโบสถ์ติดกับถนน จึงทำให้มีฝุ่นที่เกิดจากการจราจร ปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนของทั้ง 4 วัดไม่เกินค่ามาตรฐาน ถึงแม้ผลการตรวจสอบไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่การได้รับสัมผัสควันธูปติดต่อกันเป็นเวลานานหลายปีอาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ ดังนั้นเมื่อมีการจุดธูปควรมีการเปิดประตู หน้าต่างหรือจุดธูปภายนอกโบสถ์แทนการจุดธูปภายในโบสถ์ และควรมีการติดตั้งพัดลมดูดอากาศภายในโบสถ์ใกล้กับบริเวณพื้นที่จุดธูป



ตารางที่ 2 สภาพแวดล้อมและองค์ประกอบภายในโบสถ์

วัด	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	จำนวนคน (คน)	จำนวนรูปที่จุด (ดอก)	จำนวนหน้าต่าง (บาน)	จำนวนประตู (บาน)	จำนวนพัดลม (ตัว)	ประเภทของพัดลม
วัดพัฒนาราม	217	300 – 400	400 – 500	6 (เปิด 6)	2 (เปิด 2)	20 (เปิด 10)	พัดลมติดผนังและพัดลมติดเพดาน
วัดธรรมบูชา	402	100 - 150	10 – 15	8 (เปิด 5)	6 (เปิด 6)	12 (เปิด 10)	พัดลมติดผนัง
วัดพุทธอุทิศสิทธาราม	391	30 - 50	15 – 20	3 (เปิด 1)	2 (เปิด 2)	9 (เปิด 2)	พัดลมติดผนัง
วัดหน้าเมือง	178	10 - 20	15 – 20	10 (เปิด 4)	3 (เปิด 3)	9 (เปิด 5)	พัดลมติดเพดาน

ตารางที่ 3 ปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน

วัด	ฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm)			ก๊าซออกซิเจน (%)		
	ภายในโบสถ์	กระถางรูป	ภายนอกโบสถ์	ภายในโบสถ์	กระถางรูป	ภายนอกโบสถ์	ภายในโบสถ์	กระถางรูป	ภายนอกโบสถ์
วัดพัฒนาราม	0.24 ± 0.37	0.89 ± 0.70	0.11 ± 0.19	753.27 ± 69.27	757.07 ± 78.20	$702.20 \pm 36.83^*$	21.09 ± 0.06	21.09 ± 0.08	21.06 ± 0.06
วัดธรรมบูชา	0.67 ± 0.67	$0.11 \pm 0.19^{**}$	0.05 ± 0.09	$714.07 \pm 63.23^{**}$	$717.13 \pm 40.77^{**}$	689.80 ± 25.90	$21.95 \pm 0.15^{**}$	$20.98 \pm 0.14^{**}$	$20.95 \pm 0.15^{**}$
วัดพุทธอุทิศสิทธาราม	ND	0.22 ± 0.19	ND	719.73 ± 27.97	700.53 ± 35.05	$687.00 \pm 34.52^*$	21.03 ± 0.05	21.03 ± 0.05	21.04 ± 0.05
วัดหน้าเมือง	0.22 ± 0.19	ND	0.50 ± 0.24	$692.07 \pm 43.15^{**}$	709.40 ± 42.97	680.40 ± 37.12	$20.75 \pm 0.09^{**}$	$20.75 \pm 0.08^{**}$	$20.73 \pm 0.08^{**}$

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเปรียบเทียบกับภายในโบสถ์ โดยใช้ one - way analysis of variance (ANOVA) ที่ $p < 0.05$ และวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้วิธี LSD

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเปรียบเทียบกับวัดพัฒนาราม โดยใช้ one - way analysis of variance (ANOVA) ที่ $p < 0.05$ และวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้วิธี LSD

ND: Not detected



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนทุนในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Charoensuk N, Sangsirimongkolying R, Supawantanakul D, Suvachittanont W. Development of incense ingredients to reduce carcinogens in incense smoke. VRU Research and Development Journal Science and Technology. 2015; 10(3): 75-84. Thai.
2. Friborg JT, Yuan JM, Wang R, Koh WP, Lee HP, Yu MC. Incense use and respiratory tract carcinomas: a prospective cohort study. Cancer. 2008; 113(7): 1676-1684.
3. Lin TC, Krishnaswamy G, Chi DS. Incense smoke: clinical, structural and molecular effects on airway disease. Clinical and Molecular Allergy. 2008; 6(3): 1-9.
4. Rana S. Incense sticks: A potential source of indoor air pollution. International Journal of Environmental Engineering and Management. 2018; 9(1): 1-6.
5. Chatsantiprapa K. Toxicology of industrial chemicals. 1st ed. Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University; 2009.
6. Tienboon P. Oxygen and human health. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition. 2006; 17(1):12-17. Thai.
7. Wei C, Chencd M, Lin C, LeonGuo Y, Lin S, Hsieh W, *et al.* Household incense burning and infant gross motor development: Results from the Taiwan Birth Cohort Study. Environment International. 2018; 115:110-116.
8. Chen LY, Ho C. Incense Burning during Pregnancy and Birth Weight and Head Circumference among Term Births: The Taiwan Birth Cohort Study. Environmental Health Perspectives. 2016; 124(9): 1487-1492.
9. Dewangan S, hakrabarty R, Zielinska B, Pervez S. Emission of volatile organic compounds from religious and ritual activities in India. Environmental Monitoring and Assessment. 2013; 185(11): 9279-9286.
10. Zhanga J, Chena W, Lic J, Yua S, Zhaoa W. VOCs and particulate pollution due to incense burning in temples, China. Procedia Engineering. 2015; 121: 992-1000.
11. Bootdee S, Chantara S, Prapamontol T. Determination of PM_{2.5} and polycyclic aromatic hydrocarbons from incense burning emission at shrine for health risk assessment. Atmospheric Pollution Research. 2016; 7(4):680-689.
12. NIOSH. NIOSH Manual of Analytical Method for particulates not otherwise regulated, respirable 4th edition. Issue 3, Method 0600. USA. Department of Health and Human Services, Publ. 1998, p.1-6.



13. Mekaop K. The Study of particulate matter less than 10 micron (PM10) concentrations at Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University: A case study in the indoor of instructors room and office of the secretary rooms. Bachelor of Science (Natural Resources and Environment). Phitsanulok: Naresuan University; 2015. 75 pages. Thai.
14. Bureau of Environmental Health, Department of Health, Ministry of Public Health. Indoor air quality standard for building. In: Operation manual for indoor air quality assessment for official. Bangkok: Bureau of Environmental Health, Department of Health, Ministry of Public Health; 2016. p. 5-2. Thai
15. Kanjanakrajang A, Chuaybamroong P. Measurements of carbon dioxide to determine the ventilation effectiveness in the classroom. Thai Science and Technology Journal. 2017; 25(6): 960-974. Thai.
16. Senthong P, Wittayasilp S. Measurements and health impacts of carbon black and BTEXs in photocopy centers. Archives of Environmental & Occupational Health. 2018; 73(3): 169-175.
17. NIOSH. NIOSH Manual of Analytical Method for Oxygen, 4th edition. Issue 2, Method 6601. USA. Department of Health and Human Services, Publ. 1994, p.1-3.
18. Sunakorn P, Kasemsap P. CO₂ uptake performance of climbing plant wall. Journal of Architectural/Planning Research and Studies. 2010; 7(2): 173-187. Thai.