

# มลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ธูป: อันตรายที่ไม่ควรมองข้าม

ดร.พรรณิย์ พฤษภาสัทธา Ph.D. (Urban Engineering)

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 1. บทนำ

หลายคนคงรู้สึกได้เมื่อสัมผัสกับควันธูปที่ลอยอยู่ในอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณสถานประกอบพิธีกรรมที่มีประชาชนนิยมเข้ามาสักการบูชาสิ่งศักดิ์สิทธิ์ บุคคลที่สัมผัสควันธูปจะเกิดอาการระคายเคืองทางเดินหายใจ มีอาการแสบจมูก ไอ จาม หรืออาจมีอาการแพ้ตา น้ำตาไหล อาการดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากการสัมผัสสารที่เป็นอันตรายในควันธูป นอกจากการตอบสนองของร่างกายที่ปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจนแล้ว ยังมีผลกระทบที่อาจสังเกตเห็นได้แต่เป็นภัยคุกคามต่อสุขภาพในระยะยาว นั่นก็คือการเกิดมะเร็งในระบบทางเดินหายใจ โดยเฉพาะในกลุ่มของผู้ที่มีโอกาสสัมผัสควันธูปเป็นประจำและสัมผัสอย่างต่อเนื่องยาวนาน ดังนั้น ข้อมูลการตรวจพบสารอันตรายที่เกิดจากการเผาไหม้ธูปในบริเวณสถานประกอบพิธีกรรม อีกทั้งการปลดปล่อยมลสารทางอากาศที่มากับควันธูปจากการศึกษาจากการเผาไหม้ธูปโดยตรงจึงได้นำมารวบรวมไว้ในบทความนี้เพื่อให้เป็นข้อมูลด้านวิชาการที่นำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการมลภาวะในพื้นที่ที่มีการเผาไหม้ธูปและการใช้ธูปอย่างถูกต้องเหมาะสมต่อไป

## 2. ประเภทของธูป

การจัดประเภทของธูปเป็นกี่ประเภานั้นขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้จัดแบ่ง ถ้าพิจารณาจากลักษณะของธูปที่ผลิตสามารถแบ่งย่อยได้หลายแบบ ได้แก่ ธูปก้าน (core stick

or joss stick incense) ธูปขด (coil incense) ธูปเส้น (solid incense) ธูปผง (powder incense) ธูปทรงกรวยหรือทรงถ้วย (cone incense) (หรือที่รู้จักในชื่อของกำยาน) เป็นต้น ในกรณีที่จัดแบ่งประเภทตามประโยชน์ใช้สอยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก คือ (1) ธูปก้านทั่วไป (Traditional incense) (2) ธูปหอมหรือกำยานเพื่อการผ่อนคลาย (Aromatic incense) และ (3) ธูปที่ใช้ในโบสถ์คาทอลิก (Church incense) ซึ่งตัวอย่างชนิดธูปที่นำไปใช้ประโยชน์ในแต่ละรูปแบบดังแสดงในตารางที่ 1

## 3. สารอันตรายที่พบในสถานประกอบพิธีกรรมที่มีการใช้ธูป

มีหลักฐานที่กล่าวถึงการกระจายมลสารในอากาศบริเวณสถานประกอบพิธีกรรมทางศาสนาหลายแห่ง โดยเฉพาะบริเวณวัดทั้งต่างประเทศและในประเทศไทย สารอันตรายหลายชนิดที่พบ ได้แก่ สารอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile organic compounds) สารอินทรีย์กึ่งระเหย (semi-volatile organic compounds) อนุภาคแขวนลอย (particulate matter) และก๊าซบางชนิด มีผลงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับชนิดและปริมาณสารมลพิษในอากาศบริเวณสถานประกอบพิธีกรรมทางศาสนา ซึ่งสามารถรวบรวมชนิดและปริมาณสารอันตรายต่างๆ ที่ตรวจพบได้ดังแสดงในตารางที่ 2 สารแต่ละชนิดที่ตรวจพบมีความเป็นอันตรายต่อสุขภาพแตกต่างกัน บางชนิดมีความเป็นอันตรายถึงขั้น



ก่อเกิดมะเร็งต่อร่างกายของมนุษย์ได้ ดังตัวอย่างการเผยแพร่ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับ “สารก่อมะเร็ง ภัยเงียบที่มาพร้อมกับควันธูป” เมื่อปี 2551 โดยนายแพทย์มณูญ ลิ้มวงวงศ์ ที่ได้นำเสนอว่า ควันธูปที่ปล่อยออกมาเป็นตัวการสำคัญอีกชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดมะเร็ง เนื่องจากควันธูปประกอบไปด้วยสารก่อมะเร็ง เช่น เบนซีน 1,3-บิวทาไดอิน และเบนโซเอไพรีน

อีกทั้งในสถานที่ที่จุดธูปมีสารก่อมะเร็งสูงกว่าบริเวณที่ไม่จุดถึง 63 เท่า เมื่อเปรียบเทียบความรุนแรงของธูป 1 ดอกสามารถก่อให้เกิดผลกระทบเทียบเท่ากับบุหรี่ 1 มวน และหากจุดธูปในบ้าน 3 ดอก โดยไม่ระบายอากาศ สามารถก่อมลพิษเทียบเท่าสี่แยกที่มีการจราจรหนาแน่น (ศูนย์สื่อสารวิทยาศาสตร์ไทย, 2551)

#### ตารางที่ 1 ตัวอย่างชนิดธูปที่แบ่งตามการใช้ประโยชน์

| ประเภทของธูป                                                                                                           | ตัวอย่างธูป                                                                        | การนำไปใช้                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Traditional incense <sup>ก</sup><br> | ธูปก้าน (ชนิดควันมากและควันน้อย) ธูปหอมต่างๆ เป็นธูปสัณฐานชาติ แต่งกลิ่น แต่งสี    | ใช้ในการประกอบพิธีกรรมในศาสนสถาน ลักการบูชาสิ่งศักดิ์สิทธิ์                                                                         |
| Aromatic incense <sup>ข</sup><br>   | ธูปหอมต่างๆ ธูปสมุนไพร (แบบก้าน แบบชด แบบเส้น) และกำยาน ที่มีการแต่งกลิ่นและแต่งสี | ใช้จุดให้เกิดกลิ่นหอมเพื่อการผ่อนคลาย และช่วยดับกลิ่นในสถานบริการด้านสุขภาพ เช่น สถานนวดแผนโบราณ สถานทำสปา สถานเสริมความงาม เป็นต้น |
| Church incense <sup>ค</sup><br>     | ธูปผง ธูปอัดเม็ด มีทั้งแบบสัณฐานชาติ และแต่งกลิ่น แต่งสี                           | ใช้ในการประกอบพิธีกรรมในโบสถ์คริสต์เป็นหลัก                                                                                         |

หมายเหตุ: (ก) ภาพนำมาจาก <http://www.khalong.com/board2/viewthread.php?tid=10679>

(ข) ภาพนำมาจาก <http://www.sabuyplaza.com/upload/product/46/1846/P184600708853.jpg>

(ค) ภาพนำมาจาก <http://www.marianland.com/milagrosaintinsense/KD482.html>

จากข้อมูลที่รวบรวมในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าการตรวจพบมลสารทางอากาศหลายชนิดในบริเวณวัดต่างๆ ได้แก่ ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>) โลหะในฝุ่น (เช่น เหล็ก โคโรเนียม สังกะสี เป็นต้น) สารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

(PAHs) สารอินทรีย์ระเหยง่าย (อาทิ สารกลุ่มอัลเคน เบนซีน โทลูอีน 1,3-บิวทาไดอีน ฟอร์มาลดีไฮด์ อะซีตัลดีไฮด์ และเมทิลคลอไรด์) ซึ่งสารแต่ละชนิดมีระดับที่ตรวจพบแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษา ข้อมูลการตรวจพบและสถานการณ์การแพร่กระจายของมลสารต่างๆ เป็นดังนี้

**ตารางที่ 2** มลสารสำคัญทางอากาศที่ตรวจพบภายในบริเวณวัด

| สถานที่ศึกษา                                                       | ชนิดสาร                                                                                                                                                                                        | ประมาณที่ตรวจพบ                                                                                                                                                                                                                                                | แหล่งอ้างอิง                             |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| วัดในเมือง Tainan<br>ประเทศไต้หวัน<br>- ภายในวัด<br>- บริเวณรอบวัด | Total PAHs<br>BaP<br>Total PAHs                                                                                                                                                                | 6,258 ng/m <sup>3</sup><br>71.5 - 124.2 ng/m <sup>3</sup><br>231 ng/m <sup>3</sup>                                                                                                                                                                             | Lin, Chang, Hsieh,<br>Chao & Chao (2002) |
| วัด Tzu Yun Yen<br>เมือง Taichung<br>ประเทศไต้หวัน                 | PM <sub>2.5</sub><br>PM <sub>10</sub><br>Fe (ใน PM <sub>2.5</sub> และ PM <sub>10</sub> )<br>Zn (ใน PM <sub>2.5</sub> และ PM <sub>10</sub> )<br>Cr (ใน PM <sub>2.5</sub> และ PM <sub>10</sub> ) | 63.3 µg/m <sup>3</sup><br>89.7 µg/m <sup>3</sup><br>894 และ 1,462 ng/m <sup>3</sup><br>392 และ 511 ng/m <sup>3</sup><br>360 และ 507 ng/m <sup>3</sup>                                                                                                          | Fang et al. (2002)<br>Fang et al. (2003) |
| วัดในประเทศฮ่องกง                                                  | CO<br>NO <sub>x</sub><br>PM <sub>10</sub><br>PM <sub>2.5</sub><br>Formaldehyde<br>Acetaldehyde<br>Methyl chloride<br>Benzene<br>Toluene                                                        | 1.2 - 8.8 ppm<br>33 - 130 ppb<br>140 - 1,500 µg/m <sup>3</sup><br>100 - 1,300 µg/m <sup>3</sup><br>75 - 390 µg/m <sup>3</sup><br>42 - 110 µg/m <sup>3</sup><br>2.1 - 139.2 µg/m <sup>3</sup><br>1.86 - 146.0 µg/m <sup>3</sup><br>0.8 - 87.0 µg/m <sup>3</sup> | Wang, Lee, Ho & Kang<br>(2007)           |
| วัดในเมือง Taichung<br>และเมือง Tainan<br>ประเทศไต้หวัน            | PM <sub>10</sub><br>Total PAHs<br>BaP                                                                                                                                                          | 557 µg/m <sup>3</sup><br>1,468 ng/m <sup>3</sup><br>23.8 ng/m <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                     | Kuo, Yang, Chao & Hu<br>(2008)           |
| วัดในจังหวัดสมุทรปราการ<br>ฉะเชิงเทรา และ<br>พระนครศรีอยุธยา       | Benzene<br>1,3-Butadiene<br>Total PAHs<br>BaP                                                                                                                                                  | 98.82 µg/m <sup>3</sup><br>10.46 µg/m <sup>3</sup><br>18.02 ng/m <sup>3</sup><br>2.52 ng/m <sup>3</sup>                                                                                                                                                        | Navasumrit et al. (2008)                 |



## ตารางที่ 2 (ต่อ)

| สถานที่ศึกษา                                                       | ชนิดสาร                                    | ประมาณที่ตรวจพบ                                                                                 | แหล่งอ้างอิง                                                         |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| วัดในเมือง Tainan<br>ประเทศไต้หวัน<br>- ภายในวัด<br>- บริเวณรอบวัด | BaP                                        | 142.45 ng/m <sup>3</sup><br>36.28 ng/m <sup>3</sup>                                             | Lin, Chang, Hsieh, Chao & Chao (2002) อ้างถึงใน Chiang et al. (2009) |
| วัดในเมือง Xiamen<br>ประเทศจีน                                     | TSP<br>n-alkanes (C14 - C35)<br>Total PAHs | 68 - 570 µg/m <sup>3</sup><br>1.6 - 100.0 µg/m <sup>3</sup><br>19.16 - 119.48 ng/m <sup>3</sup> | Wu, Wang, Hong & Yan, (2009)                                         |

หมายเหตุ: ng/m<sup>3</sup> หมายถึง นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร µg/m<sup>3</sup> หมายถึง ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ppm หมายถึง ส่วนในล้านส่วน และ ppb หมายถึง ส่วนในพันล้านส่วน

จากหลักฐานการตรวจพบอนุภาคฝุ่น (ได้แก่ PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> และฝุ่นรวม (Total suspended particles)) ในหลายพื้นที่ พบว่ามีระดับการแพร่กระจายในปริมาณสูงและมีค่าเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่กำหนด ยกตัวอย่างเช่น ความเข้มข้นของฝุ่น PM<sub>10</sub> ที่ตรวจพบภายในวัด Tzu Yun Yen ประเทศไต้หวันที่มีค่าสูงเกิน 100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 40% ของค่าที่ตรวจวัดทั้งหมด (Fang et al., 2002) การศึกษาภายในโบสถ์ของวัดที่ประเทศฮ่องกง พบความเข้มข้นฝุ่น PM<sub>10</sub> เกินมาตรฐาน IAQO 8-h Good Class Standard ภายในอาคาร (180 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดของความเข้มข้นของฝุ่น PM<sub>10</sub> เท่ากับ 1,500 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ PM<sub>2.5</sub> เท่ากับ 1,300 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งตรวจพบในช่วงเทศกาลที่มีผู้เข้ามาในวัดเป็นจำนวนมาก และค่าความเข้มข้นของฝุ่นทั้งสองชนิดที่ตรวจวัดในโบสถ์มีค่าสูงกว่าภายนอกโบสถ์ (Wang, Lee, Ho & Kang, 2007) นอกจากนี้ยังพบปริมาณฝุ่น PM<sub>10</sub> ในอากาศที่เจ้าหน้าที่ของวัดในเมือง Taichung และเมือง Tainan ประเทศไต้หวันได้รับสัมผัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 557 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและในวันทำบุญพิเศษมีปริมาณเป็น 1.7 เท่าของวันทั่วไป (Kuo, Yang, Chao & Hu, 2008) สำหรับการตรวจวัดปริมาณฝุ่นรวม (Total suspended particles) ที่วัดในเมือง Xiamen ประเทศจีน พบอยู่ระหว่าง 168 - 570 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานฝุ่นรวมในบรรยากาศที่กำหนดไว้เท่ากับ 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ประมาณ

1.5 เท่า อีกทั้งยังพบในปริมาณที่สูงกว่าปริมาณฝุ่นรวมที่ตรวจวัดที่ศูนย์จอดรถโดยสารและในมหาวิทยาลัย (Wu, Wang, Hong & Yan, 2009) จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงการเผาไหม้รูปเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของการแพร่กระจายฝุ่นภายในวัด นอกจากปริมาณของอนุภาคฝุ่นจะมีความสำคัญต่อการบ่งชี้ความเป็นอันตรายต่อสุขภาพประชาชนแล้ว ยังมีการศึกษาที่ตรวจพบโลหะหลายชนิดในฝุ่น ได้แก่ ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี เหล็ก นิกเกิล โครเมียม แมงกานีส แคดเมียม แต่ชนิดที่พบเป็นหลักคือ เหล็ก สังกะสี และตะกั่ว โดยมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยใน PM<sub>2.5</sub> เท่ากับ 894, 392 และ 360 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และใน PM<sub>10</sub> เท่ากับ 1,462, 511 และ 507 ตามลำดับ (Fang et al., 2003)

นอกเหนือจากการตรวจพบอนุภาคฝุ่นแล้ว ยังมีผลการศึกษาวิจัยที่พบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เฉลี่ยสูงเกินมาตรฐาน ดังเช่นในวัดที่ประเทศฮ่องกงที่ตรวจวัดได้สูงสุด 8.8 ppm หรือส่วนในล้านส่วน และมีค่าเกินมาตรฐาน IAQO (an interval-based air quality index optimization) 8-h Good Class Standard (<8.75 ppm) ของประเทศฮ่องกง (Wang, Lee, Ho & Kang, 2007)

สำหรับมลสารทางอากาศที่จัดเป็นสารอันตรายระยะยาวและสารอินทรีย์กึ่งระเหยมีการตรวจพบในปริมาณที่ค่อนข้างสูงเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น พบสารฟอร์มัลดีไฮด์และอะซีตัลดีไฮด์ในโบสถ์ของวัดที่ประเทศฮ่องกง อยู่ในช่วง 110 - 210 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าสูงเกินค่ามาตรฐาน

IAQO 8-h Good Class Standard และมาตรฐาน WHO ที่กำหนดไว้ที่ 100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบเบนซีน (146 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) เกินค่ามาตรฐาน IAQO 8-h Good Class Standard ซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 16.1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนโพลีไธลีนยังพบค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้เท่ากับ 1,092 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Wang, Lee, Ho & Kang, 2007) ในขณะที่ค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) (21 ชนิด) ที่ตรวจพบภายในวัดในประเทศไต้หวันมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 6,258 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และสูงกว่าบริเวณโดยรอบวัด (231 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ถึง 27 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่าค่าความเข้มข้นรวมของ PAHs เฉลี่ยคิดเป็น 1/23 ของค่ามาตรฐานของ OSHA และคิดเป็น 1/16 ของค่ามาตรฐานการรับสัมผัสของพนักงานในโรงงานผลิตน้ำมันดินจากถ่านหินในช่วง 10 ชั่วโมงการทำงานในหนึ่งวัน และ 40 ชั่วโมงการทำงานในหนึ่งสัปดาห์ที่แนะนำโดย NIOSH (Lin, Chang, Hsieh, Chao & Chao, 2002) และที่บริเวณวัดในเมือง Xiamen ประเทศจีน พบค่าความเข้มข้นรวมของสาร PAHs (16 ชนิด) อยู่ในช่วง 19.16 - 119.48 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตรโดยมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดบริเวณศูนย์จอดรถโดยสาร แต่สูงกว่าในบริเวณมหาวิทยาลัย (Wu, Wang, Hong & Yan, 2009) สำหรับการศึกษาในวัดของประเทศไทยที่จังหวัดสมุทรปราการ จะเชิงเทรา และพระนครศรีอยุธยา พบว่าปริมาณสารเบนซีน 1,3-บิวทาไดอิน และสาร PAHs ที่ตรวจวัดในอากาศบริเวณวัดในจังหวัดสมุทรปราการ จะเชิงเทรา และพระนครศรีอยุธยา มีค่าประมาณ 98.82, 10.46 และ 18.02 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และสารทั้งสามชนิดที่ตรวจพบในวัดมีค่าสูงกว่าบริเวณพื้นที่อ้างอิงคิดเป็น 4, 261 และ 12.5 เท่า ตามลำดับ (Navasumrit et al., 2008)

ในกลุ่มสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน สารเบนโซไพรีน (BaP) ถือเป็นสารชนิดหนึ่งที่ IARC (International Agency for Research on Cancer) จัดอยู่ในกลุ่มสารที่น่าจะก่อเกิดมะเร็งในมนุษย์ (2A) และ US EPA จัดเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (B2) จึงมีการศึกษาที่ใช้สารชนิดนี้เป็นตัวบ่งชี้ความเป็นอันตรายในสิ่งแวดล้อม มีหลักฐานที่ตรวจพบสาร BaP

ภายในวัดอยู่ในช่วง 71.5 - 124.2 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นระดับที่สูงกว่าระดับสูงสุดที่ยอมให้ปรากฏในบรรยากาศทั่วไปที่กำหนดไว้ที่ 1 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตาม ยังไม่เกินค่าขีดจำกัดการรับสัมผัสสารในสถานประกอบการของประเทศเยอรมัน ที่กำหนดไว้ที่ 2,000 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Lin, Chang, Hsieh, Chao & Chao, 2002) นอกจากนี้ Chiang, Chio, Chiang & Liao (2009) พบปริมาณสารเบนโซไพรีน (BaP) ที่วิเคราะห์ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอนในอากาศบริเวณภายในและบริเวณโดยรอบวัดในเมือง Taichung และเมือง Tainan ประเทศไต้หวัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 142.45 และ 36.28 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และปริมาณสาร BaP ในวันทั่วไปมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.8 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในวันที่เป็นวันทำบุญพิเศษมีปริมาณเป็น 1.3 เท่าของวันทั่วไป (Kuo, Yang, Chao & Hu, 2008)

จากข้อมูลการตรวจพบมลสารทางอากาศชนิดต่างๆ ในบริเวณวัดตามที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น แสดงให้เห็นถึงการเผาไหม้รูปในวัดเป็นแหล่งปลดปล่อยมลสารที่เป็นอันตรายหลายชนิดสู่บรรยากาศบริเวณโดยรอบ

#### 4. การเผาไหม้รูปและมลสารสำคัญในควันรูป

เมื่อพิจารณาถึงวัตถุดิบหลากหลายชนิดที่นำมาผลิตรูปอันประกอบด้วย ขี้เลื่อย กาว น้ำมันหอมสกัดจากพืช ไม้หอม ใบไม้ เปลือกไม้ รากไม้ เมล็ดพืช เรซิน และสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำหอม ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้พอกอยู่บนก้นไม้ เมื่อมีการเผาไหม้รูปซึ่งถือเป็นการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จึงเกิดสารต่างๆ ที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ดังหลักฐานที่ตรวจพบมลสารต่างๆ หลายชนิดในพื้นที่ที่มีการใช้รูป ควันรูปที่เกิดจากการเผาไหม้ประกอบด้วยมลสารหลายประเภท โดยชนิดและปริมาณของมลสารขึ้นอยู่กับวัตถุดิบในการผลิตรูป และชนิดของรูป จากรายงานผลการศึกษาระดับการปลดปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้รูปโดยตรง โดยเน้นการเก็บตัวอย่างควันรูปจากตู้เก็บระบบปิด (chamber) สามารถจำแนกชนิดของมลสารสำคัญที่ตรวจพบได้ดังนี้

##### 4.1 อนุภาคฝุ่น

ผลการศึกษาอนุภาคฝุ่นในควันรูปจากการศึกษาของ Jetter, Guo, McBrien & Flynn (2002) พบว่าค่าการปลดปล่อย (emission factor) ของอนุภาค PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub> ของรูปตัวอย่าง 23 ชนิดอยู่ระหว่าง 5.0 - 55.7



และ 4.9 - 59.4 มิลลิกรัมต่อหนึ่งกรัมรูป ตามลำดับ และการศึกษาในประเทศฮ่องกงของ Lee and Wang (2004) พบว่า ในระหว่างการเผาไหม้ของรูปตัวอย่าง 10 ชนิด ซึ่งประกอบด้วยรูป 3 ประเภท ได้แก่ Tradition incense, Aromatic incense และ Church incense สามารถตรวจวัดค่าการปลดปล่อยของอนุภาค  $PM_{2.5}$  และ  $PM_{10}$  อยู่ในช่วง 7.7 - 205.4 และ 8.5 - 241.2 มิลลิกรัมต่อหนึ่งกรัมรูป ตามลำดับ และคิดเป็นสัดส่วนเฉลี่ยของ  $PM_{2.5}$  ต่อ  $PM_{10}$  ของรูปทั้ง 3 ชนิดเท่ากับ 88.6, 84.3 และ 85.7% ตามลำดับ สำหรับการศึกษามีปริมาณอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดต่ำกว่า 18 ไมครอนจากการเผาไหม้รูป 9 ชนิด ด้วยเครื่อง micro-orifice uniform deposited impactor (MOUDI) พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของอนุภาคฝุ่น (Mass Median Aerodynamic Diameter: MMAD) มีค่าเท่ากับ  $262 \pm 49$  นาโนเมตร และมีค่าการปลดปล่อยเฉลี่ยเท่ากับ 34.6 มิลลิกรัมต่อหนึ่งกรัมรูป (Yang, Lin and Chang, 2007) นอกจากนี้ มีการศึกษาตัวอย่างรูปในประเทศไทย พบว่าค่าการปลดปล่อยอนุภาค  $PM_{10}$  ของรูปตัวอย่าง 20 ชนิด ที่จัดกลุ่มเป็น 4 ประเภท ได้แก่ รูปชนิดมีก้านมีควัน มีก้านไร้ควัน ไม่มีก้านมีควัน และไม่มีก้านไร้ควัน อยู่ในช่วง 8.7 - 28.9, 2.1 - 13.9, 15.3 - 28.3 และ 6.2 - 13.1 มิลลิกรัมต่อหนึ่งกรัมรูป ตามลำดับ (ชนพร ฐนัษฐศิลป์ และภัทรพร เกียรติธรรม (2551); เบญจวรรณ คำศรี และวชิราวรรณ นนทนก (2552))

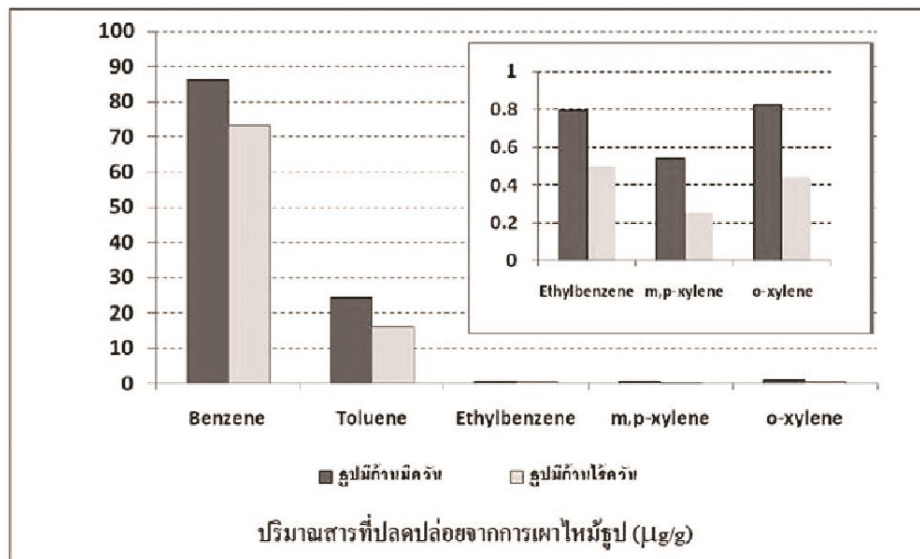
#### 4.2 สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: VOCs)

สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่สามารถตรวจพบในควันรูปมีหลายชนิด ได้แก่ methyl chloride, methylene chloride, cis-1,2-dichloroethene, chloroform, 1,2-

dichloroethane, benzene, toluene, ethylbenzene, m,p-xylene, styrene และ o-xylene แต่ชนิดหลักที่พบและมีปริมาณค่อนข้างสูงคือ benzene, toluene และ methylene chloride จากการศึกษารายงานของ Lee and Wang (2004) พบปริมาณการปลดปล่อย benzene, toluene และ methylene chloride จากการเผาไหม้รูปอยู่ในช่วง 175 - 1,252, 39 - 661 และ 30 - 567 ไมโครกรัมต่อหนึ่งกรัมรูป สำหรับการศึกษารูปตัวอย่างในประเทศไทย 10 ชนิด โดยแบ่งเป็นประเภทรูปมีก้านมีควัน และมีก้านไร้ควัน พบค่าเฉลี่ยอัตราการปลดปล่อยสาร benzene, toluene, ethylbenzene, m,p-xylene, และ o-xylene (ดังแสดงในภาพที่ 1) ตามลำดับ โดยพบ benzene และ toluene เป็นหลักซึ่งมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 86.34 และ 24.45 ไมโครกรัมต่อหนึ่งกรัมรูปสำหรับรูปมีก้านมีควัน และมีค่า 73.24 และ 16.14 ไมโครกรัมต่อหนึ่งกรัมรูปสำหรับรูปมีก้านไร้ควัน

#### 4.3 ก๊าซชนิดต่างๆ

ก๊าซที่เป็นมลสารสำคัญที่เกิดจากการเผาไหม้รูป ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนตริกออกไซด์ (NO) ไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $NO_2$ ) ออกไซด์ของไนโตรเจน ( $NO_x$ ) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) และมีเทน ( $CH_4$ ) โดยก๊าซ  $CO_2$  และ CO เป็นชนิดหลักที่พบและมีปริมาณการปลดปล่อยขณะเผาไหม้ค่อนข้างสูง โดยพบอยู่ในช่วง 1.4 - 1,070.9 และ 1.0 - 227.7 มิลลิกรัมต่อหนึ่งกรัมรูป ตามลำดับ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (อาทิ NO,  $NO_2$ ,  $NO_x$ ) มีค่าการปลดปล่อยอยู่ระหว่าง 0.1 - 3.3 มิลลิกรัมต่อหนึ่งกรัมรูป ส่วนก๊าซ  $CH_4$  มีค่าการปลดปล่อยอยู่ระหว่าง 0.4 - 9.6 มิลลิกรัมต่อหนึ่งกรัมรูป (Lee and Wang, 2004)

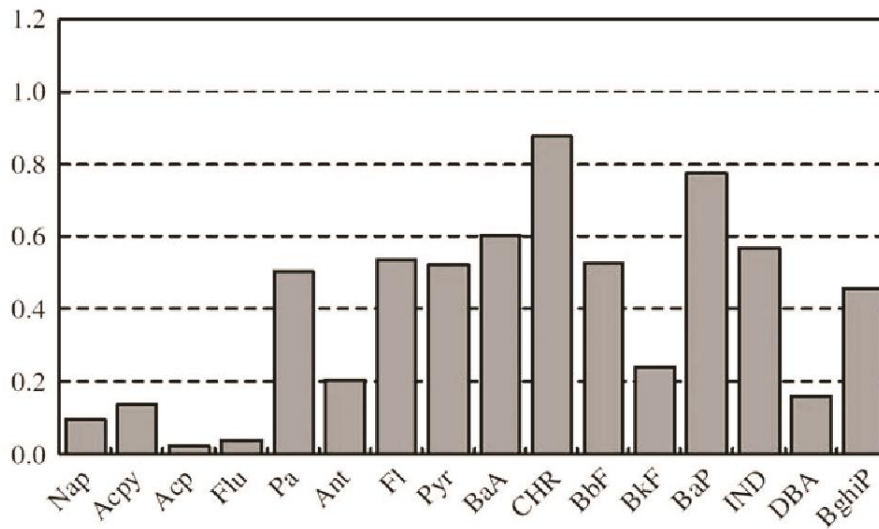


ภาพที่ 1 อัตราการปลดปล่อย BTEX ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์รูปมีถ่านมีควันและไม่มีถ่านไร้ควัน (ไม่โครกรัมต่อกรัมรูป) (ดัดแปลงจาก ภัทราวาท ตะวันวงศ์ และสิตา หล่อจิตต์เสียง, 2553)

#### 4.4 สารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

จากการศึกษาลักษณะการกระจายตัวและความเข้มข้นของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน หรือ PAHs จากการเผาไหม้รูปที่ผลิตที่ประเทศจีนและจำหน่ายที่ประเทศไต้หวันในตู้เก็บระบบปิด (chamber) โดย Yang, Lin and Chang (2007) พบว่าปริมาณการปลดปล่อยสาร PAHs ชนิดที่เป็นก๊าซ (G-PAHs) มีค่าเท่ากับ 17.6 ไมโครกรัมต่อหนึ่งกรัมรูป และชนิดที่ดูดซับบนอนุภาค (S-PAHs) มีค่าเท่ากับ 6.0 ไมโครกรัมต่อหนึ่งกรัมรูป การศึกษาครั้งนี้ยังชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นของปริมาณคาร์บอนในรูปกับปริมาณ S-PAHs ที่เกิดขึ้น

จากการเผาไหม้ โดยพบว่าเมื่อคาร์บอนในรูปลดลงประมาณ 40 - 45% จะทำให้ปริมาณ S-PAH ลดลงในช่วง 8.7 - 26% สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ PAHs 16 ชนิดที่ดูดซับบนอนุภาคโดยน้ำหนัก สาร naphthalene พบในปริมาณที่น้อยมากคือ 1 - 3% ของปริมาณ PAHs รวม สารประกอบ PAHs ที่มี 3 - 4 วง พบมากโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 50 - 56% ของปริมาณ PAHs รวม ในขณะที่สารประกอบ PAHs ตั้งแต่ 5 วงขึ้นไปมีปริมาณสูงเป็นอันดับสอง โดยพบ 42 - 48% (ดังแสดงในภาพที่ 2) ซึ่งอธิบายถึงรูปแบบการกระจายตัวของสาร PAHs 16 ชนิด ในตัวอย่างรูปชนิดหนึ่ง



**ภาพที่ 2** สาร PAHs แต่ละชนิดที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอยในรูปตัวอย่าง (ไม่โครแกรมต่อหนึ่งกรัมรูป)  
(ที่มา: Yang, Lin and Chang, 2007)

สำหรับรูปที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ธนพร ธนังชูศิลป์ และภัทพร เกียรติธรรม (2008) ได้ศึกษาปริมาณพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (pPAHs) ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) ในควันรูป โดยศึกษาการเผาไหม้ผลิตภัณฑ์รูป 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์รูปมีก้านชนิดมีควันและไร้ควัน ผลิตภัณฑ์รูปไม่มีก้านชนิดมีควันและไร้ควัน การปลดปล่อยของสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอยรวมเฉลี่ยของรูปไม่มีก้านมีควันสูงที่สุดที่ระดับ  $40.39 \mu\text{g/g}$  รองลงมาคือ รูปชนิดไม่มีก้านไร้ควัน ชนิดมีก้านมีควัน และชนิดมีก้านไร้ควัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.04, 15.67 และ  $6.90 \mu\text{g/g}$  ตามลำดับ กลุ่มผลิตภัณฑ์รูปชนิดไม่มีก้านทั้งที่มีควันและไร้ควันมีการปลดปล่อยที่สูงกว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์รูปชนิดที่มีก้านอย่างมีนัยสำคัญ ชนิดของ PAHs ที่พบหลักในทุกผลิตภัณฑ์รูป ได้แก่ Fluorene Benzo(g,h,i) pyrene Benzo(a)pyrene และ Dibenzo(a,h)anthracene อย่างไรก็ตาม เบญจวรรณ คำศรี และวชิราวรรณ นนทกนก (2552) ได้ให้ข้อสังเกตจากการศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนในรูปที่มีต่อการปลดปล่อยสาร PAHs ไว้ว่า รูปแบบการกระจายตัวของสาร PAHs ที่ดูดซับบนอนุภาคที่เล็กกว่า 10 ไมครอนที่เกิดจากการเผาไหม้รูปมีรูปแบบที่แตกต่างกันเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเพื่อแต่งสีแต่งกลิ่นแตกต่าง

กัน และเมื่อพิจารณาค่าศักยภาพในการก่อเกิดมะเร็งของสาร PAHs ในแต่ละผลิตภัณฑ์รูป พบว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์รูปที่มีก้านไร้ควันที่ไม่แต่งสีและกลิ่นมีค่าต่ำที่สุด

## 5. ผลกระทบจากการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศบางชนิดและความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในสถานประกอบพิธีกรรม

มีการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศบางชนิดและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพของผู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับการเผาไหม้รูปในบริเวณสถานประกอบพิธีกรรม โดยส่วนใหญ่มุ่งเน้นศึกษาชนิดสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบในระยะยาว อาทิ สาร PAHs สารเบนซีน โทลูอีน เอทิลเบนซีน เอ็มพี-ไซลีน และโอไซลีน

Kuo, Yang, Chao & Hu (2008) ซึ่งให้เห็นถึงความแตกต่างของระดับการรับสัมผัสสาร PAHs ของเจ้าหน้าที่ของวัดในเมือง Taichung และเมือง Tainan ประเทศไต้หวัน เปรียบเทียบกลุ่มคนที่อยู่ในพื้นที่ที่ไม่มีการเผาไหม้รูปหรือกลุ่มควบคุม โดยตรวจวัดในวันธรรมดาทั่วไปและวันทำบุญพิเศษ พบว่า วันธรรมดาทั่วไปมีค่าเท่ากับ 1,468 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งพบสูงกว่าในบริเวณคนที่อยู่ในพื้นที่ควบคุมที่เป็นที่พักอาศัยถึง 145 เท่า และในวันที่เป็นวันทำบุญพิเศษจะมีปริมาณเป็น 1.3 เท่าของวันธรรมดาทั่วไป

นอกจากนี้ ยังมีหลักฐานทางการศึกษาตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarkers) ที่เกี่ยวข้องกับการรับสัมผัสสารเบนซีน (ได้แก่ เบนซีนในเลือด สารเมตาบอไลต์ในปัสสาวะชนิด *trans,trans*-muconic acid และ *S*-phenylmercapturic acid) สาร 1,3-บิวทาไดโอริน (สาร monohydroxybutenyl mercapturic acid ในปัสสาวะ) และสาร PAHs (สาร 1-hydroxypyrene) โดยพบปริมาณสารตัวบ่งชี้ทางชีวภาพดังกล่าวในกลุ่มผู้ที่ปฏิบัติงานในวัดที่จังหวัดสมุทรปราการ จะสูงเกิน และอายุยืนยาวกว่าในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้อยู่บริเวณวัดอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งพบหลักฐานการทำลาย ดีเอ็นเอ (DNA damage) และสายดีเอ็นเอมีการแตกหัก (DNA strand breaks) ในกลุ่มผู้ที่ปฏิบัติงานในวัดสูงกว่าในกลุ่มควบคุมประมาณ 2 เท่า (Navasumrit et al., 2008)

จากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในเขตกรุงเทพมหานครที่รับสัมผัสสารเบนซีน โทลูอีน เอทิลเบนซีน เอ็มพี-ไซลีน และโอไซลีน หรือ สาร BTEX ซึ่งทำการศึกษาโดย Maspit & Prueksasit (2013) ที่ศาลท้าวมหาพรหม บริเวณแยกราชประสงค์ และวัดกัลยาณมิตร ฝั่งธนบุรี พบว่า ค่าความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งตลอดอายุขัย (70 ปี) จากการรับสัมผัสสารเบนซีนและเอทิลเบนซีน ผ่านทางการหายใจของผู้ปฏิบัติงานที่ประเมินจากการทำงานเป็นเวลา 30 ปี ของทั้งสองวัดมีค่าอยู่ในช่วง  $5.88 \times 10^{-5}$  -  $1.02 \times 10^{-4}$  และ  $2.08 \times 10^{-5}$  -  $3.6 \times 10^{-5}$  ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามคำแนะนำขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US EPA) ที่กำหนดไว้เท่ากับ  $1 \times 10^{-6}$  สำหรับสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง อย่างเช่น โทลูอีน เอ็มพี-ไซลีน และโอไซลีน ยังไม่พบระดับความเสี่ยงอันตรายที่เกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้

## 6. บทสรุป

จากข้อมูลที่ได้รวบรวมดังกล่าวข้างต้น คงจะปฏิเสธความเป็นอันตรายที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสสารมลพิษที่มาับควันธูปไม่ได้ อย่างไรก็ตาม ถือเป็นเรื่องยากสำหรับประชาชนชาวไทยที่จะหลีกเลี่ยงการใช้ธูปในการประกอบพิธีกรรมทางศาสนาและการสักการบูชาสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่างๆ เมื่อมีความจำเป็นต้องใช้ธูปหรือปฏิบัติหน้าที่ในบริเวณที่มีการเผาไหม้ธูป จึงควรมีวิธีการใช้ธูปและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องให้ถูกต้อง และเหมาะสมเพื่อความปลอดภัยและเกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพของผู้ที่สัมผัสน้อยที่สุด โดยเฉพาะในกลุ่มบุคคลที่ต้องสัมผัสกับควันธูปเป็นประจำและต่อเนื่อง

เป็นระยะเวลานาน ดังนั้น ผู้บริโภคหรือผู้ที่เกี่ยวข้องควรพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์ธูปที่ใช้ให้เหมาะสม โดยคำนึงถึงชนิดธูปที่มีการปลดปล่อยมลสารน้อย อาทิ ธูปที่ใช้วัตถุดิบคุณภาพดีในการผลิตที่ก่อให้เกิดควันธูปน้อยหรือธูปชนิดไร้ควัน ไม่ควรเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสีและแต่งกลิ่น เพราะเป็นการเพิ่มองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในธูปที่จะถูกเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์มากขึ้น ผู้ผลิตควรระมัดระวังการใช้ในการผลิตให้ชัดเจนเพื่อประโยชน์ต่อผู้บริโภคในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ และควรปรับปรุงแบบการใช้ธูปโดยไม่จำเป็นต้องปล่อยให้ธูปเผาไหม้จนหมดดอก หากมีความจำเป็นในการใช้ธูปควรติดตั้งกระถางธูปในบริเวณที่มีการถ่ายเทอากาศสะดวก เพื่อลดการสะสมตัวของมลสารในบริเวณที่มีขอบเขตจำกัด สำหรับสถานประกอบพิธีกรรมต่างๆ ควรพิจารณาจัดตำแหน่งการวางกระถางธูปให้อยู่ในที่โล่ง และผู้ปฏิบัติงานควรสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน (เช่น หน้ากากป้องกันควัน หรือไอระเหย แวนตา เป็นต้น) เพื่อลดโอกาสการรับสัมผัสมลสารต่างๆ ซึ่งถือเป็นวิธีการสำคัญในการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในภายหลังได้

## เอกสารอ้างอิง

- ธนพร ธนังชูลี และภัทรพร เกียรติธรรม (2551) ปริมาณสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอยในควันธูป. รายงานโครงการวิจัยระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- เบญจวรรณ คำศรี และวชิราวรรณ นนทนก (2552) ผลของปริมาณคาร์บอนในธูปที่มีต่อการปลดปล่อยสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (pPAHs). รายงานโครงการวิจัยระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- ภัทราวุธ ตะวันวงศ์ และสิดา หล่อจิตต์เสียง (2553) ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยจากการเผาไหม้ของธูป. รายงานโครงการวิจัยระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- ศูนย์สื่อสารวิทยาศาสตร์ไทย (2551) วิจัยพบควันธูป 1 ดอก มีสารก่อมะเร็งเท่าบุหรี่ 1 มวน. [Online]. แหล่งที่มา: <http://www.nstda.or.th/sci2pub/thaismc/factsheet/hotnews/FS-008.pdf> [2012, Jan 25]



- Chiang, K-C., Chio, C-P., Chiang, Y-H. and Liao, C-M. (2009). Assessing hazardous risks of human exposure to temple airborne polycyclic aromatic hydrocarbons. *Journal of Hazardous Materials*, 166, 676 - 685.
- Fang, G-C., Chang, C-N., Wu, Y-S., Yang, C-J., Chang, S-C. and Yang, I-L. (2002). Suspended particulate variations and mass size distributions of incense burning at Tzu Yun Yen temple in Taiwan, Taichung. *The Science of the Total Environment*, 299, 79 - 87.
- Fang, G-C., Chang, C-N., Chu, C-C., Wu, Y-S., Fu, P P-C., Chang, S-C. and Yang, I-L. (2003). Fine ( $PM_{2.5}$ ), coarse ( $PM_{2.5-10}$ ), and metallic elements of suspended particulates for incense burning at Tzu Yun Yen temple in central Taiwan. *Chemosphere*, 51, 983 - 991.
- Jetter, J.J., Guo, Z., McBrian, J.A. and Flynn, M.R. (2002). Characterization of emissions from burning incense. *The Science of the Total Environment*, 295, 51 - 67.
- Kuo, C-Y., Yang, Y-H., Chao, M-R. and Hu, C-W. (2008). The exposure of temple workers to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Science of the Total Environment*, 401, 44 - 50.
- Lee, S-C. and Wang, B. (2004). Characteristics of emissions of air pollutants from burning of incense in a large environmental chamber. *Atmospheric Environment*, 38, 941 - 951.
- Lin, T-C., Chang, F-H., Hsieh, J-H., Chao H-R. and Chao, M-R. (2002). Characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons and total suspended particulate in indoor and outdoor atmosphere of a Taiwanese temple. *Journal of Hazardous Materials*, A95, 1 - 12.
- Maspat, V. and Prueksasit, P. (2013). Health risk assessment of workers exposure to BTEX from incense smoke at worship places in Bangkok. *Journal of Health Research*, 27(3), 149 - 156.
- Navasumit P., Arayasiri M., Hiang, O.M.T., Leechawengwongs, M., Promvijit, J., Choonvisase, S., Chantchaemsai, S., Nakngam, N., Mahidol, C. and Ruchirawat, M. (2008). Potential health effects of exposure to carcinogenic compounds in incense smoke in temple workers. *Chemico-Biological Interactions*, 173, 19 - 31.
- Wang, B., Lee, S.C., Ho, K.F. and Kang, Y.M. (2007). Characteristic of emissions of air pollutants from burning of incense in temples, Hong Kong. *Science of the Total Environment*, 377, 52 - 60.
- Wu, S-P., Wang, X-H., Hong, H-S. and Yan, J-M. (2009). Measurement of particulate n-alkanes and PAHs inside and outside a temple in Xieman, China. *Aerosol and air quality research*, 9, 120 - 138.
- Yang, C-R., Lin T-C. and Chang, F-H. (2007). Particle size distribution and PAH concentrations of incense smoke in a combustion chamber. *Environmental Pollution*, 145, 606 - 615.