ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือนในพื้นที่เขตเมืองและเขตชนบท กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา

กรวิภา ปุนณศิริ
กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย
อำพร บุศรังษี
ศูนย์บริหารกฎหมายสาธารณสุข กรมอนามัย
เบญจวรรณ ธวัชสุภา
ทิพย์กมล ภูมิพันธ์
ณัฏฐกานต์ ฉัตรวิไล
กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย
ณัฏฐา ฐานีพานิชสกุล
วิทยาลัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันรับ 10 มิถุนายน 2561, วันแก้ไข 21 กรกฎาคม 2561, วันตอบรับ 19 สิงหาคม 2561

บทคัดย่อ

การศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวางนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพอากาศในครัวเรือนในพื้นที่เขตเมืองและเขตชนบท รวมถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือน ศึกษาในจังหวัดนครราชสีมา ระหว่างเดือนกรกฎาคม–กันยายน 2563 กลุ่มตัวอย่าง คือ ครัวเรือนในเขตเมือง 20 หลังคาเรือนและเขตชนบท 10 หลังคาเรือน รวม 30 หลังคาเรือน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ เครื่องตรวจวัดก๊าซและแบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (จำนวน ร้อยละ) และเชิงความสัมพันธ์ด้วย Spearman's rank และ Stepwise linear regression ผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของคุณภาพอากาศในครัวเรือนในพื้นที่เมืองและชนบท ได้แก่ อุณหภูมิ 33.41±0.37 และ 30.04±0.34 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.93±1.44 และ 70.54±1.60 เปอร์เซ็นต์ ฟอร์มาดีไฮด์ (CH_2O) 10.50±2.32 และ 10.63±3.75 พีพีบี ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) 0.67±0.56 และ 6.48±4.65 พีพีบี คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 0.10±0.03 และ 0.13±0.05 พีพีเอ็ม คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 224.34±32.15 และ 220.63±15.43 พีพีเอ็ม สารอินทรีย์ระเหยง่ายรวม (TVOCs) 930.38±53.27 และ 705.77±53.22 พีพีเอ็ม และฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้แก่ PM2.5 22.53±2.22 และ 20.01±1.48 และ PM10 75.37±5.54 และ 92.49±12.82 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แบคทีเรียรวม 358.66±59.45 และ 810.40±106.41 CFU/m^3 เชื้อรา 132.83±52.75 และ 237.6± 52.19 CFU/m^3 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพอากาศในครัวเรือนระหว่างเขตชนบทและเขตเมือง พบว่า ค่าความเข้มข้นของ TVOCs มีความแตกต่างกันทั้ง 2 พื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ ยังพบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และฝุ่นละอองขนาดเล็กทั้ง PM10 และ PM2.5 แบคทีเรียรวมและเชื้อรา มีค่าเกินค่าแนะนำฯ และอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ และปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือน พบว่า การใช้น้ำยาทำความสะอาดบ้าน มีความสัมพันธ์กับ TVOCs และการเปิดหน้าต่างมีความสัมพันธ์กับ PM10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ควรสร้างความรู้ ความตระหนักของประชาชนถึงอันตรายต่อสุขภาพเพื่อให้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่เหมาะสม โดยเฉพาะพฤติกรรมการใช้น้ำยาทำความสะอาดในครัวเรือน การลดปริมาณฝุ่นละอองที่เข้ามาภายในครัวเรือน และการระบายอากาศ รวมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรกำหนดค่าเฝ้าระวังหรือแนวทางการจัดการคุณภาพอากาศภายในครัวเรือน เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนต่อไป

คำสำคัญ : คุณภาพอากาศในครัวเรือน พื้นที่เมือง พื้นที่ชนบท ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอากาศ

Assessment of indoor air quality determinants in urban and rural household in Nakhon Ratchasima Province, Thailand

Kornwipa Punnasiri
Health Impact Assessment Division, Department of Health
Amporn Bussarangsri
Public Health Law Administration Center, Department of Health
Benjawan Tawatsupa
Tipkamon Pumipan
Nuttakan Chatwilai
Health Impact Assessment Division, Department of Health
Nutta Taneepanichskul
The College of Public Health Science, Chulalongkorn university

Received 10 June 2021, Revised 21 July 2021, Accepted 19 August 2021

Abstract

Poor indoor air quality can adversely affect to human health and comfort. However, the existing study on indoor air pollution in Thai household is still limited. This study aimed to quantify determinant of air pollutants and meteorological comfort parameters from urban and rural areas in Nakorn Rachasima province. PM2.5, PM10, CO, CO_2, SO_2, CH_2O, NO_2, TVOCs, Fungi, Bacteria, Temperature and Relative humidity from 30 households were continuously sampled for at least 24 hrs from July – September 2020. Moreover. the indoor air quality determinants were collected by questionnaires. The results showed that the average value of indoor air quality in urban and rural household were as follows: Temperature (33.41±0.37 vs 30.04±0.34 °C), Relative Humidity (67.93±1.44 vs 70.54±1.60 percent), Formaldehyde (10.50±2.32 vs 10.63±3.75 ppb), Nitrogen dioxide (0.67±0.56 vs 6.48±4.65 ppb), Carbon monoxide (0.10±0.03 vs 0.13±0.05 ppm), Carbon monoxide (224.34±32.15 vs 220.63±15.43 ppm), Total Volatile Organic Compounds (930.38±53.27 vs 705.77±53.22 ppm), PM2.5 (22.53±2.22 vs 20.01±1.48), PM10 (75.37±5.54 vs 92.49±12.82), Total bacteria (358.66±59.45 vs 810.4±106.41 CFU/m^3) and Fungi (132.83±52.75 vs 237.6±52.19 CFU/m3). According to the result, Temperature, Relative humidity, PM10 and PM2.5 exceeded the health recommendation and guideline. The TVOCs level was significantly different between urban and rural household. Moreover, household cleaning solution had significantly associated with TVOCs, while opened windows had significantly associated with PM10. Therefore, an intervention to increase awareness and knowledge in the household should be implemented for protecting health from indoor air pollution.

Keywords : Indoor Air Quality, Urban and Rural Area, Determinants

■ บทนำ

คุณภาพอากาศในครัวเรือนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อสภาพความเป็นอยู่และคุณภาพชีวิต เนื่องจากในแต่ละวันคนส่วนใหญ่ใช้เวลาในการทำงานหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารทั้งสถานที่ทำงานหรือบ้านเรือนมากกว่า ร้อยละ 89 หรือประมาณ 21 ชั่วโมง[1] ซึ่งหากในอาคารมีคุณภาพอากาศที่ไม่ดีแล้ว อาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ โดยองค์การอนามัยโลกระบุว่า 3.8 ล้านคนเสียชีวิตจากมลพิษทางอากาศในครัวเรือน นอกจากนี้ยังพบว่าเป็นสาเหตุการเจ็บป่วยด้วยโรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจขาดเลือด โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง และมะเร็งปอด โดยเด็กและผู้สูงอายุเป็นกลุ่มเสี่ยง ซึ่งเกือบครึ่งหนึ่งของผู้เสียชีวิตด้วยโรคปอดบวมในเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี มีสาเหตุจากการสูดดมมลพิษทางอากาศที่เป็นอนุภาคเข่มาภายในบ้าน[2]

คุณภาพอากาศในครัวเรือน ประกอบด้วยสารหลายชนิดที่มีผลกระทบต่อสุขภาพได้ หากอยู่ระดับที่ไม่เหมาะสม โดยองค์การอนามัยโลก องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. EPA) และหลายประเทศ เช่น แคนาดา ฮ่องกง และสิงคโปร์ ได้กำหนดพารามิเตอร์และค่าแนะนำคุณภาพของอากาศในครัวเรือน ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้แก่ PM10 และ PM2.5 CO_2 SO_2 NO_2 และVOCs เป็นต้น[3] ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากแหล่งต่างๆ เช่น การใช้เชื้อเพลิงแข็ง (ถ่านไม้ ฟืน น้ำมันก๊าด) สารเคมีหรือเฟอร์นิเจอร์ โครงสร้างอาคาร รวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่อาจทำให้คุณภาพอากาศในครัวเรือนไม่เหมาะสมได้ โดยจากการสำรวจข้อมูลสถานการณ์คุณภาพอากาศในอาคารของประเทศไทย โดยกรมอนามัย ในปี 2561 – 2562[4] พบว่า ประเด็นมลพิษทางอากาศที่พบเกินค่าแนะนำส่วนใหญ่ ได้แก่ PM10 PM2.5 และ CO_2 นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเรื่อง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ การระบายอากาศที่จะส่งผลต่อความสบายและคุณภาพชีวิตของประชาชนที่อยู่อาศัยในบ้านเรือนด้วยเช่นกัน

ทั้งนี้ เป้าหมายแห่งการพัฒนาที่ยั่งยืนได้กำหนดตัวชี้วัดในประเด็นมลพิษทางอากาศในบรรยากาศทั่วไปและในครัวเรือนหลายเป้าหมาย ได้แก่ เป้าหมายที่ 3.9.1 (การเสียชีวิตจากมลพิษทางอากาศ) และ 7.1.2 (สัดส่วนของประชากรที่ใช้เชื้อเพลิงและเทคโนโลยีสะอาด)[5] โดยในปี 2562 สำนักงานสถิติ[6] ได้รายงานเกือบ 1 1 ใน 6 (ร้อยละ 15.1) ของครัวเรือนในประเทศไทยใช้เชื้อเพลิงแข็งในการประกอบอาหารซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษได้ พบมากที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 37.2 ซึ่งประเทศไทยมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและรูปแบบการดำรงชีวิตและสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปทั้งในพื้นที่เขตเมืองและชนบท ทั้งความหนาแน่นของประชากร การจราจร การใช้สารเคมีในครัวเรือนมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพอากาศในบ้านเรือนได้

ปัจจุบัน ข้อมูลสถานการณ์และปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือนของประเทศไทยยังมีจำกัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้การศึกษาคุณภาพอากาศในครัวเรือนในพื้นที่เขตเมืองและเขตชนบท รวมถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือนของประเทศไทย ซึ่งจะทำให้ทราบถึงสภาพปัญหาและนำไปสู่การจัดทำข้อเสนอแนะ แนวทางป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศในครัวเรือนของประชาชนต่อไป

■ วัตถุประสงค์การศึกษา

เพื่อศึกษาสถานการณ์คุณภาพอากาศและปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศใน

ครัวเรือนในพื้นที่เขตเมืองและเขตชนบท

■ วิธีการศึกษา

● **พื้นที่ศึกษา** การศึกษานี้ดำเนินการในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีปัญหามลพิษทางอากาศและมีข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงแข็ง (ฟืน ถ่านไม้) ในพื้นที่เป็นอันดับต้นของประเทศ โดยคัดเลือกพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา เป็นตัวแทนพื้นที่เขตเมือง และพื้นที่ตำบลไทรโยง-ไชยวาล อำเภอครบุรี เป็นตัวแทนพื้นที่เขตชนบท

● **รูปแบบการวิจัย** การศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบตัดขวาง (Cross-Sectional Analytical Study) โดยเก็บข้อมูลคุณภาพอากาศและปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือนในพื้นที่ชนบทและเขตเมือง ระหว่างเดือนกรกฎาคม-กันยายน 2563

● **ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง** ครัวเรือนในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 30 ครัวเรือน โดยคัดเลือกครัวเรือนที่มีผู้อาศัยป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศอย่างใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ ภูมิแพ้ หอบหืด หลอดลมอักเสบแบบเรื้อรัง โรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ และโรคหัวใจและหลอดเลือด และเป็นครัวเรือนที่ไม่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ เช่น แหล่งก่อสร้าง โรงงานอุตสาหกรรม อู่ซ่อมรถ และเมรุเผาศพ เป็นต้น

เนื่องจากเทศบาลนครนครราชสีมามีจำนวนชุมชน 14 ชุมชน และพื้นที่ตำบลไทรโยง-ไชยวาล อำเภอครบุรี มีจำนวนชุมชน 7 ชุมชน ซึ่งจะเห็นได้ว่าประชากรชุมชนในเขตชนบทและเขตเมืองมีอัตราส่วน 1:2 ผู้วิจัยจึงได้กำหนดตัวอย่างตามสัดส่วนประชากร และให้ได้จำนวน 30 ตัวอย่างตามที่กำหนด ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างในเทศบาลตำบลไทรโยง-ไชยวาล จึงมีขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ครัวเรือน และกลุ่มตัวอย่างเทศบาลนครนครราชสีมา จึงมีขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 ครัวเรือน จากนั้น ดำเนินการสุ่มตัวอย่างครัวเรือนในชุมชนแต่ละชุมชน โดยกระจายกลุ่มตัวอย่างครัวเรือนให้ครบทุกชุมชน เพื่อดำเนินการเก็บข้อมูล ตรวจวัดคุณภาพอากาศ และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือน

● **การเก็บข้อมูล** ประกอบด้วย

การเก็บข้อมูลคุณภาพอากาศ ตามพารามิเตอร์ค่าคุณภาพอากาศในอาคาร ประกอบด้วย 2 ส่วน

1) ปัจจัยภาวะเชิงความร้อน (Thermal Comfort) ประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์

2) ข้อมูลมลภาวะอากาศภายในอาคาร (Indoor air pollution) ประกอบด้วย ฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้แก่ PM2.5 และ PM10 ฟอร์มาดีไฮด์ (CH_2O) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) แบคทีเรียรวมและเชื้อรารวมในอากาศ

ทั้งนี้ ได้เก็บตัวอย่างบริเวณจุดกึ่งกลางของบ้าน จำนวน 1 จุด ต่อ 1 หลังคาเรือน โดยคัดเลือกห้องที่นั่งเล่น ซึ่งเป็นห้องที่คนในครัวเรือนใช้ระยะเวลาอยู่ในแต่ละวันมากที่สุดเป็นตัวแทนของครัวเรือน และสอบเทียบเครื่องมือก่อนดำเนินการเก็บตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง การเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศติดตั้งเครื่องตรวจวัดสูงจากพื้นในระดับการหายใจประมาณ 1.50 เมตร ดำเนินการตรวจวัดต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

เครื่องมือในการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคาร ประกอบด้วย เครื่องมือ In-

door Air Quality Monitor – AQ Expert, E Instrument, USA สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องมือ Met One Instrument, USA สำหรับ PM2.5 และ PM10 เครื่องมือ YESAIR IAQ Monitor, Critical Environment Technologies, Canada สำหรับวัด CH_2O, CO_2 , NO_2 เครื่องมือ Indoor Air Quality Monitor – AQ Expert สำหรับวัด TVOCs, CO และ SPIN AIR ดำเนินการตามหลักการของ NIOSH Method[7] สำหรับเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ

2. การเก็บข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือน โดยใช้แบบสัมภาษณ์ ซึ่งได้ทดสอบเก็บข้อมูลเบื้องต้นในพื้นที่มีบริบทใกล้เคียงกับพื้นที่ โดยสัมภาษณ์ตัวแทนของบ้านเรือนที่เก็บข้อมูลคุณภาพอากาศถึงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศ ได้แก่ การใช้น้ำยาทำความสะอาดบ้าน เครื่องดูดฝุ่น เครื่องปรับอากาศ ถ่านหุงต้ม การจุดธูป ยาฆ่าแมลง และการเปิดหน้าต่าง

● **การวิเคราะห์ข้อมูล** วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม STATA version 14 ประกอบด้วย

1) บรรยายลักษณะทั่วไป โดยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ความถี่ ร้อยละ

2) คุณภาพอากาศในครัวเรือน วิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย จำแนกเป็นรายชั่วโมง 8 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละพารามิเตอร์ และเปรียบเทียบข้อมูลกับค่าแนะนำของสิงคโปร์และฮ่องกง [8,9] นอกจากนี้ ได้เปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพอากาศภายในครัวเรือนของเมืองและชนบทโดยใช้ Two-sample Wilcoxon rank-sum (Mann-Whitney) test

3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศและคุณภาพอากาศในครัวเรือน โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเพียร์แมน (Spearman's rank) และความสัมพันธ์ของปัจจัยแบบทีละตัวแปร (Bivariate analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทีละตัวกับข้อมูลคุณภาพอากาศ ด้วย Wilcoxon rank สำหรับการพยากรณ์ตัวแปร

เนื่องจากข้อมูลตัวแปรคุณภาพอากาศมีการกระจายแบบไม่ปกติ ผู้วิจัยได้ทำการแปลงข้อมูลโดยการใช้ล็อก (log-linear) เพื่อให้การแจกแจงปกติ ก่อนนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์และสร้างสมการทำนายระหว่างปริมาณมลพิษทางอากาศและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Linear Regression) โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่พบความสัมพันธ์แบบ Bivariate analysis อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.25 จะถูกนำมาสู่เข้าสู่การสร้างสมการทำนายเพื่อเลือกสมการที่ดีที่สุด โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ 0.05

● **การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง** การวิจัยนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมกรมอนามัย เลขที่ 362 เมื่อวันที่ 13 มกราคม 2563

■ ผลการศึกษา

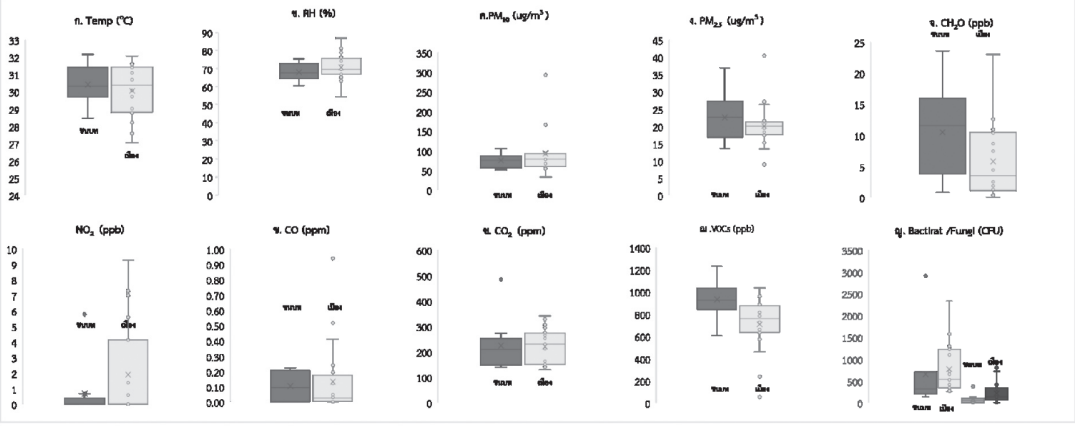
1. ลักษณะกิจกรรมในครัวเรือนในพื้นที่เขตเมืองและชนบท

จากการสำรวจลักษณะกิจกรรมในครัวเรือนที่ส่งต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือน พบว่าพื้นที่เขตเมืองมีการใช้น้ำยาทำความสะอาดสูงสุดร้อยละ 80.00 รองลงมา คือ การเปิดหน้าต่าง และการใช้เครื่องปรับอากาศร้อยละ 65.00 และร้อยละ 55.00 ตามลำดับ สำหรับพื้นที่

ตารางที่ 1 ลักษณะกิจกรรมในครัวเรือนในพื้นที่เขตเมืองและชนบท

กิจกรรมในครัวเรือน	ภาพรวม n (%)		เขตเมือง n (%)		พื้นที่ชนบท n (%)	
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี
การใช้น้ำยาทำความสะอาดบ้าน	23 (76.6)	7 (23.36)	16 (80.00)	4 (20.00)	7 (70.00)	3 (30.00)
การใช้เครื่องดูดฝุ่น	11 (36.67)	19 (66.33)	8 (40.00)	12 (60.00)	3 (30.00)	7 (70.00)
การใช้เครื่องปรับอากาศ	16 (56.67)	14 (43.33)	11 (55.00)	9 (45.00)	5 (50.00)	5 (50.00)
การใช้ถ่านปรุงอาหาร	9 (30.0)	21 (70.00)	3 (15.00)	17 (85.00)	6 (60.00)	4 (40.00)
การใช้จุดธูปในบ้าน	8 (26.67)	22 (73.33)	5 (25.00)	15 (75.00)	3 (30.00)	7 (70.0)
การใช้ยาฆ่าแมลง	13 (43.33)	17 (56.67)	9 (45.00)	11 (55.00)	4 (40.00)	6 (60.00)
การเปิดหน้าต่าง	22 (73.33)	8 (26.67)	13 (65.00)	7 (35.00)	9 (90.00)	1 (10.00)

ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยคุณภาพอากาศในครัวเรือนในพื้นที่เขตเมืองและพื้นที่ชนบท



ชนบทมีการเปิดหน้าต่างสูงสุดร้อยละ 90.00 รองลงมา คือ การใช้ถ่านปรุงอาหารร้อยละ 60.00 และการใช้ยาฆ่าแมลงร้อยละ 40.00 ดังตารางที่ 1

2. คุณภาพอากาศในครัวเรือนในพื้นที่เขตเมืองและชนบท

จากการตรวจวัดคุณภาพอากาศในครัวเรือนในพื้นที่เขตเมือง พบว่า อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 27.04 – 32.04 ˚C ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่าง 54.11–86.64% ฟอร์มาดีไฮด์มีค่าระหว่าง 10.63–69.80 ppb ไนโตรเจนไดออกไซด์ มีค่าระหว่าง 0.00–93.82 ppb คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่าระหว่าง 0.00 – 0.94 ppm คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีค่าระหว่าง 130.20 – 341.36 ppm TVOCs มีค่าระหว่าง 51.88 –1033.78 ppm PM2.5 มีค่าระหว่าง 8.90–40.41 ug/m^3 และ PM10 มีค่าระหว่าง 32.83–291.99 ug/m^3 แบคทีเรียรวม มีค่าระหว่าง 132–2906 CFU/m^3 และเชื้อราราวม มีค่าระหว่าง 136–1780 CFU/m^3 พื้นที่ชนบท พบว่า อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 28.46–32.16 ˚C ความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าระหว่าง 60.53–75.27% CH_2O มีค่าระหว่าง 0.78–23.57 ppb NO_2 มีค่าระหว่าง 0.00–5.76 ppb

CO มีค่าระหว่าง 0.00–0.22 ppm CO_2 มีค่าระหว่าง 138.72–484.33 ppm TVOCs มีค่าระหว่าง 602.39–1227.57 ppm PM2.5 มีค่าระหว่าง 13.48–36.83 ug/m^3 PM10 มีค่าระหว่าง 51.55–105.27 ug/m^3 แบคทีเรียรวม 28–804 CFU/m^3 และเชื้อรารวมมีค่าระหว่าง 28–370 CFU/m^3 ดังภาพที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพอากาศในครัวเรือนพื้นที่เขตเมืองและชนบท พบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ CH_2O, NO_2, CO, CO_2, PM2.5 และ PM10 ของพื้นที่เขตเมืองและเขตชนบท ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบ TVOCs แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.006) และเมื่อเทียบกับคุณภาพอากาศที่ตรวจวัดกับค่าแนะนำคุณภาพอากาศในอาคาร พบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ PM10 PM2.5 แบคทีเรียรวมและเชื้อราราวม เกินค่าแนะนำฯ แต่ CH_2O, NO_2, CO, CO_2 ,TVOCs ไม่เกินค่าแนะนำที่กำหนด ดังตารางที่ 2 นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นคุณภาพอากาศในครัวเรือน พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์ผกผันกับอุณหภูมิ (χ^2 =-0.8358) CO มีความสัมพันธ์กับ NO_2 (χ^2 = 0.5432) และ PM10 มีความสัมพันธ์กับ PM2.5 (χ^2= 0.5103) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.01)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคุณภาพอากาศภายในครัวเรือนของเมืองและชนบท

คุณภาพอากาศ	เมือง (n=20)			ชนบท (n=10)			p-value[a]
	$\bar{X}$ (SD)	Min-Max	เกินค่าแนะนำ	$\bar{X}$ (SD)	Min-Max	เกินค่าแนะนำ	
อุณหภูมิ (˚C)	30.41 (0.37)	27.04-32.04	20 (100%)	30.04 (0.34)	28.46-32.16	10 (100%)	0.597
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	67.93 (1.44)	54.11-86.64	17 (85%)	70.54 (1.60)	60.53-75.27	7 (70%)	0.291
CH_2O (Ppb)	10.50 (2.32)	10.63-69.80	0 (0%)	10.63 (3.75)	0.78-23.57	0 (0%)	0.159
NO_2 (ppb)	0.67 (0.56)	0.00-93.82	0(0%)	6.48 (4.65)	0.00-5.76	0 (0%)	0.408
CO (ppm)	0.10 (0.03)	0.00-0.94	0 (0%)	0.13 (0.05)	0.00-0.22	0 (0%)	0.929
CO_2 (ppm)	224.34 (32.15)	130.20-41.36	0 (0%)	220.63 (15.43)	138.72-484.33	0 (0%)	0.692
TVOCs (ppm)	930.38 (53.27)	51.88-1033.78	0 (0%)	705.77 (53.22)	602.39-1227.57	0 (0%)	0.006**
PM2.5 (Ug/M^3)	22.53 (2.22)	8.90-40.41	1 (5%)	20.01 (1.48)	13.48-36.83	1 (5%)	0.311
PM10 (ug/m^3)	75.37 (5.54)	32.83-291.99	19 (95%)	92.49 (12.82)	51.55-105.27	10 (100%)	0.537
แบคทีเรียรวม (CFU)	358.66 (59.45)	132-2906	8 (40%)	810.4 (106.41)	136-1780	3 (30%)	0.186
เชื้อราราวม (CFU)	132.83 (52.75)	28-804	1 (5%)	237.6 (52.19)	28-370	0 (0%)	0.285

[a]two-Sample Wilcoxon Rank-Sum (Mann-Whitney) Test

ตารางที่ 3 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value) ของปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือน

ปัจจัย/คุณภาพอากาศ	PM2.5	PM10	CO_2	TVOCs	CH_2O	Bacteria	Fungi
น้ำยาทำความสะอาดบ้าน	0.476	0.787	0.111	0.026*	0.280	0.303	0.104
เครื่องดูดฝุ่น	0.377	0.203	0.651	0.137	0.132	0.636	0.325
เครื่องปรับอากาศ	0.917	0.288	0.771	0.318	0.851	0.574	0.854
ถ่านหุงต้ม	0.838	0.229	0.066	0.602	0.098	0.077	0.247
จุดธูป	0.622	0.622	0.324	0.814	1.000	0.655	1.000
ยาฆ่าแมลง	0.082	0.629	0.983	0.883	0.883	0.630	0.556
เปิดหน้าต่าง	0.466	0.025*	0.888	0.425	0.511	0.251	0.297

* $p<0.05$

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงเพื่อประเมินหาปัจจัยทำนายคุณภาพอากาศในบ้าน

ปัจจัย	lnPM2.5	lnPM10	$lnCO_2$	lnTVOCs	$lnCH_2O$	lnBacteria	ln Fungi
	β (p-value)	*β (p-value)*	*β (p-value)*	*β (p-value)*	*β (p-value)*	*β (p-value)*	*β (p-value)*
น้ำยาทำความสะอาดบ้าน	a	A	0.154 (0.229)	0.082 (0.738)	a	a	0.875 (0.024)
เครื่องดูดฝุ่น	a	−0.130 (0.431)	a	−0.444 (0.047)	0.511 (0.356)	a	a
เครื่องปรับอากาศ	a	A	a	a	a	a	a
ถ่านหุงต้ม	a	−0.125 (0.450)	−0.240 (0.037)	a	0.588 (0.287)	−0.578 (0.053)	a
จุดธูป	a	A	a	a	a	a	a
ยาฆ่าแมลง	0.18 (0.14)	A	a	a	a	a	a
เปิดหน้าต่าง	a	−0.270 (0.135)	a	a	a	a	a
Temperature	0.113 (0.138)	0.046 (0.65)	−0.200 (0.004)	0.171 (0.201)	0.238 (0.468)	−0.015 (0.928)	−0.608 (0.002)
Relative Humidity	0.013 (0.428)	0.013 (0.54)	−0.038 (0.013)	−0.004 (0.864)	0.034 (0.620)	0.011 (0.770)	−0.054 (0.185)
R-square	0.20	0.17	0.42	0.28	0.128	0.150	0.491

** Exclude categorical variable with p-value>0.25; using enter method

3. ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือนในพื้นที่ชนบทและเขตเมือง

ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือน โดยหาความสัมพันธ์กับกิจกรรมต่างๆ ในครัวเรือนที่ p-value < 0.25 เพื่อประเมินว่ากิจกรรมส่งผลต่อการเกิดค่ามลพิษ

ทางอากาศที่พบในครัวเรือน พบว่า การใช้น้ำยาทำความสะอาดบ้าน มีความสัมพันธ์กับ TVOCs (p-value = 0.026) และ CO_2 (p-value = 0.111) การใช้เครื่องดูดฝุ่นมีความสัมพันธ์กับ PM10 TVOCs และ CH_2O (p-value = 0.203, 0.137 และ 0.132 ตามลำดับ การใช้ถ่านปรุงอาหารมีความสัมพันธ์กับ PM10 CO_2 และ CH_2O (p-value = 0.229, 0.066 และ 0.098 ตามลำดับ) การใช้ยาฆ่าแมลง มีความสัมพันธ์กับ PM2.5 (p-value = 0.082) และการเปิดหน้าต่าง มีความสัมพันธ์กับปริมาณ PM10 (p-value = 0.025) ดังตารางที่ 3

จากการสร้างสมการทำนายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลพิษทางอากาศที่พบในครัวเรือน ได้แก่ PM2.5 PM10 CO_2 TVOCs CH_2O แบคทีเรียรวมและเชื้อรากับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนโดยคัดเลือกสมการที่ดีที่สุด ซึ่งพิจารณาจากค่า AIC และค่าความเชื่อมั่นที่ 0.05 สามารถสรุปสมการทำนาย ได้ดังนี้

ln (ปริมาณความเข้มข้นของ TVOCs)= ค่าคงที่ – 0.4444 (การใช้เครื่องดูดฝุ่น)

ln (ปริมาณความเข้มข้นของ CO_2) = ค่าคงที่ – 0.240 (การใช้ถ่านหุงต้ม) – 0.038 (ความชื้นสัมพัทธ์)

ln (ปริมาณเชื้อรา) = ค่าคงที่ + 0.875 (น้ำยาทำความสะอาดบ้าน) – 0.608 (อุณหภูมิ) รายละเอียดดังตารางที่ 4

■ อภิปรายผล

จากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในครัวเรือน พบว่า ในพื้นที่เขตเมืองและชนบทมีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แบคทีเรียและเชื้อรารวมเกินค่าแนะนำคุณภาพอากาศของสิงคโปร์และฮ่องกง[8-9] ซึ่งการที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่พบเกินค่าแนะนำ อาจส่งผลกระทบต่อการลดความร้อนภายในร่างกายเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองตา จมูกและคอแห้ง ซึ่งอาจทำให้รู้สึกไม่สบายและเพิ่มความไวต่อการติดเชื้อได้ รวมถึงเพิ่มการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรียได้ ซึ่งจากการศึกษาของ Mohr[10] ได้ระบุถึงปัจจัยทางสภาพอากาศที่เพิ่มการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ 4 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น การระบายอากาศและความสะอาด โดยเชื้อราส่วนมากจะเติบโตและขยายพันธุ์ได้ดีในอาคารที่มีความชื้นสูง และมีอุณหภูมิระหว่าง 25-30˚C ซึ่งหากสามารถควบคุมปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสม จะช่วยลดการเกิดเชื้อราและแบคทีเรียในอากาศ รวมถึงลดปัจจัยเสี่ยงที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้

นอกจากนี้ ฝุ่นละอองขนาดเล็กโดยเฉพาะ PM10 ยังคงเป็นปัญหาที่พบทั้งในพื้นที่เขตเมืองและชนบท โดยพื้นที่เขตชนบทมีแนวโน้มของ PM10 สูงกว่าพื้นที่เขตเมือง ซึ่งหลายการศึกษาได้บ่งชี้ถึงผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจาก PM10 ทั้งการติดเชื้อเฉียบพลันทางเดินหายใจส่วนล่าง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง และมะเร็งปอด รวมไปถึงโรคหอบหืด โดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยง เช่น เด็กและผู้สูงอายุได้[11-12] ในการศึกษาครั้งนี้ พบความสัมพันธ์กับ PM10 กับการเปิดหน้าต่าง โดยจะเห็นได้ว่าครัวเรือนในชนบทกว่าร้อยละ 90.00 มีการเปิดหน้าต่าง รวมทั้งสภาพแวดล้อมในพื้นที่ชนบทที่มีลักษณะกึ่งปิด แตกต่างจากครัวเรือนในเมืองที่มีลักษณะปิดทำให้ PM10 สามารถเข้ามาในครัวเรือน โดยแหล่งกำเนิดที่สำคัญทำให้เกิด PM10 เกิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงยานพาหนะ หรือการเผาป่า เผาพื้นที่เกษตร การระเบิด บดย่อยหินในโรงโม่หิน หรือการก่อสร้าง เป็นต้น[13] จึงเป็นไปได้ว่ามลพิษอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในครัวเรือนได้ แม้ว่าการเปิดหน้าต่างจะเพิ่ม PM10 แต่เป็นวิธีหนึ่ง

ในการระบายอากาศ จะเห็นได้ว่าการศึกษานี้ทุกครัวเรือนมีระดับ CO_2 ไม่เกินค่าแนะนำ โดย CO_2 ถือว่าเป็นปัจจัยที่บ่งชี้ถึงการระบายอากาศที่ดี ซึ่งจะช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจาก CO_2 ได้เช่นกัน[14]

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพอากาศในอาคารในเขตเมืองและเขตชนบท พบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ CH_2O, NO_2, CO, CO_2, PM2.5 และ PM10 ของทั้ง 2 พื้นที่ ไม่มีความแตกต่างกัน แต่พบ TVOCs แตกต่างกัน โดยในพื้นที่ชนบทมีค่า TVOCs สูงกว่าในพื้นที่เขตเมือง ซึ่งการเกิด TVOCs ในบ้านเรือนอาจมาจากการใช้น้ำยาทำความสะอาดบ้าน โดยจากการศึกษานี้พบว่าทั้งพื้นที่เขตเมืองและชนบทมีการใช้น้ำยาทำความสะอาด ร้อยละ 80.00 และ 70.00 ตามลำดับ โดยสารทำความสะอาดที่มีส่วนประกอบของคลอรีนซึ่งสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายจะเกิดจากปฏิกิริยาฮาโลจิเนเทตจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในครัวเรือนที่มีส่วนผสมดังกล่าว[15-16] ดังนั้น จึงควรให้คำแนะนำในการลดการใช้สารทำความสะอาดในครัวเรือนในทั้ง 2 พื้นที่ เพื่อลดความเสี่ยงจากการรับสัมผัส TVOCs ในครัวเรือน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะกิจกรรมในครัวเรือนและสารมลพิษที่ตรวจวัดได้ พบว่า การใช้น้ำยาทำความสะอาดบ้านมีความสัมพันธ์กับ TVOCs ซึ่งมีรายงานการศึกษาที่บ่งชี้ว่าสารทำความสะอาดจะมีสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายกว่า 156 ชนิด[17] และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้ เช่น อาการแพ้ ส่งผลต่อระบบประสาทและระบบทางเดินหายใจ จึงควรมีการป้องกันการใช้สารเคมีทำความสะอาดที่เหมาะสม นอกจากนี้ ยังพบว่าการใช้ถ่านหุงต้มมีความสัมพันธ์กับ PM10 CO_2 และ CH_2O ซึ่งสารดังกล่าวอาจเกิดจากการประกอบอาหารหรือการปรุงอาหารในระหว่างการหุงต้มอาหารโดยใช้ฟืน หรือการเผาถ่าน ส่งผลให้เกิด PM10 PM2.5 และ CO ได้[13,18] ซึ่งการรับสัมผัสสารมลพิษดังกล่าวนั้นอาจส่งผลต่อสุขภาพ ทั้งระบบทางเดินหายใจ ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจได้ โดยเฉพาะในกลุ่มเด็กและผู้สูงอายุ[12,19] จึงควรมีการลดหรือหลีกเลี่ยงการใช้ฟืน ถ่านไม้ และจัดการระบายอากาศที่เพียงพอ สำหรับการใช้ถ่านหุงต้มในการปรุงประกอบอาหารยังคงพบเป็นปัญหาในครัวเรือนในพื้นที่ชนบทซึ่งกว่าร้อยละ 60 ยังคงมีการใช้ถ่านหุงต้ม ในขณะที่ในพื้นที่เขตเมืองใช้เพียงร้อยละ 15 ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการเร่งสร้างความรู้กับประชาชน โดยเฉพาะในพื้นที่เขตชนบทในการลดกิจกรรมที่เกิดจากการใช้ถ่านหุงต้มเพื่อให้สอดรับกับ SDG 7.1[5] ที่เน้นการเข้าถึงพลังงานสะอาด และ SDG 7.2[5] การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน รวมทั้งลดการปล่อยมลพิษไปเข้าสู่อากาศลง ทั้งนี้ ยังพบว่าการใช้ยาฆ่าแมลงมีความสัมพันธ์กับ PM2.5 ซึ่งเป็นไปได้ว่ามาจากการใช้ยาฆ่าแมลงในการกำจัดยุง ซึ่งการศึกษาของ Apte and Salvi[18] ได้ระบุถึงการเผาไหม้ยากันยุงหนึ่งม้วนจะมีการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองเทียบเท่ากับการเผาไหม้บุหรี่ 100 มวน โดยระดับความเข้มข้นของค่าฝุ่นละออง PM2.5 อยู่ที่ 2,200 เท่า และ CO_5 อยู่ที่ 10 เท่าของขีดจำกัดที่องค์การอนามัยโลกอนุญาต ซึ่งองค์การอนามัยโลกอนุญาตได้แนะนำค่าฝุ่นละออง PM2.5 ที่ระดับ 25 มคก./ลบ.ม.[20] และ CO ที่ระดับ 10 ppm.[21]

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าในบ้านเรือนมีปัจจัยแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดมลพิษส่งผลต่อคุณภาพอากาศได้จากกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในครัวเรือน ดังนั้น การจัดการคุณภาพอากาศในครัวเรือนของไทย จึงเป็นสิ่งสำคัญทั้งการควบคุมแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศภายในครัวเรือน การเพิ่มการระบายอากาศให้มีอากาศหมุนเวียน ซึ่งจะช่วยลดแหล่งกำเนิด

ที่ก่อให้เกิดสารมลพิษที่จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ ดังนั้น เพื่อให้เกิดแนวทางในการป้องกันตนเองจากคุณภาพอากาศในครัวเรือน ควรมีการรณรงค์ สร้างความตระหนักรู้ด้านคุณภาพอากาศในครัวเรือนตามประเด็นต่างๆ และจัดทำนโยบาย มาตรการ เพื่อการจัดการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากคุณภาพอากาศในครัวเรือน ให้บรรลุตามเป้าหมายแห่งการพัฒนาที่ยั่งยืนในการลดจำนวนผู้เสียชีวิตและเจ็บป่วยจากสารเคมีอันตรายและมลพิษทางอากาศน้ำและดินและการปนเปื้อนให้ได้ (SDG 3.9)[5] นำไปสู่การมีสุขภาพดี และลดการเจ็บป่วยและการตายจากโรคระบบทางเดินหายใจ และโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ

การศึกษานี้ถือเป็นแนวทางและข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่การในการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศของครัวเรือนของไทย แต่ยังคงมีข้อจำกัดของกลุ่มตัวอย่างและพื้นที่ศึกษา จึงควรศึกษาวิจัยในพื้นที่อื่นเพิ่มเติมและเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างให้มากขึ้น รวมถึงศึกษาในฤดูกาลที่แตกต่างกัน เพื่อให้ทราบสถานการณ์ของประเทศ และนำมาสู่การกำหนดรูปแบบ มาตรการ และให้ข้อเสนอแนะในการคุ้มครองสุขภาพของประชาชนในด้านคุณภาพอากาศในครัวเรือนของประเทศต่อไป

■ ข้อเสนอแนะ

1) ควรให้ความรู้ ความตระหนักแก่ประชาชนในการใช้สารทำความสะอาดในบ้านที่ถูกต้อง ลดระยะเวลาการจุดธูปหรือเปลี่ยนมาใช้ธูปสั้น วิธีการระบายอากาศ รวมทั้งการจัดการแหล่งกำเนิดในบ้านและรอบบ้านเพื่อลดมลพิษทางอากาศอย่างยั่งยืน

2) รณรงค์การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในบ้าน และการปลูกต้นไม้บริเวณรอบบ้านเพื่อลดฝุ่นละอองภายนอกเข้าสู่ภายในบ้าน

3) นำข้อมูลแหล่งกำเนิด ปัจจัยเสี่ยงที่มีต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือน ไปจัดทำมาตรฐาน การกำหนดโซนนิ่งเมือง หรือคำแนะนำทางวิชาการเพื่อการสร้างสภาวะความเป็นอยู่ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตในครัวเรือนของประเทศไทย

■ กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งผ่านการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และขอขอบพระคุณ วิทยาลัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุขจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่เทศบาลนครราชสีมา เทศบาลตำบลไทรโยง-ไชยวาล อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่สนับสนุนและคำแนะนำจนสำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants [Internet]. 2010 [cited 2020 Jul 5]. Available from: http://www.euro.who.int/__data /assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf.
2. World Health Organization. household Air pollution [Internet]. 2018 [cited 2020 Jul 5]. Available from: https://www.who.int/airpollution/household/en/
3. Chowdhury Z, Le LT, Masud AA, Chang KC, Alauddin M, Hossain M, et.al. Quantification of Indoor Air Pollution from Using Cookstoves and Estimation of Its Health Effects on Adult Women in Northwest Bangladesh. Aerosol and Air Quality Research 2012;12(4):463-75.

4. กรมอนามัย. การประชุมคณะทำงานวิชาการการจัดทำค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศในอาคารครั้งที่ 1/2562 ; 12 กรกฎาคม 2562; ณ ห้องประชุมสมบูรณ์ วัชโรทัย. นนทบุรี: กรมอนามัย; 2562.
5. United Nations Statistics Division. Sustainable Development Goals [Internet]. 2020 [cited 2020 Jul 5]. Available from: https://www.un.org/sustainabledevelopment/
6. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. สำรวจการใช้พลังงานของครัวเรือน พ.ศ.2562 [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 5 กรกฎาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก: https://bit.ly/2Vuj9Av.
7. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Guidance for Indoor Air Quality Investigations. Cincinnati: NIOSH; 1987.
8. Singapore. Singapore Standard SS554:2009, Code of practice for Indoor air quality for air-conditioned buildings; 2003.
9. HongKong, Guidance Notes for the Management of Indoor Air Quality in Offices and Public Places; 2003.
10. Mohr AJ. Fate and transport of Microorganisms in air. Maual of Environmental Microbiology. Washigton DC: AMS Press American Society for Microbiology; 2002.
11. Pérez-Padilla R, Schilmann A, Riojas-Rodriguez H. Respiratory health effects of indoor air pollution. The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease 2010;14(9):1079-86.
12. Ranathunga N, Perera P, Nandasena S, Sathiakumar N, Kasturiratne A, Wickremasinghe, RJBP. Effect of household air pollution due to solid fuel combustion on childhood respiratory diseases in a semi urban population in Sri Lanka. BMC Pediatr 2019;19(1):306. doi: 10.1186/s12887-019-1674-5.
13. Qian J, Peccia J, Ferro AR. Walking-induced particle resuspension in indoor environments. Atmospheric Environment 2014;89:464-81.
14. Bureau of Environmental Health. WHO guidelines for indoor air quality for official staffs. Nonthaburi: Department of Health, Ministry of Public Health 2018.
15. Jinno H, Tanaka-Kagawa T, Obama T, Miyagawa M, Yoshikawa J, Komatsu K, et.al. Impact of air fresheners and deodorizers on the indoor total volatile organic compounds. Kokuritsu Iyakuhin Shokuhin Eisei Kenkyujo hokoku= Bulletin of National Institute of Health Sciences 2007;(125):72-8.
16. Odabasi M, Elbir T, Dumanoglu Y, Sofuoglu SC. Halogenated volatile organic compounds in chlorine-bleach-containing household products and implications for their use. Atmospheric Environment 2014;92:376-83.
17. Sleiman M, Logue JM, Luo W, Pankow JF, Gundel LA, Destaillats H. Inhalable constituents of thirdhand tobacco smoke: chemical characterization and health impact considerations. Environmental Science and Technology 2014;48(22):13093-101.
18. Apte K, Salvi S. Household air pollution and its effects on health. F1000 Research; 2016;5 (F1000 Faculty Rev):2593. doi: 10.12688/f1000research.7552.1.
19. Baumgartner J, Schauer JJ., Ezzati M, Lu L, Cheng C, Patz J, et.al. Patterns and predictors of personal exposure to indoor air pollution from biomass combustion among women and children in rural China. Indoor Air 2011;21(6):479-88.
20. World Health Organization. Ambient (outdoor) air pollution [Internet]. 2018 [cited 2020 Jul 5]. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health.
21. World Health Organization. WHO Guidelines for indoor air quality: selected pollutants [Internet]. 2018 [cited 2020 Jul 5]. Available from: https://www.euro.who.int/__data /assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf.

HEALTH