

นิพนธ์ต้นฉบับ

Original Article

การศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นซิลิกาในอากาศและการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับฝุ่นเข้าสู่ร่างกายของคนงานในโรงงานผลิตอิฐมอญ จังหวัดอยุธยา

The concentration of silica dust and health risk assessment among workers in a clay brick production factory, Ayutthaya province

แก้วกัลยา สุदारักษ์

Kaewkanlaya Sudaruk

พจนีย์ อุปคำ

Photchani Upphakham

อรุณวรรณ ปั่นศิริ

Aroonwan Pansiri

วันปิติ ธรรมศรี

Wanpiti Thammasri

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Faculty of Science and Technology

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

Suan Dusit University, Bangkok

DOI: 10.14456/dcj.2022.6

Received: April 20, 2021 | Revised: July 14, 2021 | Accepted: July 17, 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของฝุ่นซิลิกาและประเมินการรับสัมผัสฝุ่นซิลิกาเข้าสู่ร่างกายของพนักงานโรงงานผลิตอิฐมอญ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ส่วนแรกเป็นการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ซึ่งบริเวณที่ทำการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 พื้นที่ ได้แก่ บริเวณพื้นที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ พื้นที่กระบวนการเผา และพื้นที่กระบวนการเคลียร์เตาเผา โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตัวบุคคล (Personal Air Sampling Pump) หลังจากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณของฝุ่นและการแยกองค์ประกอบของฝุ่นทั่วไปกับฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน โดยวิธีของ NIOSH 7601 ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer และประเมินความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากการได้รับสัมผัสฝุ่นทางการหายใจโดยใช้แบบสอบถามการประเมินความเสี่ยงโดยวิธี U.S. Environmental Protection Agency กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาคือพนักงานที่ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอิฐมอญ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในพื้นที่เตรียมวัตถุดิบ พื้นที่เผา และพื้นที่เคลียร์เตาเผา ผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นซิลิกาจากการเก็บตัวอย่าง พบว่า ในฤดูร้อนพบค่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นซิลิกามากกว่าฤดูฝน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.214 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 0.010 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเมื่อนำข้อมูลมาประเมินความเสี่ยงภัยต่อสุขภาพพบว่าในฤดูร้อนและฤดูฝนคนงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบมีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาโดยผ่านทางทางการหายใจสูงสุด (HQ=1.91, 0.09) และมีความเสี่ยงภัยต่อสุขภาพที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อปอดมากที่สุด

ติดต่อผู้พิมพ์ : วันปิติ ธรรมศรี

อีเมล : wanpithammasri@gmail.com

Abstract

The objectives of this study aim to examine the silica dust contamination in working areas of clay brick production and to conduct a health risk assessment of workers in clay brick production factory in Phra Nakhon Si Ayutthaya province. The amount of particulate matter less than 10 micrometers was determined by using personal air sampling pump attached with the workers in 3 areas: raw material preparation area, baking area and post-baking area. The amount of particulate matter (PM) was examined; the total suspended particulate matter and the particulate matter less than 10 micrometer were analyzed by NIOSH methods 7601 with UV-Vis spectrophotometer. The health risk assessment from exposure to respirable dust were determined by risk assessment questionnaire of the U.S. Environmental protection agency. Samples were recruited from the clay brick factory workers in Phra Nakhon Si Ayutthaya province working in preparation area, baking area, or post-baking area. The results revealed that the silica dust concentration in summer was higher than those in rainy season, with the average concentration 0.214 milligram per cubic meter and 0.010 milligram per cubic meter respectively. Regarding health risk assessment, the workers who had worked in the preparation area, both in summer and rainy season, had the highest risk for silica dust exposure compared to the other areas (HQ=1.91, 0.09) and it will lead to harmful effect mostly on lungs.

Correspondence: Wanpiti Thammasri

E-mail: wanpitihammasri@gmail.com

คำสำคัญ

ฝุ่นซิลิกา, การประเมินการรับสัมผัส, การประเมินความเสี่ยงภัยต่อสุขภาพ, โรงงานผลิตอิฐมอญ

Keywords

silica dust, exposure assessment, health risk assessment, clay brick production factory

บทนำ

การเผาแกลบเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีการนิยมใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือนประเภทการเผาชิ้นงาน โดยปัจจุบันได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานทั่ว ๆ ไปอย่างแพร่หลาย โดยการเผาอิฐมอญมักใช้แกลบจำนวนมากและใช้ผู้ปฏิบัติงานที่มีความชำนาญในการตั้งเรียงอิฐไม่เช่นนั้นอาจทำให้อิฐล้าในขณะเผา ส่งผลให้อิฐไม่สุก และสิ้นเปลืองวัสดุอุปกรณ์ในกระบวนการเผา นอกจากนี้ ระยะเวลาในการเผาก็จะยาวนานขึ้น เนื่องจากต้องเริ่มกระบวนการตั้งอิฐ คัดเลือกอิฐที่ชำรุด และคัดเลือกอิฐที่ไม่สุกออกจากเตาเผา ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจึงมีโอกาสสัมผัสควันที่เกิดจากการเผามากยิ่งขึ้น รวมไปถึงฝุ่นจากแถ้าแกลบบริเวณที่ปฏิบัติงานด้วย อย่างไรก็ตามในกระบวนการเผาแกลบนั้น สิ่งที่ได้จากการเผาไหม้มักเป็น

ซีเถ้าหรือที่เรียกว่าแกลบเถ้า ซึ่งจะมีฝุ่นซิลิกาเป็นส่วนประกอบถึง 90%⁽¹⁾ และมักก่อให้เกิดอันตรายต่อปอดเมื่อได้รับสัมผัสผ่านทางหายใจต่อเนื่องเป็นเวลานาน นอกจากนั้นยังเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคซิลิโคสิส (Silicosis) ด้วย ซึ่งเป็นโรคที่เกิดขึ้นเนื่องจากการสูดหายใจเอาฝุ่นที่มีสารซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO₂) หรือเรียกว่าผลึกซิลิกา (Silica) เข้าไปในปอด หากได้รับฝุ่นที่มีซิลิคอนไดออกไซด์เข้าไปในปอดอย่างต่อเนื่อง ย่อมส่งผลเสียต่อเนื้อปอดเป็นวงกว้าง จนทำให้ปอดไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ⁽²⁾ เนื่องจากเป็นฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (0.5-5 ไมครอน) ที่สามารถเข้าสู่ระบบหายใจและปอดทำให้ปอดบวม หลวมโป่งพองได้⁽³⁾ ซึ่งข้อมูลปัญหาการทำงานของแรงงานทั้งในและนอกระบบของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาในปี 2560-2561 พบ

ปัญหาจากสภาพแวดล้อมในการทำงานจากฝุ่นละออง กลิ่น และควัน เพิ่มจำนวนมากขึ้นจาก 1,852 คน เป็น 6,899 คน⁽⁴⁾ ตามลำดับ รวมทั้งค่าเฉลี่ยรายปีของปริมาณ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของจังหวัดพระนคร ศรีอยุธยา ในปี 2559-2560 เพิ่มมากขึ้นจาก 42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็น 62 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด (ค่ามาตรฐาน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)⁽⁵⁾

แหล่งผลิตอิฐมอญของอยุธยา เป็นแหล่งผลิต มีชื่อเสียงของภาคกลางมาตั้งแต่อดีตในสมัยกรุงศรีอยุธยาจนถึงปัจจุบัน⁽⁶⁾ และการผลิตอิฐมอญเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้กับคนในท้องถิ่น โดยวัตถุดิบที่นิยมใช้ส่วนใหญ่เป็นแกลบ ดินเหนียว และทราย ซึ่งผลิตภัณฑ์อิฐมอญที่ได้ต้องมีขั้นตอนการเผาพร้อมด้วย แต่ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นจากการเผาแกลบนั้นมักมีอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดเล็กต่างๆ พุ้งกระจายในอากาศ โดยเฉพาะสารซิลิคอนไดออกไซด์ หรือที่เรียกว่า ซิลิกา ประมาณ 20-30%⁽⁷⁾ หากคนงานได้รับสัมผัสฝุ่นทางการหายใจต่อเนื่องเป็นเวลานานและการป้องกันควบคุมไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดอันตรายต่อปอดและเป็นสาเหตุของการเกิดโรคซิลิโคสิสได้⁽⁸⁾ การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการปนเปื้อนของฝุ่นซิลิกาและการประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสฝุ่นซิลิกาเข้าสู่ร่างกายของคนงานในโรงงานผลิตอิฐมอญแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมการผลิตอิฐมอญในครัวเรือน มีแรงงานไม่มากนัก โดยผลิตอิฐมอญจำหน่ายตลอดทั้งปี ดังนั้นโอกาสที่คนงานจะได้รับฝุ่นซิลิกาทางการหายใจ จึงสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ขั้นตอนการเผา และขั้นตอนการเคลียร์เตาเผาเมื่อเสร็จสิ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของฝุ่นซิลิกาในสภาพแวดล้อมการทำงานซึ่งเป็นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และความเสี่ยงภัยต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่นซิลิกาเพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการการวางแผนและการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพของคนงานดังกล่าว การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของฝุ่นซิลิกาและ

การประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสฝุ่นซิลิกาเข้าสู่ร่างกายของคนงานในโรงงานผลิตอิฐมอญ

วัสดุและวิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาภาคตัดขวาง (Cross-sectional Study) ในช่วงฤดูร้อน คือ เดือนเมษายน 2561 และฤดูฝน คือ เดือนกันยายน 2561 การดำเนินการศึกษาในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้รับอนุญาตจากผู้ประกอบการของโรงงานผลิตอิฐมอญดังกล่าว **เครื่องมือที่ใช้วิจัย**

1. แบบสอบถามเกี่ยวกับการปฏิบัติงานของคนงาน โดยเก็บข้อมูลส่วนบุคคลเกี่ยวกับเพศ อายุ น้ำหนัก (กิโลกรัม) ประสบการณ์การทำงาน (ปี) ระยะเวลาในการทำงาน (ชั่วโมง) ความถี่ที่รับสัมผัส (วัน) และโรคประจำตัว

2. เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นซิลิกาแบบติดตัวบุคคล (Personal Air Sampling) ยี่ห้อ Gilian รุ่น Gilair-5 **การเก็บรวบรวมข้อมูล**

1. การศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นซิลิกาในอากาศในครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นในพื้นที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ พื้นที่กระบวนการเผา และพื้นที่กระบวนการเคลียร์เตาเผา โดยการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศเป็นการเก็บตัวอย่างแบบติดตัวบุคคล (Personal Air Cyclone Pump) ตามมาตรฐาน NMAN (NIOSH Manual of Analytical Methods) 7601 (ฤดูร้อน คือ เดือนเมษายน 2561 และฤดูฝน คือ เดือนกันยายน 2561) จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของซิลิกา (Silica) โดยเครื่อง VIS (UV-VIS Spectrophotometer) ณ ศูนย์อ้างอิงทางห้องปฏิบัติการและพิชวิทยา กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข

2. การเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามเกี่ยวกับการปฏิบัติงานของคนงาน ในฤดูร้อน คือ เดือนเมษายน 2561 และฤดูฝน คือ เดือนกันยายน 2561

3. การรวบรวมข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม

2561 ของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา⁽⁹⁾

4. การประเมินการรับสัมผัสฝุ่นซิลิกาในอากาศที่เกิดขึ้นกับคนงานเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพคนงาน

วิธีการศึกษา

ขอบเขตด้านเนื้อหาในการศึกษาครั้งนี้มีตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ดังต่อไปนี้

ตัวแปรอิสระ

1. การเดินสำรวจข้อมูลเบื้องต้น (Walk-Through Survey) หาพื้นที่จุดเสี่ยงของโรงงานผลิตอิฐมอญ ที่ได้รับผลกระทบจากฝุ่นมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่การเตรียมวัตถุดิบ พื้นที่การเผา และพื้นที่การเคลียร์เตาเผา

2. ปริมาณฝุ่นในพื้นที่ปฏิบัติงานของคนงานผลิตอิฐมอญ ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบ การเผา และการเคลียร์เตาเผา

3. ฤดูกาลที่เก็บตัวอย่างฝุ่นซิลิกา ได้แก่ ฤดูร้อน (เมษายน 2561) และฤดูฝน (กันยายน 2561)

ตัวแปรตาม

ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นซิลิกาในพื้นที่ปฏิบัติงานของคนงานมีความแตกต่างกันตามฤดูกาลและปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นซิลิกาในพื้นที่ปฏิบัติงานของคนงานส่งผลกระทบต่อสุขภาพคนงาน

ตัวแปรควบคุม

ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ฤดูร้อน (เมษายน 2561) และฤดูฝน (กันยายน 2561) วิธีการเก็บตัวอย่างตามมาตรฐาน NIOSH (Manual of Analytical Methods) 7601 และเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง VIS (UV-VIS Spectrophotometer)

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. การเก็บข้อมูลแบบสอบถามจากประชากรในโรงงานผลิตอิฐมอญแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 10 คน ซึ่งเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงเป็น คนงานที่มีสัญชาติไทยและยินยอมให้ความร่วมมือในการศึกษา โดยผู้วิจัยสอบถามคนงานรายคนเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ น้ำหนัก (กิโลกรัม)

ประสบการณ์การทำงาน (ปี) ระยะเวลาในการทำงาน (ชั่วโมง) ความถี่ที่รับสัมผัส (วัน) และโรคประจำตัว

2. การเก็บตัวอย่างฝุ่นซิลิกาคนงานแบบติดตัวบุคคล (Personal Air Sampling) ดังนี้

2.1 ช่วงฤดูร้อน เก็บตัวอย่างฝุ่นซิลิกาแบบติดตัวบุคคลของคนงานที่ปฏิบัติงานใน 3 พื้นที่ ได้แก่

- พื้นที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ 4 คน
- พื้นที่กระบวนการเผา 2 คน
- พื้นที่กระบวนการเคลียร์เตาเผา 4 คน

2.2 ช่วงฤดูฝน เก็บตัวอย่างฝุ่นซิลิกาแบบติดตัวบุคคลของคนงานที่ปฏิบัติงานใน 3 พื้นที่ ได้แก่

- พื้นที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ 4 คน
- พื้นที่กระบวนการเผา จำนวน 2 คน
- พื้นที่กระบวนการเคลียร์เตาเผา 4 คน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นซิลิกาในอากาศโดยเครื่อง VIS (UV-VIS Spectrophotometer)

การประเมินการรับสัมผัสฝุ่นซิลิกาในอากาศที่เกิดขึ้นกับคนงานเพื่อประเมินความเสี่ยงผลกระทบต่อสุขภาพคนงาน (U.S. EPA)⁽¹⁰⁾

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และ One-way ANOVA โดยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไป พบว่า คนงานในโรงงานผลิตอิฐมอญเป็นเพศชาย 4 คน คิดเป็นร้อยละ 40 เพศหญิง 6 คนคิดเป็นร้อยละ 60 ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 40-55 ปี มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 10 ปี มีระยะเวลาในการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง โดยพื้นที่ในการปฏิบัติงานของคนงาน แบ่งออกเป็น 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ พื้นที่กระบวนการเผา และพื้นที่กระบวนการเคลียร์เตาเผา

จากการเดินสำรวจข้อมูลเบื้องต้น (Walk-Through Survey) ในพื้นที่โรงงานผลิตอิฐมอญที่ได้รับผลกระทบจากฝุ่นมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่กระบวนการ

เตรียมวัสดุดิบ พื้นที่กระบวนการเผา และพื้นที่กระบวนการเคลียร์เตาเผา โดยได้ดำเนินการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นซิลิกาในพื้นที่ดังกล่าวในช่วงฤดูร้อนพบว่า ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นซิลิกาตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงของพนักงาน มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยในพื้นที่กระบวนการเตรียมวัสดุดิบเท่ากับ 0.180 mg/m³ ส่วนปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยในพื้นที่กระบวนการเผา ตารางที่ 1 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นซิลิกาในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน

เท่ากับ 0.184 mg/m³ และปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยในพื้นที่กระบวนการเคลียร์เตาเผาเท่ากับ 0.277 mg/m³ ดังตารางที่ 1 อย่างไรก็ตาม ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นซิลิกาตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงของพนักงาน ในช่วงฤดูร้อน ทั้ง 3 พื้นที่ปฏิบัติงาน หากเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ NIOSH พบว่า มีค่าเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด (มากกว่า 0.05 mg/m³)

พื้นที่ปฏิบัติงานของพนักงาน	ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นซิลิกา (mg/m ³)	
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
กระบวนการเตรียมวัสดุดิบ	0.180	0.009
กระบวนการเผา	0.184	0.011
กระบวนการเคลียร์เตาเผา	0.277	0.011
เฉลี่ย	0.214	0.010

จากการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นซิลิกาในช่วงฤดูฝน พบว่า ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นซิลิกาตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงของพนักงาน มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยในพื้นที่กระบวนการเตรียมวัสดุดิบเท่ากับ 0.009 mg/m³ ส่วนปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยในพื้นที่กระบวนการเผาเท่ากับ 0.011 mg/m³ และปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยในพื้นที่กระบวนการเคลียร์เตาเผาเท่ากับ 0.011 mg/m³ ดังตารางที่ 1 อย่างไรก็ตาม หากเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ NIOSH พบว่า ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นซิลิกาตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงของพนักงานในช่วงฤดูฝน ทั้ง 3 พื้นที่ปฏิบัติงาน มีค่าไม่เกินมาตรฐาน NIOSH ที่กำหนด (น้อยกว่า 0.05 mg/m³)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นพบว่าช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ฤดู มีลักษณะสภาพอากาศที่แตกต่างกัน การเก็บตัวอย่างฤดูร้อน สภาพอากาศมีลมแรงทำให้ฝุ่นเกิดการฟุ้งกระจายเป็นจำนวนมาก ส่งผลทำให้มีปริมาณฝุ่นซิลิกาในปริมาณที่มากกว่าช่วงฤดูฝน ซึ่งสภาพอากาศมีฝนตก ความชื้นในอากาศสูง จึงไม่เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่น ทำให้ค่าความเข้มข้นของปริมาณฝุ่นซิลิกาทั้ง 2 ฤดูมีความแตกต่างกันมาก และเมื่อนำข้อมูลปริมาณฝุ่นซิลิกาทั้ง 2 ฤดูกาล ดังกล่าวมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) พบว่า ปริมาณฝุ่นซิลิกาในฤดูร้อนและฤดูฝน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังตารางที่ 2

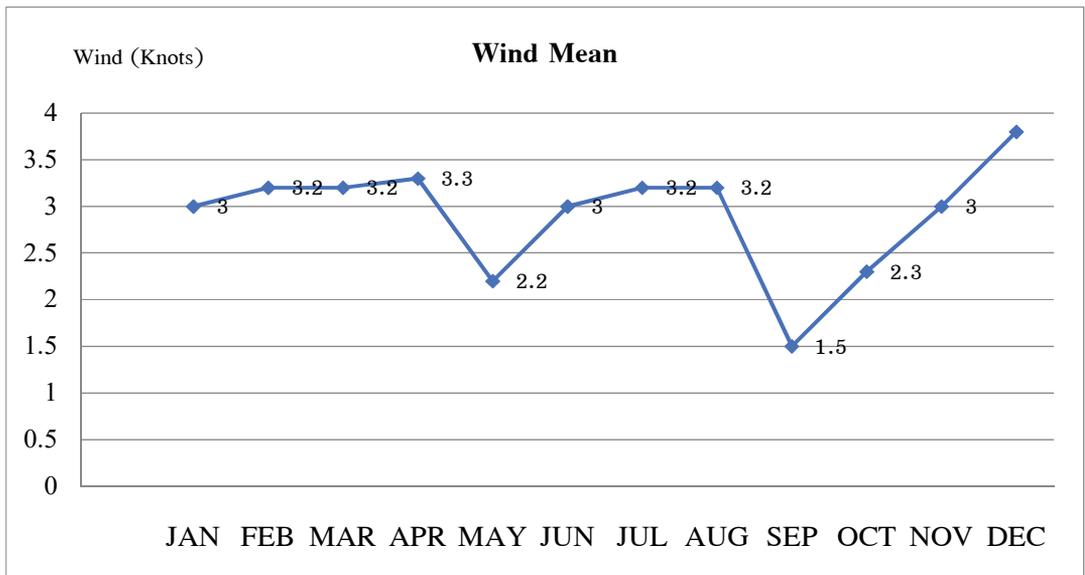
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นซิลิกาในฤดูร้อนและฤดูฝน

ฤดูกาล	Mean	SD	Std. error	95% Confidence Interval				F-Test	p-value
				Lower Bound	Upper Bound	minimum	maximum		
ฤดูร้อน	0.214	0.088	0.035	0.121	0.306	0.092	0.352	31.92	0.000*
ฤดูฝน	0.010	0.003	0.003	0.006	0.013	0.006	0.016		

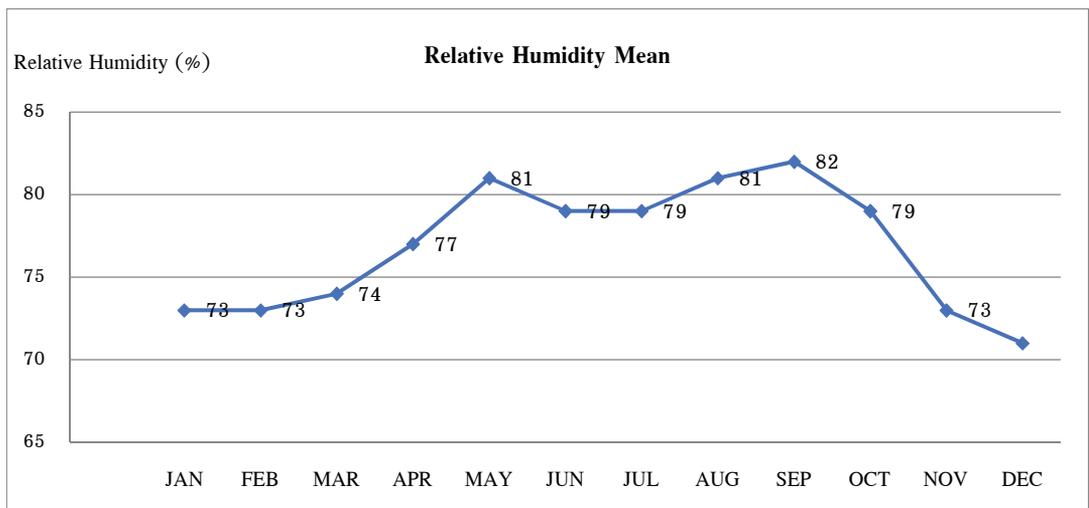
*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลความแตกต่างของ ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นซิลิกาซึ่งดำเนินการเก็บ ตัวอย่างในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 (ฤดูร้อน) และ ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2561 (ฤดูฝน) พบว่า ลักษณะสภาพภูมิอากาศของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา มี ลักษณะที่ต่างกัันจึงส่งผลต่อปริมาณการสะสมของ ฝุ่นซิลิกาที่ต่างกันด้วย โดยพิจารณาได้จากปริมาณ

ความเร็วลม (Wind) เฉลี่ยในเดือนเมษายน เท่ากับ 3.3 Knots ซึ่งสูงกว่าในเดือนกันยายน เท่ากับ 1.5 Knots ดัง ภาพที่ 1 นอกจากนี้ค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) เฉลี่ยในช่วงเดือนเมษายน เท่ากับ 77% ซึ่งน้อยกว่าช่วงเดือนกันยายน เท่ากับ 82% จึงทำให้ อนุภาคฝุ่นซิลิกาเกิดการฟุ้งกระจายได้มากกว่าในฤดูฝน นั้นเอง ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ความเร็วลมเฉลี่ยระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม 2561 ของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา



ภาพที่ 2 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม 2561 ของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

จากการศึกษาการรับสัมผัสฝุ่นซิลิกาในอากาศที่เกิดขึ้นกับคนงานเพื่อประเมินความเสี่ยงผลกระทบต่อสุขภาพคนงานนั้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นซิลิกาในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ดังตารางที่ 1 สามารถนำมาประเมินปริมาณการได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านทางทางการหายใจและความเสี่ยงต่อสุขภาพของคนงานในแต่ละตำแหน่งพื้นที่ปฏิบัติงาน ได้โดยใช้สูตรของ U.S. Environmental Protection Agency. (1989) ดังสมการที่ 1 และ 2 คือ

สมการที่ 1

$$I = (C * CR * EF * ED) / BW * AT$$

โดยที่ I คือ ปริมาณการได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกา (mg/kg-day)

- C คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นซิลิกา (mg/m³)
- CR คือ อัตราการหายใจเฉลี่ย (m³/day)
- EF คือ ความถี่ของการสัมผัส (day/year)
- ED คือ ระยะเวลาที่สัมผัส (year)
- BW คือ น้ำหนักตัวของร่างกาย (Kg)
- AT คือ ระยะเวลาที่ฝุ่นซิลิกาส่งผลต่อสุขภาพ (day)

สมการที่ 2

$$HQ = Exposure / RfD$$

โดยที่ HQ คือ ความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ตารางที่ 3 ปริมาณการได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านทางทางการหายใจและความเสี่ยงภัยต่อสุขภาพของคนงาน (ฤดูร้อน)

คนงานในพื้นที่	ปริมาณการได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกา (I) (mg/kg-day)	ความเสี่ยงต่อสุขภาพของคนงาน HQ
A1 (กระบวนกรเตรียมวัตถุดิบ)	0.0209	1.91*
A2 (กระบวนกรเตรียมวัตถุดิบ)	0.0109	0.99
B1 (กระบวนกรเผา)	0.0087	0.79
B2 (กระบวนกรเผา)	0.0090	0.82
C1 (กระบวนกรเคลียร์เตาเผา)	0.0153	1.39*
C2 (กระบวนกรเคลียร์เตาเผา)	0.0151	1.37*

*คนงานเกิดภาวะเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสฝุ่นซิลิกา เนื่องจาก HQ ≥ 1

ส่วนในช่วงฤดูฝนคนงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ A1 (กระบวนกรเตรียมวัตถุดิบ) มีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาโดยผ่านทางทางการหายใจสูงสุดในปริมาณ 0.0010 mg/kg-day และคนงานมีภาวะเสี่ยงต่อสุขภาพที่จะ

Exposure คือ ปริมาณการได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกา (mg/kg-day) หรือ ค่า I

RfD คือ ค่ามาตรฐานกำหนด

ผลจากการศึกษาปริมาณการได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านทางทางการหายใจและความเสี่ยงต่อสุขภาพของคนงานในช่วงฤดูร้อน พบว่า ในช่วงฤดูร้อนคนงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ A1 (กระบวนกรเตรียมวัตถุดิบ) มีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาโดยผ่านทางทางการหายใจสูงสุดในปริมาณ 0.0209 mg/kg-day และคนงานเกิดภาวะเสี่ยงภัยต่อสุขภาพที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อปอดมากที่สุด เนื่องจาก HQ มีค่าเท่ากับ 1.91 (HQ ≥ 1) รองลงมาคือ คนงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ C1 (กระบวนกรเคลียร์เตาเผา) มีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาโดยผ่านทางทางการหายใจในปริมาณ 0.0153 mg/kg-day และคนงานเกิดภาวะเสี่ยงภัยต่อสุขภาพที่จะก่อให้เกิดอันตราย เนื่องจาก HQ มีค่าเท่ากับ 1.39 (HQ ≥ 1) รวมทั้งคนงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ C2 (กระบวนกรเคลียร์เตาเผา) มีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาโดยผ่านทางทางการหายใจในปริมาณ 0.0151 mg/kg-day และคนงานเกิดภาวะเสี่ยงภัยต่อสุขภาพที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อปอดเช่นเดียวกัน เนื่องจาก HQ มีค่าเท่ากับ 1.37 (HQ ≥ 1) ดังตารางที่ 3

ก่อให้เกิดอันตรายต่อปอดอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ เนื่องจาก HQ มีค่าเท่ากับ 0.09 (HQ ≥ 1) รองลงมาคือ คนงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ C1 (กระบวนกรเคลียร์เตาเผา) มีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาโดยผ่านทางทางการหายใจ

ในปริมาณ 0.0006 mg/kg-day และคนงานมีภาวะเสี่ยงต่อสุขภาพที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อปอดอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ เนื่องจาก HQ มีค่าเท่ากับ 0.06 ($HQ \leq 1$)

อย่างไรก็ตามคนงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่อื่น ๆ ของช่วงฤดูฝนต่างมีค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้เช่นเดียวกัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณการได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านทางหายใจและความเสี่ยงต่อสุขภาพของคนงาน (ฤดูฝน)

คนงานในตำแหน่ง	ปริมาณการได้รับสัมผัส ฝุ่นซิลิกา (I) (mg/kg-day)	ความเสี่ยงต่อสุขภาพของคนงาน HQ
A1 (กระบวนกรเตรียมวัตถุดิบ)	0.0010	0.09
A2 (กระบวนกรเตรียมวัตถุดิบ)	0.0005	0.05
B1 (กระบวนกรเผา)	0.0005	0.05
B2 (กระบวนกรเผา)	0.0005	0.04
C1 (กระบวนกรเคลียร์เตาเผา)	0.0006	0.06
C2 (กระบวนกรเคลียร์เตาเผา)	0.0006	0.05

วิจารณ์

จากการเดินสำรวจข้อมูลเบื้องต้น (Walk-Through Survey) ในพื้นที่โรงงานผลิตอิฐมอญพบว่า สถานการณ์และสภาพแวดล้อมของโรงงานทุกแห่งมีความคล้ายคลึงกัน ข้อค้นพบจากแห่งเดียวสามารถแทนแห่งอื่น ๆ ได้ โดยพื้นที่จุดเสี่ยงที่ได้รับผลกระทบจากฝุ่นมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่การเตรียมวัตถุดิบ พื้นที่การเผา และพื้นที่การเคลียร์เตาเผา ซึ่งเมื่อดำเนินการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นซิลิกาในสภาพแวดล้อมการทำงานของโรงงานผลิตอิฐมอญ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่การทำงานและสภาพภูมิอากาศ โดยคนงานที่ปฏิบัติงานในช่วงฤดูร้อนพื้นที่กระบวนกรเคลียร์เตาเผา มีปริมาณฝุ่นซิลิกามากกว่าพื้นที่กระบวนกรเผาและพื้นที่กระบวนกรเตรียมวัตถุดิบ ส่วนช่วงฤดูฝนพื้นที่กระบวนกรเคลียร์เตาเผาและพื้นที่กระบวนกรเผา มีปริมาณฝุ่นซิลิกาใกล้เคียงกันแต่ยังมากกว่าพื้นที่กระบวนกรเตรียมวัตถุดิบ ทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะการทำงานของคนงานในพื้นที่ที่มีปริมาณฝุ่นมาก คนงานต้องนำผ้าคลุมออกจากเตา ซึ่งก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นที่มากกว่าพื้นที่อื่น ประกอบกับช่วงฤดูร้อนสภาพอากาศ มีความเร็วลมเฉลี่ยที่สูงกว่าและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่น้อยกว่าจึงทำให้อนุภาคฝุ่นเกิดการฟุ้งกระจายได้มากกว่าในฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ปกติสา ขวัญมา⁽¹¹⁾ ที่กล่าวว่าความเร็วลม

เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการกระจายตัวของฝุ่นละอองในอากาศโดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนซึ่งปริมาณฝุ่นมักจะกระจายตัวในอากาศมากกว่าฤดูฝนและฤดูหนาว เนื่องจากจากฤดูร้อนมีอุณหภูมิอากาศที่สูงจึงทำให้เกิดการยกตัวของอากาศทำให้อากาศลอยตัวสูงขึ้น อากาศในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ส่งผลทำให้เกิดลมจึงทำให้ฝุ่นละอองกระจายตัวได้มากนั่นเอง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของวิวัฒน์หมั่นการ⁽¹²⁾ ที่กล่าวว่าปัจจัยด้านความเร็วลมกับปริมาณฝุ่นขนาดเล็กในอากาศมีความสัมพันธ์กันในทางบวก โดยหากมีความเร็วลมมากจะทำให้ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กลอยสู่อากาศได้มากขึ้น ในขณะที่ปัจจัยด้านความชื้นสัมพัทธ์กับปริมาณฝุ่นขนาดเล็กในอากาศมีความสัมพันธ์กันในทางลบ หากมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กลอยอยู่ในอากาศได้นานกว่าปกติ

อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลทั่วไปของคนงานจากการรวบรวมแบบสอบถามมาพิจารณาร่วมด้วย เช่น น้ำหนักตัว ระยะเวลาที่สัมผัส ความถี่ที่รับสัมผัส มาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ พบว่าในช่วงฤดูร้อนคนงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่กระบวนกรเตรียมวัตถุดิบ มีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาโดยผ่านทางหายใจสูงสุด รวมทั้งเกิดภาวะเสี่ยงต่อสุขภาพที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อปอดมากที่สุด รองลงมาคือคนงาน

ที่ปฏิบัติงานในพื้นที่กระบวนการเคลียร์เตาเผาและกระบวนการเผาตามลำดับ เนื่องจากคนงานใช้ระยะเวลาในการทำงานในพื้นที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบมากกว่า จึงมีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาผ่านทางหายใจมากกว่านั่นเองซึ่งจะเป็นอันตรายต่อปอดได้ในอนาคต ($HQ \geq 1$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อนงค์ศิลป์ ตำนไพบูลย์⁽¹³⁾ ที่กล่าวว่า การได้รับซิลิกาที่อยู่ในอนุภาคฝุ่นเป็นระยะเวลานานสามารถทำให้เกิดโรคซิลิโคสิสได้ ซึ่งจำเป็นต้องมีแนวทางในการป้องกันและลดความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาดังกล่าว ส่วนในช่วงฤดูฝน คนงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ มีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาโดยผ่านทางหายใจสูงสุด รวมทั้งเกิดภาวะเสี่ยงต่อสุขภาพที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อปอดมากที่สุด รองลงมาคือคนงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่กระบวนการเคลียร์เตาเผา แต่ปริมาณการได้รับสัมผัสฝุ่นซิลิกาในฤดูฝนในแต่ละพื้นที่การทำงานนี้ต่างมีค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ($HQ \geq 1$) ยังไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อปอดของคนงาน

ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมสุขภาพและความปลอดภัยในการประกอบอาชีพสำหรับคนงานในโรงงานผลิตอิฐมอญแห่งนี้คณะผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำวิธีการป้องกันตนเองจากการได้รับฝุ่นซิลิกาหรือสารซิลิโคนไดออกไซด์ผ่านทางระบบทางเดินหายใจเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายต่อปอดในอนาคต โดยการควบคุมที่ตัวผู้ปฏิบัติงาน (receiver controls) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของอาทิตยา จิตจำนง⁽¹⁴⁾ ที่กล่าวว่าหลักการป้องกันทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยที่ต่อนางหนึ่งคือการควบคุมที่ตัวบุคคลเป็นการควบคุมไม่ให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับอันตรายจากการสัมผัสกับสารที่เป็นพิษจนเกิดความเจ็บป่วย เช่น การให้คนงานสวมหน้ากากป้องกันการทำงานและการลดระยะเวลาการทำงาน และการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ (Respirators) ที่มีประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นละออง ให้แนบกระชับกับใบหน้า⁽¹⁵⁾ เพื่อลดการสัมผัสกับปัจจัยเสี่ยงจากฝุ่นซิลิกา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์อ้างอิงทางห้องปฏิบัติการและพิษวิทยา สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ความอนุเคราะห์วิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นซิลิกา และขอขอบคุณผู้ประกอบการและคนงานโรงงานผลิตอิฐมอญจังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่และให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่างฝุ่นครั้งนี้

สรุป

จากการศึกษาการปนเปื้อนของฝุ่นซิลิกาและการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับฝุ่นเข้าสู่ร่างกายของคนงานในโรงงานผลิตอิฐมอญจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นกลุ่มเสี่ยงที่ทำงานในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากฝุ่นมากที่สุด คือ พื้นที่การเตรียมวัตถุดิบ พื้นที่การเผา และพื้นที่การเคลียร์เตาเผา พบว่า ปริมาณฝุ่นซิลิกามีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่การทำงานและสภาพภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาล โดยช่วงฤดูร้อนจะมีการปนเปื้อนของอนุภาคฝุ่นซิลิกามากกว่าในฤดูฝน ซึ่งส่งผลต่อความเสี่ยงภัยในสุขภาพของคนงานมากกว่าฤดูฝนเช่นเดียวกัน ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้แนะนำให้โรงงานดำเนินการป้องกันและแก้ไขการได้รับฝุ่นซิลิกาเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจให้กับคนงาน ได้แก่ การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจที่มีประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นละอองขณะทำงาน และสลับหมุนเวียนการทำงาน รวมถึงการลดระยะเวลาการทำงานเพื่อให้คนงานได้รับฝุ่นซิลิกาน้อยลง

เอกสารอ้างอิง

1. Chiarakron S, Khummonkol P, Saphrom Y. The adsorption of volatile organic compounds by materials MCM-41 Synthesized from rice husk ash (Phase 1-2) [Internet]. [cited 2020 Jun 11]. Available from: <https://www.kmutt.ac.th/rip-ipc/mcm41.htm> (in Thai)
2. Division of Occupational and Environmental Diseases. Silicosis Diseases [Internet]. [cited

- 2020 Jun 11]. Available from: http://203.157.41.175/uploads/situation/4_7_situation.pdf (in Thai)
3. Department of Health and Department of Disease Control. Guidelines for surveillance in areas at risk of air pollution [Internet]. [cited 2017 Jun 21]. Available from: <http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER17/DRAWER002/GENERAL/DATA0000/00000200.PDF> (in Thai)
 4. National Labour Information Center. The problem of informal workers [Internet]. [cited 2017 Jun 21]. Available from: <http://analytic.nlic.mol.go.th/analytics/saw.dll?Dashboard> (in Thai)
 5. Pollution Control Department. Report on the situation and air quality in Thailand [Internet]. [cited 2021 Jun 21]. Available from: <http://analytic.nlic.mol.go.th/analytics/saw.dll?Dashboard> (in Thai)
 6. Yukongdi P. Ayuttaya ceramic production during the 15th to 18th centuries. *Damrong Journal*. 2010;19(1):153-70.
 7. Jitlada C. Preparation of pure silica from rice husk and using as a silica source for synthesis of zeolite. Bangkok: Suan Sunandha Rajabhat University; 2011. 29 p. (in Thai)
 8. Netirojjanakul W, Lukkanalikitkul E, Jiamjarasrangsi W. Silicosis in rubber industry: case report. *Journal of Preventive Medicine Association of Thailand*. 2017;7:312-20. (in Thai)
 9. Meteorological Department. Climate [Internet]. [cited 2020 Jun 11]. Available from: <https://www.tmd.go.th/>
 10. U.S. Environmental Protection Agency. Risk assessment guidance for superfund, volume 1 human health evaluation manual, part A. Office of emergency and remedial response U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC. 1989.
 11. Kwanma P, Pukngam S, Arunprapar W. Meteorological factors affecting concentration of PM10 at Na-Phra Lan Sub-District, Chaloe Phra Kiat District, Sara Buri Province. *PSRU Journal of science and technology*. 2019;4(2): 85-94. (in Thai)
 12. Mankan W. The Causing Factors of the Smog Phenomenon in Lampang Basin. *Burapha Science Journal*. 2017;22(1):226-39. (in Thai)
 13. Danpaiboon A, Liewsaree W, Chaisuwan C, Khantipongse J, Khacha-Ananda S, Nambunmee K. Epidemiology study of the association between silica and blood Heme Oxygenase-1 levels with silicosis. *Disease control Journal*. 2015;41(1):14-22. (in Thai)
 14. Jitjamnong A. Industrial carcinogens. *EAU Heritage Journal science and technology*. 2015;10 (2):6-16. (in Thai)
 15. Department of Health. Guidelines for medical and public health activities to reduce and prevent health impacts from small dust particles in 2020 [Internet]. [cited 2021 Jun 21]. Available from: <http://49.231.15.21/crhfileload/upload/files/TEAF2562121615042245.pdf>