การพัฒนารูปแบบหน้ากากป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก

พรรณภัทร พรหมเพ็ญ[1*] กาญจนา สุวรรณศรี[2] วรางคณา เห่งพุ่ม[2]
ศิรินันท์ แก่นทอง[3] และจิตต์โสภา เฉลียวศักดิ์[3]

[1]ภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900;
[2]ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ 10110;
[3]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ 10110
[*]E-mail: pannapat605@gmail.com

รับบทความ: 4 สิงหาคม 2563 แก้ไขบทความ: 31 มกราคม 2564 ยอมรับตีพิมพ์: 16 กุมภาพันธ์ 2564

บทคัดย่อ

ช่วงหลายปีที่ผ่านมา หลายจังหวัดของประเทศไทยมีดัชนีคุณภาพอากาศต่ำกว่าที่กำหนด เนื่องจากฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ (particulate matters: PM2.5) ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพหลายประการ ผู้คนที่ต้องเผชิญกับปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กจึงมีความจำเป็นต้องสวมหน้ากากหรืออุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองขนาดเล็กเข้าสู่ร่างกาย อย่างไรก็ตาม หน้ากากที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันฝุ่นละอองได้ดีหรือหน้ากาก N95 นั้นมีราคาแพง และหน้ากากอื่น ๆ ที่มีอยู่ในตลาดยังมีข้อจำกัดในการป้องกัน PM2.5 งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาพฤติกรรมของกลุ่มที่ศึกษาในการใช้หน้ากากป้องกันฝุ่น PM2.5 และความต้องการหน้ากากกันฝุ่น 2) ออกแบบรูปแบบที่เหมาะสมและทำตัวอย่างหน้ากากด้วยวัสดุที่ตามความต้องการของกลุ่มที่ศึกษา และ 3) สำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อหน้ากากที่พัฒนาแล้ว ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ศึกษามีปัญหาในการสวมหน้ากาก คือ มีความอึดอัดเนื่องจากหายใจไม่สะดวกและรูปแบบของหน้ากากไม่พอดีกับใบหน้า คณะผู้วิจัยจึงปรับรูปแบบของหน้ากากให้พอดีกับใบหน้า ทดสอบการซึมผ่านของอากาศตามมาตรฐาน ASTM D737–96 และทดสอบประสิทธิภาพการกรองฝุ่นของหน้ากากที่พัฒนาขึ้นด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นในห้องทดลอง จากผลการทดสอบพบว่าการซึมผ่านของอากาศและประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นของหน้ากากที่พัฒนายังอยู่ในระดับต่ำกว่าหน้ากาก N95 นอกจากนั้นผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อหน้ากากที่พัฒนาขึ้นพบว่าผู้ทดสอบมีความพึงพอใจกับหน้ากากที่พัฒนาในด้านความสะดวกในการหายใจ ความสามารถในการป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก และรูปทรงของหน้ากาก

คำสำคัญ: หน้ากาก หน้ากากกรองอากาศ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก พัฒนาผลิตภัณฑ์

Development of Face Mask for Preventing the Fine Particulate Matter

Phannaphat Phromphen[1*], Kanchana Suwanasri[2], Warangkana Hengpum[2], Sirinun Kaenthong[3] and Jitsopha Chaleawsak[3]

[1]Department of Textile Science, Faculty of Agro–Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand;
[2]Department of Home Economics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Bangkok 10110, Thailand;
[3]Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Bangkok 10110, Thailand
[*]E-mail: pannapat605@gmail.com

Received: 4 August 2020 Revised: 31 January 2021 Accepted: 16 February 2021

Abstract

Recently, the air quality index (AQI) in many provinces of Thailand was lower than the standard due to the particulate maters in the air (PM2.5). This crisis may cause the health problem issue; therefore, people need to wear mask or respirator in order to prevent them from the small dust. However, the suitable masks or N95 respirators were expensive, and the other available masks were deficient for protection against PM2.5. This research aimed to 1) study the consumer behavior of the masks and the requirement of the mask, 2) design the suitable pattern and prepare the prototype for masks with the required material, and 3) survey the consumer satisfaction of the developed masks. The finding showed that the most common problems when wearing the masks were the uncomfortable feeling and the unfitted pattern. Thus, the style and pattern of the mask were adjusted. The air permeability and the particulate filtration efficiency of developed mask were also investigated by ASTM D737–96 and the in–house method. It was found that the air permeability and the particulate filtration efficiency of the developed mask was lower than the N95 respirator. Lastly, the consumer satisfaction of the developed masks was investigated. The result revealed that the participants were satisfied with the developed masks in the term of breathability, particulate protection ability and design.

Keywords: Face mask, Respirator, PM2.5, Particle matter, Product development

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2550 รัฐบาลไทยประกาศให้ปัญหาหมอกควันและฝุ่นละอองบริเวณภาคเหนือเป็นวาระแห่งชาติ และ ในปี พ.ศ. 2562 ก็ได้มีประกาศให้การแก้ปัญหาฝุ่นพิษนี้เป็นวาระแห่งชาติอีกครั้ง เนื่องจากมีหลายจังหวัดในประเทศไทย รวมถึงกรุงเทพฯ ประสบกับปัญหามลพิษทางอากาศอย่างรุนแรงและยาวนาน โดยเฉพาะ

อย่างยิ่งในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมิถุนายนของทุกปีซึ่งมีสภาวะอากาศแห้งและนิ่ง มักพบการเพิ่มสูงขึ้นของฝุ่นละอองในหลายพื้นที่ของประเทศไทย (Chairattanawan and Patthirasinsiri, 2020) โดยฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ PM10 และPM2.5 PM 2.5 หมายถึง ฝุ่นละเอียด (fine particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้ไม่สามารถกรองได้ด้วยขนจมูก ส่งผลให้ฝุ่นเหล่านี้ผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ กระแสเลือด และ กระบวนการทำงานต่าง ๆ ของร่างกายก่อให้เกิดอันตรายอย่างรุนแรงต่อสุขภาพ เนื่องจากเมื่อเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ทางระบบทางเดินหายใจจะทำลายอวัยวะของระบบทางเดินหายใจโดยตรง และยังทำให้เกิดการระคายเคืองตา ระคายคอ แน่นหน้าอก หายใจถี่ หลอดลมอักเสบ หอบหืด ถุงลมโป่งพอง และอาจเกิดโรคระบบทางเดินหายใจได้ นอกจากนั้นฝุ่นละอองขนาดเล็กยังสร้างความเสียหายต่อสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติอีกด้วย (Pholpibul *et al*., 2014) ดังนั้นประชาชนจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ

หน้ากากเป็นอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นละลองที่ใช้ทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) หน้ากากผ้า (cloth mask) เป็นหน้ากากที่สามารถใช้ซ้ำและทำความสะอาดได้ ทำมาจากผ้าทอหรือผ้าถัก เช่น ฝ้าย ไหม ผลิตขึ้นได้เองในครัวเรือน นิยมใช้กับบุคคลทั่วไปที่ไม่มีอาการป่วย ไม่สามารถกรองหรือป้องกันอนุภาคขนาดเล็กในอากาศที่มาจากการไอ จาม หรือหัตถกรรมทางการแพทย์ มีคำแนะนำให้ประชาชนทั่วไปที่มีสุขภาพดีสวมใส่หน้ากากชนิดนี้ในที่สาธารณะเพื่อชะลอการแพร่กระจายของไวรัสโคโรน่า (โควิด–19) (World health organization, 2020) 2) หน้ากากอนามัย (surgical mask) เป็นหน้ากากที่ออกแบบให้กระชับพอดีกับใบหน้าแต่ยังมีช่องว่างระหว่างหน้ากากกับใบหน้า (loose–fitting) มักจะผลิตจากนอนวูฟเวน หน้ากากอนามัยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันผู้ป่วยที่มีอาการ ไอ จาม และน้ำมูกไหล ไม่ให้กระจายสารคัดหลั่งเหล่านั้นออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก และป้องกันละอองฝอยขนาดใหญ่ที่อาจมีไวรัสหรือแบคทีเรียปะปนมาด้วยไม่ให้แพร่เข้าสู่ปากและจมูกของผู้สวมใส่ โดยทั่วไปหน้ากากอนามัยจะไม่สามารถกรองฝุ่นละอองขนาดเล็กหรือเชื้อโรคได้อย่างสมบูรณ์เนื่องจากรูปทรงของหน้ากากมีความหลวม และไม่สามารถใช้ซ้ำได้ 3) อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจชนิดกรองอนุภาคหรือหน้ากากกรองอากาศชนิด N95 (particulate filter respirator) โดยหน้ากากชนิดนี้ถูกออกแบบให้ตัวหน้ากากแนบสนิทกับใบหน้าผู้สวมใส่ (close–fitting) มีขอบปิดรอบปากและจมูกได้สนิท จึงทำให้ผู้สวมใส่หายใจได้ไม่สะดวกนัก และผู้มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ โรคทางเดินหายใจเรื้อรัง ควรระมัดระวังในการใช้หน้ากากชนิดนี้ หน้ากากกรองอากาศ N95 มีประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นละอองในอากาศที่มีขนาดเล็กกว่า 0.3 ไมครอนได้ 95% จึงสามารถป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก ไวรัส และแบคทีเรียจากสิ่งแวดล้อมไม่ให้เข้าสู่ร่างกายของผู้สวมใส่ได้ดีที่สุด หน้ากากชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับคนงานที่ต้องทำงานกับฝุ่นละอองขนาดเล็ก บุคลากรทางการแพทย์จึงควรสวมหน้ากาก N95 ระหว่างการทำหัตถการในช่วงระบาดของไวรัสโคโรน่า (U.S. food and drug administration, 2020) หรือบุคคลทั่วไปในช่วงที่มีมลพิษปนเปื้อนในอากาศ รวมทั้ง

ฝุ่น PM2.5 (Zhou *et al*., 2018)

งานวิจัยนี้จึงสำรวจปัญหาและความต้องการใช้หน้ากากป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาพัฒนารูปแบบหน้ากากป้องกันฝุ่นให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค และสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อหน้ากากป้องกันฝุ่นละอองที่พัฒนาขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การสำรวจพฤติกรรมการใช้หน้ากากป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์

กลุ่มที่ศึกษาสำหรับสำรวจพฤติกรรมการใช้หน้ากากป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก คือ ประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (accidental sampling) จำนวน 100 คน อายุ 18–25 ปี เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามออนไลน์โดยใช้เว็บไซต์ Google Forms ประกอบด้วย ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลทั่วไป ตอนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้หน้ากากอนามัยป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กจำนวน 7 ข้อ และ ตอนที่ 3 เป็นคำถามปลายเปิดเพื่อถามความคิดเห็นเกี่ยวกับหน้ากากอนามัยป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ผู้บริโภคต้องการ โดยคณะผู้วิจัยเก็บรวบรวมหน้ากากสำหรับป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีขายอยู่ในท้องตลาด (ภาพที่ 1) และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐานร้อยละ

ภาพที่ 1 ประเภทของหน้ากากป้องกันฝุ่นที่ใช้ในงานวิจัย (ก) หน้ากากผ้า (ข) หน้ากากอนามัยแบบจีบ (ค) หน้ากากอนามัยแบบคาร์บอน (ง) หน้ากากนอนวูฟเวน 3 มิติ (จ) หน้ากากฟองน้ำ 3 มิติ (ฉ) หน้ากาก N95 แบบพับ (ช) หน้ากาก N95 แบบถ้วย และ (ซ) หน้ากาก N 95 แบบมีวาล์ว

การออกแบบและขึ้นตัวอย่างหน้ากากป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

1) เตรียมวัสดุที่ใช้ในการออกแบบและทำตัวอย่าง ได้แก่ แผ่นฟองน้ำโพลียูรีเทนหนา 6 มิลลิเมตร แล้วรีดโดยใช้เครื่องรีดร้อนให้ได้ความหนาประมาณ 1.5 มิลลิเมตร ผ้านอนวูฟเวนพอลิโพรไพลีนสปันบอนด์ขนาด 30 กรัม/ตารางเมตร ผ้าซับในขนาด 102 กรัม/ตารางเมตร

2) ตัดแผ่นฟองน้ำวิทยาศาสตร์ ผ้านอน-

วูฟเวน ผ้ายืดซับใน โดยใช้เครื่องตัดเลเซอร์ Hanma laser HM–T1310 โดยใช้กำลังไฟ 40–50 วัตต์ ความเร็ว 70 เมตร/นาที ตามแบบแพทเทิร์นที่ออกแบบไว้

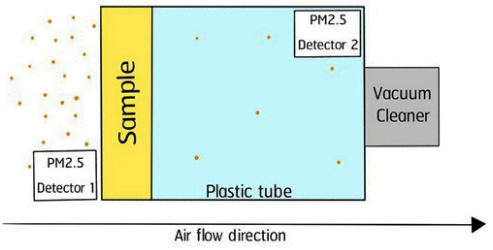
3) การทำแผ่นนอนวูฟเวนให้มีกลิ่นหอม โดยใช้ไมโครแคปซูลกลิ่นเปปเปอร์มินต์ทางการค้าจากบริษัท ดีซีเอ็มซี คอปเปอเรชั่น จำกัด ความเข้มข้น 15 g/L แล้วนำสารละลายไมโครแคปซูลมาฉีดพ่นลงบนผ้านอนวูฟเวนที่จากข้อ 2) ควบคุมให้แต่ละชิ้นมีร้อยละของน้ำหนักเพิ่มขึ้นขณะเปียกเท่ากับ 100

4) การประกอบตัวหน้ากากโดยประกอบชิ้นส่วนแล้วใช้เทปกาวสำหรับติดผ้าติดส่วนประกอบต่าง ๆ โดยให้แผ่นฟองน้ำวิทยาศาสตร์อยู่ด้านนอกสุด แผ่นนอนวูฟเวนกลิ่นหอมอยู่ตรงกลาง และผ้ายืดซับในอยู่ด้านในสุด ดังในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 (ก) การประกอบตัวหน้ากาก (ข) ตัวอย่างของหน้ากากป้องกันฝุ่นที่พัฒนาขึ้น (HOMESWU 01) และ (ค) ต้นแบบหน้ากากป้องกันฝุ่นละอองในบรรจุภัณฑ์สำหรับสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภค

3) การทดสอบประสิทธิภาพในการกรอง (particulate filtration Efficiency) และสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ

การทดสอบการกรองอนุภาคของหน้ากากกรองอากาศ N95 โดยทั่วไปจะใช้เกณฑ์ของ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ภายใต้มาตรฐาน 42 CFR Part 84 ซึ่งทดสอบโดยการกรองอนุภาคของแข็งของโซเดียมคลอไรด์ขนาด 0.3 ไมครอน โดยประสิทธิภาพในการกรองต้องมากกว่าร้อยละ 95 ในงานวิจัยนี้จึงปรับเปลี่ยนวิธีการทดสอบให้เป็นแบบง่ายโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคของหน้ากากแต่ละชนิด โดยใช้เครื่องวัดฝุ่น PM2.5 ยี่ห้อ Xiaomi Smartmi PM2.5 Monitor วัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กในบรรยากาศแล้วเปรียบเทียบกับค่าฝุ่นละอองในกล่องอุปกรณ์ทดสอบที่มีตัวอย่างหน้ากากปิดไว้ด้านหน้า ซึ่งในการทดสอบจะเลือกวันที่ในบรรยากาศมีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่า 100 ขึ้นไป ทดสอบในเขตวัฒนา กรุงเทพฯ และใช้เครื่องดูดฝุ่น SAMSUNG รุ่น VCC4540S36XST 1800 วัตต์ เป็นตัวดูดอากาศให้เคลื่อนที่เข้ามาในอุปกรณ์ทดสอบ ดังในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพจำลองการทดสอบประสิทธิภาพการกรองอากาศของตัวอย่างหน้ากากชนิดต่าง ๆ

การทดสอบประสิทธิภาพการกรองอากาศ ทำซ้ำ 3 ครั้ง และคำนวณประสิทธิภาพในการป้องกันฝุ่นตามสมการที่ (1) นอกจากนั้นทดสอบสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ได้แก่ การซึมผ่านของอากาศ (air permeability) โดยใช้เครื่อง Air permeability FX 3300 และใช้มาตรฐาน ASTM D737–96 ทดสอบ 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย และความหนา (thickness) ทดสอบโดยใช้เครื่อง Thickness gauge และใช้มาตรฐาน ASTM D 1777 ทดสอบ 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย

$$\text{ประสิทธิภาพการป้องกันฝุ่น (\%)} = \frac{\text{ค่าฝุ่นละอองในบรรยากาศ-ค่าฝุ่นละอองด้านในอุปกรณ์ทดสอบ}}{\text{ค่าฝุ่นละอองในบรรยากาศ}} \times 100 \quad \text{- - - (1)}$$

การสำรวจความพึงพอใจต่อการใช้หน้ากากป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กที่พัฒนาขึ้น

กลุ่มที่ศึกษาการสำรวจความพึงพอใจต่อการใช้หน้ากากป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กที่พัฒนา ได้แก่ ประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ จำนวน 20 คน อายุระหว่าง 18–25 ปี คณะผู้วิจัยนำต้นแบบหน้ากากที่พัฒนาขึ้นไปให้กลุ่มที่ศึกษาทดลองใช้หน้ากากเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง และทำแบบสอบถามความพึงพอใจหลังการใช้งานโดยสแกน QR code ที่ติดไปกับบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ เพื่อเข้าไปตอบแบบสอบถามในเว็บไซต์ Google Forms ดังในภาพที่ 2 โดยแบ่งคำถามออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ และรายได้ ตอนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจเมื่อสวมใส่หน้ากากป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยกำหนดระดับความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ (Likert scale 5 point) คือ 5 หมายถึงมีความพึงพอใจมากที่สุด 4 หมายถึงมีความพึงพอใจมาก 3 หมายถึงมีความพึงพอใจปานกลาง 2 หมายถึงมีความพึงพอใจน้อย 1 หมายถึงมีความพึงพอใจน้อยที่สุด และส่วนที่เป็นคำถามความคิดเห็นการตลาดของหน้ากากป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กจำนวน 3 ข้อ คือ สถานที่วางจำหน่าย ราคาของหน้ากาก และข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการสำรวจผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 100 คนในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิงร้อยละ 79 และเพศชายร้อยละ 21 มีรายได้ต่อเดือนเฉลี่ยต่ำกว่า 5,000 บาท ร้อยละ 40 และมีรายได้เฉลี่ย 5,000–10,000 บาท ร้อยละ 34 ข้อมูลพฤติกรรมการใช้หน้ากากป้องกันฝุ่น PM2.5 ของกลุ่มที่ศึกษา (ตาราง 1) แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกใช้หน้ากากอนามัยแบบจีบมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่ากลุ่มที่ศึกษาในประเทศอินโดนีเซียจะเลือกใช้หน้ากากอนามัยแบบจีบในการป้องกันตัวเองจากจากฝุ่นละอองที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย (Horwell *et al*., 2019) อย่างไรก็ตามหน้ากากอนามัยแบบจีบไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อป้องกันฝุ่นละออง แต่ใช้ในการป้องกันการแพร่กระจายของละอองฝอย ดังนั้นในอนาคตกลุ่มที่ศึกษาจะไม่เลือกใส่หน้ากากอนามัยแบบจีบเพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยกลุ่มที่ศึกษาจะเลือกใช้หน้ากากอนามัยแบบจีบลดลงจากร้อยละ 46 เป็นร้อยละ 9 นอกจากนั้นจากการสำรวจพบว่ากลุ่มที่ศึกษาร้อยละ 16 ใช้หน้ากากนอนวูฟเวน 3 มิติ และในอนาคตก็มีความ

ต้องการใช้หน้ากากประเภทนี้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 22 เนื่องจากหน้ากากนอนวูฟเวน 3 มิติ มีรูปทรงที่เข้ากับรูปหน้า มีผิวสัมผัสให้ความรู้สึกนุ่มสบายมากกว่าหน้ากากอนามัยแบบจีบ นอกจากนี้ด้านหน้าของหน้ากากเป็นรูปทรงแบบ 3 มิติทำให้มีช่องอากาศที่ทำให้รู้สึกว่าเมื่อสวมใส่หน้ากากนอนวูฟเวน 3 มิติ จะสามารถหายใจได้สะดวก อีกทั้งตะเข็บจากผ้านอนวูฟเวนด้านข้างให้ความรู้สึกกระชับกับใบหน้า และป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กได้

ตาราง 1 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจการใช้หน้ากากป้องกันฝุ่น PM2.5

ประเภทของหน้ากากป้องกันฝุ่น	ร้อยละ	
	หน้ากากที่เลือกใช้เพื่อป้องกันฝุ่น	หน้ากากที่จะเลือกใช้ในอนาคต
ก. หน้ากากผ้า	5.0	21.0
ข. หน้ากากอนามัยแบบจีบ	46.0	9.0
ค. หน้ากากอนามัยแบบคาร์บอน	5.0	6.0
ง. หน้ากากนอนวูฟเวน 3 มิติ	16.0	22.0
จ. หน้ากากฟองน้ำ 3 มิติ	7.0	24.0
ฉ. หน้ากาก N95 แบบพับ	4.0	8.0
ช. หน้ากาก N95 แบบถ้วย	8.0	6.0
ซ. หน้ากาก N95 แบบมีวาล์ว	9.0	4.0

เมื่อพิจารณาหน้ากากหรืออุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจที่เหมาะสมในการใช้เพื่อป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีการออกแบบให้กรองฝุ่น PM2.5 และได้รับมาตรฐานรับรอง ได้แก่ หน้ากาก N95 แบบพับ หน้ากาก N95 แบบถ้วย และหน้ากาก N95 แบบมีวาล์ว พบว่ามีกลุ่มที่ศึกษาใช้หน้ากากประเภทนี้รวมกันเพียงร้อยละ 21 เท่านั้น และมีแนวโน้มที่จะใช้หน้ากากประเภทนี้ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 18 ในอนาคตหากเกิดปัญหามลภาวะฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ สาเหตุที่กลุ่มที่ศึกษาไม่นิยมใช้หน้ากากประเภทนี้เพราะหายใจไม่สะดวก เนื่องจากหน้ากากมีการออกแบบให้มีขอบปิดรอบปากและจมูกทำให้เมื่อสวมใส่แล้วความร้อนบริเวณรอบริมฝีปากและจมูกมีการถ่ายเทสู่สิ่งแวดล้อมได้น้อย ทำให้อุณหภูมิในหน้ากากสูงขึ้น (Yip *et al*., 2005) ส่งผลทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกไม่สบายเมื่อสวมใส่ นอกจากนั้นหน้ากาก N95 ยังมีราคาสูงกว่าหน้ากากผ้าและหน้ากากอนามัยประมาณ 5 เท่า (Jaichuen and Sartmoon, 2020)

กลุ่มที่ศึกษามีแนวโน้มจะเลือกใช้หน้ากากผ้าและหน้ากากฟองน้ำแบบ 3 มิติ เพิ่มขึ้น กล่าวคือ กลุ่มที่ศึกษาร้อยละ 5 ใช้หน้ากากผ้าในการป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ และร้อยละ 21 จะเลือกใช้หน้ากากผ้าในอนาคตหากมีปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กเกิดขึ้นอีก สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่แสดงว่าบุคลากรด้านสาธารณสุขในประเทศเวียดนาม เลือกใช้หน้ากากผ้าเนื่องจากมีราคาถูก สามารถทำความสะอาดได้ด้วยวิธีการอย่างง่าย อีกทั้งยังสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบให้มีการเพิ่มชั้นของไส้กรองได้ (Chughtai *et al*., 2015) อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยยืนยันว่าหน้ากากผ้ามีประสิทธิภาพในการป้องกันอนุภาคขนาดเล็กได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Rengasamy

et al., 2010) ในกรณีของหน้ากากฟองน้ำ 3 มิติ ซึ่งเป็นหน้ากากที่กลุ่มที่ศึกษามีความชื่นชอบและคาดหวังว่าจะใช้หน้ากากชนิดนี้ในการป้องกันฝุ่นละอองในอนาคตมากที่สุด (ร้อยละ 24) ซึ่งในขณะที่มีปัญหาฝุ่นละอองเกิดขึ้นในเขตกรุงเทพฯ นั้น มีเพียงร้อยละ 7 ของกลุ่มที่ศึกษาเท่านั้นที่เคยใช้หน้ากากชนิดนี้ อาจเป็นผลมาจากหน้ากากชนิดนี้เป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ เพิ่งจะวางจำหน่ายได้ไม่นาน รูปแบบของหน้ากากกระชับพอดีกับรูปหน้า ผลิตจากฟองน้ำที่มีความนิ่มและยืดหยุ่น มีสีสันสวยงาม จึงทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามมีความสนใจรูปแบบของหน้ากากป้องกันฝุ่นรูปแบบฟองน้ำ 3 มิติสูงสุด

เมื่อสอบถามถึงปัญหาของกลุ่มที่ศึกษาที่พบการใช้หน้ากากเพื่อป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก พบปัญหาการหายใจไม่สะดวกมากที่สุด (ร้อยละ 26.7) สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่พบว่าการใช้อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจส่งผลให้เกิดความ ไม่สบาย เนื่องจากอุณหภูมิบริเวณพื้นผิวของใบ-หน้า (facial skin temperature) สูงขึ้น ซึ่งอุณหภูมิบริเวณพื้นผิวของใบหน้าส่งผลต่อความรู้สึกสบายของร่างกายมากกว่าอุณหภูมิพื้นผิวของร่างกายในส่วนอื่น ๆ (Johnson, 2016) นอกจากนี้ร้อยละ 20 คิดว่าหน้ากากป้องกันฝุ่นที่ใช้ไม่เข้ากับรูปหน้า สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่สำรวจการใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจของพนักงานในโรงงานน้ำตาล พบว่าพนักงานที่ไม่สวมหน้ากากป้องกันเนื่องจากทำให้หายใจไม่สะดวก รู้สึกรำคาญและอึดอัด (Panakobkit and Sakunkoo, 2019)

เมื่อสอบถามความต้องการให้เพิ่มคุณสมบัติของหน้ากากป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ พบว่ากลุ่มที่ศึกษาร้อยละ 29.2 อยากให้หน้ากากป้องกันฝุ่นมีกลิ่นหอม รองลงมาคือต้องการหน้ากากป้องกันฝุ่นที่หายใจได้สะดวก และเข้ากับรูปหน้าอยู่ที่ร้อยละ 22.9 และ 20.4 ตามลำดับ

ดังนั้นในขั้นตอนของการพัฒนารูปแบบหน้ากากเพื่อป้องกันฝุ่นละอองจึงเลือกรูปแบบของหน้ากากแบบฟองน้ำ 3 มิติที่ได้รับคะแนนความคาดหวังที่จะใช้ในอนาคตมากที่สุด (ร้อยละ 24) มาเป็นรูปแบบอ้างอิง และออกแบบให้มีจำนวนชั้นกรองฝุ่นละอองเพิ่มขึ้นโดยเพิ่มชั้นไส้กรองจากนอนวูฟเวน และแผ่นซับในจากผ้ายืดเพื่อให้ความรู้สึกนุ่มสบาย นอกจากนี้คณะผู้วิจัยฉีดพ่นไมโครแคปซูลกลิ่นหอมลงบนชั้นของแผ่นนอนวูฟเวนเพื่อช่วยให้ผู้สวมใส่รู้สึกผ่อนคลายตามความข้อแนะนำของกลุ่มที่ศึกษา

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการกรองความหนา และการซึมผ่านของอากาศของหน้ากากแต่ละประเภท เปรียบเทียบกับหน้ากากที่พัฒนาขึ้น (HOMESWU01) ในตาราง 2 พบว่า หน้ากาก N95 แบบถ้วย สามารถป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กได้ดีที่สุด สอดคล้องกับคำแนะนำในการเลือกใช้หน้ากากที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ (Centers for Disease Control and Prevention, 2014) ส่วนหน้ากาก HOMESWU01 แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นละอองขนาดเล็กต่ำกว่าหน้ากาก N95 แบบถ้วย แต่ก็ยังมีประสิทธิภาพดีกว่าหน้ากากที่ขายในท้องตลาด ได้แก่ หน้ากากนอนวูฟเวน 3 มิติ หน้ากากอนามัยแบบจีบ และหน้ากากแบบฟองน้ำ 3 มิติ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่แสดงให้เห็นว่าหน้ากากป้องกันฝุ่นที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดอาจไม่ได้มีประสิทธิภาพในการป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กได้อย่างเพียงพอ (Cherrie *et al*., 2018)

ตาราง 2 ประสิทธิภาพในการกรองและสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ของหน้ากาก

ตัวอย่าง	ประสิทธิภาพการกรองฝุ่นละอองขนาดเล็ก (%)	การซึมผ่านของอากาศ (cubic foot per minute)	ความหนา (mm)
หน้ากากอนามัยแบบจีบ	4	12.0	1.66
หน้ากากนอนวูฟเวน 3 มิติ	59	16.2	0.68
หน้ากากฟองน้ำ 3 มิติ	3	112.0	2.00
หน้ากาก N95 แบบถ้วย	86	9.7	3.63
หน้ากาก HOMESWU01	72	3.9	2.69

เมื่อพิจารณาหน้ากากที่ผลิตขึ้นจากนอนวูฟเวน ได้แก่ หน้ากาก N95 แบบถ้วย หน้ากากอนามัยแบบจีบและหน้ากากนอนวูฟเวน 3 มิติ พบว่า หน้ากาก N95 แบบถ้วยมีความหนามากที่สุดแต่มีการซึมผ่านของอากาศน้อยที่สุด ส่วนหน้ากากแบบนอนวูฟเวน 3 มิติ ทีความหนาน้อยที่สุดมีการซึมผ่านของอากาศดีที่สุด จะเห็นได้ว่าความหนาของตัวอย่างหน้ากากที่ผลิตขึ้นจากนอนวูฟเวนมีผลต่อการซึมผ่านของอากาศ เนื่องจากเมื่อความหนาของหน้ากากเพิ่มขึ้นจะทำให้มีระยะทางในการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านชิ้นตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ค่าความเร็วในการไหลของอากาศลดลง (Çelik, 2017) ส่วนหน้ากากฟองน้ำ 3 มิติ แม้ว่าจะมีความหนามากกว่าหน้ากากอนามัยแบบจีบและหน้ากากนอนวูฟเวน 3 มิติ แต่มีค่าการซึมผ่านของอากาศได้ดีที่สุด เนื่องจากหน้ากากฟองน้ำ 3 มิติผลิตมาจากฟองน้ำจึงมีรูพรุนสูง ทำให้มีช่องว่าง ทำให้อากาศผ่านได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่อธิบายว่าสมบัติความเป็นรูพรุนมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อสมบัติการซึมผ่านของอากาศ (Gültekin *et al*., 2020) ส่วนหน้ากาก HOMESWU01 มีค่าการซึมผ่านของอากาศน้อยที่สุดเนื่องจากตัวหน้ากากผลิตขึ้นมาจากแผ่นฟองน้ำวิทยาศาสตร์ แผ่นนอนวูฟเวน และผ้ายืด จึงมีความหนามากเป็นอันดับสอง และการที่หน้ากาก HOMESWU01 มีหลายชั้นทำให้อากาศเคลื่อนที่ผ่านได้น้อยลง

นอกจากนี้อัตราการซึมผ่านของอากาศมีความสัมพันธ์กับรูปแบบหน้ากากที่ผู้บริโภคมีความสนใจซื้อ เนื่องจากหน้ากากฟองน้ำ 3 มิติผลิตจากฟองน้ำยูรีเทนที่ให้ความรู้สึกนุ่ม สวมใส่สบาย เมื่อทดสอบอัตราการซึมผ่านของอากาศมีค่ามากที่สุดจึงทำให้ผู้สวมใส่รู้สึกว่าการใช้หน้ากากชนิดนี้จะทำให้หายใจได้สะดวกมากที่สุด อย่างไรก็ตามหน้ากากที่ผลิตมาจากฟองน้ำยูรีเทนมีประสิทธิภาพในการป้องกันฝุ่นอยู่ในระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับหน้ากาก N95 และหน้ากาก HOME SWU01 ดังนั้นจึงไม่ควรเลือกใช้หน้ากากฟองน้ำ 3 มิติเมื่อเกิดปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ เช่นเดียวกับหน้ากากอนามัยแบบจีบซึ่งกลุ่มที่ศึกษาน่าจะมีความรับรู้ว่าหน้ากากอนามัยแบบจีบไม่มีประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นละอองในอากาศ เนื่องจากมีประกาศจากหน่วยงานรัฐบาล และสื่อมวลชนแขนงต่าง ๆ ที่ให้ความรู้เกี่ยวกับการเลือกใช้หน้ากากป้องกันฝุ่นละอองแก่ประชาชน (National Institute of Health, 2019)

จากการสำรวจกลุ่มที่ศึกษาอายุ 18–25 ปี ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ที่ได้ทดลองใช้หน้ากาก HOMESWU01 และตอบแบบสอบถามจำนวน 20 คน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเป็น

เพศหญิงร้อยละ 50 และเพศชายร้อยละ 50 ส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือนเฉลี่ยในช่วง 5,000–10,000 บาท และ 10,001–20,000 บาท เท่ากันที่ร้อยละ 35 ความคิดเห็นของผู้ทดลองใช้หน้ากาก HOMESWU01 (ตาราง 3) พบว่า กลุ่มผู้ทดลองใช้มีความพึงพอใจที่มีต่อหน้ากาก HOMESWU01 อยู่ในระดับสูงเกือบทุกด้าน ยกเว้นประเด็นความแรงของกลิ่นหอม โดยด้านที่มีความเฉลี่ยมากที่สุด คือ หายใจสะดวก นอกจากนั้นยังมีข้อเสนอแนะจากผู้ทดลองใช้ ได้แก่ หน้ากากที่พัฒนาควรมีหลายขนาด เนื่องจากหน้ากากที่พัฒนามีขนาดเล็กเกินไปสำหรับผู้ทดลองใช้บางคน และฟองน้ำวิทยาศาสตร์มีความยืดหยุ่นค่อนข้างน้อย

ตาราง 3 ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อหน้ากากป้องกันฝุ่นละอองที่พัฒนาขึ้น

คำถาม	$\bar{X}$	SD
ความสะดวกในการหายใจ	4.15	0.59
ความสามารถในการป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก	4.10	0.45
รูปทรงของหน้ากาก	4.05	0.39
ความเข้ากันได้พอดีกับใบหน้า	3.85	0.67
ความรู้สึกระคายเคืองต่อใบหน้า	3.80	0.52
ความกระชับของสายคล้องหู	3.40	0.68
ความผ่อนคลายขณะสวมใส่	3.20	0.70
ความแรงของกลิ่นหอม	2.90	0.55

เมื่อสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลด้านการตลาด พบว่า ผู้ทดลองใช้ครึ่งหนึ่งมีความเห็นให้วางจำหน่ายหน้ากาก HOMESWU01 บนเว็บไซต์ออนไลน์ รองลงมาคือ ร้านสะดวกซื้อ (ร้อยละ 45.0) และร้านขายยา (ร้อยละ 5.0) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าผู้บริโภคอายุ 18–22 ปี มักจะตัดสินใจซื้อสินค้าในร้านค้าออนไลน์ เนื่องจากการซื้อของออนไลน์มีความสะดวกมากขึ้น (Navavongsathian, 2014) ดังนั้นกลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้จึงมีแนวโน้มที่จะซื้อหน้ากากป้องกันฝุ่นละอองจากเว็บไซต์ออนไลน์ นอกจากนั้นกลุ่มที่ศึกษาร้อยละ 45 มีความเห็นว่าสินค้าดังกล่าวควรวางขายในร้านสะดวกซื้อ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่แสดงไว้ว่าร้านสะดวกซื้อเป็นทางเลือกอันดับแรกของผู้บริโภค เพราะมีการจัดเตรียมสินค้าจำเป็นไว้บริการลูกค้าในทุกด้านทั้งอาหารสำเร็จรูป เครื่องดื่ม จนถึงของใช้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน และยังมีการเลือกสรรเฉพาะสินค้าที่มีคุณภาพมาตรฐาน มีการเปิดบริการตลอด 24 ชั่วโมง จึงทำให้สามารถเข้าใช้บริการได้ทุกเวลา (Imwinyan and Kulsiri, 2015)

นอกจากนี้กลุ่มที่ศึกษาส่วนใหญ่ (ร้อยละ 75.0) มีความเห็นว่าหน้ากาก HOMESWU01 ควรตั้งราคาขายที่ 21–40 บาท รองลงมาคือ 41–60 บาท (ร้อยละ 15.0) ต่ำกว่า 20 บาท และ 61–80 บาท (ร้อยละ 5.0) ตามลำดับ ซึ่งราคาดังกล่าวเป็นราคาหน้ากากเฉลี่ยทั่วไปในท้องตลาดที่ผู้บริโภคสามารถซื้อหาในชีวิตประจำวันได้

ข้อมูลในตาราง 3 มีความสัมพันธ์กับข้อมูลในตาราง 2 กล่าวคือกลุ่มตัวอย่างคิดว่าหน้ากาก HOMESWU01 มีประสิทธิภาพในการป้องกันฝุ่นละอองได้ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันฝุ่นในตาราง 3 ที่พบว่าหน้ากาก HOMESWU01 มีประสิทธิภาพในการป้องกันฝุ่นได้ประมาณร้อยละ 72 ดังนั้นหน้ากากที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ฟองน้ำวิทยาศาสตร์และมีไส้กรองนอนวูฟเวนที่มีกลิ่นหอมจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าของหน้ากากที่ใช้ป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก ทำให้สามารถวางจำหน่ายหน้ากาก HOMESWU01 ได้ในราคาที่สูงกว่าหน้ากากอนามัยชนิดธรรมดาที่ไม่สามารถกันฝุ่น PM2.5 ได้

สรุปผล

การพัฒนารูปแบบหน้ากากป้องกันฝุ่นขนาดเล็กได้รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มที่ศึกษาอายุระหว่าง 18–25 ปี จำนวน 100 คน ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ผ่านแบบสอบถาม Google Forms จากผลการสำรวจพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความชื่นชอบและต้องการใช้หน้ากากแบบฟองน้ำ 3 มิติ หากเกิดปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศอีกในอนาคต และปัญหาที่พบส่วนใหญ่ในการใช้หน้ากากป้องกันฝุ่นละอองคือหายใจไม่สะดวก เมื่อคณะผู้วิจัยพัฒนารูปแบบหน้ากากป้องกันฝุ่นละอองตามข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและปรับปรุงรูปแบบของหน้ากากป้องกันฝุ่นละอองโดยการเพิ่มชั้นไส้กรองนอนวูฟเวนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันฝุ่นละอองและเพิ่มแผ่นซับในจากผ้ายืดเพื่อให้ความรู้สึกนุ่มสบาย การทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันฝุ่นละอองของหน้ากากที่พัฒนาขึ้นพบว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กได้ต่ำกว่าหน้ากาก N95 แต่มีประสิทธิภาพดีกว่าหน้ากากชนิดอื่น ๆ ที่มีขายในท้องตลาด และเมื่อนำหน้ากากที่พัฒนาขึ้นมาทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคโดยให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้หน้ากากที่พัฒนาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อหน้ากากที่พัฒนาระดับมากที่สุดในด้านความสะดวกในการหายใจ ความสามารถในการป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก และรูปทรงของหน้ากากตามลำดับ กลุ่มที่ศึกษามีเห็นว่าหน้ากากที่พัฒนาขึ้นควรวางจำหน่ายในเว็บไซต์ออนไลน์ในราคาประมาณ 21–40 บาท ซึ่งมีราคาสูงกว่าราคาของหน้ากากผ้าและหน้ากากอนามัยทั่วไปในท้องตลาด อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นของหน้ากากที่พัฒนาขึ้นยังไม่ผ่านมาตรฐานของอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจที่ใช้ในการป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก จึงทำให้ไม่สามารถวางจำหน่ายในราคาเดียวกันกับอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจที่มีตราสินค้าและได้รับการรับรองมาตรฐาน

เอกสารอ้างอิง

Borirak, T. (2020). The crisis lessons from PM2.5 air pollution. **EAU Heritage Journal Science and Technology** 13(3): 44–58. (in Thai)

Çelik, H. I. (2017). Determination of air permeability property of air–laid nonwoven fabrics using regression analyses. **Periodicals of Engineering and Natural Sciences** 5(2): 210–216.

Centers for Disease Control and Prevention. (1997). **42 CFR Part 84 Respiratory Protective Devices** [Online]. Retrieved from https://www.cdc.gov/niosh/npptl/topics/respirators/pt84abs2.html, June 12, 2020.

Centers for Disease Control and Prevention. (2014). **Non–occupational Uses of Respiratory Protection – What Public Health Organizations and Users Need to Know** [Online]. Retrieved from https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2018/01/04respirators-public-use, June 12, 2020.

Chairattanawan, K., and Patthirasinsiri, N. (2020). Emission source impact and problem solving and management on PM2.5 in the northern part of Thailand. **Journal of the Association of Researchers** 25(1): 461–474. (in Thai)

Cherrie, J. W., Apsley, A., Cowie, H., Steinle, S., Mueller, W., Lin, C., Horwell, C. J., Sleeuwenhoek, A., and Loh, M. (2018). Effectiveness of face masks used to protect Beijing residents against particulate air pollution. **Occupational and Environmental Medicine** 75(6): 446–452.

Chughtai, A. A., Seale, H., Dung, T. C., Maher, L., Nga, P. T., and MacIntyre, C. R. (2015). Current practices and barriers to the use of facemasks and respirators among hospital–based health care workers in Vietnam. **American Journal of Infection Control** 43(1): 72–77.

Gültekin, E., Çelik, H. I., Nohut, S., and Elma, S. K. (2020). Predicting air permeability and porosity of nonwovens with image processing and artificial intelligence methods. **The Journal of the Textile Institute** 111(11): 1641–1651.

Horwell, C. J., Ferdiwijaya, D., Wahyudi, T., and Dominelli, L. (2019). Use of respiratory protection in Yogyakarta during the 2014 eruption of Kelud, Indonesia: Community and agency perspectives. **Journal of Volcanology and Geothermal Research** 382: 92–102.

Imwinyan, P., and Kulsiri, P. (2015). Retail management influencing consumer's buying behavior: A study of convenience stores in Bangkok Metropolis. **VRU Research and Development Journal Humanities and Social Science** 10(3): 349–359. (in Thai)

Jaichuen, S., and Sartmoon, S. (2020). Consumer behavior in accepting electronic health technologies health care air purifier. **Rajapark Journal** 14(32): 181–189. (in Thai)

Johnson, A. T. (2016). Respirator masks protect health but impact performance: A review. **Journal of Biological Engineering** 10(4): 1–12.

Li, Y., Tokura, H., Guo, Y. P., Wong, A. S., Wong, T., Chung, J., and Newton, E. (2005). Effects of wearing N95 and surgical facemasks on heart rate, thermal stress and subjective sensations. **International Archives of Occupational and Environmental Health** 78(6): 501–509.

National Institute of Health. (2019). **Selection and Use of N95 Respirator: Public Knowledge** [Online]. Retrieved from: http://nih.dmsc.moph.go.th/data/data/fact_sheet/2_62.pdf, June 12, 2020.

Navavongsathian, A. (2014). Behavior decision of consumer in online shopping store in Bangkok Metropolitan. **Panyapiwat Journal** 5(2): 134–149. (in Thai)

Panakobkit, W., and Sakunkoo, P. (2019). Usage of respiratory protective equipment among sugarcane factory workers: Case study 3 province in Northeastern. **KKU Journal for Public Health Research** 12(1): 7–12. (in Thai)

Pholpibul T., Chaisawat, I., and Rungpisuttiphong, A. (2014). Disaster in the winter of particle matter (PM2.5). **EAU Heritage Jour-**

nal Science and Technology 8(14): 40–46. (in Thai)

Rengasamy, S., Eimer, B., and Shaffer, R. E. (2010). Simple respiratory protection– evaluation of the filtration performance of cloth masks and common fabric materials against 20–1000 nm size particles. **Annals of Occupational Hygiene** 54(7): 789–798.

U.S. food and drug administration. (2020). **N95 Respirators, Surgical Masks, and Face Masks** [Online]. Retrieved from https://www.fda.gov/medical-devices/personal-protective-equipment-infection-control/n95-respirators-surgical-masks-and-face-masks, June 12, 2020.

Yip, W., Leung, L., Lau, P., and Tong, H. (2005). The effect of wearing a face mask on body temperature. **Hong Kong Journal of Emergency Medicine** 12(1): 23–27.

Zhou, S. S., Lukula, S., Chiossone, C., Nims, R. W., Suchmann, D. B., and Ijaz, M. K. (2018). Assessment of a respiratory face mask for capturing air pollutants and pathogens including human influenza and rhinoviruses. **Journal of Thoracic Disease** 10(3): 2059–2069.