

บทความวิจัย

การประเมินการรั่วเข้าด้านในรวมของหน้ากากและตัวซีลหน้ากาก

Assessment of the Total Inward Leakage Through Face Masks and Mask Sealers

พานิช อินต๊ะ* วิสูตร อาสนวิจิตร** วิสาชนภัสต์ รัตนจันทร์***

Panich Intra* Visut Asanavijit** Wisanapat Rattanachan***

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อประเมินการรั่วเข้าด้านในรวมของหน้ากากและตัวซีลหน้ากากในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบกับหน้ากากจำนวน 8 แบบคือ 1) หน้ากากอนามัย 2) หน้ากากอนามัยซ้อนทับ 2 ชั้น 3) หน้ากากผ้า 4) หน้ากากผ้าซ้อนทับ 2 ชั้น 5) หน้ากากผ้าซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย 6) หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์ว 7) หน้ากาก N95 แบบมีวาล์ว และ 8) หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย และตัวซีลหน้ากากจำนวน 2 แบบคือ 1) แบบโครงซีลครอบด้านนอกของหน้ากากและ 2) แบบโครงซีลครอบด้านในของหน้ากาก โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐานการป้องกันระบบทางเดินหายใจ 29 CFR 1910.134 ของ OSHA เพื่อหาค่าการรั่วเข้าด้านในรวมของตัวอย่างหน้ากากและตัวซีลหน้ากากกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คนที่มีรูปใบหน้าแตกต่างกัน จากผลการทดสอบพบว่าการรั่วเข้าด้านในรวมผ่านหน้ากากอนามัยประมาณ 59.71% หน้ากากอนามัยซ้อนทับ 2 ชั้นประมาณ 31.76% หน้ากากผ้าประมาณ 62.80% หน้ากากผ้าซ้อนทับ 2 ชั้น ประมาณ 53.60% หน้ากากผ้าซ้อนด้วยหน้ากากอนามัยประมาณ 23.67% หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วประมาณ 0.91% หน้ากาก N95 แบบมีวาล์วประมาณ 9.50% และหน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วซ้อนด้วยหน้ากากอนามัยประมาณ 0.88% สำหรับตัวซีลหน้ากากพบว่าหน้ากากอนามัยที่ใช้โครงซีลครอบด้านนอกมีการรั่วเข้าด้านในรวมประมาณ 7.54% และหน้ากากอนามัยที่ใช้โครงซีลครอบด้านในมีการรั่วเข้าด้านในรวมประมาณ 56.87% ข้อมูลจากการทดลองนี้จะประโยชน์อย่างมากต่อผู้บริโภคและผู้สนใจในการเลือกใช้หน้ากากแต่ละแบบให้เหมาะสมกับระดับการป้องกัน

คำสำคัญ: โควิด-19/ หน้ากาก/ ตัวซีลหน้ากาก/ การรั่วเข้า/ ประสิทธิภาพ

* corresponding author รองศาสตราจารย์ หน่วยวิจัยสนามไฟฟ้าประยุกต์ในงานวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50220 Email: panich.intra@gmail.com

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หน่วยวิจัยสนามไฟฟ้าประยุกต์ในงานวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50220 Email: iamvisut@gmail.com

*** หน่วยวิจัยสนามไฟฟ้าประยุกต์ในงานวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50220 Email: r.wisanapat@gmail.com

Abstract

The objective of this work is to evaluate the total inward leakage through face masks and mask sealers. In this study, eight major categories of face masks including 1) surgical mask 2) two layer surgical masks 3) fabric mask 4) two-layer fabric masks 5) fabric mask over with surgical mask 6) N95 mask without valve 7) N95 mask with valve and 8) N95 mask with valve over with surgical mask, and two major categories of mask sealers including 1) seal frame on the outside of the surgical mask and 2) inner seal frame of the surgical mask. This work was carried out by the test method of the 29 CFR 1910.134, respiratory protection standard, OSHA for determining the total inward leakage through sample face masks and mask sealers for a target group of 5 peoples with different faces. It was found from the test results that the total inward leakage through surgical mask about 59.71%, two layer surgical masks about 31.76%, fabric mask about 62.80%, two-layer fabric masks about 53.60%, fabric mask over with surgical mask about 23.67%, N95 mask without valve about 0.91%, N95 mask with valve about 9.50% and N95 mask with valve over with surgical mask about 0.88%. For the mask sealers, it was found that the total inward leakage through the seal frame on the outside of the surgical mask about 7.54% and the inner seal frame of the surgical mask about 56.87%. The data from this test will be of great benefit to consumers and those interested in choosing each mask to suit their level of protection.

Keyword: COVID-19/ Face mask/ Mask sealer/ Inward leakage/ Efficiency

บทนำ

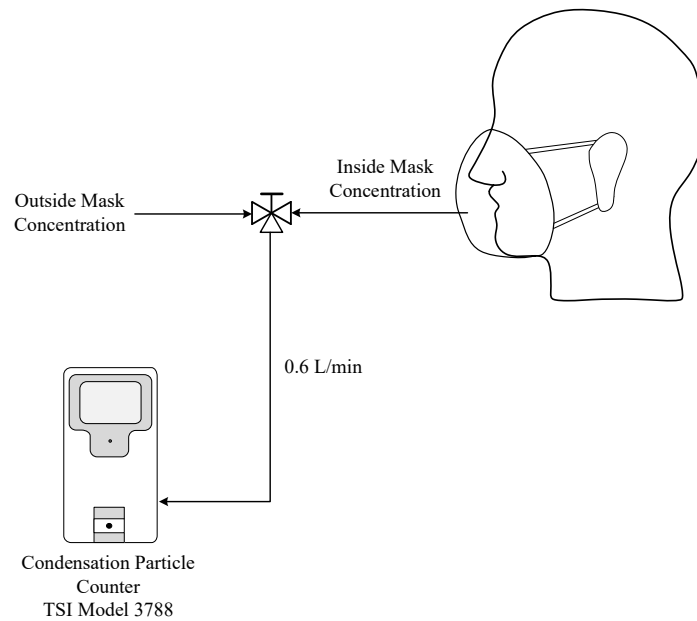
การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทั่วโลกทำให้ยอดผู้ติดเชื้อสะสมสูงถึง 163,161,728 ราย และเสียชีวิตสะสมสูงถึง 3,381,269 ราย สำหรับประเทศไทยมีผู้ติดเชื้อสะสม 111,082 ราย และเสียชีวิตสะสม 614 ราย ข้อมูล ณ วันที่ 18 พฤษภาคม 2564 (Department of Disease Control, 2021) ทำให้มีความต้องการหน้ากากอนามัยประเภทใช้ครั้งเดียว (Disposable surgical masks) หน้ากากผ้า (Fabric masks) และหน้ากาก N95 (N95 masks) ใช้ป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโควิด-19 จากละอองฝอยหรือสารคัดหลั่งจากการไอจามและการดักจับละอองของเหลวและละอองลอยแบบที่เรียจากปากและจมูก (Whiley et al.,2020) ในการเลือกและการใช้หน้ากากจำเป็นต้องพิจารณาเลือกชนิดและระดับการป้องกันของหน้ากากให้เหมาะสมกับการใช้งานและระดับความเสี่ยง เลือกขนาดหน้ากากให้เหมาะสมกับใบหน้าเพื่อการสวมใส่ที่กระชับพอดีกับใบหน้า หน้ากากต้องมีมาตรฐานการผลิต เช่น ISO 13485 หมายถึงระบบมาตรฐานการจัดการด้านคุณภาพซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การออกแบบ พัฒนา ผลิตและขายเครื่องมือทางการแพทย์ ถ้าเป็นหน้ากากนำเข้าต้องผ่านการทดสอบตาม 42 CFR 84, KMOEL 2017-64,

GB 2626-2019, EN149:2001 เป็นต้น มีเอกสารรับรองผลการทดสอบประสิทธิภาพจากห้องปฏิบัติการที่น่าเชื่อถือและรายละเอียดแสดงถึงประสิทธิภาพ เลือกซื้อจากร้านค้าหรือห้างร้านที่เชื่อถือได้

โดยทั่วไปประสิทธิภาพของหน้ากากอนามัยหรือหน้ากากกรองอากาศถูกกำหนดโดย 2 ส่วนคือ 1) ประสิทธิภาพการกรองอนุภาค (Particle filtration efficiency) และ 2) ความพอดี (Fit) หรือการรั่ว (Leakage) โดยศูนย์ควบคุมโรคติดต่อสหรัฐอเมริกา (Centers for Disease Control and Prevention) ได้มีคำแนะนำเกี่ยวกับการใส่หน้ากากเพื่อป้องกันการแพร่เชื้อโควิด-19 เกี่ยวกับการรั่วขณะสวมใส่หน้ากาก มีความเสี่ยงในการติดเชื้อและแพร่เชื้อได้ (Konda et al., 2020; Aydin et al., 2020) ซึ่งการรั่วของหน้ากาก ในขณะที่หายใจเข้าทำให้ผู้ใส่มีความเสี่ยงในการติดเชื้อได้ และการรั่วขณะหายใจออกผู้ใส่ที่มีเชื้อทั้งแสดงและไม่แสดงอาการก็มีโอกาสแพร่เชื้อไปสู่ผู้อื่นผ่านอากาศที่หายใจออกได้ ดังนั้น หน้ากากสำหรับการใช้งานทางการแพทย์จำเป็นต้องมีการตรวจสอบการรั่วเข้ารวม (Total inward leakage) หรือ TIL ของหน้ากากขณะใส่ ตามมาตรฐาน EN149:2001 และ GB 2626-2019 ได้กำหนดให้ผู้ผลิตทดสอบการรั่วเข้ารวมของหน้ากากกรองอากาศแบบ FFP2 และ KN95 ต้องมีค่า TIL ไม่เกิน 8% ส่วนมาตรฐานหน้ากาก N95 ตาม 42 CFR 84 ของสถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Institute for Occupational Safety and Health) หรือ NIOSH และหน้ากากอนามัยตามมาตรฐาน ASTM F2100 ไม่ได้กำหนดให้ผู้ผลิตต้องทดสอบความพอดี (Fit test) หรือ TIL อย่างไรก็ตาม การทดสอบความพอดีหรือ TIL ของหน้ากาก N95 เป็นข้อกำหนดของบริษัทเองไม่ใช่สำหรับการรับรองของ NIOSH อย่างไรก็ตามสำหรับการใช้งานเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและอาชีวอนามัยของสำนักงานบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (Occupational Safety and Health Administration) หรือ OSHA จะเป็นผู้กำหนดค่าปัจจัยความพอดีสำหรับหน้ากาก N95 คือไม่ต่ำกว่า 100 หรือขณะใส่ต้องรั่วได้ไม่มากกว่า 1% ซึ่ง OSHA ถือว่าการทดสอบความพอดีของหน้ากากเป็นการทดสอบเฉพาะบุคคล แต่ในปัจจุบันได้มีการใช้งานหน้ากากที่ค่อนข้างหลากหลายแบบในการป้องกันเชื้อโควิดไม่ว่าจะเป็นหน้ากากอนามัย หน้ากากผ้า หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วและมีวาล์ว ผู้ใช้หน้ากากเพื่อป้องกันเชื้อโควิดเกิดความกังวล ยังขาดความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการรั่วเข้าของหน้ากากที่สวมใส่แต่ละแบบว่ามีการรั่วแตกต่างการอย่างไร ซึ่งรายงานการวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพของหน้ากากส่วนใหญ่จะเป็นการรายงานผลประสิทธิภาพการกรองอนุภาค (Sickbert-Bennett et al., 2020; Dugdale & Walensky, 2020; Rengasamy et al., 2010) ส่วนการรั่วเข้าของหน้าได้มีการรายงานแต่ยังไม่ครอบคลุมชนิดหน้ากากและตรงกับการใช้งานของผู้ใช้งานในประเทศไทย ปัจจุบันที่มีการใช้งานหน้ากากที่มีการใส่ซ้อนทับกันมากกว่า 1 ชั้นและมีการซ้อนทับด้วยหน้ากากที่ต่างชนิด มีการใช้ตัวซิลหน้ากากเสริมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและทำให้การสวมใส่ที่ฟิตพอดีขึ้น ซึ่งข้อมูลการทดลองการรั่วเข้าด้านในรวมของหน้ากากและตัวซิลหน้ากากจึงเป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับผู้ใส่หน้ากาก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินการรั่วเข้าด้านในรวมของหน้ากาก จำนวน 8 แบบคือ หน้ากากอนามัย หน้ากากอนามัยซ้อนทับ 2 ชั้น หน้ากากผ้า หน้ากากผ้าซ้อนทับ 2 ชั้น หน้ากากผ้าซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์ว หน้ากาก N95 แบบมีวาล์ว และหน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย
2. เพื่อประเมินการรั่วเข้าด้านในรวมของตัวซีลหน้ากากจำนวน 2 แบบคือ แบบโครงซีลครอบด้านนอกของหน้ากากและแบบโครงซีลครอบด้านในของหน้ากาก
3. เพื่อเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ใช้งานหน้ากากในการพิจารณาเลือกใช้หน้ากากให้เหมาะสมกับการใช้งานและระดับความเสี่ยง



รูปที่ 1 แผนภาพการประเมินการรั่วเข้าด้านในรวมของหน้ากากและตัวซีลหน้ากาก

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประสิทธิภาพการกรองอนุภาคและความพอดีหรือการรั่วเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพของหน้ากากอนามัยหรือหน้ากากกรองอากาศรวม โดยประสิทธิภาพการกรองอนุภาคบอกความสามารถกรองอนุภาคของหน้ากากในช่วงขนาดที่กำหนดซึ่งรวมถึงไวรัส (Virus) และอนุภาคขนาดเล็กระดับซับไมครอน (Submicron particles) อื่นๆ ส่วนความพอดีหรือการรั่วในขณะสวมใส่บอกความสามารถป้องกันการรั่วของหน้ากากบริเวณใบหน้า โดยประสิทธิภาพของหน้ากากอนามัยหรือหน้ากากกรองอากาศรวม (Total efficiency) η_{total} หาได้จากสมการของ (Rengasamy et al.,2014; Rengasamy et al.,2018)

$$\eta_{total} = \eta_{filtration} - TIL \quad (1)$$

เมื่อ $\eta_{filtration}$ คือประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของหน้ากากอนามัยหรือหน้ากากกรองอากาศ และ TIL คือการรั่วเข้าด้านในรวมของหน้ากากอนามัยหรือหน้ากากกรองอากาศ รูปที่ 1 แสดงแผนภาพการประเมิน

การรั่วเข้าด้านในรวมของหน้ากากและตัวซีลหน้ากาก ในงานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินการรั่วเข้าด้านในรวมของ หน้ากากจำนวน 8 แบบคือ 1) หน้ากากอนามัย 2) หน้ากากอนามัยซ้อนทับ 2 ชั้น 3) หน้ากากผ้า 4) หน้ากาก ผ้าซ้อนทับ 2 ชั้น 5) หน้ากากผ้าซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย 6) หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์ว 7) หน้ากาก N95 แบบมีวาล์ว และ 8) หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย และตัวซีลหน้ากากจำนวน 2 แบบ คือ 1) แบบโครงซีลครอบด้านนอกของหน้ากากและ 2) แบบโครงซีลครอบด้านในของหน้ากาก โดยอ้างอิง วิธีการทดสอบจาก OSHA Respiratory Protection Standard 29 CFR 1910.134 กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ที่มีรูปหน้าตามขนาดของหน้ากาก ในการทดลองนี้ใช้เครื่องนับจำนวนอนุภาคแบบควบแน่น (Condensation Particle Counters) (Model 3788, TSI Inc., St. Paul, MN, USA) ในการนับความเข้มข้น เชิงจำนวนอนุภาคภายในและภายนอกหน้ากากที่อัตราการไหล 1.5 L/min เครื่องนับจำนวนอนุภาคแบบ ควบแน่นเป็นเครื่องนับจำนวนอนุภาคที่ใช้หลักการทางแสง (Optical technique) สามารถนับจำนวนอนุภาค ได้ในช่วง 2.5 นาโนเมตร ถึง 3 ไมครอน ที่ความเข้มข้นจำนวนสูงสุด 400,000 อนุภาคต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ด้วยเวลาการตอบสนอง 0.8 วินาที โดยเครื่องมือนี้ได้มีการสอบเทียบ (Calibration) เป็นประจำทุกปีจาก บริษัท TSI Inc., St. Paul, MN, USA (Serial Number: 3788180801) โดยทดสอบกับค่า concentration reference เท่ากับ $y=0.9845x-396.26$ และ Capillary flow rate ที่ $y=0.8342x+2159.2$ ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression coefficient) $R^2 = 0.9999$

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องนับจำนวนอนุภาคแบบควบแน่น (Model 3788, TSI Inc., St. Paul, MN, USA) ในการนับความเข้มข้นเชิงจำนวนอนุภาคภายในและภายนอกหน้ากากที่อัตราการไหล 1.5 L/min ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการขนาดมิติ (กว้าง x ยาว x สูง) เท่ากับ 3 x 3 x 3 เมตร ที่มีการควบคุมปริมาณ อนุภาคละอองลอยในอากาศให้คงที่โดยแต่ละตัวอย่างจะทำการทดสอบโดยการหายใจเข้าและออกปกติ เป็นเวลา 60 วินาที และทำการบันทึกผลค่าความเข้มข้นเชิงจำนวนอนุภาคภายในและภายนอกหน้ากาก สำหรับนำมาใช้คำนวณหาค่าปัจจัยความพอดี (Fit factor) และค่าประสิทธิภาพความพอดี (Fit efficiency) โดยปัจจัยความพอดีหาได้จากสมการของ (Rengasamy et al.,2014; Rengasamy et al.,2018)

$$FTT = \frac{C_{outside}}{C_{inside}} \quad (2)$$

เมื่อ $c_{outside}$ คือค่าความเข้มข้นจำนวนอนุภาคภายนอกหน้ากากและ c_{inside} คือค่าความเข้มข้นจำนวนอนุภาค ภายในหน้ากาก และคำนวณค่าประสิทธิภาพความพอดี η_{fit} จากสมการ

$$\eta_{fit} = \frac{C_{outside} - C_{inside}}{C_{outside}} \times 100 \quad (3)$$

และการรั่วเข้าด้านในรวมของหน้ากากอนามัยหรือหน้ากากกรองอากาศหาได้จากสมการ

$$TIL = 100 - \eta_{fit} \quad (4)$$

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การทำวิจัยนี้อ้างอิงวิธีการทดสอบจาก OSHA Respiratory Protection Standard 29 CFR 1910.134 กับกลุ่มตัวอย่างที่มีรูปร่างหน้าตามขนาดของหน้ากาก และทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยของการทดลองของทั้ง 5 กลุ่มตัวอย่างทดสอบ โดยจะบันทึกผลค่าความเข้มข้นเชิงจำนวนอนุภาคภายในและภายนอกหน้ากาก สำหรับนำมาใช้คำนวณประเมินการรั่วเข้าด้านในรวมของหน้ากาก จำนวน 8 แบบ คือ หน้ากากอนามัย หน้ากากอนามัยซ้อนทับ 2 ชั้น หน้ากากผ้า หน้ากากผ้าซ้อนทับ 2 ชั้น หน้ากากผ้าซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์ว หน้ากาก N95 แบบมีวาล์ว และหน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย และเพื่อประเมินการรั่วเข้าด้านในรวมของตัวซิลหน้ากากจำนวน 2 แบบ คือ แบบโครงซิลครอบด้านนอกของหน้ากาก และแบบโครงซิลครอบด้านในของหน้ากาก

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้ครบตามจำนวนตัวอย่างที่ต้องการไปวิเคราะห์ โดยจะทำการหาค่าประสิทธิภาพของหน้ากากอนามัยหรือหน้า กากกรองอากาศรวมจากสมการที่ (1) คำนวณหาค่าปัจจัยความพอดีจากสมการที่ (2) คำนวณค่าประสิทธิภาพ ความพอดีของหน้ากากจากสมการที่ (3) และการรั่วเข้าด้านในรวมของหน้ากากอนามัยหรือหน้า กากกรองอากาศจากสมการที่ (4) เพื่อให้ได้ผลการประเมิน มีรายละเอียด ดังนี้ 1) การรั่วเข้ารวม ปัจจัยความพอดี และประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของหน้ากากอนามัย หน้ากากผ้าและหน้ากากกรองอากาศทั้ง 8 แบบ 2) การเปรียบเทียบความพิถีพิถันขณะสวมใส่ การระบายความร้อนและไอน้ำและความรู้สึกสบายขณะสวมใส่ของหน้ากากแต่ละแบบ 3) การรั่วเข้ารวม ปัจจัยความพอดีและประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของ หน้ากากอนามัยที่ใช้โครงซิลครอบด้านนอกและด้านใน

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงการรั่วเข้ารวม ปัจจัยความพอดีและประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของหน้ากากอนามัย หน้ากากผ้าและหน้ากากกรองอากาศทั้ง 8 แบบ ในการวิจัยนี้ได้ทดสอบประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของหน้ากากอนามัย หน้ากากผ้าและหน้ากากกรองอากาศทั้ง 8 แบบด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM F2100 (ASTM International, 2019) และ 42 CFR 84 (Intra, 2021A; Intra, 2021B) พบว่า ประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของหน้ากากอนามัยประมาณ 97.33% หน้ากากอนามัยซ้อนทับ 2 ชั้นประมาณ 99.33% หน้ากากผ้าประมาณ 53.28% หน้ากากผ้าซ้อนทับ 2 ชั้นประมาณ 66.80% หน้ากากผ้าซ้อนด้วย หน้ากากอนามัยประมาณ 98.78% หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วประมาณ 99.60% หน้ากาก N95 แบบมี วาล์วประมาณ 98.40% และหน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วซ้อนด้วยหน้ากากอนามัยประมาณ 99.93% จาก ผลการทดสอบพบว่า การรั่วเข้าด้านในรวมผ่านหน้ากากอนามัยประมาณ 59.71% หน้ากากอนามัยซ้อนทับ 2 ชั้นประมาณ 31.76% หน้ากากผ้าประมาณ 62.80% หน้ากากผ้าซ้อนทับ 2 ชั้นประมาณ 53.60% หน้ากาก ผ้าซ้อนด้วยหน้ากากอนามัยประมาณ 23.67% หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วประมาณ 0.91% หน้ากาก N95 แบบมีวาล์วประมาณ 9.50% และหน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วซ้อนด้วยหน้ากากอนามัยประมาณ 0.88% และพบว่าปัจจัยความพอดีของหน้ากากอนามัย หน้ากากอนามัยซ้อนทับ 2 ชั้น หน้ากากผ้า หน้ากากผ้า

ซ้อนทับ 2 ชั้น หน้ากากผ้าซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์ว หน้ากาก N95 แบบมีวาล์ว และหน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วซ้อนด้วยหน้ากากอนามัยประมาณ 2.30, 3.14, 1.60, 1.86, 4.22, 110.22, 10.51, 112.77 ตามลำดับ จากผลการทดลองในตารางที่ 1 ทำให้ทราบว่า การนำเอาหน้ากากมาซ้อนทับกันทำให้มีค่าประสิทธิภาพการกรองอนุภาคสูงขึ้นเนื่องจากวัสดุกรองมีความหนาเพิ่มขึ้นและการซ้อนทับหน้ากากยังทำให้หน้ากากมีความพิทพอดีกับใบหน้ามากขึ้นจึงทำให้ค่าการรั่วเข้ารวมและความพิทพอดีมีค่าดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การซ้อนทับหน้ากากมีผลในการระบายความร้อนและไอน้ำและความรู้สึกสบายขณะสวมใส่

ตารางที่ 1 การรั่วเข้ารวม ปัจจัยความพอดีและประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของหน้ากากอนามัย หน้ากากผ้าและหน้ากากกรองอากาศทั้ง 8 แบบ

ลำดับ	ตัวอย่างหน้ากาก	ความเข้มข้น ภายนอกของ หน้ากาก (particles/cm ³)	ความเข้มข้น ภายในของ หน้ากาก (particles/cm ³)	การรั่ว ไหลภายใน ทั้งหมด (%)	ความ พอดี	ประสิทธิภาพ การกรอง (%)
1	หน้ากากอนามัย	2060	896	43.50	2.30	97.33
2	หน้ากากอนามัย ซ้อนทับ 2 ชั้น	2170	689	31.76	3.14	99.33
3	หน้ากากผ้า	2070	1300	62.80	1.60	53.28
4	หน้ากากผ้าซ้อน 2 ชั้น	2010	1078	53.60	1.86	66.80
5	หน้ากากผ้าซ้อนด้วย หน้ากากอนามัย	2110	500	23.67	4.22	98.78
6	หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์ว	2050	18.60	0.91	110.22	99.60
7	หน้ากาก N95 แบบมีวาล์ว	2040	194.00	9.50	10.51	98.40
8	หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วซ้อนด้วย หน้ากากอนามัย	2030	18	0.88	112.77	99.93





ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความฟิตพอดีขณะสวมใส่ การระบายความร้อนและไอน้ำและความรู้สึกสบายขณะสวมใส่ของหน้ากากแต่ละแบบ พบว่าหน้ากากทุกแบบมีความฟิตพอดีขณะสวมใส่เป็นปกติ โดยหน้ากากอนามัย หน้ากาก N95 และหน้ากากผ้ามีการระบายความร้อนและไอน้ำหายใจเข้าและออกได้ เป็นปกติ เมื่อทำการทดสอบนำหน้ากากมาซ้อนทับกันใน 4 รูปแบบประกอบด้วย หน้ากากอนามัยซ้อนทับ 2 ชั้น หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย หน้ากากผ้าซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย และหน้ากากผ้าซ้อนทับ 2 ชั้น พบว่าเมื่อมีการนำเอาหน้ากากมาซ้อนทับกันทำให้มีการระบายความร้อนและไอน้ำไม่ดี เนื่องจากมีความหนาเพิ่มขึ้นทำให้ระบายความร้อนและไอน้ำภายในหน้ากากไม่ดี มีการซึมผ่านของอากาศต่ำทำให้รู้สึกอึดอัดหายใจไม่สะดวก ซึ่งการซึมผ่านอากาศผ่านวัสดุกรองต่ำมีโอกาสรั่วซึมตามขอบหน้ากากได้เนื่องจากมีความต่างของความดันที่สูงขึ้นจึงทำให้อากาศไหลผ่านแผ่นกรองได้ยากขึ้นขณะหายใจเข้าและออก สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ (Intra, 2021) ที่ได้มีการทดลองลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคละอองลอยรั่วออกจากหน้ากากชนิดต่างๆ จากผลการทดลองสังเกตเห็นจุดรั่วหลักของหน้ากากทั้งหมดพบ 2 จุดคือบริเวณตั้งจุกและแก้ม ซึ่งบริเวณข้างแก้มสามารถแก้ไขได้โดยการปรับแต่งสายให้สามารถรัดได้แน่นและฟิตพอดีขึ้นหรือการใช้สายแบบรัดศีรษะจะช่วยให้มีความฟิตพอดีในขณะสวมใส่ช่วยลดการรั่วเข้าหรือออกขณะสวมใส่ได้ ส่วนการรั่วบริเวณตั้งจุกสามารถแก้ไขได้โดยการใช้วัสดุประเภทโฟมหรือฟองน้ำที่มีความพรุนต่ำรูพรุนเล็กติดเสริมบริเวณแถบตั้งจุกจะช่วยให้หน้ากากแนบสนิทกับใบหน้าบริเวณตั้งจุกและร่องแก้มมากขึ้น ทำให้การรั่วต่ำลงได้ นอกจากนี้ควรมีการทดสอบความพอดีกับใบหน้ารายบุคคลก่อนใช้งานเพื่อที่จะได้ทราบถึงค่าการรั่วเข้ารวมของหน้ากากที่ใช้ ทั้งนี้ในปัจจุบันคณะกรรมการบริหารงานความปลอดภัยและสุขภาพอนามัย การประกอบอาชีพ (Occupational Safety and Health Administration, 2006) ของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดค่า มาตรฐานของปัจจัยความพอดีมีค่าเท่ากับ 100 สำหรับหน้ากาก N95 และหน้ากาก Half-face และค่าปัจจัยความพอดีเท่ากับ 500 สำหรับหน้ากาก Full-face ตาม OSHA Respiratory Protection Standard 29CFR1910.134 ประกาศเมื่อวันที่ 8 มกราคม ค.ศ.1998 นอกจากนี้ทางมาตรฐาน GB2626-2019 และ มาตรฐาน KMOEL-2017-64 ได้กำหนดให้การรั่วเข้าด้านในรวมผ่านหน้ากาก KN95 และ KF94 ต้องไม่เกิน 8% (Christopher et al., 2020; Testex, 2009) โดยการลดการรั่วเข้าของหน้ากากสามารถทำได้โดยการปรับปรุงหรือปรับแต่งสายคล้องหูหรืออาจทำให้เป็นสายคล้องศีรษะให้สามารถรัดได้แน่นขึ้นเพื่อให้ฟิตพอดีกับใบหน้าบริเวณตั้งจุก คางและแก้มมากขึ้น และควรมีการทดสอบความพอดีกับใบหน้ารายบุคคลก่อนใช้งานเพื่อที่จะได้ทราบถึงค่าการรั่วเข้ารวมของหน้ากากที่ใช้ ดังนั้นสิ่งสำคัญสำหรับการเลือกใช้หน้ากากให้ถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งานนั้น เราควรพิจารณาถึงการออกแบบหน้ากากอนามัยที่ดีซึ่งควรแนบกระชับกับใบหน้า และมีสายคล้องที่ใส่สบาย ไม่ทำให้เจ็บหูหรือปวดศีรษะ นอกจากนี้เรายังต้องคำนึงถึงสุขอนามัยของผู้ครอบด้วย การทิ้งหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วให้เรียบร้อยโดยอาจฆ่าเชื้อด้วยวิธีง่ายๆ เช่น การหยดแอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อลงไปก่อนที่จะม้วนแล้วทิ้งเพื่อไม่ให้เชื้อในขยะพวกนี้แพร่ต่อ สำหรับผู้ที่ไม่ป่วยก็ต้องระวังรักษาตัวเอง เมื่อต้องเดินทางไปในที่ชุมนุมชนที่มีคนพลุกพล่าน

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อคุณสมบัติ การระบายความร้อนและไอน้ำและความรู้สึกสบายขณะสวมใส่ของหน้ากากแต่ละแบบ

คุณลักษณะ	ชนิดหน้ากากและจำนวนการซ้อนทับ						
	หน้ากากอนามัย	หน้ากาก N95	หน้ากากผ้า	หน้ากากอนามัยซ้อนทับ 2 ชั้น	หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์ว	หน้ากากผ้าซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย	หน้ากากผ้าซ้อนทับ 2 ชั้น
ความพึงพอใจต่อคุณสมบัติสวมใส่	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
การระบายความร้อนและไอน้ำ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ไม่ดี เนื่องจากมีความหนาเพิ่มขึ้นทำให้ระบายความร้อนและไอน้ำภายในหน้ากากไม่ดี	ไม่ดี เนื่องจากมีความหนาเพิ่มขึ้นทำให้ระบายความร้อนและไอน้ำภายในหน้ากากไม่ดี	ไม่ดี เนื่องจากมีความหนาเพิ่มขึ้นทำให้ระบายความร้อนและไอน้ำภายในหน้ากากไม่ดี	ไม่ดี เนื่องจากมีความหนาเพิ่มขึ้นทำให้ระบายความร้อนและไอน้ำภายในหน้ากากไม่ดี
ความรู้สึกสบายขณะสวมใส่	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ทำให้รู้สึกอึดอัด หายใจไม่สะดวก	ทำให้รู้สึกอึดอัด หายใจไม่สะดวก	ทำให้รู้สึกอึดอัด	ทำให้รู้สึกอึดอัด

ตารางที่ 3 แสดงการรับรู้เข้าร่วม ปัจจัยความพอดีและประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของหน้ากากอนามัยที่ใช้โครงซิลิโคนรอบด้านนอกและด้านใน จากการทดลองพบว่าหน้ากากอนามัยที่ใช้โครงซิลิโคนรอบด้านนอกมีการรับรู้เข้าด้านในรวมประมาณ 7.54% และหน้ากากอนามัยที่ใช้โครงซิลิโคนรอบด้านในมีการรับรู้เข้าด้านในรวมประมาณ 56.87% และพบว่าหน้ากากอนามัยที่ใช้โครงซิลิโคนรอบด้านนอกมีปัจจัยความพอดีประมาณ 13.27 และหน้ากากอนามัยที่ใช้โครงซิลิโคนรอบด้านในมีปัจจัยความพอดีประมาณ 1.75 จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าใช้โครงซิลิโคนรอบด้านนอกหน้ากากอนามัยสามารถช่วยลดการรับรู้เข้าร่วมของหน้ากากอนามัยได้ดีกว่าการใช้โครงซิลิโคนรอบด้านในของหน้ากากอนามัย เนื่องจากการใช้โครงซิลิโคนรอบด้านนอกหน้ากากอนามัยช่วยกดทับให้ขอบของหน้ากากอนามัยแนบสนิทกับใบหน้าในส่วนของดั้งจมูก คางและแก้มมากขึ้น ทำให้มีการรั่วบริเวณขอบของหน้ากากต่ำ

ตารางที่ 3 การรั่วเข้ารวม ปัจจัยความพอดีและประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของหน้ากากอนามัยที่ใช้โครงซิลิโคนด้านนอกและด้านใน

ตัวอย่างหน้ากาก	ความเข้มข้นภายนอก ของหน้ากาก (particles/cm ³)	ความเข้มข้น ภายใน ของ หน้ากาก (particles/cm ³)	การรั่วไหล ภายในทั้งหมด (%)	ความพอดี	ประสิทธิภาพ การกรอง (%)
 แบบครอบ ด้านนอก 	2017	152	7.54	13.27	97.33
 แบบครอบ ด้านใน 	2090	1189	56.88	1.75	97.33

การอภิปรายผล

ประเมิณการรั่วเข้าด้านในรวมของหน้ากากและตัวซิลหน้ากาก ในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบกับหน้ากากจำนวน 8 แบบคือ หน้ากากอนามัย หน้ากากอนามัยซ้อนทับ 2 ชั้น หน้ากากผ้า หน้ากากผ้าซ้อนทับ 2 ชั้น หน้ากากผ้าซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์ว หน้ากาก N95 แบบมีวาล์ว และหน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วซ้อนด้วยหน้ากากอนามัย และตัวซิลหน้ากากจำนวน 2 แบบคือ แบบโครงซิลครอบด้านนอกของหน้ากากและแบบโครงซิลครอบด้านในของหน้ากาก โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐานการป้องกันระบบทางเดินหายใจ 29 CFR 1910.134 ของ OSHA เพื่อหาค่าการรั่วเข้าด้านในรวมกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ที่มีรูปหน้าตามขนาดของหน้ากาก ใช้เครื่องนับจำนวนอนุภาคแบบควบแน่น (Model 3788, TSI Inc., St. Paul, MN, USA) ในการนับความเข้มข้นเชิงจำนวนอนุภาคภายในและภายนอกหน้ากากที่อัตราการไหล 1.5 L/min ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการขนาดมิติ (กว้าง x ยาว x สูง) เท่ากับ 3 x 3 x 3 เมตร ที่มีการควบคุมปริมาณอนุภาคละอองลอยในอากาศให้คงที่โดยแต่ละตัวอย่างจะทำการทดสอบโดยการ

หายใจเข้าและออกปกติเป็นเวลา 60 วินาที จากผลการทดสอบพบว่าการรั่วเข้าด้านในรวมผ่านหน้ากากอนามัยประมาณ 59.71% หน้ากากอนามัยซ้อนทับ 2 ชั้นประมาณ 31.76% หน้ากากผ้าประมาณ 62.80% หน้ากากผ้าซ้อนทับ 2 ชั้นประมาณ 53.60% หน้ากากผ้าซ้อนด้วยหน้ากากอนามัยประมาณ 23.67% หน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วประมาณ 0.91% หน้ากาก N95 แบบมีวาล์วประมาณ 9.50% และหน้ากาก N95 แบบไม่มีวาล์วซ้อนด้วยหน้ากากอนามัยประมาณ 0.88% สำหรับตัวชี้ลหน้ากากพบว่าหน้ากากอนามัยที่ใช้โครงซี่ลครอบด้านนอกมีการรั่วเข้าด้านในรวมประมาณ 7.54% และหน้ากากอนามัยที่ใช้โครงซี่ลครอบด้านในมีการรั่วเข้าด้านในรวมประมาณ 56.87% ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะจากกรมอนามัย (Anamai Media, 2021) การสวมหน้ากากเพียงชั้นเดียวก็มีประสิทธิภาพเพียงพอในการป้องกันโควิด-19 หากสวมอย่างถูกวิธีโดยไม่จำเป็นต้องสวมทับสองชั้นแต่ต้องสวมให้แนบกระชับกับใบหน้า สำหรับหน้ากากผ้าควรเป็นชนิดที่เย็บสองชั้นขึ้นไป และควรเปลี่ยนหน้ากาก ทุกๆ 6-8 ชั่วโมง หากหน้ากากเปียกชื้น สกปรก หรือเมื่อออกจากสถานที่แออัด กรณีต้องเดินทาง โดยขนส่งสาธารณะที่ไม่สามารถดำเนินมาตรการเว้นระยะห่าง หรือการระบายอากาศไม่ดี ควรสวมหน้ากากตลอดเวลา ลดการพูดคุย งดกินอาหารและเครื่องดื่มขณะเดินทางร่วมกับการปฏิบัติให้มีสุขอนามัยที่ดี เช่น ล้างมือด้วยเจลแอลกอฮอล์ 70% และเปลี่ยนหน้ากากทันทีเมื่อออกจากสถานที่นั้นๆ นอกจากนี้ในปัจจุบัน ยังไม่มีหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าการสวมใส่หน้ากากซ้อนทับสองชั้นจะได้ประโยชน์เมื่อเทียบกับข้อด้อยที่เกิดขึ้น เช่น ทำให้รู้สึกอึดอัดมากขึ้น หายใจไม่สะดวก และมีโอกาสสัมผัสใบหน้าได้มากขึ้น ข้อมูลจากการทดลองนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้ใช้และผู้สนใจในการเลือกหน้ากากแต่ละแบบให้เหมาะกับระดับการป้องกัน

ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการวิจัยครั้งนี้สามารถเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ใช้หน้ากากในการพิจารณาเลือกใช้หน้ากากให้เหมาะสมกับการใช้งานและระดับความเสี่ยงได้
2. การศึกษาในอนาคตจะทำการทดสอบประสิทธิภาพการกรองอนุภาคและการประเมินการรั่วของหน้ากาก N95 หน้ากาก KN95 และหน้ากากอนามัย ในช่วงขนาด 15-700 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงขนาดของไวรัสชนิดต่างๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยสนามไฟฟ้าประยุกต์ในงานวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่ในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- ASTM International. (2019). *Standard Specification for Performance of Materials Used in Medical Face Masks (ASTM F2100-19e1)*. West Conshohocken, PA. Retrieved from <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/F2100-19E1.htm>.
- Aydin, O., Emon, B., Cheng, S., Hong, L., Chamorro, L. P. & Saif, M. T. A. (2020). *Performance of Fabrics for Home-made Masks Against the Spread of COVID-19 through Droplets: A Quantitative Mechanistic Study*. *Extreme Mechanics Letters*, (40), 100924.
- Anamai Media. (2021). *How to Wear a Mask and Adhere to the D-M-H-T-T-A Principle is Enough to Prevent Disease*. Retrieved from <https://multimedia.anamai.moph.go.th/news/210464/>.
- Christopher, B., Briana, C., Anil, A., Simon S., Elaine, T., Xin, H.S.C., Lawrence, R. & Trisha, G.(2020). *Performance and impact of disposable and reusable respirators for healthcare workers during pandemic respiratory disease: a rapid evidence review*. *Occupational and Environmental Medicine*, 78(9), 679-690.
- Department of Disease Control. (2021). *COVID - 19 situation report*. Retrieved from <https://covid19.ddc.moph.go.th/>.
- Dugdale, C.M. & Walensky, R.P. (2020). *Filtration Efficiency, Effectiveness, and Availability of N95 Face Masks for COVID-19 Prevention*. *JAMA Internal Medicine*, 180(12), 1612-1613.
- Intra, P. (2021A). *Filtration efficiency of surgical masks, fabric masks and respirators available for use during the COVID-19 pandemic in Thailand*. *Thai Science and Technology Journal*, in Press.
- Intra, P. (2021B). *Evaluation of the filtration efficiency of common fabric materials against 0.3 μm size particle*. *Thai Science and Technology Journal*, in Press.
- Intra, P. (2021C). *Experiment on the motion of aerosol particles leaking from the mask*. Retrieved from <https://www.facebook.com/ruee.rmutl/>
- Konda, A., Prakash, A., Moss, G. A., Schmoldt, M., Grant, G. D. & Guha, S. (2020). *Aerosol Filtration Efficiency of Common Fabrics Used in Respiratory Cloth Masks*. *ACS Nano*, 14(5), 6339-6347.
- Occupational Safety and Health Standards. (2006). *Respiratory Protection Standard 29CFR1910.134*. Retrieved from <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.134>
- Rengasamy, S., Eimer, B. & 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*. *The Annals of Occupational Hygiene*, 54(7), 789-798.

- Rengasamy, S., Walbert, G.F., Newcomb, W.E., Faulkner, K., Rengasamy, MM., Brannen, JJ. & Szalajda, JV. (2014). *Total inward leakage measurement of particulates for N95 filtering facepiece respirators--a comparison study*. *Ann Occup Hyg*, 58(2), 206-216.
- Rengasamy, S., Zhuang, Z., Niezgoda, G., Walbert, G., Lawrence, R., Boutin, B., Hudhall, J., Monaghan, WP., Bergman, M., Miller, C., Harris, J., & Coffey, C. (2018). *A comparison of total inward leakage measured using sodium chloride (NaCl) and corn oil aerosol methods for air-purifying respirators*. *J Occup Environ Hyg*, 15(8), 616-627.
- Sickbert-Bennett, E.E., Samet, J.M., Clapp, P.W., Chen, H., Berntsen, J., Zeman, K.L., Tong, H., Bennett, D.J. & Bennett, W.D. (2020). *Filtration Efficiency of Hospital Face Mask Alternatives Available for Use During the COVID-19 Pandemic*. *JAMA Internal Medicine*, 180(12), 1607-1612.
- Testex. (2009). *Protective Face Masks, GB 2626-2019 and EN 149: 2001 + A1: 2009, Standards Comparison*. Retrieved from <https://www.testextextile.com/protective-face-masks-gb-2626-2019-and-en-149-2001-a1-2009-standards-comparison/>
- Whiley, H., Keerthirathne, T.P., Nisar, M.A., White, M.A.F. & Ross, K.E. (2020). *Viral Filtration Efficiency of Fabric Masks Compared with Surgical and N95 Masks*. *Pathogens*, 9(9), 762-769.