



การประเมินค่าการแทรกผ่านไอน้ำของ: ผ้าไหมแพรวาและผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบไดมอนด์

Evaluation of Water Vapor Permeability of Cloth: Praewa Silk and Diamond textile

กฤติยา อ่องวุฒิวัฒน์¹

Krittaya Ongwuttawat¹

(Received: July 18, 2019; Revised: August 20, 2019; Accepted: August 23, 2019)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ประเมินการแทรกผ่านไอน้ำของเสื้อผ้า ทำการศึกษาและเปรียบเทียบการแทรกผ่านไอน้ำของ ผ้าไหมแพรวา และผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบไดมอนด์เปรียบเทียบกับผ้าอಂಗอิง ได้แก่ ผ้าโพลีเอสเตอร์แบบถักเป็นผ้าที่มีค่าการแทรกผ่านไอน้ำมาก (permeable) และผ้าไนลอน-สแปนเด็กซ์แบบมีผิวเคลือบเป็นผ้าที่มีค่าการแทรกผ่านไอน้ำกลาง (semi-permeable) ชุดทดสอบประกอบด้วยภาชนะบรรจุด้วยน้ำอุ่นติดตั้งอุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิและความชื้น ผืนกด้วยผ้าที่ต้องการทดสอบบันทึกน้ำหนัก ชุดทดสอบ อุณหภูมิ และความชื้นใต้ผ้าและเหนือผ้า เพื่อหาอัตราการถ่ายเทมวลไอน้ำ ความแตกต่างของความดันไอน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผ้าไหมแพรวาและผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบไดมอนด์มีค่าการแทรกผ่านไอน้ำต่ำกว่าผ้าโพลีเอสเตอร์แบบถัก แต่สูงกว่า ผ้าไนลอนสแปนเด็กซ์แบบมีผิวเคลือบ โดยผ้าไหมแพรวาและผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบไดมอนด์มีค่าการแทรกผ่านไอน้ำอยู่ที่ $12.56 \times 10^{-9} \text{kg/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ และ $12.72 \times 10^{-9} \text{kg/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ ตามลำดับผลที่ได้สามารถนำไปใช้ประเมินสภาวะสบายในส่วนของ การสูญเสียความร้อนอันเนื่องจากการแพร่ไอน้ำเพื่อปรับปรุงและพัฒนาผ้าให้มีคุณสมบัติ สวมใส่สบายเชิงอุณหภูมิมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การแทรกผ่านไอน้ำ สภาวะสบายเชิงอุณหภูมิ การแพร่ความร้อน เสื้อผ้าไทย

Abstract

This research has evaluated water vapor permeability of Praewa Silk and Diamond Textile. Which is to investigate and compare water vapor permeability of Praewa Silk and Diamond Textile with reference textiles. Knitted Polyester is permeable, while coated Nylon-Spandex is semi-permeable. Testing cup contained with warm water, dataloggers and mounted with different textile. They were weighted. Air temperature and relative humidity under and above the textile were recorded to find water vapor transfer rate, water vapor pressure difference varied on time. The results indicate that Praewa Silk and Diamond Textile have lower water vapor permeability than knitted Polyester but higher than coated Nylon-Spandex. The water vapor permeability of Praewa Silk and Diamond Textile are $12.56 \times 10^{-9} \text{kg/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ and $12.72 \times 10^{-9} \text{kg/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$, respectively. These results can be used to predict the thermal comfort in term of heat loss due to water vapor diffusion.

Keywords: Water vapor permeability, Thermal comfort, Moisture diffusion, Thai clothing

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

¹ Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University

บทนำ

มนุษย์มีการสร้างความร้อนและแลกเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อมอยู่ตลอดเวลาที่มีชีวิตอยู่ ด้วยหลายกลไกที่ควบคุมอุณหภูมิร่างกายตามสภาพอากาศ หนึ่งในนั้นคือกลไกการขับเหงื่อออกทางผิวหนัง เมื่อมนุษย์อยู่ท่ามกลางอากาศร้อน ร่างกายต้องการขับเหงื่อออกทางผิวหนังและเหงื่อจะระเหยจากผิวหนังสู่สิ่งแวดล้อม (Parsons, 2014) ในเวลาเดียวกันนั้นหากใส่เสื้อผ้าที่ไม่เหมาะสมกับสภาพอากาศร้อน เช่น เสื้อผ้าที่มีดัชนีการแทรกผ่านไอน้ำหรือดัชนีความต้านทานไอน้ำน้อยจะลดประสิทธิภาพการถ่ายเทไอน้ำและการระเหยลง ส่งผลให้มนุษย์รู้สึกไม่สบายตัวและส่งผลกระทบต่อสุขภาพและประสิทธิภาพของการทำงาน (ISO 7933, 2004)

เสื้อผ้าแต่ละชนิดมีสมบัติการแทรกผ่านไอน้ำแตกต่างกันตามวัสดุและช่องว่างอากาศของเสื้อผ้า โดยที่การแทรกผ่านไอน้ำของเสื้อผ้ามีค่าแปรผันตามความดันไอน้ำในอากาศของสภาพแวดล้อม (Lavric, Warmoeskerken, & Jovic, 2012); (Jassal & Agrawal, 2010) สำหรับการหาค่าการแทรกผ่านไอน้ำในงานวิจัยที่ผ่านมา Toftum, Jorgensen, & Fanger (1998) ได้หาค่าสมบัติการแทรกผ่านไอน้ำเฉพาะที่อุณหภูมิ 20 °C ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65% ตามมาตรฐานแคนาดา (CAN2-4.2-M77, 1977) จากข้อสรุปของ Lavric et al. (2012); Jassal & Agrawal (2010) จะได้ว่าค่าสมบัติการแทรกผ่านไอน้ำของเสื้อผ้าไม่ใช่ค่าคงที่ ดังนั้นจึงต้องหาค่าสมบัติการแทรกผ่านไอน้ำตามสภาพแวดล้อมที่สวมใส่จริง

การศึกษาคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการผ่านไอน้ำที่เป็นมาตรฐานได้แก่ ISO 7933 (2004) และ ISO 9920 (2007) รวมถึงการศึกษาการผ่านไอน้ำของเสื้อผ้าซึ่งมีผลต่อความรู้สึกสบายเชิงอุณหภูมิภาพต่างๆ ได้แก่ Skendari, Cubric, & Srdjak (2009) และ Das & Kothari (2012) เหล่านี้ไม่ได้กล่าวถึงผ้าไทยและผ้าสำหรับกิจกรรมละหมาดในประเทศไทย ในขณะที่รัฐบาลไทยและส่วนราชการมักส่งเสริมให้ประชาชนสวมใส่ผ้าไทยอยู่เสมอ เช่น ผ้าไหมแพรวา เป็นต้น ซึ่งผ้าดังกล่าวมีความหนาและไม่สามารถอยู่ทรงได้ เมื่อนำมาตัดเป็นชุดจึงมักอึดท้าว และสวมใส่แล้วอาจไม่สบายเท่าที่ควร เนื่องจากเหงื่อไม่สามารถระเหยได้ดี เช่นเดียวกับผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบไดมอนด์ ซึ่งนิยมตัดเป็นชุดของชาวมุสลิม และผ้าดังกล่าวนี้ยังนิยมนำมาตัดเป็นชุดครุยสำหรับสวมในวันรับปริญญา ซึ่งผ้าที่ทำหน้าที่ดังกล่าวควรมีลักษณะโปร่งสบายเนื่องจากเป็นผ้าคลุมด้านนอกที่ซ้อนทับกับชุดด้านในซึ่งจะร้อนและเหงื่อระเหยได้ไม่ทันัก การศึกษานี้จึงสนใจผ้าที่นิยมใส่ในประเทศไทย ทั้งผ้าท้องถิ่นของไทยและผ้าคลุมสำหรับงานพิธีต่างๆ ซึ่งยังไม่ได้มีการศึกษามาก่อน ผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปใช้ประเมินสภาวะสบายในส่วนของการสูญเสียความร้อนอันเนื่องจากการแพร่ไอน้ำหรือความชื้น เพื่อปรับปรุงและพัฒนาผ้าให้มีคุณสมบัติสวมใส่สบายเชิงอุณหภูมิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาและประเมินค่าการแทรกผ่านไอน้ำของผ้าไหมแพรวาแบบอึดท้าวและผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบไดมอนด์ ด้วยการจำลองการแพร่ของไอน้ำผ่านผ้าโดยมีพื้นฐานจากวิธี Water method ใน ASTM E96-05 (Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials) โดยใช้ห้องที่อุณหภูมิเริ่มต้น 50-55°C

ผ้าที่ใช้ในการทดลอง

ผู้วิจัยเลือกผ้าไหมแพรวาเนื่องจากผ้าไหมเป็นผ้าที่นิยมสวมใส่ในประเทศไทย แต่ยังไม่มีการศึกษาการแทรกผ่านไอน้ำของผ้าไหมแพรวาแบบอึดท้าว ทั้งนี้เส้นใยไหมมีการดูดซึมน้ำสูงแต่เมื่ออึดท้าวด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์แล้วจะมีค่าการแทรกผ่านไอน้ำลดลง เปรียบเทียบกับผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบไดมอนด์ที่ชาวมุสลิมในไทยนิยมสวมใส่ซึ่งมีการดูดซึมน้ำต่ำแต่สวมใส่แล้วสบายกว่า



คุณสมบัติของผ้าที่ใช้ในการทดลอง

- 1) Perm แทนผ้าโพลีเอสเตอร์แบบถัก นิยมใช้ตัดเป็นชุดกีฬาเนื่องจากมีความเป็นรูปทรงสูง หรือมีช่องว่างอากาศมากมีการแทรกผ่านไอน้ำสูง ทำให้แห้งเร็วได้ดี ตัวอย่างดังรูปที่ 1a
- 2) Semi-perm แทนผ้าไนลอน-สเปนเด็กแบบมีผิวเคลือบ นิยมใช้ตัดเป็นเสื้อตัวนอก เช่นเสื้อแจ็กเก็ตตัวอย่างดังรูปที่ 1b
- 3) PW แทนผ้าไหมแพรวักตัดด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์ถักแบบเจอร์ซี่ นิยมใช้ตัดเป็นชุดไทย ชุดดังกล่าวอยู่ในรูปที่ 1c
- 4) DW แทนผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบไดมอนด์ นิยมใช้ตัดเป็นชุดคลุมละหมาดและชุดครุยรับปริญญา ชุดของชาวมุสลิมได้แก่ ชุดโศปและชุดตะละงง ดังตัวอย่างในรูป 1 d และ 1e คุณสมบัติของผ้า สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของผ้า *ดัดแปลงจาก Ongwuttivat, Sudpresert, & Leephakpreeda, 2018

รหัสผ้า	ตัวอย่างชุด	เส้นใย/ส่วนประกอบ	โครงสร้าง	การแทรกผ่านไอน้ำ
Perm	ชุดกีฬา	โพลีเอสเตอร์*	Double knit	ดี
Semi-perm	เสื้อนอก	ไนลอน-สเปนเด็กซ์แบบมีผิวเคลือบ*	Single Jersey	ปานกลาง
PW	ชุดไทย	ไหมแพรวักและอีดกาว	Plain weave	ต้องการศึกษา
DW	ชุดละหมาด	ไดมอนด์	Diamond weave	ต้องการศึกษา



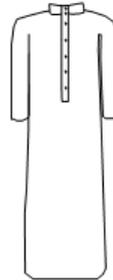
(a)
ชุดกีฬา



(b)
เสื้อแจ็กเก็ต



(c)
ชุดไทย



(d)
ชุดโศป



(e)
ชุดตะละงง

ภาพที่ 1 ตัวอย่างรูปแบบการนำผ้าไปใช้

เงื่อนไขในการทดลอง

หาค่าการแทรกผ่านไอน้ำของผ้าไหมแพรวักตัดด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบไดมอนด์ ใน 2 สภาพอากาศ คืออากาศที่มีการปรับอากาศให้เย็นลงก่อนทดลอง (pre-cooled) และอากาศธรรมชาติ โดยหาค่าอุณหภูมิอากาศชั้นใต้ผ้า และเหนือผ้าที่เปลี่ยนไปตามเวลา ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศใต้ผ้าและเหนือผ้าที่เปลี่ยนไปตามเวลา น้ำหนักของชุดทดลองที่เปลี่ยนไปตามเวลาในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เงื่อนไขการทดลอง

ตัวแปรต่างๆ ในการทดลอง	รายละเอียดของตัวแปร
ตัวแปรต้น: ชนิดของผ้าที่ทดสอบ	ผ้าไหมแพรวาตัดทาวด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์สักแบบเจอร์ซี่ผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบโดมอนด์
ตัวแปรควบคุม: สภาพแวดล้อมในการทดลอง	อากาศที่มีการปรับอากาศให้เย็นลงก่อนทดลอง (pre-cooled) อากาศธรรมชาติ
ตัวแปรตาม: การแทรกผ่านความชื้นของผ้าแต่ละชนิด	อุณหภูมิอากาศขึ้นไต้ผ้าและเหนือผ้าที่เปลี่ยนไปตามเวลาความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศไต้ผ้าและเหนือผ้าที่เปลี่ยนไปตามเวลาน้ำหนักของชุดทดลองที่เปลี่ยนไปตามเวลา

อุปกรณ์การทดลอง

1. อุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิและความชื้นแบบไร้สาย(Data logger ชนิดกระดุม) (DS1923-F5 Maxim Integrated ความแม่นยำ ± 0.5 °C) จำนวน 2 ตัว สำหรับบันทึกอุณหภูมิและความชื้นไต้ผ้า 1 ตัว และเหนือผ้า 1 ตัว ดังภาพที่ 1 (a) พร้อมคอมพิวเตอร์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์และสายเชื่อมต่อสำหรับการตั้งค่าและบันทึกข้อมูลดังภาพที่ 1(b) จากภาพที่ 2 (ก) ตำแหน่ง IO คือ ด้านที่อุปกรณ์ตรวจจับข้อมูล จึงต้องวาง data logger ในลักษณะหันด้าน IO เข้าหาจุดที่ต้องการเก็บข้อมูล



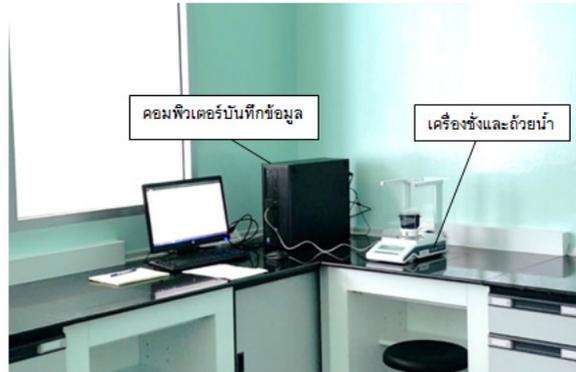
ภาพที่ 2 อุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิและความชื้น และอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูล (iButtonLink, LLC., 2017)

2. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลชนิดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (MS-204S Mettler Toledo ความแม่นยำ ± 0.2 mg) พร้อมคอมพิวเตอร์และสายเชื่อมต่อ (RS-232) สำหรับบันทึกข้อมูลแสดงในภาพที่ 3

3. ถ้วยสำหรับบรรจุน้ำอุณหภูมิผ่านศูนย์กลาง 9.60cm สูง 6.80cm ทำจากพลาสติกทนอุณหภูมิได้ระหว่าง -10 °C ถึง 100 °C บรรจุของเหลวได้สูงสุด 300 ml พร้อมจานรองทำจากโพลีโพลีสไตรีนและฟอยล์อลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.7 cm สูง 3.2 cm ดังภาพที่ 4

4. วงแหวนสำหรับผนึกผ้าเข้ากับถ้วยน้ำผ่านศูนย์กลาง 9.6 cm มีพื้นที่ผ้าลึ้มผัสน้ำขนาด 43 cm² ฝาครอบปากภาชนะ ทำจากอะคริลิกหนาชั้นละ 3-5 mm ประกอบกัน ยึดผ้าด้วยซิลิโคนกันน้ำแบบ weatherproofประกบกันแบบสวม ดังภาพที่ 4

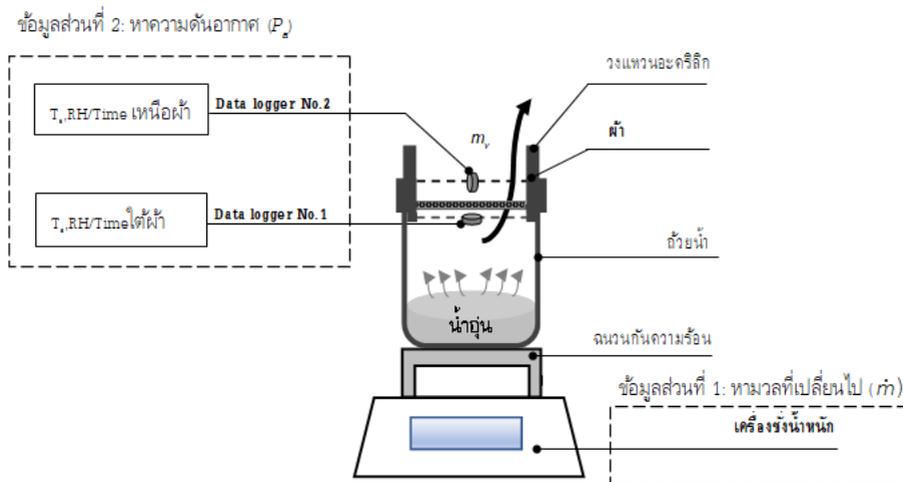
ติดตั้ง data logger ดังภาพที่ 4 บันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติทุกๆ 30 วินาที วางบนเครื่องชั่งน้ำหนักที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติทุกๆ 30 วินาที ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 อุปกรณ์และการบันทึกข้อมูลในการทดลอง

วิธีการทดลอง

การทดลองหาค่าการแทรกผ่านไอน้ำในผ้าที่มีวัสดุประสงค์เพื่อการจำลองการแพร่ไอน้ำ โดยมีพื้นฐานจาก Water Method (ASTM E96-05, 2005) เพื่อให้ได้คุณสมบัติไอน้ำมีค่าใกล้เคียงกับร่างกายมนุษย์มากขึ้น ในการทดลองนี้ผู้วิจัยจึงจำลองการแพร่ไอน้ำโดยใช้น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ เริ่มต้นที่ 50-55 °C ปริมาณ 100 มล.ใส่ลงในภาชนะ ติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (Data logger, DS1923-F5 Maxim Integrated ความแม่นยำ ± 0.5 °C) ติดตั้ง Data logger No.1 ใต้ผ้าและ Data logger No.2 เหนือผ้าและผนึกด้วยที่ผ้านิดที่ห้องการศึกษา บันทึกอุณหภูมิอากาศชื้นและความชื้นสัมพัทธ์ใต้ผ้าและเหนือผ้า พร้อมทั้งบันทึกน้ำหนักของชุดทดลองที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (MS-204S Mettler Toledo ความแม่นยำ ± 0.2 mg) บันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติทุก ๆ 30 วินาทีในสภาพแวดล้อม 2 แบบ ได้แก่ 1) สภาพอากาศที่ทำให้เย็นก่อนทดลอง (Pre-cooled) และ 2) สภาพอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation) เลือกศึกษาเฉพาะช่วงที่อุณหภูมิอากาศชื้นใต้ผ้าอยู่ระหว่าง 33-39 °C มากำหนด ผลที่ได้คือ ความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาต่อพื้นที่ผ้า ($\dot{m}, \text{kg}/\text{s} \cdot \text{m}^2$) เมื่อนำ \dot{m} มาหาความสัมพันธ์กับความดันไอน้ำที่แตกต่างระหว่างใต้ผ้าและเหนือผ้า (p_u) จะได้สมการเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ P/l ชุดการทดลองและการเก็บข้อมูลการทดลองแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ชุดการทดลองและการเก็บข้อมูลการทดลอง

ส่วนที่ 1 ความสัมพันธ์ของมวลที่เปลี่ยนไปตามเวลา

1) หากความสัมพันธ์ของมวลของน้ำหนักที่เปลี่ยนไปตามเวลา โดยให้แกน x เป็น เวลา (วินาที) และแกน y เป็นน้ำหนักรวม (m, kg) จะได้ความสัมพันธ์เป็นสมการพหุนามยกกำลังสอง ในรูปสมการที่ 1

$$y = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

โดยที่ x เป็นเวลา และ y คือ น้ำหนักรวม a b และ c คือสัมประสิทธิ์ของพหุนาม

2) หากอนุพันธ์ของสมการที่ 1 จะได้สมการเส้นตรง ดังนี้

$$y = |2 \cdot a \cdot x + b| / A \quad (2)$$

โดยที่ y คือ มวลต่อเวลาต่อพื้นที่ผิว (m^2/A) x คือ เวลา A คือ พื้นที่ผิว

ส่วนที่ 2 หาความดันอากาศใต้ผ้าและเหนือผ้า

3) หากค่าความดันอากาศใต้ผ้า ($p_{a,under}$) และเหนือผ้า ($p_{a,above}$) จากข้อมูลอุณหภูมิ (t_a) และความชื้น (RH) ที่บันทึกได้ โดยใช้สมการใน ISO 7730 (2005)

$$p_a = e^{(16.6536 - 4030.182 / (t_a + 273))} \cdot RH \cdot 10 \quad (3)$$

4) หากความแตกต่างของความดันอากาศใต้ผ้า ($p_{a,under}$) และเหนือผ้า ($p_{a,above}$)

$$P_{a,under} - P_{a,above} = P_a \quad (4)$$

5) วิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาค่าการแทรกผ่านความชื้นจากความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการเปลี่ยนแปลงของมวลต่อเวลา ต่อพื้นที่ (m^2/A ในข้อ 2) กับความแตกต่างของความดันอากาศ (p_a ในสมการที่ 4) โดยให้ p_a เป็นแกน x และ m^2/A เป็น แกน y จะได้ความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง ดังนี้

$$y = ax + b \quad (5)$$

โดยที่ $b = 0$

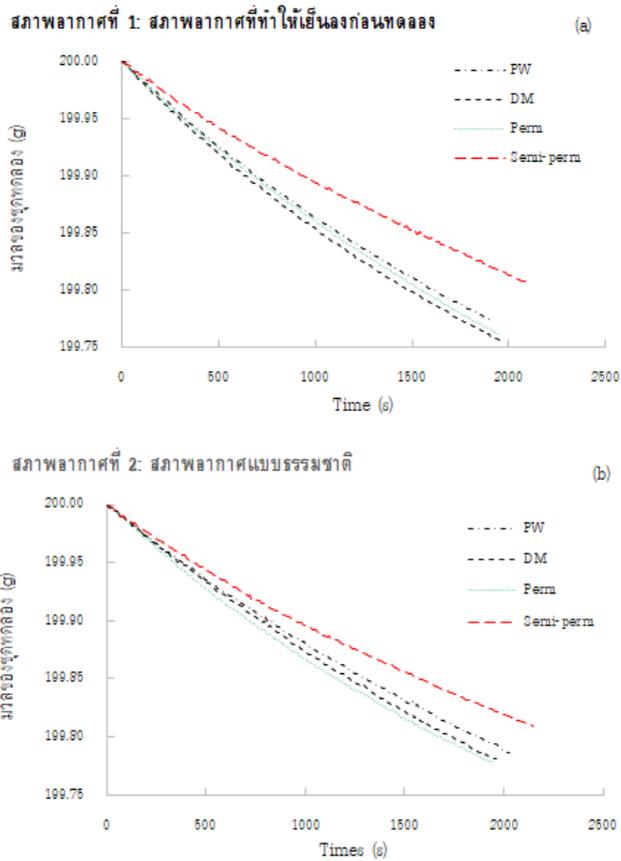
ดังนั้น $a =$ ความชันของกราฟในสมการที่ 4 คือ ค่าการแทรกผ่านความชื้นของผ้า (p/I)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ทดลองในห้องทดลองแบบปิดในสภาพอากาศ 2 แบบได้แก่ สภาพอากาศแบบที่ 1 คือ สภาพอากาศที่ทำให้เย็นลงก่อนทดลองด้วยการเปิดเครื่องปรับอากาศก่อนทดลอง (pre-cooled) เป็นเวลา 20 นาทีและปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเริ่มทดลอง 5 นาที (เพื่อไม่ให้ลมจากเครื่องปรับอากาศมีผลต่อเครื่องชั่งน้ำหนัก) สภาพอากาศแบบที่ 2 คือ สภาพอากาศตามธรรมชาติ (natural ventilation) ในห้องทดลอง

ผลส่วนที่ 1 การหาค่าอัตราการถ่ายเทมวลไอน้ำต่อพื้นที่ (m^2/A)

ภาพที่ 5 (a) และ 5 (b) แสดงมวลรวมของชุดภาชนะทดลองที่ปิดด้วยผ้าชนิดต่างๆ ระหว่าง 2000 วินาทีในสภาพอากาศ 2 แบบ คือสภาพอากาศที่ทำให้เย็นลงก่อนทดลอง และสภาพอากาศแบบธรรมชาติ เริ่มต้นจากมวลรวมที่ 200 กรัม มวลรวมลดลงไปเรื่อยๆ ตามเวลา เนื่องจากไอน้ำในถ้วยน้ำระเหยผ่านผ้าในทั้งสองสภาพอากาศ อัตราการลดลงของมวลดูได้จากความชันของเส้นกราฟของผ้าแต่ละชนิด มวลของชุดภาชนะที่ทดสอบผ้า perm ลดลงเร็วที่สุด ตามด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบไดมอนด์ผ้าไหมแพรวาแบบอัดกาวและผ้า semi-perm ตามลำดับ



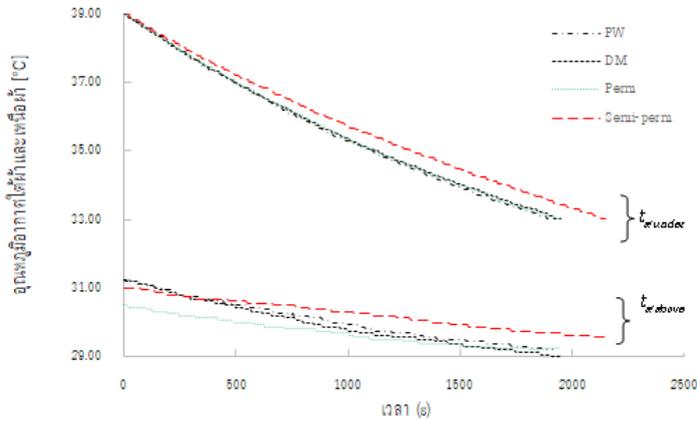
ภาพที่ 5 มวลรวมของชุดทดลองที่บันทึกด้วยผ้าชนิดต่างๆ

ผลส่วนที่ 2 การหาความแตกต่างของความดันอากาศใต้ผ้าและเหนือผ้า (p)

อุณหภูมิอากาศขึ้นใต้ผ้าและเหนือผ้าแสดงในภาพที่ 6 และความชื้นอากาศใต้และเหนือผ้าแสดงในภาพที่ 7

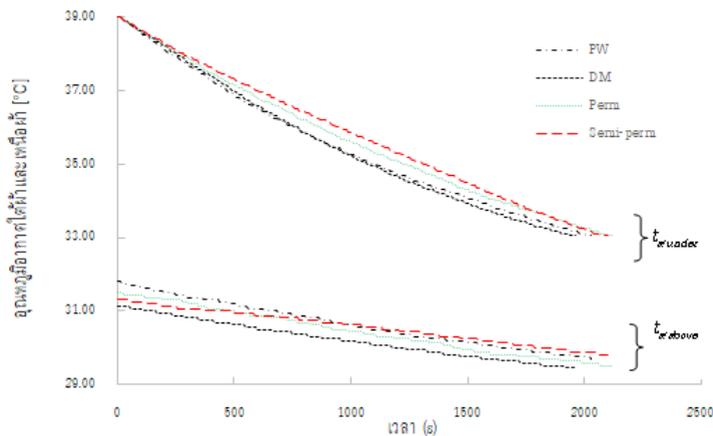
สภาพอากาศที่ 1 : สภาพอากาศที่ทำให้เย็นลงก่อนทดลอง

(a)



สภาพอากาศที่ 2 : สภาพอากาศแบบธรรมชาติ

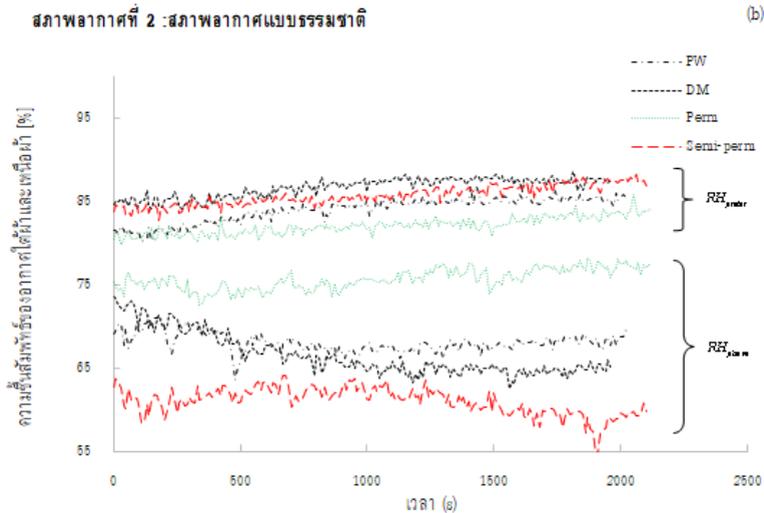
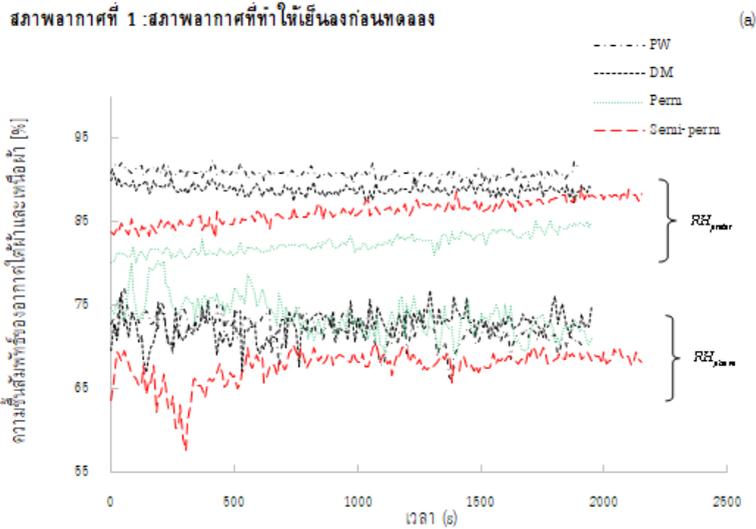
(b)



ภาพที่ 6 อุณหภูมิอากาศขึ้นใต้ผ้า ($t_{a,under}$) และเหนือผ้า ($t_{a,above}$)

จากภาพที่ 6 (a) จะเห็นว่า ในสภาพอากาศที่ 1 สภาพอากาศที่ทำให้เย็นก่อนการทดลอง อุณหภูมิอากาศขึ้นใต้ผ้า ($t_{a,under}$) เริ่มต้นที่ 39 °C และลดลงเรื่อยๆ จนถึง 33 °C ในผ้าทั้ง 4 ตัวอย่างโดยที่ผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบโดมอนด์และผ้าไหมแพรวาแบบอัดการมีอุณหภูมิใต้ผ้าใกล้เคียงกับผ้า perm ทุกช่วงเวลา อุณหภูมิอากาศเหนือผ้า ($t_{a,above}$) มีค่าเริ่มจาก 32 °C และลดลงจนถึง 28.9 °C ขณะทดลองผ้าไหมแพรวาแบบอัดการและผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบโดมอนด์มีอุณหภูมิอากาศภายนอกผ้า ($t_{a,above}$) เริ่มต้นสูงกว่าผ้า semi-perm อยู่เล็กน้อยแต่เมื่อถึงท้ายการทดลองกลับมีอุณหภูมิต่ำลงจนใกล้เคียงกับผ้า perm ในขณะที่ผ้าไหมแพรวาแบบอัดการมีอุณหภูมิภายนอกผ้าเริ่มต้นต่ำกว่าผ้า semi-perm

จากภาพที่ 6 (b) ในสภาพอากาศที่ 2 สภาพอากาศแบบธรรมชาติ ในช่วงเริ่มต้นอุณหภูมิอากาศขึ้นใต้ผ้า ($t_{a,under}$) ของผ้าทุกชนิดจะสูงกว่า สภาพอากาศที่ 1 เล็กน้อย เนื่องจากอุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อมเป็นแบบไม่ปรับอากาศ อุณหภูมิอากาศภายใน ($t_{a,under}$) ผ้าทั้ง 4 ชนิดลดลงเรื่อยๆ แต่ผ้าไหมแพรวาและผ้าโดมอนด์มีอุณหภูมิต่ำกว่าทั้งผ้า semi-perm และผ้า perm ต่างจากสภาพอากาศที่ 1 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศใต้ผ้าและเหนือผ้า แสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศใต้และเหนือผ้า ($R_{H,under}$) และเหนือผ้า ($R_{H,above}$)

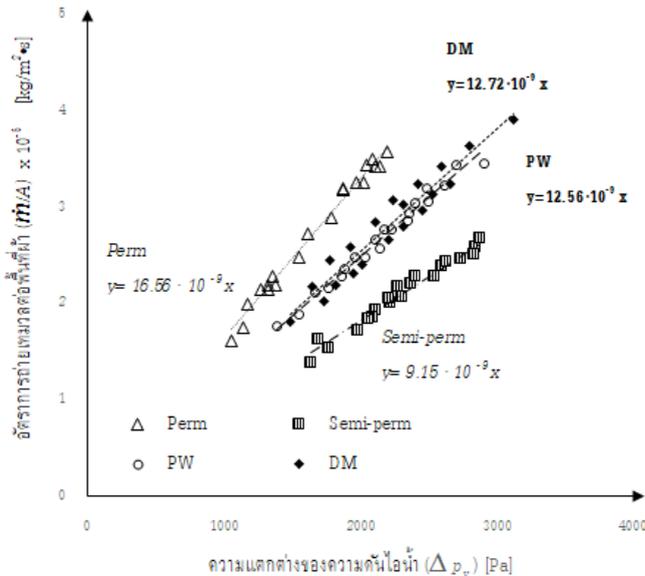
ภาพที่ 7 (ก) ในสภาพอากาศที่ทำให้เย็นก่อนทดลองสภาพความชื้นสัมพัทธ์ใต้ผ้า ($R_{H,under}$) ช่วงเริ่มต้นของผ้าไหมแพรวแบบอัดกาวและโดมอนด์สูงกว่าผ้า perm และ semi-perm ที่ 90%และลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ผ้า semi-perm มีความชื้นใต้ผ้าสูงขึ้นเล็กน้อย และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเหนือผ้า ($R_{H,above}$) อยู่ระหว่าง 55-80% ในผ้า 4 ชนิดนี้ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเหนือผ้า ($R_{H,above}$) ของผ้า semi-permต่ำสุดใน 4 ชนิด เนื่องจาก ผ้า semi-perm มีการแทรกผ่านความชื้นน้อยที่สุด

ภาพที่ 7 (ข) ในสภาพอากาศแบบธรรมชาติ ความชื้นสัมพัทธ์ใต้ผ้า ($R_{H,under}$) ของผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบโดมอนด์สูงใกล้เคียงกับผ้า semi-perm ที่ 85% และสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงท้าย ในขณะที่ช่วงเริ่มต้นผ้าไหมแพรวแบบอัดกาวมีความชื้นใต้ผ้าสูงขึ้นเล็กน้อยจนสูงใกล้เคียงกับผ้า semi-perm ในช่วงท้าย และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกผ้า ($R_{H,above}$) อยู่ระหว่าง 55-75% ในผ้า 4 ชนิดนี้ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกผ้า ($R_{H,above}$) ของผ้า semi-perm ต่ำสุดใน 4 ชนิด

เนื่องจาก ผ้า semi-perm มีการแทรกผ่านความชื้นน้อยที่สุด ผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบโดมอนด์และผ้าไหมแพรวามีความชื้นสูงกว่าผ้า semi-perm แต่ต่ำกว่าผ้า perm กล่าวคือผ้าไหมแพรวาแบบอัดกาวและผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบโดมอนด์มีค่าการแทรกผ่านความชื้นอยู่ระหว่าง perm และ semi-perm

ผลส่วนที่ 3 ผลการคำนวณค่าการแทรกผ่านไอน้ำของผ้าชนิดต่างๆ (ρ/l) จากส่วนที่ 1 และ 2

ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความแตกต่างของความดันไอน้ำ (pa) ให้เป็นแกน x และอัตราการถ่ายเทมวลต่อพื้นที่ผ้า (m/A) ให้เป็นแกน y โดยมีจุดตัดแกนที่ $x=y=0$ ค่าการแทรกผ่านความชื้นของผ้า คือความชื้นของเส้นตรง จะเห็นได้ชัดชัดเจนว่า ความชื้นของผ้า perm (โพลีเอสเตอร์แบบถัก) มีค่าสูงสุดในผ้า 4 ชนิด ตามด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบโดมอนด์ (DM) ผ้าไหมแพรวาแบบอัดกาว (PW) และผ้า semi-perm (ไนลอน-สเปนเด็กซ์แบบมีผิวเคลือบ) ตามลำดับ โดยที่ผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบโดมอนด์มีค่าการแทรกผ่านไอน้ำเท่ากับ 12.72×10^{-9} และผ้าไหมแพรวาแบบอัดกาวมีค่าการแทรกผ่านไอน้ำเท่ากับ $12.56 \times 10^{-9} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าผ้า perm แต่สูงกว่าผ้า semi-perm



ภาพที่ 8 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นเพื่อหาค่าการแทรกผ่านไอน้ำของผ้า 4 ชนิด

สรุป

ค่าการแทรกผ่านไอน้ำของผ้าท้องถิ่นที่นิยมใส่ในไทยได้แก่ ผ้าไหมแพรวาแบบอัดกาว และผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบโดมอนด์ ต่างก็มีค่าการแทรกผ่านไอน้ำต่ำกว่าผ้า perm หรือ ผ้าโพลีเอสเตอร์แบบถัก แต่ก็ต่ำกว่าผ้า semi-perm หรือ ผ้าไนลอน-สเปนเด็กซ์แบบมีผิวเคลือบ เนื่องจากโครงสร้างการถัก/ทอที่ต่างกันทำให้ช่องว่างอากาศต่างกันส่งผลต่อการแทรกผ่านไอน้ำด้วยผ้าไหมแพรวาแบบอัดกาวมีโครงสร้างการเป็นทอเส้นด้ายแต่ละเส้นจะเรียงตัวชิดกันและอัดกาวกับผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบเจอร์ซีจึงกลายเป็นผ้า 2 ชั้น ทำให้มีช่องว่างอากาศน้อยกว่าผ้าชั้นเดียวเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบโดมอนด์ที่มีโครงสร้างเป็นการทอแต่ผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบโดมอนด์เป็นผ้าชั้นเดียวและบางกว่า จึงทำให้ผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบโดมอนด์มีค่าการแทรกผ่านไอน้ำสูงกว่าผ้าไหมแพรวาแบบอัดกาวอัดกาวเล็กน้อย แต่ต่ำกว่าผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มี



โครงสร้างแบบถัก และสูงกว่าผ้าไนลอน-สแปนเด็กซ์ที่มีการเคลือบผิวแบบบาง รวมถึงสมบัติการอุ้มน้ำ/ดูดซึมน้ำของเส้นใย
 ผ้าที่มีการดูดซึมน้ำมากกว่าจะทำให้ช่องว่างของอากาศลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ทำให้การแพร่ไอน้ำลดลง ได้แก่ผ้าไหมแพรว
 แบบอัดกาวที่เส้นใยไหมมีการดูดซึมน้ำมากกว่าผ้าโพลีเอสเตอร์ จึงทำให้ผ้าไหมแพรวแบบอัดกาวมีการแทรกผ่านไอน้ำ
 ต่ำกว่าผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบโดมอนด์การเพิ่มช่องว่างอากาศของผ้า การปรับปรุงโครงสร้างการถักทอ หรือการปรับปรุงคุณสมบัติ
 ของเส้นใยจะช่วยให้การแทรกผ่านไอน้ำของผ้าเพื่อเพิ่มความสบายเชิงอุณหภาพได้

ข้อเสนอแนะ

นอกจากลักษณะโครงสร้างการถักทอของผ้า การประกอบกันของผ้าที่ส่งผลต่อช่องว่างอากาศและความเป็นรูพรุน
 ของผ้า ชนิดของเส้นใยที่ดูดซึมน้ำ/ไม่ดูดซึมน้ำที่ส่งผลต่อการแทรกผ่านไอน้ำที่ต่างกันไปแล้ว จำนวนชั้นและความหนาของ
 ผ้าก็ส่งผลต่อการแทรกผ่านความชื้นเนื่องจากทำให้ช่องว่างและระยะทางการเคลื่อนที่ของไอน้ำต่างกันไป อาจมีการศึกษา
 ตัวแปรดังกล่าวเพิ่มเติมในเชิงปริมาณต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับเงินทุนจากกองทุนสนับสนุนการเผยแพร่งานวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
 ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

รายการอ้างอิง (Reference)

- ASTM E96-05. (2005). *Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials*. West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- CAN2-4.2-M77. (1977). *Method 49-1977, Method for test of resistance of materials to water vapor diffusion (control dish method)*. Canadian Government Specifications Board.
- Das, S., & Kothari, V. K. (2012). Moisture vapour transmission behaviour of cotton fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Resarch*, 37, 151-156.
- Fanger, P. O. (1970). *Thermal Comfort*. Copenhagen: Danish Technical Press.
- ISO 7933. (2004). *Ergonomics of the thermal environment-Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain*. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO 9920. (2007). *Ergonomics of the thermal environment-Estimation of the thermal environment and water vapour resistance of a clothing ensemble*. Geneva: International Organization for Standardization.
- Jassal, M., & Agrawal, A. K. (2010). Chapter 7. Intelligent breathable coating and laminates for textile applications. In W. C. Smith, *Smart Textile Coatings and Laminates* (pp. 189-221). Cambridge: Woodhead Publishing in association with The Textile Institute and CRC Press.
- Lavric, P. K., Warmoeskerken, M. M., & Jovic, D. (2012). Functionalization of cotton with poly-NiPAAm/Chitosan microgel. Part I Stimuli-responsive moisture management properties. *Cellulose*, 257-271.



- Ongwuttiwat, K., Sudpresert, S., & Leephakpreeda, T. (2018). Determination of human thermal comfort due to moisture permeability of clothes. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 30(4), 462-476. doi:<https://doi.org/10.1108/IJCST-09-2017-0138>
- Parsons, K. (2014). *Human Thermal Environments*. Boca Raton: CRC Press.
- Skendari, Z., Cubric, I. S., & Srdjak, M. (2009). Water Vapour Resistance of Knitted Fabrics under Different Environmental Conditions. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 17(2), 72-75.
- Toftum, J., Jorgensen, A. S., & Fanger, P. O. (1998). Upper limits for indoor air humidity to avoid uncomfortably humid skin. *Energy and Buildings*, 28, 1-13.