

# เทคโนโลยีนวัตกรรมและการออกแบบสำหรับเสื้อผ้าและผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างความอบอุ่น Innovative technology and design for garments and products for warmth

บุศรินทร์ เชมะปะบุตร<sup>1</sup> มาณพ ปานะโปย<sup>1</sup> และ น้ำฝน ไส้ตู่ไกล<sup>2</sup>

Bussarin Ksapabutr<sup>1</sup>, Manop Panapoy<sup>1</sup> and Namfon Laistrooglai<sup>2</sup>

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันเสื้อผ้าและเครื่องนุ่งห่มมีบทบาทสำคัญต่อมนุษย์มากขึ้น นอกจากเป็นปัจจัยพื้นฐานที่จำเป็นอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์แล้ว ประการสำคัญในการเลือกสวมใส่เสื้อผ้าคือ การสนองความพึงพอใจ และจุดมุ่งหมายในด้านอื่น ๆ สำหรับภูมิอากาศที่หนาวเย็น เสื้อผ้าและเครื่องนุ่งห่มจึงทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนจากร่างกาย การสวมใส่เสื้อผ้าหนา ๆ หรือจำนวนมากชิ้นจึงจำเป็นเพื่อให้ร่างกายอบอุ่นในสภาวะที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าอุณหภูมิของร่างกายมาก ๆ แต่จะทำให้ผู้สวมใส่รู้สึกไม่สบายตัวและไม่คล่องตัว ดังนั้น แนวคิดสำหรับเทคโนโลยีนวัตกรรมและการออกแบบสำหรับเสื้อผ้าและผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างความอบอุ่นในงานวิจัยนี้ทำโดยการพัฒนาอุปกรณ์ให้ความร้อนแบบพกพาที่สามารถถอดเข้าออกได้ โดยอุปกรณ์ให้ความร้อนนี้ประกอบด้วยแผ่นให้ความร้อนที่ผลิตจากผืนผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยนาโนคาร์บอนที่ถูกรีดด้วยเทคนิคการปั่นด้วยไฟฟ้า และแบตเตอรี่ที่มีน้ำหนักเบา มีขนาดกะทัดรัด ทำให้สามารถนำมาออกแบบ ติดตั้งและใช้งานร่วมกับเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้อย่างคล่องตัว จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถให้ความร้อน หรือสร้างความอบอุ่นได้แบบประหยัดพลังงาน

**คำสำคัญ :** แผ่นให้ความร้อน ผืนผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยนาโนคาร์บอน อุปกรณ์ให้ความร้อน การออกแบบเสื้อผ้า เสื้อผ้ารองเท้า

## Abstract

Nowadays, clothing and apparel, which are one of our basic human needs, play a more important role in human life. Significant points in choosing clothing to wear are, moreover, a response to contentment and other goals. In cold climates, the major function of clothing and apparel is to prevent heat loss from our body. Wearing thick or multiple layers of clothing is required to keep our body warm in a much colder surrounding temperature than our body temperature, resulting in wearer's uncomfortable and inflexible feelings. Conceptual idea for innovative technology and design for garments and products for warmth in this research is to develop portable and removable heater. The developed heater consists of heating pad made from electrospun nonwoven fabric of carbon nanofibers and lightweight and compact battery. The resulting portable heater can therefore be designed, installed and sewn flexibly into

<sup>1</sup> ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม 73000 ประเทศไทย

Department of Materials Science and Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000, Thailand.

<sup>2</sup> ภาควิชาออกแบบเครื่องแต่งกาย คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร กรุงเทพฯ 10220 ประเทศไทย

Department of Fashion Design, Faculty of Decorative Arts, Silpakorn University, Bangkok 10220, Thailand.

clothing, wearing apparel and other products to create value-added and variety of new products that can provide heat or warmth using low energy.

**Keywords:** Heating pad, Nonwoven fabric of carbon nanofibers, Heater, Garment design, Clothing and shoe.

## ประเภทของผลงานสร้างสรรค์

ผลิตภัณฑ์ให้ความอบอุ่น  
เสื้อผ้าและรองเท้า

## แนวความคิด

ปัจจุบันความต้องการสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มของโลกยังคงสูงอยู่อย่างต่อเนื่อง ทั้งในตลาดเอเชีย สหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีภูมิอากาศอบอุ่นขึ้นแถบละติจูดกลาง และภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป โดยภูมิอากาศอบอุ่นขึ้นแถบละติจูดกลางจะมีอากาศชื้นตลอดทั้งปีมีอุณหภูมิในฤดูหนาวเฉลี่ยระหว่าง -3 ถึง 18 องศาเซลเซียส ได้แก่ ทวีปยุโรป อเมริกา และจีน ส่วนภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป พบว่าอากาศหนาวเย็นถึง 9 เดือน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดต่ำกว่า -3 องศาเซลเซียส ได้แก่ ทวีปอเมริกาเหนือ ยุโรป และเอเชีย ในแถบความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลกเป็นต้น [1] ประกอบกับในปัจจุบันการเกิดสภาวะโลกร้อนทำให้มีสภาพอากาศที่รุนแรงขึ้น มีอากาศหนาวเย็นจัดปกคลุมมากขึ้น ในสภาวะดังกล่าวนี้ ทำให้ต้องสวมใส่เสื้อผ้า และเครื่องนุ่งห่มหนา ๆ และมีจำนวนมากชิ้น เพื่อให้ร่างกายอบอุ่น แต่ไม่มีความคล่องตัวในการใช้ชีวิตประจำวัน ดังนั้นเพื่อลดความหนาหรือจำนวนชิ้นของเสื้อผ้าและเครื่องนุ่งห่มที่ต้องสวมใส่ แต่ยังคงสามารถให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายได้ ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบพกพาที่สามารถถอดเข้าออกได้เพื่อเพิ่มความคล่องตัวและประหยัดพลังงานให้แก่ผู้ใช้งาน ซึ่งอุปกรณ์ให้ความร้อนแบบพกพานั้นนอกจากสามารถให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายในช่วงสภาพอากาศที่หนาวจัดได้แล้ว ในกรณีที่ไม้อยู่ในสภาพอากาศที่หนาวจัดผู้ใช้สามารถถอดอุปกรณ์ให้ความร้อนออกจากเสื้อผ้าหรือเครื่องนุ่งห่มที่ได้ทำการออกแบบไว้ได้ ในปัจจุบันอุตสาหกรรมสิ่งทอ และเครื่องนุ่งห่ม มีภาวะการแข่งขันสูงขึ้น ดังนั้นการเพิ่มมูลค่าของสิ่งทอ และเครื่องนุ่งห่มจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง สำหรับอุปกรณ์ให้ความร้อนที่พัฒนาขึ้นนี้นอกจากเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์แล้วยังเพิ่มโอกาสการแข่งขันในตลาดโลกของอุตสาหกรรมสิ่งทอ และเครื่องนุ่งห่มไทยได้ และยังสามารถนำประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ และวงการกีฬาได้เช่นกัน จึงเป็นการสร้างความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ต้องการสร้างความร้อนหรือความอบอุ่นได้

## ที่มาและความสำคัญของการสร้างสรรค์ผลงาน

โดยทั่วไปเสื้อผ้าที่สวมใส่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย และความสวยงาม ในกรณีที่อุณหภูมิภายนอกมีอุณหภูมิต่ำกว่าร่างกาย เสื้อผ้าจะทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนจากร่างกายออกไปสู่สิ่งแวดล้อม หรือป้องกันการสูญเสียอุณหภูมิในร่างกายนั่นเอง ยิ่งสิ่งแวดล้อมภายนอกมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของร่างกายมากขึ้นเท่าไร ก็ยิ่งจำเป็นต้องสวมใส่เสื้อผ้าหนา ๆ หรือมีจำนวนมากชิ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นว่าควรนำเสื้อผ้าและเครื่องนุ่งห่มที่สวมใส่มาพัฒนาโดยติดตั้งแหล่งให้ความร้อน นอกจากจะทำให้ร่างกายเกิดความอบอุ่นแล้ว ยังสามารถลดปริมาณ และความหนาของเสื้อผ้างลงได้ ทำให้ง่ายและสะดวกสบายต่อการสวมใส่ มากขึ้น โดย

อุณหภูมิที่ทำให้มนุษย์รู้สึกสบายมีค่าประมาณ  $32 \pm 1$  องศาเซลเซียส โดยทั่วไป แหล่งกำเนิดความร้อนส่วนใหญ่ทำมาจากวัสดุโลหะ ทำให้แผ่นให้ความร้อนนี้แข็งและไม่สามารถบิดงอได้ ดังนั้นเมื่อนำมาตัดเย็บร่วมกับเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มจึงทำได้ลำบาก ปัจจุบันแม้จะมีการเตรียมโลหะให้อยู่ในรูปแบบของเส้นใยได้ แต่ต้องใช้พลังงานสูงในกระบวนการผลิตและเส้นโลหะที่ได้มีขนาดใหญ่ ทำให้มีราคาค่อนข้างแพง ส่วนวัสดุอีกประเภทหนึ่งที่นิยมนำมาทำเป็นแหล่งให้ความร้อน ได้แก่ แกรไฟต์ (Graphite) ซึ่งเป็นอีกรูปหนึ่งของธาตุคาร์บอน การเตรียมแกรไฟต์โดยทั่วไปสามารถเตรียมได้จากวัตถุดิบหลายประเภท เช่น ถ่านหิน เซลลูโลส และพอลิเมอร์ เป็นต้น

โดยทั่วไปแกรไฟต์มีสมบัติเปราะ ไม่สามารถบิดและพับงอได้ แต่การเตรียมเส้นใยด้วยเทคนิคการปั่นด้วยไฟฟ้า ทำให้เส้นใยเกิดการซ้อนทับกันและสานกันไปมา [2-5] จึงได้แกรไฟต์ในรูปแบบของผืนผ้าแบบไม่ทอ (Nonwoven) ที่สามารถบิดและพับงอได้ โครงการวิจัยนี้นอกจากจะทำการเตรียมผืนผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยนาโนคาร์บอนให้ได้แล้ว ยังจำเป็นต้องคำนึงถึงสมบัติเชิงกล และสมบัติการให้ความร้อนอีกด้วย สำหรับสมบัติเชิงกลของผืนผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยคาร์บอนจะต้องมีสมบัติไม่เปราะ สามารถบิดงอได้ และสามารถนำไปตัดเย็บได้โดยง่าย นอกจากนี้ยังสามารถประดิษฐ์เป็นแหล่งให้ความร้อนเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้า หรือมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านผืนผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยนาโนคาร์บอนได้อีกด้วย สำหรับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านนี้จะต้องไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ขณะสัมผัสกับผืนผ้าเส้นใยคาร์บอนนาโนนี้ โดยกระแสไฟฟ้าจะต้องอยู่ในระดับต่ำ แต่ต้องมีกระแสไฟฟ้าเพียงพอที่จะทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นได้ แผ่นให้ความร้อนจะสามารถให้ความร้อนได้จำเป็นต้องอาศัยแหล่งพลังงานไฟฟ้า และเมื่อนำแผ่นความร้อน และแหล่งพลังงานไฟฟ้ามาประกอบเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนจะต้องสามารถพกพาได้ มีขนาดกะทัดรัด มีน้ำหนักเบา และง่ายต่อการประกอบหรือตัดเย็บเข้ากับเสื้อผ้า หรือเครื่องนุ่งห่ม นอกจากนี้ผืนผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยนาโนคาร์บอนจะต้องมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานความร้อนได้ดีเนื่องจากต้องการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากแหล่งพลังงานไฟฟ้าแบบพกพา [6] เพื่อให้อุปกรณ์ให้ความร้อนสามารถใช้งานได้ยาวนานนั่นเอง

## วัตถุประสงค์ของการสร้างสรรค์ผลงาน

1. เป็นการปฏิบัติการเตรียมและพัฒนาอุปกรณ์ให้ความร้อนแบบพกพาที่ประหยัดพลังงานเพื่อนำมาสู่นวัตกรรมสำหรับเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์สำหรับให้ความร้อนหรือความอบอุ่น และการนำไปใช้งานร่วมกับงานออกแบบและตัดเย็บเสื้อผ้าเพื่อทำเป็นชิ้นงาน ตัวอย่างประเภทเสื้อผ้า รองเท้า
2. เพื่อศึกษาการสร้างแพทเทิร์นของเครื่องแต่งกายเพื่อใช้งานร่วมกับผืนผ้าคาร์บอน

## กระบวนการสร้างสรรค์ผลงาน

### ส่วนที่ 1

ผืนผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยนาโนพอลิอะคริไลไนไตรล์ดังแสดงในรูปที่ 1(ก) สามารถเตรียมได้โดยเทคนิคการปั่นด้วยไฟฟ้า (Electrospinning) จากนั้นนำผืนผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยนาโนพอลิอะคริไลไนไตรล์มาผ่านกระบวนการทำให้เสถียรโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative stabilization) และการทำคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) [7] ทำให้ได้ผืนผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยนาโนคาร์บอนดังแสดงในรูปที่ 1(ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 (ก) ฝืนผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยนาโนพอลิอะคริไลนไตรล และ (ข) ฝืนผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยนาโนคาร์บอน

นำฝืนผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยนาโนคาร์บอนที่ได้มาขึ้นรูปประกอบเข้ากับวงจรควบคุมการทำงานของแบตเตอรี่ [6] ติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น LED บอกสถานะการทำงานของแผ่นให้ความร้อน สวิตช์ควบคุมการจ่ายไฟให้แผ่นให้ความร้อน พร้อมด้วยแบตเตอรี่ จะได้อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบพกพาที่สามารถถอดเข้าออกได้ ดังแสดงในรูปที่ 2 และเมื่อทำการวัดความร้อน พบว่าอุปกรณ์ให้ความร้อนแบบพกพาที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ สามารถให้ความร้อนเพิ่มขึ้นประมาณ 20 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) โดยใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 0.3 แอมแปร์ ถ้าใช้แบตเตอรี่ขนาด 1000 mAh จะสามารถใช้งานแบบต่อเนื่องได้นานประมาณ 3-4 ชั่วโมง



รูปที่ 2 อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบพกพาที่สามารถถอดเข้าออกได้ เตรียมจากแผ่นให้ความร้อน ชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และแบตเตอรี่

## ส่วนที่ 2

การออกแบบเครื่องแต่งกายและการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ได้ในงานออกแบบเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม และผลิตภัณฑ์ที่ให้ความอบอุ่น และสามารถใช้ได้ในชีวิตประจำวัน

กระบวนการสร้างสรรค์ผลงานเริ่มจากศึกษาการใช้งานของแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์กับคุณสมบัติที่เหมาะสมของผ้าที่จะใช้งานการออกแบบ รูปทรงของเสื้อผ้าที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทำงานร่วมกับแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ เมื่อได้รูปทรงของแบบที่ต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการสร้างแพทเทิร์นของโครงเสื้อและรองเท้าว โดยคำนึงถึงตำแหน่งที่ให้ความอบอุ่นในร่างกาย เช่น บนหน้าอก หรือหลังผ้าเท้า วิธีการดูแลรักษาทำความสะอาด จากนั้น เป็นการออกแบบลวดลายผ้าเพื่อสร้างความเป็นเอกลักษณ์ และเพื่อให้เกิดความเป็นหนึ่งเดียวกัน (คอลเลคชั่น)

ขั้นตอนการสร้างลายผ้า แรงบันดาลใจในการสร้างลายผ้า ต่อยอดมาจากผลงานสร้างสรรค์ เฉพาะตน โดยจากเดิม ใช้เทคนิคสีผสมและใช้วัสดุเป็นผ้าออร์แกนซ่า (ตามรูปที่ 3) และได้ปรับเปลี่ยนจากเทคนิค การทับซ้อนเป็นชั้นๆ ของผ้าโปร่ง บางด้วยการเย็บ เป็นเทคนิคการพิมพ์แม่พิมพ์ตะแกรงไหม แต่ยังคงเก็บรักษาความรู้สึกที่ต่อเนื่องจากงานเดิมแสดงพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์เพื่อสอดคล้องกับรูปแบบและการทำงานร่วมกับแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์

### เทคนิคและอุปกรณ์ในการสร้างสรรค์ผลงาน

แบ่งเป็น 2 ส่วน:

**ส่วนที่ 1** การเตรียมอุปกรณ์ให้ความร้อนแบบพกพาที่สามารถถอดเข้าออกได้

การเตรียมผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยนาโนคาร์บอน จากผ้าแบบไม่ทอของเส้นใยนาโนของพอลิอะคริไลไนไตรล์ที่ได้จากเทคนิคการปั่นด้วยไฟฟ้า ทำการเปลี่ยนผ้าของเส้นใยนาโนของพอลิอะคริไลไนไตรล์ให้เป็นผ้าของเส้นใยนาโนคาร์บอนด้วยกระบวนการให้ความร้อน จากนั้นนำมาประกอบเข้ากับวงจร อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และแบตเตอรี่จะได้อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบพกพาที่สามารถถอดเข้าออกได้และประหยัดพลังงาน

**ส่วนที่ 2** การออกแบบเสื้อผ้า เครื่องแต่งกาย และรองเท้า

ผ้า ผ้ายืด ผ้ายืดกัญชา ผ้าลายสองเป็นสื่อหลักในการถ่ายทอดความคิด ทดลองการทำงาน ขึ้นรูปทรงเสื้อผ้า รองเท้าในแบบต่าง รวมถึงการพิมพ์แม่พิมพ์ตะแกรงไหมบนวัสดุผ้าชนิดต่าง ๆ

หนังสือเพื่อเก็บริมนของชิ้นงานแสดงโครงของการออกแบบ

บล็อกสกรีนเทคนิคการถ่ายทอดผลงานการออกแบบซึ่งเหมาะสมกับวัสดุประเภทผ้าแต่ให้ความรู้สึกับแนวทำงานของตนเอง

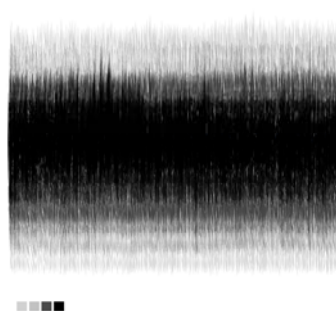
สีพิมพ์ผ้า

กรรไกร

จักร



รูปที่ 3 เทคนิคการสร้างผ้าจากเส้นใยออร์แกนซ่า



รูปที่ 4 การออกแบบลายผ้า

**Innovative technology and design for garments and products for warmth**  
**Bussarin Ksapabutr Manop Panapoy and Namfon Laistrooglai**

สวิตช์ เปิด-ปิด ควบคุมการจ่ายไฟให้แผ่นให้ความร้อน

อุปกรณ์ให้ความร้อนที่เตรียมจากแผ่นให้ความร้อน ชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และแบตเตอรี่

การออกแบบแบบลายเพื่อสร้างความเป็นคอลเลคชั่น

การออกแบบเครื่องแต่งกายและการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ได้ในงานออกแบบเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม และผลิตภัณฑ์ให้ความอบอุ่น และสามารถใช้งานได้ในชีวิตประจำวัน โดยการศึกษาตำแหน่งที่ดีที่สุดในการให้ความอบอุ่น ซึ่งได้แก่ บริเวณหน้าอก และบริเวณฝ่าเท้า

ช่องกระเปาะ สำหรับเก็บแบตเตอรี่

สายไฟเชื่อมต่อกับคาร์บอนไฟเบอร์ ที่อยู่ใต้พื้นรองเท้า

นำผ้าแบบไหมของเส้นใยนาโนคาร์บอนที่ได้มาซึ่งรูปประกอบเข้ากับวงจรควบคุมการทำงานของแบตเตอรี่ ติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น LED นอกสถานะการทำงานของแผ่นให้ความร้อน

รูปที่ 5 การบรรจุอุปกรณ์ให้ความร้อนแบบพกพาในเสื้อผ้าและรองเท้า



- ชุด - ได้รับการออกแบบให้มีช่องเก็บ  
เครื่องมือช่างโดยบริเวณหน้าอก  
(บริเวณที่ควาได้รับความสะดวก)

รูปที่ 6 เสื้อคลุม



- ชุด - ได้รับการออกแบบให้มีช่องเก็บ  
เครื่องมือช่างบริเวณบริเวณหน้าอก  
(บริเวณที่ควาได้รับความสะดวก)

รูปที่ 7 เสื้อคลุมทรงค้ำดาว



“ชุด” ได้รับยกย่องว่าเป็นตัวอย่าง  
ของนวัตกรรมสิ่งทอสมัยใหม่  
(นวัตกรรมได้รับยกย่อง)

รูปที่ 8 ชุดแฟชั่นยาว

## คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยและสร้างสรรค์ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร และ อ.दनัย อุณอนันต์

## เอกสารอ้างอิง

ชุดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. (2553). ภูมิภาค (ออนไลน์). สืบค้นจาก :

[http://portal.edu.chula.ac.th/lesa\\_cd/assets/document/LESA212/6/wind/climate/climate.html](http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/LESA212/6/wind/climate/climate.html) [7 พฤศจิกายน 2556].

บุศรินทร์ เหมชะปะบุตร และคณะ. เครื่องพ่นสารละลายขนาดพกพาโดยใช้ไฟฟ้าสถิต. สิทธิบัตรไทย เลขที่ 23083, 11 มกราคม 2551.

บุศรินทร์ เหมชะปะบุตร. (2549). “การปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้า” วารสารสมาคมโพลีเมอร์ (ประเทศไทย). 6(2). 2.

B. Ksapabutr and M. Panapoy (2010) “Fabrication of ceramic nanofibers using atrane precursor”. In A. Kumar. Nanofibers, 367–382. Croatia : Intech.

M. Panapoy, W. Singsang and B. Ksapabutr. (2010). “Electrically conductive poly(3,4-ethylenedioxythiophene)–poly(styrene sulfonate)/polyacrylonitrile fabrics for humidity sensors” Physica Scripta, T139 Article number 014056.

บุศรินทร์ เหมชะปะบุตร และมานพ ปานะโปย. แผ่นให้ความร้อนประหยัดพลังงานแบบอ่อนที่สามารถพับงอและยืดหยุ่นได้ชนิดพกพา. เลขที่คำขอรับสิทธิบัตรไทย 1201002407, 24 พฤษภาคม 2555.

M. Panapoy, A. Dankeaw, B. Ksapabutr. (2008). “Electrical conductivity of PAN-based carbon nanofibers prepared by electrospinning method” Thammasat Int. J. Sc. Tech.,13. 11-17.