

ศึกษาประสิทธิภาพการทนความร้อน และการหน่วงไฟของเนื้อผ้าคอตตอน โดยการเคลือบซิลิกาสังเคราะห์ และซิลิกาจากเถ้าแกลบ

A Study on Thermal Resistance Efficiency and Flame Retardancy Performance of Cotton Fabric Coated by Synthesis Silica and Silica Derived from Rice Husk Ash

ภัครดา แสนสุขสม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ

Pakkarada Sansuksom

Faculty of Engineering

Suvarnabhumi Institute of Technology

E-mail: pakkarada.sam@svit.ac.th

Received: July 5, 2018; Revised: October 29, 2018; Accepted: November 5, 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการศึกษาการใช้ซิลิกาจากเถ้าแกลบไปเคลือบบนผ้าคอตตอนเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเส้นใยให้มีประสิทธิภาพการทนความร้อนและการหน่วงไฟให้สูงขึ้น โดยจะทำการเปรียบเทียบระหว่างผ้าที่ยังไม่ได้ผ่านการเคลือบและผ่านการเคลือบซิลิกา ซึ่งจะใช้ซิลิกาสังเคราะห์จากเตตระเอทิลออร์โทซิลิเกตและซิลิกาจากเถ้าแกลบ โดยการเตรียมให้อยู่ในรูปสารละลายซึ่งมีอัตราส่วนในการเตรียมเป็น TEOS : H₂O : EtOH : HCl เท่ากับ 1 : 80 : 3 : 0.96 พบว่า ผ้าที่ผ่านการเคลือบซิลิกานั้นจะมีความสามารถในการทนการติดไฟและหน่วงไฟได้สูงกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการเคลือบโดยวิเคราะห์จากค่าปริมาณออกซิเจนที่น้อยที่สุดที่ช่วยในการติดไฟพบว่า เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 18.00 เป็นร้อยละ 20.70 และหากทำการเปรียบเทียบระหว่างผ้าที่ผ่านการเคลือบซิลิกาจะพบว่า ผ้าที่ผ่านการเคลือบซิลิกาสังเคราะห์จะมีความสามารถทนการติดไฟและการหน่วงไฟได้สูงกว่าผ้าที่ผ่านการเคลือบซิลิกาจากเถ้าแกลบโดยมีค่าปริมาณออกซิเจนที่น้อยที่สุดที่ช่วยในการติดไฟเป็นร้อยละ 20.70 และร้อยละ 18.60 ตามลำดับ เนื่องจากมีปริมาณยึดเกาะของซิลิกาสังเคราะห์บนผ้าคอตตอนมากกว่าปริมาณยึดเกาะของซิลิกาจากเถ้าแกลบจากร้อยละ 6.58 เป็นร้อยละ 11.04

คำสำคัญ: เถ้าแกลบ ซิลิกา ความทนความร้อน ค่าปริมาณออกซิเจนที่น้อยที่สุดที่ช่วยในการติดไฟ

ABSTRACT

The research objective was to study a use of silica from rice husk ash in order to improve resistance efficiency and flame retardancy coating on the fabric fiber. Inorganic silica and organic silica used in cotton fabrics was compared by the uses of synthesis silica from a tetraethyl orthosilicate (TEOS) as well as from rice husk ash. The molar ratio of the precursor was equal to TEOS : H₂O : EtOH : HCl = 1 : 80 : 3 : 0.96. The results of limited oxygen index (LOI) test indicated that thermal resistance of the treated and untreated cotton fabrics increased from 18% to 20.7%. Meanwhile, the LOI value of treated fabrics by inorganic silica was higher than silica from rice husk ash due to the amount of silica coating on cotton fabrics increased from 6.58% to 11.04%.

KEYWORDS: Rice Husk, Silica, Thermal Stability, Limited Oxygen Index

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมที่พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสิ่งทอเป็นวัตถุดิบสำคัญในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม เฟอร์นิเจอร์ วัสดุตกแต่งที่อยู่อาศัย ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงมีการคิดค้นวิจัยเพื่อปรับปรุงสิ่งทอให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อตอบโจทย์ในการนำไปใช้งานที่หลากหลายแขนงมากยิ่งขึ้น (Ngaia, Peng, Alexander, & Moon, 2014) ในอุตสาหกรรมสิ่งทอผลิตเส้นใยหลากหลายประเภท เส้นใยแต่ละประเภทก็จะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป เช่น เส้นใยคอตตอนเป็นเส้นใยที่นำมาใช้งานได้อย่างหลากหลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติเฉพาะตัว คือ อ่อนนุ่ม มีความยืดหยุ่นสูง ง่ายต่อการดูแลรักษา แต่ก็มีข้อเสีย คือ ติดไฟและลุกลามไฟได้ง่าย ดังนั้น จากอุบัติเหตุการเกิดไฟไหม้ในครัวเรือนมากกว่า ร้อยละ 80.00 (US Fire Administration, 2016) ก็สืบเนื่องจากการนำเส้นใยคอตตอนมาเป็นวัสดุในการทำเฟอร์นิเจอร์

ผ้ามาน วัสดุตกแต่งบ้านต่างๆ ส่วนเนื้อผ้าที่ทำจากขนสัตว์นั้น คุณสมบัติที่ดี ก็คือ น้ำหนักเบา สามารถปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศได้ ดูดซับความชื้นได้ดีกว่าเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นๆ มากกว่าถึงร้อยละ 30.00 แต่ผ้าขนสัตว์ก็มีข้อเสีย คือ ง่ายต่อการติดไฟ ซึ่งจากผลสำรวจพบว่า การเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ในครัวเรือนปริมาณร้อยละ 50.00 นั้น จะมีสาเหตุมาจากการใช้ผ้าขนสัตว์ เป็นวัสดุตกแต่งในครัวเรือนเป็นปริมาณร้อยละ 20.00 (Sayer, 2013) จึงมีงานวิจัยที่ทำการศึกษเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเส้นใยชนิดต่างๆ ให้มีพฤติกรรมเพิ่มความเสถียรทางความร้อน ด้านการติดไฟ เพิ่มระยะเวลาการลุกลามของไฟ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1982 มีการนำสารเคมีมาใช้ในการปรับปรุงเนื้อผ้า เช่น การใช้สารประกอบโบรมีน แต่สารประกอบโบรมีนแต่นั้นมีความเป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจ หรือระบบเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต ดังนั้น การนำสารเคมีมาใช้จำเป็นต้องตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และความเป็นพิษด้วย (Watanabe, & Sakai, 2003; Zhang et al., 2015)

ในระยะต่อมาจึงเริ่มมีการใช้วัสดุที่เป็นอนุภาคขนาดนาโน เข้าไปอยู่ในโครงสร้างของเส้นใยที่เป็นโพลิเมอร์เพื่อปรับปรุงให้เกิดการหน่วงไฟที่เพิ่มมากขึ้น (Porter, Metcalfe, & Thomas, 2000) การนำซิลิกอนมาใช้ถือว่ามึบทบาทเป็นอย่างมาก เนื่องจากซิลิกอนนั้นสามารถก่อตัวอยู่ในรูปซิลิกา ซึ่งเป็นอนุภาคนาโนหรืออยู่ในรูปที่เป็นซิลิเกตได้ (Fanglong, Qun, Qianqian, Rangtong, & Kejing, 2016; Li, Xing, & Ding, 2008; Zhang, Chen, & Xing, 2017) กลไกการทำงานของวัสดุอนุภาคนาโนที่เพิ่มประสิทธิภาพการหน่วงไฟซึ่งทำงานโดยผ่านกระบวนการเผาไหม้ของสารอินทรีย์ จึงทำให้เกิดการรวมตัวกันบนพื้นผิวของโพลิเมอร์ เป็นการป้องกันก๊าซออกซิเจนบนพื้นผิว ส่งผลให้เกิดการลดการถ่ายเทความร้อน

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ มีการผลิตข้าวในปริมาณสูงถึง

ประมาณ 30 ล้านตันต่อปี แกลบได้ถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในหลากหลายด้าน เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยแกลบสามารถให้พลังงานความร้อนได้ประมาณ 3,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งใกล้เคียงกับถ่านไม้ที่ให้พลังงานความร้อนในช่วง 4,500 ถึง 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ใช้ผสมกับดินเหนียวทำอิฐ ซึ่งทำให้อิฐที่ได้แข็งแรงแต่สามารถตัดเจาะรูหรือตอกตะปูได้ ใช้ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เช่น ไก่และสุกร ใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช โดยใช้ผสมกับปุ๋ยแอมโมเนียช่วยให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวร้อยละ 5 ถึง 24 ใช้เป็นฉนวนความร้อน เช่น คุลมน์น้ำแข็งไม่ให้ละลาย ใช้ผสมกับดิน ทำให้ดินร่วนซุยไม่แน่นทึบ และช่วยให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแกลบจะพบว่า มีปริมาณซิลิกา (SiO₂) สูงถึงร้อยละ 86.90-97.30 แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของแกลบ

สารประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก
SiO ₂	86.90 – 97.30
K ₂ O	0.58 – 2.50
Na ₂ O	0.00 – 1.75
CaO	0.20 – 1.50
MgO	0.12 – 0.96
Fe ₂ O ₃	0.00 – 0.54
P ₂ O ₅	0.20 – 2.85
SO ₃	0.10 – 1.13
Cl ₂ O	0.00 – 0.42

ที่มา: จีระวัฒน์ พันธนิษฐ์ และไพศาล คงคาฉุยฉาย (2007)

เนื่องจากคุณสมบัติของซิลิกามีความสามารถในการดูดซับความชื้นและสารเคมีได้ดี จึงนิยมใช้เป็นสารดูดความชื้น ซึ่งถูกนำไปใช้มากในอุตสาหกรรมอาหารและยา ใช้เป็นสารช่วยเพิ่มแรงดึงผิวช่วยในการกระจายตัวของยาชนิดที่เป็นของเหลว ใช้เป็นสารเพิ่มความแข็งแรงในอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์ ใช้เป็นตัวทำให้สารบริสุทธิ์ (Refining Agent) ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและในกระบวนการปิโตรเคมี ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวตรึง ใช้ในกระบวนการผลิตสารซิลิกาบริสุทธิ์เพื่อผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ได้อีกด้วย (Laufer, Carosio, Martinez, Camino, & Grunlan, 2011) และคุณสมบัติอย่างหนึ่งของซิลิกา คือ ไม่ลุกติดไฟ ดังนั้น จึงมีการศึกษาวิจัยนำซิลิกามาใช้ปรับปรุงเส้นใยของเนื้อผ้า เพื่อให้มีความเสถียรทางความร้อนสูง ป้องกันการลุกลามของไฟติดไฟได้ยากขึ้น ซึ่งในงานวิจัยจะใช้ซิลิกาสังเคราะห์เคลือบลงบนเส้นใยด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น เทคนิค Layer-by-Layer (LbL) เป็นการเคลือบเส้นใยหรือเนื้อผ้า โดยทำการเคลือบทีละชั้นโดยใช้สารที่มีประจุไฟฟ้าต่างกัน (Carosio, Laufer, Alongi, Camino, Grunlan, 2011) หรือใช้เทคนิค Impregnation เป็นการจุ่มเคลือบโดยการทำสารอนุภาคนาโนให้อยู่ในรูปสารละลาย และนำผ้าหรือเส้นใยลงไปจุ่มเคลือบในสารละลาย (Fanglong, Qun, Qianqian, Rangtong, & Kejing, 2016; Li, Xing, & Ding, 2008)

งานวิจัยที่ผ่านมาได้นำซิลิกาสังเคราะห์มาเคลือบบนเส้นใยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทนความร้อนและการหน่วงไฟ ในงานวิจัยชิ้นนี้จึงได้นำแก้วกลบมาเคลือบบนเส้นใยด้วยเทคนิค Impregnation คือ การจุ่มเคลือบแทนการใช้ซิลิกาสังเคราะห์ เนื่องจากเทคนิคการจุ่มเคลือบเป็นเทคนิคที่มีขั้นตอนไม่ซับซ้อน ใช้ระยะเวลาในการเตรียมสารละลายและการจุ่มเคลือบขึ้นงานน้อยกว่าเมื่อ

เปรียบเทียบกับเทคนิคอื่น ซึ่งการนำแก้วกลบมาใช้ถือเป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่มีอยู่ในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และลดการกำจัดแก้วกลบที่มีมากเกินไปจนจะกำจัดได้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทนความร้อนและการหน่วงไฟของผ้าคอตตอนโดยเปรียบเทียบจากการเคลือบซิลิกาสังเคราะห์ และซิลิกาจากแก้วกลบ โดยใช้เทคนิค Impregnation คือ การจุ่มเคลือบ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่มีอยู่ในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงเส้นใยถือว่าเป็นนวัตกรรมใหม่ ซึ่งอาจขยายผลสู่ระดับอุตสาหกรรมได้

วิธีการดำเนินงานวิจัย

อุปกรณ์

เนื้อผ้าเส้นใยคอตตอน เตตระเอทิลออร์โทซิลิเกต (Tetraethyl orthosilicate, TEOS, $\geq 99\%$, Sigma-Aldrich) กรดไฮโดรคลอริก 37%wt. (HCL, RANDEM), เอทานอล (Ethanol, 99.9%, QR \bar{c}) แกลบ

การเตรียมซิลิกาจากแก้วกลบ

แกลบไปล้างเพื่อกำจัดเศษกรด หิน ดินทราย จากนั้นนำมาอบให้แห้ง ดังภาพที่ 1(ก) จากนั้นนำแกลบไปต้มกับกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 1 โมลาร์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และล้างน้ำจนหมดความเป็นกรด ดังภาพที่ 1(ข) แล้วนำไปอบให้แห้งนำไปเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส โดยการเติมก๊าซออกซิเจนเพื่อช่วยในการเผาไหม้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำแก้วกลบที่ผ่านการลดและคัดขนาดอนุภาคด้วยเครื่องบดย่อยขนาด และเครื่องตะแกรงร่อนขนาด 200 Mesh เก็บในโถดูดความชื้น เพื่อรอการนำไปใช้งาน ดังภาพที่ 2



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 แกลบที่ผ่านการล้างและนำไปอบแห้ง (ก) แกลบที่ผ่านการต้มกรดไฮโดรคลอริก (ข)
ที่มา: ภาพโดยผู้เขียน



ภาพที่ 2 เถ้าแกลบ
ที่มา: ภาพโดยผู้เขียน

การเตรียมซิลิกาโซล

เตรียมสารละลายซิลิกาสังเคราะห์ และซิลิกาจากเถ้าแกลบ โดยการทำงานวิจัยจะเตรียมสารละลาย 3 ชนิด ชนิดที่ 1 สารละลายจากซิลิกาสังเคราะห์โดยใช้ TEOS ชนิดที่ 2 สารละลายผสมจากซิลิกาสังเคราะห์และซิลิกาจากเถ้าแกลบในอัตราส่วน 1 : 1 และชนิดที่ 3 สารละลายจากซิลิกาจากเถ้าแกลบ

โดยใช้อัตราส่วนในการเตรียมเป็น $\text{TEOS} : \text{H}_2\text{O} : \text{EtOH} : \text{HCl} = 1 : 80 : 3 : 0.96$

การเคลือบซิลิกาโซลลงบนเนื้อผ้า

เตรียมผ้าคอตตอนขนาด $4 \times 15 \text{ cm}^2$ ล้างทำความสะอาดในน้ำที่ปราศจากไอออนโดยเครื่องล้างความถี่สูงเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

นำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิปกติ ขั้นตอนต่อไปจุ่มผ้าลงในสารละลายซิลิกาทั้ง 3 ที่เตรียมไว้เป็นระยะเวลา 10 นาที ในเครื่องล้างความถี่สูง (Elma, S30H) ดังภาพที่ 3 จากนั้นอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที นำไปจุ่มในน้ำที่ปราศจากไอออน เป็นระยะเวลา 30 วินาที เพื่อกำจัดกรดไฮโดรคลอริก

(HCl) และนำกลับไปอบแห้งต่อที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิปกติ และความดันบรรยากาศประมาณ 48 ชั่วโมงก่อนนำไปทำการทดสอบ โดยทำการทดลองการจุ่มเคลือบของสารละลายแต่ละชนิดจำนวน 3 ครั้ง และนำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 3 การเคลือบผ้าโดยกาจุ่มเคลือบในเครื่องล้างความถี่สูง
ที่มา: ภาพโดยผู้เขียน

เทคนิคการวิเคราะห์

ทดสอบความสามารถในการติดไฟโดยการวิเคราะห์จากค่าปริมาณออกซิเจนที่น้อยที่สุดที่ช่วยในการติดไฟ (Limiting Oxygen Index ; LOI) ขั้นตอนการวิเคราะห์จะทำการวางชิ้นงานบนตัวหนีบของเครื่องแก๊วดังภาพที่ 4 โดยเครื่อง Oxygen index, Yasuda, Japan ตามมาตรฐาน ASTM D2863 และวิเคราะห์ร้อยละของน้ำหนักของซิลิกาที่เคลือบบนผ้าคอตตอนคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$\left(\frac{W_f - W_i}{W_i}\right) \times 100\% \quad (1)$$

โดยที่ W_i และ W_f คือ น้ำหนักของผ้าคอตตอนเฉลี่ยก่อนและหลังการเคลือบซิลิกาตามลำดับ

วิเคราะห์ความสามารถในการทนการติดไฟและการหน่วงไฟของผ้าคอตตอนที่ผ่านการเคลือบซิลิกาแต่ละชนิดคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$\left(\frac{LOI_f - LOI_i}{LOI_i}\right) \times 100\% \quad (2)$$

โดยที่ LOI_i และ LOI_f คือ ร้อยละปริมาณออกซิเจนที่น้อยที่สุดที่ช่วยในการติดไฟเฉลี่ยก่อนและหลังการเคลือบซิลิกาตามลำดับ



ภาพที่ 4 วิเคราะห์ค่าปริมาณออกซิเจนที่น้อยที่สุดที่ช่วยในการติดไฟ
ที่มา: ภาพโดยผู้เขียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ลักษณะทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์ร้อยละของน้ำหนักของซิลิกาที่เคลือบบนผ้าคอตตอนได้ค่าดังตารางที่ 2 โดยกำหนดให้ตัวอย่างที่ 1 เป็นผ้าคอตตอนที่ไม่ได้ทำการเคลือบซิลิกา ตัวอย่างที่ 2 3 และ 4 เป็นผ้าคอตตอนที่ผ่านการเคลือบซิลิกาจากสารละลายชนิดที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ พบว่าผ้าคอตตอนที่เคลือบซิลิกาสังเคราะห์มีปริมาณซิลิกายึดเกาะบนผ้าคอตตอนร้อยละ 11.04 ซึ่งมากกว่าปริมาณซิลิกาจากเถ้าแกลบที่สามารถยึดเกาะบนเนื้อผ้าได้เพียงร้อยละ 6.58 เนื่องจากซิลิกาจาก เถ้าแกลบนั้นมีความสามารถในการละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับ TEOS ดังนั้นเมื่อทำการจุ่มเคลือบผ้าที่จุ่มเคลือบในสารละลายจากเถ้าแกลบนั้นอาจจะมีปริมาณซิลิกาที่ยึดเกาะบนบริเวณเนื้อผ้าแต่ละตำแหน่งไม่สม่ำเสมอ

ตารางที่ 2 ร้อยละของน้ำหนักของซิลิกาที่เคลือบบนผ้าคอตตอน

ชนิดของสารละลาย	น้ำหนัก (กรัม)		ร้อยละของน้ำหนักซิลิกาที่เคลือบ
	ก่อนเคลือบ	หลังเคลือบ	
1	1.839	2.042	11.04
2	1.836	1.975	7.57
3	1.884	2.008	6.58

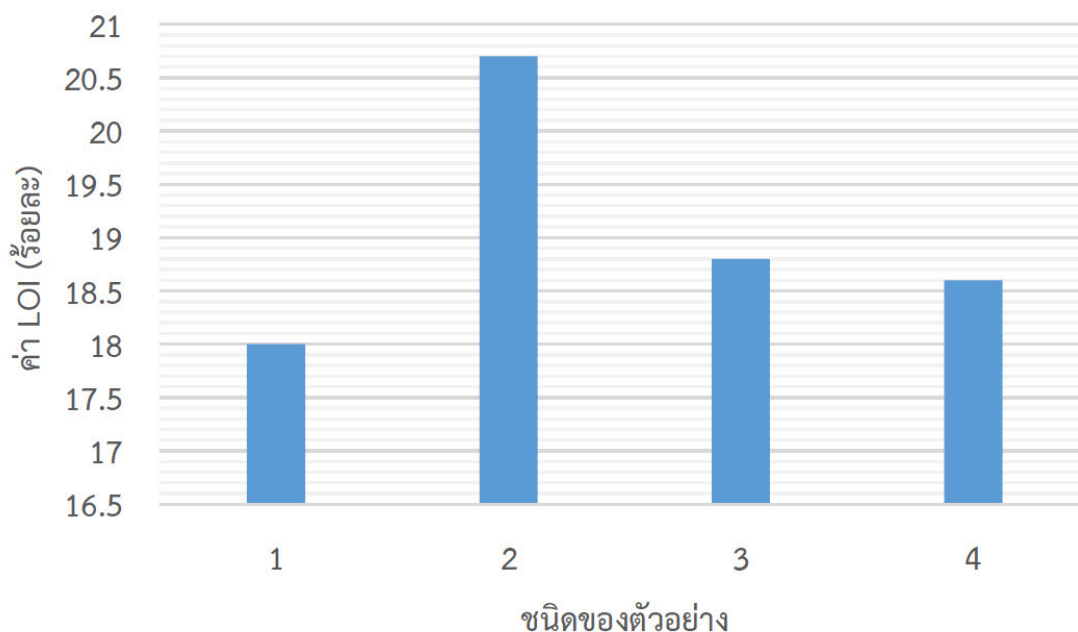
ความสามารถในการติดไฟ

จากการทดสอบความสามารถในการติดไฟของผ้าคอตตอนก่อนทำการเคลือบซิลิกา และหลังจากการเคลือบซิลิกาสังเคราะห์ และซิลิกาจากถ้ำเกลือ โดยวิเคราะห์จากค่าปริมาณออกซิเจนที่น้อยที่สุดที่ช่วยในการติดไฟ (LOI) แสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 5 พบว่า เมื่อทำการเคลือบซิลิกากับผ้าคอตตอนจะทำให้ความสามารถในการต้านทานการติดไฟเพิ่มสูงขึ้น โดยค่า LOI ของผ้าที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบซิลิกาและผ่านการเคลือบซิลิกาสังเคราะห์มีค่า

เป็นร้อยละ 18.00 และเป็นร้อยละ 20.70 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.00 แสดงค่าในตารางที่ 4 และภาพที่ 6 หากเปรียบเทียบความสามารถในการทนการติดไฟของผ้าคอตตอนที่เคลือบจากซิลิกาสังเคราะห์ ซิลิกาสังเคราะห์ผสมถ้ำเกลือ และซิลิกาจากถ้ำเกลือ จะพบว่า ผ้าคอตตอนที่ได้จากการเคลือบซิลิกาสังเคราะห์จะมีความสามารถในการต้านทานการติดไฟสูงกว่าชนิดอื่น เนื่องจากมีปริมาณซิลิกาเคลือบอยู่บนผ้ามากที่สุด

ตารางที่ 3 ค่าปริมาณออกซิเจนที่น้อยที่สุดที่ช่วยในการติดไฟ (LOI)

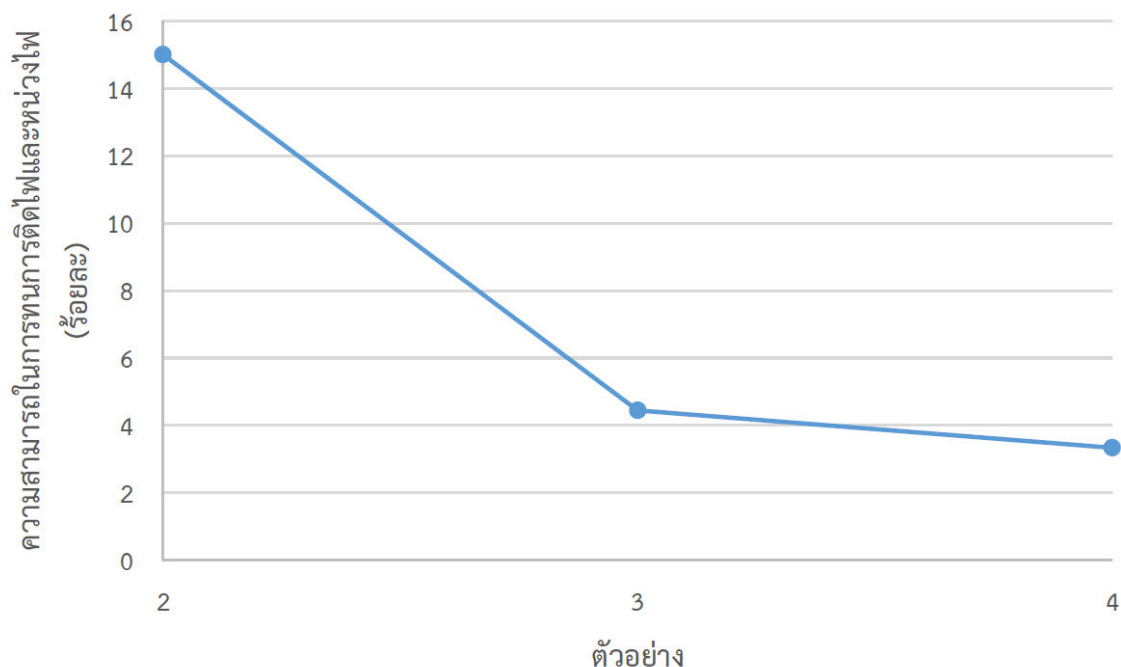
ตัวอย่าง	ค่า LOI (ร้อยละ)
ตัวอย่างที่ 1 (ไม่ผ่านการเคลือบซิลิกา)	18.00
ตัวอย่างที่ 2 (เคลือบด้วยสารละลายจากซิลิกาสังเคราะห์)	20.70
ตัวอย่างที่ 3 (เคลือบด้วยสารละลายผสมจากซิลิกาสังเคราะห์และซิลิกาจากถ้ำเกลือ)	18.80
ตัวอย่างที่ 4 (เคลือบด้วยสารละลายจากซิลิกาจากถ้ำเกลือ)	18.60



ภาพที่ 5 ค่าปริมาณออกซิเจนที่น้อยที่สุดที่ช่วยในการติดไฟ (LOI)

ตารางที่ 4 ความสามารถในการทนการติดไฟและการหน่วงไฟ

ตัวอย่าง	ค่า LOI (ร้อยละ)
ตัวอย่างที่ 2 (เคลือบด้วยสารละลายจากซิลิกาสังเคราะห์)	15.00
ตัวอย่างที่ 3 (เคลือบด้วยสารละลายผสมจากซิลิกาสังเคราะห์และซิลิกาจากเถ้าแกลบ)	4.44
ตัวอย่างที่ 4 (เคลือบด้วยสารละลายจากซิลิกาจากเถ้าแกลบ)	3.33



ภาพที่ 6 ความสามารถในการทนการติดไฟและการหน่วงไฟ

สรุปผลการวิจัย

การใช้เถ้าแกลบมาสังเคราะห์เป็นซิลิกาเพื่อนำไปเคลือบบนผ้า พบว่า ผ้าที่ผ่านการเคลือบ ซิลิกา จะมีความสามารถในการทนการติดไฟและหน่วงไฟ สูงกว่าผ้าที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบคิดเป็นปริมาณร้อยละ 15 แต่หากทำการเปรียบเทียบระหว่างการใช้ซิลิกาสังเคราะห์จาก TEOS กับการใช้ซิลิกาจากเถ้าแกลบนั้น พบว่า ผ้าที่ผ่านการเคลือบจากซิลิกาสังเคราะห์จาก TEOS จะมีความสามารถในการทนการติดไฟและหน่วงไฟสูงกว่าผ้าที่ผ่านการเคลือบ

ซิลิกาจากเถ้าแกลบสูงขึ้นร้อยละ 11.67 เนื่องจากปริมาณการยึดเกาะของซิลิกาบนผ้าคอตตอนที่ผ่านการเคลือบซิลิกาสังเคราะห์จาก TEOS มีปริมาณมากกว่าซิลิกาบนผ้าคอตตอนที่ผ่านการเคลือบซิลิกาจากเถ้าแกลบคิดเป็นปริมาณสูงขึ้นร้อยละ 4.46

ข้อเสนอแนะ

ปริมาณการยึดเกาะของซิลิกาบนผ้าคอตตอนมีปริมาณน้อยกว่าที่คาดไว้ จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการทนความร้อนเพิ่มขึ้นได้น้อยมาก

หากเปรียบเทียบกับผ้าที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ การศึกษาในอนาคตควรจะเพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะของซิลิกาบนผ้าคอตตอน อาจจะทำโพลิเมอร์ที่มีประจุบวกมาใช้เคลือบบนตัวผ้าก่อนทำการเคลือบทีละชั้นโดยใช้สารที่มีประจุไฟฟ้าต่างกัน ซึ่งหากมีปริมาณซิลิกาที่ยึดเกาะบนผ้ามีปริมาณมากขึ้น จะส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนสูงขึ้นตามมา

เอกสารอ้างอิง

จีระวัฒน์ พันธนิษฐ์ และ ไพศาล คงคาอุยฉาย. 2007.

การสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิด SUZ-4 จาก
เถ้าแกลบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Carosio, F., Laufer, G., Alongi, J., Camino, G.,
Grunlan, J. C. 2011. Layer-by-layer
assembly of silica-based flame
retardant thin film on PET fabric.
Polymer Degradation and Stability,
96(5): 745-750.

Fanglong, Z., Qun, X., Qianqian, F., Rangtong, L.,
& Kejing, L. 2016. Influence of
nano-silica on flame resistance
behavior of intumescent flame
retardant cellulosic textiles:
Remarkable synergistic effect?. **Surface
& Coatings Technology**, 294: 90-94.

Laufer, G., Carosio, F., Martinez, R., Camino, G.,
& Grunlan, J. C. 2011. Growth and fire
resistance of colloidal silica-
polyelectrolyte thin film assemblies.
**Journal of Colloid and Interface
Science**, 356(1): 69-77.

Li, F., Xing, Y., & Ding, X. 2008. Silica xerogel
coating on the surface of natural
and synthetic fabrics. **Surface and
Coatings Technology**, 202(19): 4721-
4727.

Ngaia, E. W. T., Peng, S., Alexander, P., & Moon,
K. K. L. 2014. Decision support and
intelligent systems in the textile and
apparel supply chain: An academic
review of research articles. **Expert
Systems with Applications**, 41(1):
81-91.

Porter, D., Metcalfe, E., & Thomas, M. J. K.
2000. Nanocomposite fire retardants.
Fire and Materials, 24(1): 45-52.

Sayer, G. 2013. **Fire statistics monitor: England
April 2012 to March 2013**. Retrieved
January 15, 2018, from https://www.fbu.org.uk/sites/default/files/attachments/Fire_Statistics_Monitor_April_2012_to_March_2013_final.pdf

US Fire Administration. 2016. **Fire in the
United States 2004-2013**. Retrieved
January 20, 2018, from <https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/fius17th.pdf>

Watanabe, I., & Sakai, S. 2003. Environmental
release and behavior of brominated
flame retardants. **Environmental
International**, 29(6): 665-682.

- Zhang, Q., Zhang, W., Huang, J., Lai, Y., Xing, T., Chen, G., Jin, W., Liu, H., & Sun, B. 2015. Flame retardance and thermal stability of wool fabric treated by boron containing silica sols. **Materials & Design**, 85(c): 796-799.
- Zhang, Q. H., Chen, G. Q., & Xing, T. L. 2017. Silk flame retardant finish by ternary silica sol containing boron and nitrogen. **Applied Surface Science**, 421(A): 52-60.