



การศึกษาสมบัติด้านกายภาพของผ้าทอที่ผ่านการตกแต่งด้วย
สารหน่วงไฟสำหรับการผลิตเสื้อผ้าเด็ก

STUDY OF PHYSICAL PROPERTIES OF FLAME RETARDANT
FINISHING WOVEN FABRICS FOR CHILDREN CLOTHING

วุฒิพงษ์ จิธรโสภา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาเทคโนโลยีมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งทอ เครื่องนุ่งห่มและแฟชั่น
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



การศึกษาสมบัติด้านกายภาพของผ้าทอที่ผ่านการตกแต่งด้วย
สารหน่วงไฟสำหรับการผลิตเสื้อผ้าเด็ก

วุฒิพงษ์ จุฑิโฆไท

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาเทคโนโลยีมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งทอ เครื่องนุ่งห่มและแฟชั่น
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

หัวข้อวิทยานิพนธ์ (ภาษาไทย) การศึกษาสมบัติด้านกายภาพของผ้าทอที่ผ่านการตกแต่งด้วยสาร
หน่วงไฟสำหรับการผลิตเสื้อผ้าเด็ก
(ภาษาอังกฤษ) Study of Physical Properties of Flame Retardant Finishing
Woven Fabrics for Children Clothing
ชื่อ - สกุล นายวุฒิพงษ์ ฐิธิโฆไท
สาขาวิชา เทคโนโลยีสิ่งทอ เครื่องนุ่งห่มและแฟชั่น
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วาทีพันธุ์สมชาย อุดร, วศ.ด.
ปีการศึกษา 2567

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



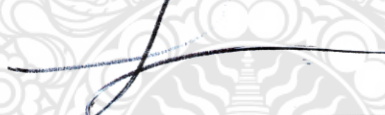
ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.)



กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกษม มานะรุ่งวิทย์, พร.ด.)



กรรมการ

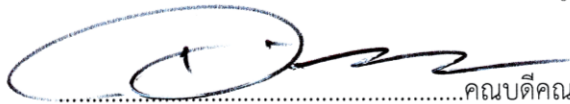
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วาทีพันธุ์สมชาย อุดร, วศ.ด.)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์, Ph.D.)

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต



คณบดีคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น

(รองศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์, Ph.D.)

วันที่....9....เดือน...กุมภาพันธ์....พ.ศ....2568....

หัวข้อวิทยานิพนธ์ (ภาษาไทย)

ชื่อ – นามสกุล

สาขาวิชา

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ปีการศึกษา

การศึกษาสมบัติด้านกายภาพของผ้าทอที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟสำหรับการผลิตเสื้อผ้าเด็ก

นายวุฒิพงษ์ จิโรโหมไ

เทคโนโลยีสิ่งทอ เครื่องนุ่งห่มและแฟชั่น

รองศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนสิทธี, Ph.D.

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วาทีพันตรีสมชาย อุดร, วศ.ด.

2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง “การศึกษาสมบัติด้านกายภาพของผ้าทอที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟสำหรับการผลิตเสื้อผ้าเด็ก” นี้ มีที่มาจากการที่ผู้วิจัยมีอาชีพเป็นแพทย์ และได้มีโอกาสไปใช้ชีวิตในต่างประเทศหลายปี พบว่า ชุมนอนของเด็กในต่างประเทศมีสมบัติหน่วงไฟ อันเนื่องมาจากมีข้อกำหนดทางกฎหมาย แต่สำหรับในประเทศไทยไม่มี ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะทดลองผลิตผ้าหน่วงไฟที่สามารถใช้งานในชีวิตประจำวันของเด็กได้จริงเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการกำหนดเป็นกฎหมายในอนาคตต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย คือ 1) เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารหน่วงไฟที่มีผลต่อผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสม 2) เพื่อศึกษาสมบัติการหน่วงไฟของผ้าก่อนและหลังการซักแห้ง 3) เพื่อทดสอบสมบัติเชิงกายภาพของผ้า ภายหลังจากการตกแต่งหน่วงไฟ และ 4) เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (ชุมนอนเด็ก) จากผ้าที่มีสมบัติหน่วงไฟ

วิธีการวิจัย เริ่มด้วยการเตรียมผ้าฝ้ายทอและผ้าฝ้ายทอเส้นใยผสม 2 ชนิด คือ ผ้า ซีวีซี (CVC) และผ้าทีซี (T/C) ให้มีความพร้อมสำหรับการตกแต่ง จากนั้นนำผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ไปทำการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้สาร Flamegard CP โดยกำหนดปริมาณการใช้สารหน่วงไฟให้มีความเข้มข้น 100, 150, 200, 250 และ 300 กรัมต่อลิตร สำหรับกรดฟอสฟอริกที่ใช้ปรับค่า pH ของสารหน่วงไฟ มีปริมาณอยู่ที่ 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ในการผืนสารหน่วงไฟทุกความเข้มข้น คือ 165 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการผืนสารหน่วงไฟกำหนดให้เป็น 30, 45 และ 60 วินาที จากนั้นนำผ้าที่ผ่านการตกแต่งไปทดสอบการเผาไหม้ และทดสอบความทนทานในด้านต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบกับผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟ

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณและสภาวะที่เหมาะสมในการตกแต่งสารหน่วงไฟลงบนผ้าทอทั้ง 3 ชนิด คือใช้สารหน่วงไฟปริมาณ 100 กรัมต่อลิตร ร่วมกับกรดฟอสฟอริกจำนวน 10 กรัมต่อลิตร ใช้อุณหภูมิในการผืนสารหน่วงไฟที่ 165 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการผืนสารหน่วงไฟ 30 วินาที ในส่วนของการทดสอบการเผาไหม้ พบว่า ผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ที่ผ่านตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟและนำผ้าไปทำการซักแห้งด้วยสารเปอร์คลอโรเอทิลีน จำนวน 1 ครั้ง พบว่า ผ้ายังคงมีสมบัติหน่วงไฟได้เหมือนกับผ้าที่ไม่ผ่านการซักแห้ง และสำหรับผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพของผ้าทอทั้ง 3 ชนิดหลังการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟ พบว่า ค่าความกระด้างของผ้า (stiffness) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ขณะที่ค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาด (tensile strength) และค่าความแข็งแรงของผ้าต่อการขัดถู (abrasion)

resistance) ลดลงเล็กน้อย ส่วนค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด (tear strength) ลดลงค่อนข้างมาก

คำสำคัญ: ผ้าทอ, สารหน่วงไฟ, สมบัติด้านกายภาพ, เสื่อผ้าเด็ก



Thesis Title	Study of Physical Properties of Flame Retardant Finishing Woven Fabrics for Children Clothing
Name-Surname	Wuttipong Tirakotai
Program	Textile, Clothing and Fashion Technology
Thesis Advisor	Associate Professor Rattanaphol Mongkholrattanasit, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Assistant Professor Acting Major Somchai Udon, D.Eng.
Academic	2024

Abstract

The research work entitled “Study of Physical Properties of Flame Retardant Finishing Woven Fabrics for Children Clothing” originated from the researcher’s experience as a physician living abroad for several years and discovering that children’s pajamas abroad have flame-retardant properties due to legal requirements. In contrast, no regulatory standards govern flame-retardant protective clothing for children in Thailand. Therefore, the researcher’s idea was to experiment with producing flame-retardant fabrics that could be used in children’s daily lives to serve as a guideline for future legislation. The objectives of this research are 1) to study the effects of flame-retardant concentrations on cotton and cotton blends; 2) to examine the flame-retardant properties of fabrics before and after dry cleaning; 3) to test the physical properties of fabrics after flame-retardant finishing; and 4) to create a prototype product (children’s pajamas) from fabrics with flame-retardant properties.

The research method began with the preparation of woven cotton fabrics and two types of blended woven cotton fabrics, namely CVC fabrics and T/C fabrics, to be ready for finishing. Then, the 3 types of woven fabrics were finished with flame retardants. In this research, Flamegard CP was used, with the amount of flame retardants at concentrations of 100, 150, 200, 250, and 300 g/L. Phosphoric acid was used to adjust the pH value of the flame retardants at concentrations of 10, 15, 20, 25, and 30 g/L, respectively. The temperature used to bond the flame retardants at all concentrations was 165 °C, and the time used to bond the flame retardants was set at 30, 45, and 60 seconds. Finally, the finished fabrics were tested for combustion and durability in various aspects, compared with fabrics that were not finished with flame retardants.

The results of the study found that the optimum amount and conditions for applying flame retardants onto the three types of woven fabrics were 100 g/L of flame retardants combined with 10 g/L of phosphoric acid, 165 °C of the flame retardant

bonding temperature, and 30 seconds of the flame retardant bonding time. In terms of combustion testing, it was found that the three types of woven fabrics finished with flame retardants and dry-cleaned with perchloroethylene once still exhibited flame-retardant properties comparable to those that were not dry-cleaned. As for the results of the physical property tests of the three types of woven fabrics after finishing with flame retardants, it was found that the fabric stiffness values increased slightly, while the fabric tensile strength and abrasion resistance values decreased slightly. The fabric tear strength values decreased significantly.

Keywords: woven fabrics, flame retardants, physical properties, children's clothing



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสีห์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่พันตรี ดร.สมชาย อุดร ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สาคร ชลสาคร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษม มานะรุ่งวิทย์ กรรมการสอบหัวข้อและโครงสร้างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาสละเวลาของท่านช่วยตรวจสอบให้ข้อชี้แนะ และแนะนำเพิ่มเติม ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณาจารย์ในระดับปริญญาโททุกท่านที่ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า รวมถึงเจ้าหน้าที่หลักสูตรเทคโนโลยีมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งทอ เครื่องนุ่งห่ม และแฟชั่น คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครทุกท่านที่ช่วยประสานงานให้ความสะดวกแก่ข้าพเจ้าเสมอมา ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ร่วมเรียนมาด้วยกัน คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์นี้

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะความอนุเคราะห์และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก บริษัท สตาร์ เทค เคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด และคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วุฒิพงษ์ ฐิธิโมไทย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(5)
กิตติกรรมประกาศ.....	(7)
สารบัญ.....	(8)
สารบัญตาราง.....	(10)
สารบัญภาพ.....	(12)
บทที่ 1 บทนำ.....	13
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	13
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย.....	13
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	14
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	14
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.1 ผ้าทอ.....	15
2.2 ผ้าจากวัสดุธรรมชาติ.....	15
2.3 ผ้าที่เหมาะสมในการผลิตเสื้อผ้าในเด็ก.....	16
2.4 การเกิดแผลไหม้ในเด็ก.....	17
2.5 การลุกไหม้ติดไฟของวัสดุสิ่งทอ.....	18
2.6 มาตรฐานการทดสอบความสามารถในการติดไฟของสิ่งทอ.....	21
2.7 กลไกการทำงานของสารหน่วงไฟ.....	23
2.8 ประเภทของสารหน่วงไฟ.....	24
2.9 Flamegard CP.....	24
2.10 ความปลอดภัยของสารหน่วงไฟ.....	25
2.11 การทดสอบการหน่วงไฟตามมาตรฐาน 16 CFR 1610.....	26
2.12 การทดสอบความกระด้างของผ้า.....	27
2.13 การทดสอบความแข็งแรงของผ้า.....	28
2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องบทที่.....	31
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	32
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	32
3.2 การเตรียมผ้าเพื่อการตกแต่ง.....	32
3.3 การตกแต่งผ้าด้วยสารหน่วงไฟ.....	33
3.4 การทดสอบการหน่วงไฟโดยวิธีหาค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือ (% Char yield).....	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 การประเมินค่าความคงทนของสารหน่วงไฟบนผ้าโดยวิธีการซักแห้ง.....	39
3.6 การทดสอบการหน่วงไฟตามมาตรฐาน 16 CFR 1610.....	40
3.7 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ.....	40
3.8 การผลิตชุดนอนสำหรับเด็กผู้ชายอายุระหว่าง 3-6 ปี จากผ้าทอหน่วงไฟ.....	42
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
4.1 ผลการทดสอบการหน่วงไฟโดยวิธีหาค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือ (% Char yield).....	51
4.2 ผลการทดสอบการหน่วงไฟตามมาตรฐาน 16 CFR 1610.....	55
4.3 ผลการทดสอบ สมบัติทางกายภาพ.....	56
4.4 ชุดนอนสำหรับเด็กผู้ชายอายุระหว่าง 3-6 ปี.....	66
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	67
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	67
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	67
บรรณานุกรม.....	68
ภาคผนวก.....	70
ภาคผนวก ก-1 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Flamegard CP.....	70
ภาคผนวก ก-2 ข้อมูลความปลอดภัย Flamegard CP ตามมาตรฐาน ISO 11014:2009.....	75
ภาคผนวก ข ทดสอบความไวไฟของผ้า ตามมาตรฐาน 16 CFR PART 1610.....	84
ภาคผนวก ค การเผยแพร่ผลงานวิจัย.....	92
ประวัติผู้เขียน.....	103

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างเส้นใยจากธรรมชาติและคุณสมบัติ.....	16
ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิการติดไฟของเส้นใยชนิดต่าง ๆ.....	20
ตารางที่ 2.3 มาตรฐานการทดสอบความสามารถในการติดไฟของผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่ม.....	21
ตารางที่ 2.4 การจัดชั้นคุณภาพของตัวอย่างทดสอบที่ทดสอบตามมาตรฐาน 16 CFR 1610 หรือ AATCC 33 หรือ ASTM D 1230.....	27
ตารางที่ 3.1 สารเคมีและปริมาณที่ใช้ในการทำความสะอาดและฟอกขาวผ้าแต่ละชนิด.....	33
ตารางที่ 3.2 การทดลองหาสูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าฝ้ายที่เหมาะสม.....	34
ตารางที่ 3.3 การทดลองหาสูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าชีวส์ที่เหมาะสม.....	35
ตารางที่ 3.4 การทดลองหาสูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าที่ซีที่เหมาะสม.....	36
ตารางที่ 4.1 สูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าฝ้ายและร้อยละของเถ้าที่เหลือ.....	52
ตารางที่ 4.2 สูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าชีวส์และร้อยละของเถ้าที่เหลือ.....	53
ตารางที่ 4.3 สูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าที่ซีและร้อยละของเถ้าที่เหลือ.....	54
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการลุกไหม้ติดไฟของผ้าทั้ง 3 ชนิดที่ตกแต่งสารหน่วงไฟก่อนและ หลังการซักแห้ง.....	55
ตารางที่ 4.5 ค่าความยาวของการโค้งตัวเฉลี่ยของผ้าฝ้ายก่อนและหลังการตกแต่งสารหน่วงไฟ.....	56
ตารางที่ 4.6 ค่าความยาวของการโค้งตัวเฉลี่ยของผ้าชีวส์ก่อนและหลังการตกแต่งสารหน่วงไฟ.....	56
ตารางที่ 4.7 ค่าความยาวของการโค้งตัวเฉลี่ยของผ้าที่ซีก่อนและหลังการตกแต่งสารหน่วงไฟ.....	56
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยและระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยของผ้าฝ้าย ก่อนและหลังการตกแต่งสารหน่วงไฟ.....	57
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยและระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยของผ้าชีวส์ ก่อนและหลังการตกแต่งสารหน่วงไฟ.....	57
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยและระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยของผ้าที่ซี ก่อนและหลังการตกแต่งสารหน่วงไฟ.....	58
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาดเฉลี่ยของผ้าฝ้ายก่อนและหลังการตกแต่ง สารหน่วงไฟ.....	58
ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาดเฉลี่ยของผ้าชีวส์ก่อนและหลังการตกแต่ง สารหน่วงไฟ.....	59
ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาดเฉลี่ยของผ้าที่ซีก่อนและหลังการตกแต่ง สารหน่วงไฟ.....	59
ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าฝ้ายที่ไม่ตกแต่งสารหน่วงไฟต่อการขัดถู.....	60
ตารางที่ 4.15 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าชีวส์ที่ไม่ตกแต่งสารหน่วงไฟต่อการขัดถู.....	61
ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าที่ซีที่ไม่ตกแต่งสารหน่วงไฟต่อการขัดถู.....	62

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.17	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสารหน่วงไฟต่อการขีดฉีก.....	63
ตารางที่ 4.18	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าชีวส์ที่ตกแต่งสารหน่วงไฟต่อการขีดฉีก.....	64
ตารางที่ 4.19	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าชีทที่ตกแต่งสารหน่วงไฟต่อการขีดฉีก.....	65



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 แสดงความลึกของแผลจากความร้อน.....	17
ภาพที่ 2.2 ตารางที่ใช้ในการประเมินความรุนแรงของแผลจากความร้อนในเด็ก.....	18
ภาพที่ 2.3 ผลกระทบของสารห่วงไฟ Hexabromocyclododecane(HBCD) และ Tetrabromobisphenol A (TBBP-A) ต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม.....	25
ภาพที่ 3.1 เครื่องปั๊มอัด (padding machine).....	37
ภาพที่ 3.2 ตู้อบลมร้อน.....	37
ภาพที่ 3.3 เครื่องสแตนเตอร์สำหรับผืนผ้า.....	38
ภาพที่ 3.4 การทดสอบการไหม้ไฟโดยวิธีหาค่าร้อยละของถ่านที่เหลือ (% Char yield).....	39
ภาพที่ 3.5 เครื่องทดสอบความกระด้างของผ้า.....	40
ภาพที่ 3.6 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของผ้า.....	41
ภาพที่ 3.7 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาดของผ้า.....	41
ภาพที่ 3.8 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อการขัดถูของผ้า.....	42
ภาพที่ 3.9 รูปแบบชุดนอนสำหรับเด็กผู้ชายอายุระหว่าง 3-6 ปี.....	42
ภาพที่ 3.10 การวางแผนและการตัดผ้าสำหรับทำเสื้อ.....	43
ภาพที่ 3.11 การเย็บกระเป๋าดัดเสื้อ.....	43
ภาพที่ 3.12 การเย็บประกอบสาบเสื้อ.....	44
ภาพที่ 3.13 การเย็บตะเข็บไหล่.....	44
ภาพที่ 3.14 การประกอบปก.....	45
ภาพที่ 3.15 การเย็บเจาะคอเสื้อ.....	45
ภาพที่ 3.16 การเย็บทับคิ้วคอเสื้อ.....	46
ภาพที่ 3.17 การเย็บติดปกเสื้อ.....	46
ภาพที่ 3.18 การเย็บโพ่งตะเข็บในตัวเสื้อ.....	47
ภาพที่ 3.19 การเย็บโพ่งตะเข็บในตัวเสื้อ.....	47
ภาพที่ 3.21 การเย็บโพ่งตะเข็บข้าง.....	48
ภาพที่ 3.22 การเย็บตะเข็บขาด้านในกางเกง.....	48
ภาพที่ 3.23 การเย็บแนวเป้ากางเกง.....	49
ภาพที่ 3.24 กางเกงก่อนใส่ยางยืดขอบ.....	49
ภาพที่ 3.25 กางเกงที่ใส่ยางยืดขอบแล้ว.....	50
ภาพที่ 4.1 ชุดนอนสำหรับเด็กผู้ชายระหว่าง 3-6 ปี ชนิดเสื้อแขนสั้นกางเกงขายาว.....	66

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แผลไหม้ (burn wound) จัดเป็นแผลชนิดหนึ่งที่มีความเจ็บปวดสามารถเกิดได้จากความร้อน ไฟฟ้า สารเคมี หรือพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสาเหตุการเกิดแผลไหม้ในผู้ใหญ่มักเกิดจากเปลวเพลิง และในเด็กมักมีสาเหตุจากการถูกน้ำร้อนลวก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเด็กเล็กและผู้สูงอายุมักเป็นกลุ่มที่จะมี โอกาสบาดเจ็บจากแผลไหม้หากเกิดภาวะดังกล่าวขึ้นโดยเฉพาะในเด็กเล็ก ความรุนแรงที่เกิดขึ้นอาจมากจนทำให้เด็กเสียชีวิตได้เพราะปัญหาที่เกิดขึ้นจะกระทบต่อการทำงานของอวัยวะหลายส่วนไม่เพียงแคผิวหนัง ภายนอกเท่านั้นและถึงแม้ว่าจะได้รับการรักษาหายแล้วเด็กรายดังกล่าวจะมีปัญหาในเรื่องรูปลักษณ์ของผิวหนังภายนอก

จากข้อมูลในวารสารทางการแพทย์พบว่าบาดแผลไหม้ในเด็กร้อยละ 98 มักเกิดกับคนไข้ ที่มีอายุน้อยกว่า 4 ปี ซึ่งมักเกิดจากอุบัติเหตุภายในบ้านร้อยละ 76 โดยในเด็กเล็ก (อายุ 0-2 ปี) มักเกิดจากการถูกน้ำร้อนลวก หรือสัมผัสกับวัสดุที่มีความร้อนจากการเอื้อมมือไปดึงหม้อน้ำ หรือสายไฟของหม้อน้ำ แล้วตกลงมาถูกตัวเด็ก เมื่อโตขึ้น (อายุ 2-4 ปี) จะพบว่ามีความเสี่ยงจากการถูกไฟไหม้เพิ่มขึ้น และในเด็กโต หรือช่วงวัยรุ่น (5-13 ปี) จะพบสาเหตุจากความซุกซน เช่น การเล่นไม้ขีดไฟ เล่นประทัด ทำให้มีไฟไหม้เกิดขึ้น [1]

ทำให้มีการออกกฎหมายเรื่องมาตรฐานการห่อหุ้มไฟของเสื้อผ้าเด็ก ในหลาย ๆ ประเทศทั้งในสหรัฐอเมริกา แคนาดา ยุโรป ญี่ปุ่น และจีน สำหรับในประเทศไทยปัจจุบันยังไม่มีข้อกำหนดกฎหมายดังกล่าว

ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ ในเรื่องของชนิดของผ้าที่เหมาะสมที่จะนำมาปรับแต่ง ให้มีสมบัติทนไฟในเด็ก ตลอดจนศึกษากระบวนการปรับแต่งผ้าให้มีคุณสมบัติทนไฟ

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารทนไฟที่มีผลต่อผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสม
- 1.2.2 เพื่อศึกษาสมบัติการทนไฟของผ้าก่อนและหลังการซักแห้ง
- 1.2.3 เพื่อทดสอบสมบัติเชิงกายภาพของผ้า ภายหลังจากการตกแต่งทนไฟ
- 1.2.4 เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (ชุดนอนเด็ก) จากผ้าที่มีสมบัติทนไฟ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ผ้าที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นผ้าทอลายขัดพื้นฐาน โดยเลือกผ้า 3 ชนิด คือ

1) ผ้าฝ้าย

2) ผ้าชีวีชี (ผ้าใยผสมระหว่างเส้นใยฝ้ายร้อยละ 60 และเส้นใยพอลิเอสเตอร์ร้อยละ

40)

3) ผ้าทีซี (ผ้าใยผสมระหว่างเส้นใยพอลิเอสเตอร์ร้อยละ 65 และเส้นใยฝ้ายร้อยละ

35)

1.3.2 สารหน่วงไฟที่ใช้ในการตกแต่งจะใช้สารหน่วงไฟเพียงชนิดเดียว คือ Flamegard CP

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบกระบวนการตกแต่งผ้าให้มีสมบัติหน่วงไฟ

1.4.2 ทราบสมบัติของผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟ

1.4.3 ก่อให้เกิดองค์ความรู้เพื่อเตรียมพร้อมในการจัดเตรียมเสื้อผ้าเด็กให้มีสมบัติหน่วงไฟ
อันจะเป็นประโยชน์หากมีการบังคับใช้กฎหมายเรื่องเสื้อผ้าสำหรับเด็กในประเทศไทย

1.4.4 ช่วยป้องกันหรือลดโอกาสเกิดความรุนแรงของแผลไฟไหม้ในเด็กจากการที่เสื้อผ้าเด็ก
มีสมบัติหน่วงไฟ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง “การศึกษาสมบัติด้านกายภาพของผ้าทอที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟ สำหรับการผลิตเสื้อผ้าเด็ก” ได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ผ้าทอ

ผ้าถือเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ นอกเหนือจากอาหาร ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค ผ้าทอที่มนุษย์ผลิตขึ้นมาสามารถนำไปใช้ในชีวิตรประจำวันได้ในหลายจุดประสงค์ เช่น เสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม เครื่องตกแต่งบ้านหรือเคหะสิ่งทอ ส่วนประกอบของการทำเครื่องเรือน อุปกรณ์การกีฬา เครื่องตกแต่งยานพาหนะ

ผ้าสามารถแบ่งชนิดตามชนิดของเส้นใยที่นำมาทอได้เป็น 3 ประเภท [2]

- 1) ผ้าจากเส้นใยธรรมชาติ เช่น ผ้าฝ้าย, ผ้าลินิน (linen), ผ้าไหม และผ้าขนสัตว์
- 2) ผ้าจากเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ผ้าไนลอน (nylon), ผ้าพอลิเอสเตอร์ (polyester), ผ้าอะคริลิก (acrylic) และผ้าสแปนเด็กซ์ (spandex)
- 3) ผ้าจากเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ เช่น ผ้าเรยอน (rayon) และผ้าอะซิเตต (acetate)

2.2 ผ้าจากวัสดุธรรมชาติ

เสื้อผ้าที่ทำจากเส้นใยที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ผ้าฝ้ายที่ผลิตจากปุยฝ้าย ผ้าลินินผลิตจากลำต้นแฟลกซ์ ผ้าไหมผลิตจากรังไหม ผ้าขนสัตว์ผลิตจากขนแกะ อูฐ กระต่าย โดยผ้าแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ต่างกัน ถึงแม้จะมีเส้นใยประติษฐ์ที่คุณสมบัติคล้ายคลึงกัน เส้นใยธรรมชาติก็ยังคงเป็นที่ต้องการอยู่ด้วยคุณสมบัติอีกหลายอย่างที่ไม่สามารถทดแทนกันได้ ตัวอย่างเส้นใยจากธรรมชาติและคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 2.1 [2]

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างเส้นใยจากธรรมชาติและคุณสมบัติ

ชนิดของผ้า	คุณสมบัติ	การนำไปใช้ประโยชน์
ผ้าฝ้าย (cotton)	เจามัน น้อย ยืดหยุ่นต่ำ ดูด ความชื้นระบายความร้อนได้ดี ไม่มีปัญหาไฟฟ้าสถิต ไม่เป็นขุย ทนทานต่อการขัดถู และต่าง ไม่ทนกรด ยับง่าย ตัดไฟเร็ว	ตัดเย็บเสื้อผ้าสวมใส่ในฤดูร้อน ทำผ้าเช็ดตัว ผ้าเช็ดมือ ผ้าปูที่นอน ปลอกหมอน เสื้อผ้าเด็กอ่อน ผ้าอ้อม
ผ้าลินิน (linen)	เจามัน สวยงาม ดูดซับความชื้น ได้ดีกว่าผ้าฝ้าย แห้งเร็ว ทน ความร้อน และแสงแดดได้ดี ต้านทานราและแบคทีเรียได้ ดีกว่าผ้าฝ้าย ไม่มีปัญหาไฟฟ้า สถิตแต่ไม่ทนทานต่อการขัดถู เนื้อผ้าแข็งไม่ทั้งตัว ยืดหยุ่นต่ำ ยับง่าย	ตัดเย็บเสื้อผ้าสวมใส่ในฤดูร้อน ทำผ้าลูกไม้ ผ้าเช็ดหน้า ผ้าปู โต๊ะ ผ้าเช็ดปาก
ผ้าไหม (silk)	เจามัน สวยงาม ผ้าทั้งตัวดี ดูด ซับความชื้นได้ดี และอบอุ่นเมื่อ สวมใส่ในฤดูหนาว มีสีสดใส มี ปัญหา ไฟฟ้าสถิตน้อยมาก ไม่ เป็นขุยทนทานต่อการใช้งาน ไม่ ทนต่อการกัดแทะของแมลง และแสงแดด กรดและด่าง	ตัดเย็บเสื้อผ้าสำหรับไปงานหรือ ตัดเป็นเครื่องแต่งกายประจำ ชาติ ผ้าพันคอ ผ้าเช็ดหน้า ริบบิ้น
ผ้าขนสัตว์ (wool)	อยู่ตัวดีเมื่อแห้ง เมื่อชื้นจะทั้งตัว และยืดหยุ่นดีดูดความชื้นได้ดี ให้ความอบอุ่น ทนทานต่อกรด ต่าง ๆ ได้ดี	ตัดเย็บสูท เสื้อกันหนาวผ้าห่ม

2.3 ผ้าที่เหมาะสมในการผลิตเสื้อผ้าในเด็ก

สำหรับเด็ก ผิวจะมีความบอบบางมาก และยังไวต่อการแพ้ การระคายเคือง ดังนั้นการเลือกเนื้อผ้าจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะเป็นส่วนที่สัมผัสกับผิวตลอดเวลา ถ้าเลือกเนื้อผ้าที่หยาบกระด้างไม่อ่อนนุ่ม อาจส่งผลให้ผิวของเด็ก ๆ เกิดการระคายเคืองได้ ซึ่งเนื้อผ้าที่นำมาใช้โดยทั่วไปจะนิยมใช้เส้นใยธรรมชาติ

ผ้าฝ้ายเป็นหนึ่งในผ้าที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ นิยมนำมาทำเสื้อผ้าในเด็กเนื่องจากเนื้อผ้าบางเบา สวมใส่สบาย ระบายความร้อน และซึมซับเหงื่อได้ดี มีความอ่อนนุ่ม และไม่ระคายเคืองต่อผิวหนัง ถือเป็นเนื้อผ้าอีกประเภทที่นิยมทั้งเสื้อผ้าเด็กอ่อนสำหรับใส่อยู่บ้าน และเสื้อผ้าแนวแฟชั่นสำหรับใส่ออกนอกบ้าน

2.4 การเกิดแผลไหม้ในเด็ก

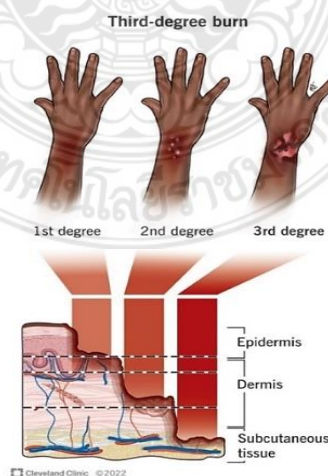
พบว่าบาดแผลไหม้ในเด็กร้อยละ 98 เกิดกับคนไข้ที่มีอายุน้อยกว่า 4 ปี ซึ่งมีสาเหตุมาจากอุบัติเหตุภายในบ้านร้อยละ 76 โดยในเด็กเล็ก (อายุ 0-2 ปี) เกิดจากถูกน้ำร้อนลวก หรือสัมผัสกับวัสดุที่มีความร้อนจากการเอื้อมมือไปตักหม้อน้ำ หรือสายไฟของหม้อน้ำตกลงมาถูกตัวเด็ก เมื่อโตขึ้น (อายุ 2-4 ปี) พบว่ามีสาเหตุจากการถูกไฟไหม้เพิ่มขึ้น และในเด็กโตหรือช่วงวัยรุ่น (5-13 ปี) จะพบสาเหตุจากความซุกซน เช่น การเล่นไม้ขีดไฟ เล่นประทัด ทำให้มีไฟไหม้เกิดขึ้น

ระหว่างปี ค.ศ. 1997 ถึง 2006 การบาดเจ็บสาหัสจากไฟไหม้มากกว่า 4,300 รายต่อปีในสหรัฐอเมริกาเกี่ยวข้องกับเสื้อผ้า อายุ 5-14 ปีมีอัตราการบาดเจ็บจากไฟไหม้โดยเฉลี่ยต่อปีสูงสุด และอายุ 25-64 ปีมีอัตราการบาดเจ็บต่ำที่สุด มีผู้เสียชีวิต 120 รายต่อปีในสหรัฐอเมริกาที่เกี่ยวข้องกับการถูกไฟไหม้เสื้อผ้าระหว่างปี ค.ศ. 1999 ถึง 2004 มาตรฐานเครื่องแต่งกายทั่วไปได้ควบคุมการติดไฟของเสื้อผ้าที่สวมใส่ในสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1953 ^[1]

2.4.1 ความรุนแรงของบาดแผลไหม้

2.4.1.1 ความลึกของแผล (ภาพที่ 2.1)

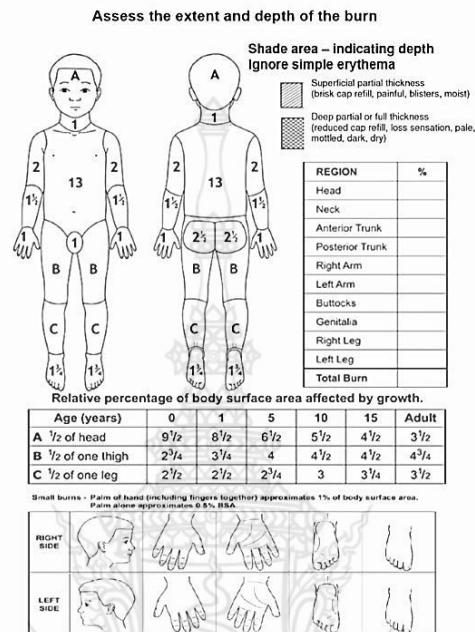
- 1) First degree burn/superficial burn บาดแผลระดับตื้น ผิวหนังมีสีแดง ไม่มีตุ่มน้ำ
- 2) Second degree burn/partial thickness burn บาดแผลไหม้ที่มีการทำลายของผิวหนังบางส่วน เกิดเป็นตุ่มน้ำ
- 3) Third degree burn/full thickness burn บาดแผลไหม้มีการทำลายของผิวหนังทั้งหมด เป็นสีดำ หรือขาวซีด ไม่มีความรู้สึกที่แผล



ภาพที่ 2.1 แสดงความลึกของแผลจากความร้อน [3]

2.4.1.2 ขอบเขตของแผล (ภาพที่ 2.2)

เนื่องจากในเด็กจะมีสัดส่วนของพื้นผิวหนังต่อน้ำหนักตัว มากกว่าผู้ใหญ่ จึงจำเป็นต้องใช้เกณฑ์ในการประเมินคนละแบบ แตกต่างกันไปตามช่วงอายุ ทำให้มีความยากกว่าของผู้ใหญ่



ภาพที่ 2.2 ตารางที่ใช้ในการประเมินความรุนแรงของแผลจากความร้อนในเด็ก [4]

2.4.2 แผลไหม้ในเด็ก

แผลไหม้ในเด็กมักจะมี ความรุนแรงมากกว่าในผู้ใหญ่ เนื่องจาก

- 1) เด็กจะมีสัดส่วนของพื้นที่ผิวหนังมากกว่าในผู้ใหญ่เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว ทำให้ในแผลที่ขนาดเท่ากันในเด็กจะรุนแรงกว่าผู้ใหญ่ มีการสูญเสียสารน้ำได้มากกว่า
- 2) ความหนาของผิวหนังในเด็กจะน้อยกว่าในผู้ใหญ่ ทำให้เมื่อเกิดแผลไหม้จะมีโอกาสที่แผลจะลึกกว่าในผู้ใหญ่
- 3) เด็กมีภาวะสมดุลของการเผาผลาญ การควบคุมอุณหภูมิร่างกาย การควบคุมเกลือแร่ที่ละเอียดอ่อน การดูแลรักษาจึงละเอียด และประสาบยิ่งกว่า

2.5 การลุกไหม้ติดไฟของวัสดุสิ่งทอ

“ไฟ” (fire) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (rapid oxidation) ของวัสดุ หรือที่รู้จักกันว่า “การเผาไหม้” โดยมีการคายความร้อน และเปล่งแสงออกมา มองเห็นเป็น “เปลวไฟ” (flame) [5]

องค์ประกอบที่ทำให้วัสดุเผาไหม้มีอยู่ 3 อย่างร่วมกัน คือ เชื้อเพลิง (fuel) สารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) ซึ่งได้แก่ ออกซิเจน และความร้อน (heat) หากขาดอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสามอย่างผสมกันในอัตราส่วนที่ไม่เหมาะสมแล้ว การเผาไหม้ก็จะไม่เกิดขึ้น

เมื่อสิ่งทอได้รับความร้อน จะเกิดการสลายตัว (decompose) กลายเป็นไอระเหย หรือแก๊สที่ติดไฟง่าย กระบวนการนี้เรียกว่า ไพโรไลซิส (pyrolysis) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน (endothermic reaction) จากนั้นไอระเหยหรือแก๊สที่ติดไฟจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศและเกิดการติดไฟ ส่งผลให้เกิดอนุมูลอิสระที่ว่องไว ซึ่งจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาการแผ่โซ่ (chain propagation) จนกระทั่งอนุมูลอิสระที่ว่องไวมีจำนวนมากพอที่จะเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเผาไหม้ โดยมีการคายความร้อน และเปล่งแสงออกมามองเห็นเป็นเปลวไฟ (flame) เรียกกระบวนการดังกล่าวว่า การเผาไหม้ (combustion) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction) และความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะกลับไปทำให้สิ่งทอร้อนขึ้นและสลายตัวเป็นไอหรือแก๊สที่ติดไฟง่าย ทำให้การเผาไหม้ดำเนินต่อไปในรูปแบบของวงจร [5]

อุณหภูมิติดไฟ (ignition temperature) เป็นอุณหภูมิต่ำสุดของส่วนผสมระหว่างวัสดุ และอากาศ หรือออกซิเจนที่ทำให้วัสดุจุดติดไฟได้เองซึ่งเป็นการเริ่มต้นของปฏิกิริยาการเผาไหม้ อุณหภูมิการติดไฟนี้แสดงถึงความยากง่ายที่วัสดุจะเกิดการเผาไหม้ และเป็นเครื่องบ่งชี้ระดับพลังงานที่ต้องให้แก่วัสดุแต่ละชนิดเพื่อให้วัสดุแต่ละชนิดเกิดการจุดติดไฟซึ่งจะมีค่าแตกต่างกัน ค่าอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้ประกอบด้วย อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (glass transition temperature: T_g), อุณหภูมิหลอมเหลว (melting temperature: T_m), อุณหภูมิไพโรไลซิส (pyrolysis temperature: T_p), และอุณหภูมิการเผาไหม้ (combustion temperature: T_c) [6] ดังแสดงในตารางที่ 2.2

2.5.1 Limit Oxygen Index (LOI) หรือ Oxygen Index (OI) คือ ปริมาณ ความเข้มข้นออกซิเจนต่ำสุด (Minimum oxygen concentration) ที่ทำให้วัสดุเกิดการลุกไหม้อย่างต่อเนื่องได้ภายใต้บรรยากาศที่มีการไหลของออกซิเจน และไนโตรเจนผสมกัน โดยส่วนใหญ่มักจะรายงานเป็นร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์มากกว่าอัตราส่วน โดยปกติอากาศทั่วไปมีปริมาณออกซิเจนประมาณร้อยละ 21 เพราะฉะนั้นในบรรยากาศปกติวัสดุสิ่งทอมีค่า LOI ต่ำกว่า 21 จึงติดไฟได้ง่าย ตัวอย่างเช่น ฝ้ายมีค่า LOI เท่ากับ 18.4 ดังแสดงในตารางที่ 2.2 จะติดไฟได้ง่ายกว่าขนสัตว์ และมอดอะคริลิก ที่มีค่า LOI เท่ากับ 25 และ 29-30 ตามลำดับ เราสามารถแบ่งชนิดวัสดุสิ่งทอตามค่า LOI ดังนี้ วัสดุสิ่งทอที่มีค่า LOI น้อยกว่า 21 จัดอยู่ในพวกที่ติดไฟได้ (flammable) และวัสดุสิ่งทอที่มีค่า LOI มากกว่า 100 เป็นพวกที่ไม่ติดไฟ (intrinsically nonflammable) จากงานวิจัยหลาย ๆ ชิ้นที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าวัสดุสิ่งทอมีค่า LOI มากกว่า 28 สามารถดับไฟได้เอง (self-extinguishing) ส่วนพวกที่มี LOI อยู่ระหว่าง 21 และ 28 จัดอยู่ในพวกที่ติดไฟได้ช้า (slow burning) [5]

ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิการติดไฟของเส้นใยชนิดต่าง ๆ [5]

เส้นใย	T _g °C (soften)	T _m °C (melt)	T _p °C (pyrolysis)	T _c °C (ignition)	LOI (%)
ฝ้าย	-	-	350	350	18.4
เรยอน	-	-	350	420	18.9
ขนสัตว์	-	-	245	600	25
พอลิเอสเตอร์	80-90	255	420-477	480	20-21
ไนลอน 6	50	215	431	450	20-21.5
ไนลอน 66	50	265	403	530	20-21.5
อะคริลิก	100	>220	290	450	18.2
มอดอะคริลิก	<80	>240	273	690	29-30
นอร์แมกซ์	275	375	410	>500	29-30
เคפלาร์	340	560	>550	>590	29

2.5.2 คำนียามตามมาตรฐานต่าง ๆ ในการทดสอบความสามารถในการติดไฟของสิ่งทอ โดยในมาตรฐานการทดสอบความสามารถในการติดไฟมักพบค่านียามต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้ Flame application time: ระยะเวลาในการจ่อเปลวไฟที่ขึ้นทดสอบ

1) Ignition: การที่ขึ้นทดสอบติดไฟภายใน 1 วินาที หรือมากกว่าหลังจากนำแหล่งจุดไฟออก ซึ่งหมายถึงการเริ่มต้นของการเผาไหม้

2) Surface ignition: การจุดไฟที่ผิวหน้าของขึ้นทดสอบ

3) Bottom ignition: การจุดไฟที่ขอบล่างของขึ้นทดสอบ

4) Duration of flame หรือ After flame time: ระยะเวลาที่วัสดุยังคงมีเปลวไฟลามอยู่หลังจากนำแหล่งจุดไฟออก

5) Glowing: การที่วัสดุยังคงเกิดการคุแดงหลังจากเปลวไฟดับลง หรือไม่มีเปลวไฟเกิดขึ้นหลังจากนำแหล่งจุดไฟออก

6) Duration of afterglow หรือ Afterglow time: ระยะเวลาที่วัสดุเกิดการคุแดงหลังจากเปลวไฟดับลง หรือหลังจากนำแหล่งจุดไฟออก

7) Flaming debris: ชิ้นส่วนวัสดุที่หลุดแยกออกมาจากขึ้นทดสอบและตกลงมาที่ขอบล่างของขึ้นทดสอบแล้วยังคงลุกไหม้ในขณะที่ตกลงมาด้วยโดยที่พื้นวัสดุไม่เกิดการติดไฟ

8) Flame spread time: ระยะเวลาการลามของเปลวไฟบนวัสดุในระยะทางที่กำหนด

9) Sustain combustion: การเผาไหม้ที่คงอยู่นาน หมายถึงการที่ขึ้นทดสอบลุกไหม้เกิดเปลวไฟโดยมีเปลวไฟลามอยู่นาน 5 วินาที หรือมากกว่าหลังจากนำแหล่งจุดไฟออก หรือการที่เปลวไฟลามไปถึงขอบบนสุดภายในเวลาน้อยกว่า 5 วินาที

10) Mean ignition time: หรือค่าเฉลี่ยของเวลาที่จุดติดไฟ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่จ่อเปลวไฟไปที่ขึ้นทดสอบแล้วทำให้ขึ้นทดสอบเกิดการจุดติดไฟ

11) Char length: ระยะทางจากปลายผ้า (ตำแหน่งที่สัมผัสโดยตรงกับแหล่งจุดไฟ) ไปยังตำแหน่งที่สามารถมองเห็นได้ว่าผ้าถูกทำลายหลังจากที่ได้ออกแรงฉีกผ้า (vertical test)

12) Damage length: ความยาวสูงสุดของส่วนที่ถูกทำลายของขึ้นทดสอบแต่ละชิ้น โดยวัดในแนวดิ่ง หรือแนวนอนซึ่งต้องเป็นแนวที่มีความยาวของส่วนที่ถูกทำลายมากกว่า

13) Char yield: ปริมาณของเถ้าที่คงเหลือ โดยวัดจากน้ำหนักของเถ้าก่อนและหลังจากที่กระบวนการเผาไหม้สิ้นสุดลงแล้วนำมาคิดเป็นอัตราส่วนโดยใช้สูตร ดังนี้ [7]

$$\text{Char yield} = W2/W1 \times 100 \dots\dots\dots \text{สมการที่ 2.1}$$

โดย W1 และ W2 คือ น้ำหนักก่อนและหลังจากที่กระบวนการเผาไหม้สิ้นสุดลงตามลำดับ

2.6 มาตรฐานการทดสอบความสามารถในการติดไฟของสิ่งทอ

มาตรฐานการทดสอบความสามารถในการติดไฟของผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่ม ได้แก่ เสื้อผ้าทั่วไป ชุดนอน ชุดนอนเด็ก แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานการทดสอบความสามารถในการติดไฟของผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่ม [5]

ชนิดผลิตภัณฑ์	หมายเลขมาตรฐาน	ชื่อมาตรฐาน	หมายเหตุ
เสื้อผ้าทั่วไป (Apparel)	BS EN ISO 6940: 2004	Textile fabrics-Burning behaviour -Determination of ease of ignition of vertically oriented specimens	
	BS EN ISO 6941: 2003	Textile fabrics- Burning behaviour -Measurement of flame spread properties of vertically oriented specimens	
	ASTM D1230	Standard Test Method for Flammability of Apparel Textiles	
	AATCC 33	Standard for Flammability of clothing textiles	
	16 CFR 1610	Standard for the Flammability of clothing textiles (The general wearing apparel standard)	มาตรฐานบังคับของผลิตภัณฑ์ที่วางขายในสหรัฐอเมริกา

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานการทดสอบความสามารถในการติดไฟของผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่ม [5] (ต่อ)

ชนิดผลิตภัณฑ์	หมายเลขมาตรฐาน	ชื่อมาตรฐาน	หมายเหตุ
ชุดนอน (Nightwear)	BS 5438: 1976	Methods of test for flammability of vertically oriented textile fabrics and fabric assemblies subjected to a small igniting flame	มาตรฐานบังคับของผลิตภัณฑ์ที่วางขายในสหราชอาณาจักรภายใต้ UK Regulation- Nightwear (Safety) Regulations 1995
	BS 5438: 1989 (1995)	Methods of test for flammability of textile fabrics when subjected to a small igniting flame applied to the face or bottom edge of vertically oriented specimens	
	BS 5722: 1991	Specification for flammability performance of fabrics and fabric combinations used in nightwear garments	เป็นมาตรฐานที่เป็นข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์โดยทดสอบตามมาตรฐาน BS 5438: 1976
	BS EN 1103: 2005	Textiles. Fabrics for apparel. Detailed procedure to determine the burning behaviour	เป็นวิธีทดสอบที่ใช้เป็นข้อกำหนดของ BS EN 14878: 2007
	BS EN 14878: 2007	Textiles. Burning behaviour of childrens nightwear. Specification	เป็นมาตรฐานที่เป็นข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์
	16 CFR Part 1615	Standard for the flammability of children's sleepwear: Size 0 through 6X	มาตรฐานบังคับของผลิตภัณฑ์ที่วางขายในสหรัฐอเมริกา
	16 CFR Part 1616	Standard for the flammability of children's sleepwear: Size 0 through 14	มาตรฐานบังคับของผลิตภัณฑ์ที่วางขายในสหรัฐอเมริกา

โดยในปัจจุบันเส้นใยที่มีความนิยมในการเลือกนำมาผลิตเสื้อผ้าเด็กประกอบด้วย ผ้าฝ้าย ผ้าป่าน ผ้าใยไผ่ เป็นต้น โดยเฉพาะผ้าฝ้าย เนื่องจากสัมผัสนุ่ม ระบายอากาศดี สวมใส่สบาย ซึ่มีข้อได้เปรียบคือ ไม่ระคายเคืองผิวหนัง แต่แลกมากับความสามารถในการทอผ้าที่ต่ำ

2.7 กลไกการทำงานของสารหน่วงไฟ

ลักษณะทางเคมีของพื้นผิวสิ่งทอมีความหลากหลายมาก ดังนั้นสาขาสารหน่วงการติดไฟจึงมีหลากหลายสาขาวิชาและซับซ้อนเช่นกัน สารเคมีและสูตรที่หน่วงการติดไฟยังมีอยู่มากมาย รวมถึงฮาโลเจน ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน ฟลวง ซัลเฟอร์ โบรอน และองค์ประกอบอื่น ๆ ในรูปแบบและการผสมผสานต่าง ๆ มากมาย ซึ่งกลไกการทำงานของสารหน่วงไฟจะมีหลายทฤษฎี ได้แก่

2.7.1 ทฤษฎีการดูดความร้อน (Endothermic Theory)

ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการทำงานของสารหน่วงไฟจะดูดซับความร้อนบางส่วนจากระบบ ส่งผลให้สารหน่วงไฟเกิดการสลายตัวในรูปแบบของการหลอมเหลวหรือการระเหิด ซึ่งจะช่วยลดอุณหภูมิที่เส้นใยสัมผัส จนไม่สามารถถึงระดับที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ได้

2.7.2 ทฤษฎีแก๊ส (Gas Theory)

ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการทำงานของสารหน่วงไฟ เมื่อสารเหล่านี้ร้อนและติดไฟ สารเหล่านี้จะเปลี่ยนเป็นก๊าซที่จุดติดไฟได้ยากหรือไม่ติดไฟเลย เช่น แก๊สไนโตรเจน (N_2) แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และไอน้ำ ทำให้เส้นใยไม่สามารถเกิดการเผาไหม้ได้

2.7.3 ทฤษฎีการหลอมเหลว (Melt Theory)

ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายถึงวิธีที่สารหน่วงไฟช่วยป้องกันไม่ให้สิ่งของติดไฟ เมื่อได้รับความร้อน สารเหล่านี้จะละลายและแพร่กระจายไปทั่ววัสดุ ทำให้ควันและก๊าซจากไฟไม่สามารถระบายออกได้ นอกจากนี้ สารหน่วงไฟยังป้องกันไม่ให้อากาศเข้าถึงเส้นใยได้ จึงช่วยป้องกันไม่ให้เส้นใยไหม้

2.7.4 ทฤษฎีการจับอนุมูลอิสระ (Radical Capture Theory)

ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการทำงานของสารหน่วงไฟที่เมื่อโดนความร้อนแล้วจะเกิดอนุมูลอิสระที่สามารถจับกับอนุมูลอิสระที่เกิดจากการเผาไหม้ของเส้นใยเซลลูโลส เช่น H , OH กลายเป็นแก๊ส ซึ่งทำให้ปฏิกิริยา Free-radical chain propagation สิ้นสุดการลุกลามก็จะสิ้นสุดลง

2.7.5 ทฤษฎีการคายน้ำ (Dehydration Theory)

ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการทำงานของสารหน่วงไฟที่ใช้สำหรับเส้นใยเซลลูโลส โดยสารเหล่านี้จะไปเปลี่ยนแปลงเส้นทางการสลายตัว (decomposition path) ของเส้นใยเซลลูโลส จากที่เคยสลายตัวให้โอและแก๊สทำให้ติดไฟได้ง่าย ส่งผลให้เกิดการลุกลาม เปลี่ยนเป็นการสลายตัวที่เกิดแต่ถ่านคาร์บอน และน้ำ

2.8 ประเภทของสารหน่วงไฟ

2.8.1 สารหน่วงไฟทางเคมี (chemical agent)

สารเคมีดังกล่าวจะมีคุณสมบัติในการรบกวนขั้นตอนในกระบวนการสันดาป ทำให้อัตราการสันดาปช้าลง หรือกระบวนการสันดาปหยุดชะงักลง สารเคมีที่มีสมบัติในการหน่วงไฟได้ดีที่สุด ได้แก่ ฟอสฟอรัส คลอไรด์ โบรไมด์ โบรอน และไนโตรเจน ซึ่งอยู่ในรูปสารประกอบที่แตกต่างกัน โดยอาจแบ่งประเภทตามสารประกอบได้ดังนี้ [6]

2.8.1.1 Minerals ตัวอย่างเช่น

- 1) Aluminum hydroxide
- 2) Magnesium hydroxide
- 3) Phosphorus

2.8.1.2 Organohalogen compound ตัวอย่างเช่น

- 1) Decabromodiphenyl ether
- 2) Tetrabromocyclododecane A (TBBPA)
- 3) Hexabromocyclododecane (HBCD)

2.8.1.3 Organophosphorus compound

- 1) Triphenyl phosphate
- 2) Phosphorite เช่น dimethyl methylphosphonate

2.8.1.4 Halogenated phosphorus compound

- 1) Brominated
- 2) Chlorinated

2.8.2 สารหน่วงไฟทางกายภาพ (physical agent)

น้ำ เป็นสารที่มีความสามารถในการชะลอการเกิดไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเมื่อน้ำอยู่ในรูปของไอ จะสามารถดูดซับความร้อนได้ดีและช่วยนำความร้อนออกไปจากพื้นที่ที่เกิดการเผาไหม้ ทำให้ลดอุณหภูมิในบริเวณนั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม น้ำมีแรงตึงผิวที่สูงมาก จึงมักจะจับตัวเป็นหยดและกลิ้งออกไปก่อนที่จะดูดซับความร้อนได้เต็มตามปริมาณความจุความร้อนที่รับได้

โฟม มีคุณสมบัติในการลดแรงตึงผิวของน้ำ ช่วยให้น้ำสามารถกระจายตัวมากขึ้นบนเชื้อเพลิง และสามารถซึมลึกเข้าไปในรูพรุนเล็ก ๆ ของวัสดุเชื้อเพลิง ทำให้สามารถเกาะติดอยู่ได้นานขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้โฟมมีข้อด้อยคือ อาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อดวงตาและผิวหนัง ลดอายุการใช้งานของวัสดุหนึ่ง และอาจก่อให้เกิดความอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมได้

2.9 Flamegard CP

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกสารหน่วงไฟชื่อ Flamegard CP ซึ่งเป็นสารหน่วงไฟชนิดทนทานสำหรับตกแต่งผ้าฝ้าย ผลิตและจัดจำหน่ายโดย บริษัท ทานาเท็กซ์ เคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด โดย Flamegard CP เป็นสารหน่วงไฟที่มีส่วนประกอบพื้นฐาน คือ 3-methylol amino-3-oxygen propyl

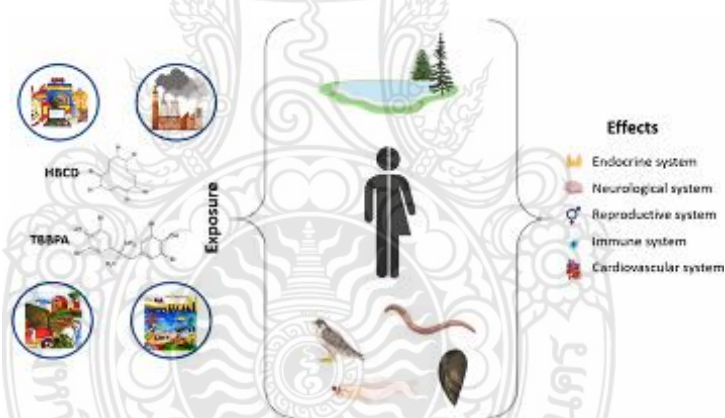
dimethyl phosphate รายละเอียดข้อมูลการใช้งานผลิตภัณฑ์ (technical data sheet: TDS) และเอกสารความปลอดภัยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ (safety data sheet: SDS) แสดงในภาคผนวก ก

Flamegard CP เป็นหนึ่งในสารหน่วงไฟที่นิยมนำมาตกแต่งผลิตภัณฑ์สิ่งทอประเภทเส้นใยเซลลูโลสมากที่สุดชนิดหนึ่งในปัจจุบัน มีการใช้งานอย่างแพร่หลายสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสมบัติการหน่วงไฟ และเพราะมีฐานการผลิตอยู่ในประเทศไทย ทำให้สามารถหาซื้อได้ง่าย ในราคาที่ไม่แพงมากนัก ผนวกกับมีช่างเทคนิคชาวไทยที่มีความรู้ พร้อมให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการใช้งานที่ถูกต้อง จึงเลือกใช้สารหน่วงไฟดังกล่าวในการทำการทดลอง

2.10 ความปลอดภัยของสารหน่วงไฟ

ปัญหาสำคัญของสารหน่วงไฟที่เป็นเกลืออนินทรีย์สารคือความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม เช่น สารเคมีที่ใช้ในยุคแรก ๆ คือ โซเดียม แคลเซียม โบเรต ซึ่งเลิกใช้ไปแล้ว สำหรับสารเคมีที่ยังนิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน คือ แอมโมเนียมซัลเฟต และไดแอมโมเนียมฟอสเฟตถึงแม้จะมีองค์ประกอบใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีทางการเกษตรมาก แต่หากใช้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะเมื่อลงไปสะสมอยู่ในแหล่งน้ำ ฟอสเฟตจะทำให้น้ำเสีย มีผลกระทบร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ภาพที่ 2.3

นอกจากนั้นสารหน่วงไฟก็อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ในหลาย ๆ ระบบ ได้แก่



ภาพที่ 2.3 ผลกระทบของสารหน่วงไฟ Hexabromocyclododecane(HBCD) และ Tetrabromobisphenol A (TBPP-A) ต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม [8]

2.10.1 ปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ: เมื่อวัสดุที่ผ่านกระบวนการเคลือบสารหน่วงไฟถูกเผาไหม้ พวกมันจะปล่อยควันพิษและอนุภาคต่างๆ ออกมาในอากาศ การสูดดมควันเหล่านี้เข้าไปอาจทำให้ทางเดินหายใจเกิดการระคายเคือง ทำให้เกิดอาการไอ หายใจถี่ และอาการทางเดินหายใจ เช่น หอบหืดและหลอดลมอักเสบกำเริบ

2.10.2 การระคายเคืองผิวหนัง: การสัมผัสโดยตรงกับวัสดุที่ผ่านกระบวนการเคลือบสารหน่วงไฟอาจทำให้ผิวหนังระคายเคือง มีรอยแดง คัน และเกิดอาการแพ้ในบางคน การสัมผัสเป็นเวลานานหรือซ้ำหลายครั้งอาจทำให้เกิดปัญหาผิวหนังที่ร้ายแรงกว่า

2.10.3 การหยุดชะงักของระบบต่อมไร้ท่อ: สารหน่วงไฟบางชนิดมีสารเคมีที่อาจรบกวนระบบต่อมไร้ท่อของร่างกาย ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมฮอร์โมน การสัมผัสสารเคมีเหล่านี้อาจขัดขวางการทำงานของฮอร์โมน ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านการสืบพันธุ์ พัฒนาการล่าช้า และปัญหาด้านสุขภาพอื่น ๆ

2.10.4 ผลกระทบต่อระบบประสาท: การศึกษาวิจัยบางกรณีได้ชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างการสัมผัสกับสารหน่วงไฟบางชนิดกับปัญหาทางระบบประสาท เช่น การทำงานของสมองลดลง การเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรม และความล่าช้าในการพัฒนาการในเด็ก

2.10.5 ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง: สารหน่วงไฟบางชนิดเป็นที่ทราบหรือสงสัยว่าเป็นสารก่อมะเร็ง ซึ่งหมายความว่าสารเหล่านี้มีศักยภาพในการก่อให้เกิดมะเร็งได้ การสัมผัสกับสารเคมีเหล่านี้เป็นเวลานานอาจเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งเต้านม มะเร็งต่อมไทรอยด์ และมะเร็งต่อมน้ำเหลืองชนิด non-Hodgkin

2.10.6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม: สารหน่วงไฟสามารถสะสมในสิ่งแวดล้อม ปนเปื้อนดิน น้ำ และสัตว์ป่า สารเหล่านี้สามารถคงอยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานานและสะสมในห่วงโซ่อาหาร ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ผ่านแหล่งอาหารที่ปนเปื้อน

ดังนั้นแล้วเพื่อปลอดภัย และความสมดุล การเลือกใช้สารหน่วงไฟจึงต้องมีความรอบคอบเพื่อให้เหมาะสมกับผลกระทบทางสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม ทั้งยังคงไว้ซึ่งคุณสมบัติในการหน่วงไฟได้ตามมาตรฐาน ในปัจจุบันนอกจากสารหน่วงไฟที่เป็นสารเคมีที่ผลิตขึ้นมา ก็ได้ริเริ่มมีการพัฒนาสารหน่วงไฟที่ได้จากธรรมชาติมากขึ้น (bio-based fire-retardant materials) เช่น polysaccharides, proteins, deoxyribose, และ สารสกัดจากพืช (plant extracts) ตัวอย่าง เช่น ฟักทอง, ผักโขม เป็นต้น [8]

2.11 การทดสอบการหน่วงไฟตามมาตรฐาน 16 CFR 1610 [9]

สำหรับมาตรฐาน 16 CFR Part 1610 เป็นมาตรฐานที่ใช้ทดสอบเสื้อผ้าทั่วไปสำหรับผู้ใหญ่ ยกเว้น ผลิตภัณฑ์ประเภทหมวก ถุงมือ และรองเท้า สำหรับเสื้อผ้าเด็กจะมีวิธีทดสอบที่เข้มงวดมากกว่า และต้องทำการชักตัวอย่างทดสอบ 1 ครั้ง ก่อนทดสอบการติดไฟ มาตรฐานนี้ได้มีการทบทวนกระบวนการชักแห้งจากที่ต้องการชักแห้งด้วยสารเปอร์คลอโรเอทิลีน (perchloroethylene) ในภาชนะเปิด มาเป็นการชักแห้งจำนวน 1 รอบ ตามมาตรฐาน ASTM D 1230 ที่ใช้สารเปอร์คลอโรเอทิลีน เช่นเดียวกัน แต่ต้องทำในเครื่องชักแห้งทางการค้าแบบปิด

วิธีทดสอบตามมาตรฐาน 16 CFR Part 1610 หรือ AATCC 33 จะวางชิ้นทดสอบในแนว 45 องศา และจ่อเปลวไฟเป็นเวลา 1 วินาที จับเวลาที่ชิ้นทดสอบลุกไหม้หมด หรือเปลวไฟลามไป จนถึงเส้นด้ายที่ซึ่งขาดลง จากนั้นจัดชั้นคุณภาพของตัวอย่างทดสอบดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การจัดชั้นคุณภาพของตัวอย่างทดสอบที่ทดสอบตามมาตรฐาน 16 CFR 1610 หรือ AATCC 33 หรือ ASTM D 1230

ชั้น (class)	สิ่งทอพื้นผิวเรียบ (plain surface textiles)	สิ่งทอมีขนที่พื้นผิว (raised surface textiles)
1 Normal flammability	- เปลวไฟลามเป็นเวลา 3.5 วินาที หรือ มากกว่า - ถ้าเวลาน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.5 วินาที ให้ทำเพิ่ม 5 ชั้น	เปลวไฟลามเป็นเวลา 7 วินาที หรือ มากกว่า หรือ เกิดการวาบไฟที่ผิวผ้า (surface flash) แต่ความ แรงของเปลวไฟไม่มากพอที่จะทำให้พื้นผ้า (base fabric) ลูกไหม้
2 Intermediate flammability	ไม่ใช่	จะเกิดการวาบไฟที่ผิวผ้า (surface flash) เปลว ไฟลามเป็นเวลา 4 วินาที หรือมากกว่า แต่น้อย กว่า 7 วินาที และความแรงของเปลวไฟมีมาก พอที่จะทำให้พื้นผ้า (base fabric) ลูกไหม้ หรือ หลอม
3 Rapid and Intense burning	เปลวไฟลามเป็นเวลาเฉลี่ยน้อยกว่า 3.5 วินาที	เปลวไฟลามเป็นเวลาเฉลี่ยน้อยกว่า 4 วินาที และ ความแรงของเปลวไฟมีมากพอที่จะทำให้พื้นผ้า (base fabric) ลูกไหม้หรือหลอม

ถ้าตัวอย่างผ้าจัดอยู่ในชั้นที่ 1 (class 1) ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และสามารถจำหน่าย ใน
ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ แต่ถ้าผลการทดสอบจัดอยู่ใน ชั้นที่ 2 (class 2) หรือ ชั้นที่ 3 (class 3) ถือว่า
ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบเนื่องจากผ้าเกิดการติดไฟได้ง่าย และไม่ปลอดภัยสำหรับผู้ใช้งาน

2.12 การทดสอบความกระด้างของผ้า

นอกเหนือจากความสามารถในการหน่วงไฟแล้ว อีกสมบัติที่สำคัญของเสื้อผ้าเด็กก็คือความ
กระด้างของผ้า

2.12.1 สมบัติความต้านต่อการโค้งงอ [10]

ความรู้สึกต่อการสัมผัสจะเป็นปฏิกิริยาที่แสดงออกของเฉพาะตัวของคนเมื่อได้จับ
หรือสัมผัสกับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ อย่างไรก็ตามยังมีองค์ประกอบหลาย ๆ ประการที่จะช่วยให้คนทั่ว ๆ ไป
ได้แสดงความรู้สึกเมื่อได้สัมผัสผลิตภัณฑ์สิ่งทอจะแสดงออกถึงความนุ่ม บางเบา แข็งกระด้าง ความ
หยาบ การที่ตัวมีน้ำหนักเป็นต้น ความรู้สึกที่แสดงออกเหล่านี้ ไม่สามารถวัดและประเมินออกมาเป็น
ตัวเลขได้ นอกจากนี้ ความรู้สึกของแต่ละคนไม่เหมือนกัน ดังนั้นเราจึงไม่สามารถนำความรู้สึกของคนมา
กำหนดเป็นมาตรฐานในการตรวจวัดได้ การตรวจวัดคุณสมบัติดังกล่าว จึงจำเป็นต้องใช้หลักการและ
วิธีการตลอดจนเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น

2.12.2 องค์ประกอบที่มีผลต่อการโค้งงอ

ความต้านต่อการโค้งงอ (stiffness) ของผ้า คุณสมบัตินี้จะเกี่ยวข้องกับการแสดงออกถึงความสะดวกสบายในการสวมใส่ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความโค้งงอ ประกอบด้วย

- 1) ชนิดของเส้นใย: เส้นใยที่ยืดหยุ่นสูง จะมีความกระด้างน้อยกว่าเส้นใยที่ยืดหยุ่นต่ำ เช่น ลินินกระด้างกว่า ขนสัตว์ หรืออะซิเตตทั้งตัวดีกว่าพอลิเอสเตอร์
- 2) ขนาดของเส้นใย: เส้นใยที่มีความละเอียดสูง จะทั้งตัวดีกว่าเส้นใยที่ใหญ่
- 3) เกลียวของเส้นใย: เส้นใยที่มีการควบเกลียวสูง จะกระด้างกว่า
- 4) โครงสร้างของผ้าทอ เช่น น้ำหนักและความหนา
- 5) โครงสร้างของการทอ เช่น ลายสอง (twill) และลายซาติน (satin) มีการขัดกันของเส้นด้ายต่ำและหลวม จะทั้งตัวมากกว่าโครงสร้างที่แน่น
- 6) การตกแต่งสำเร็จ: ผ้าที่มีการตกแต่ง ผ้าจะถูกอัดกันแน่น ทำให้ผ้าอาจมีการกระด้างมากขึ้น
- 7) ขนาดขึ้นทดสอบ: ค่า bending length จะขึ้นอยู่กับความยาวของแถบผ้า ค่าแถบผ้ามาก ความยาวก็จะมาก

2.13 การทดสอบความแข็งแรงของผ้า [9]

ความแข็งแรงของผ้าเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในการทดสอบคุณภาพของผ้าเพราะจะเป็นสิ่งชี้วัดได้ว่าผ้านั้นจะมีความคงทนต่อการใช้งานได้เป็นระยะเวลานานเท่าใด รวมทั้งความแข็งแรงยังเป็นตัวกำหนดสถานะของการนำไปใช้งานอีกด้วย ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของผ้ามี ดังนี้

1) ชนิดและสมบัติของเส้นใย

1.1) ชนิดของเส้นใย

เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติจะมีความแข็งแรงเมื่อเปียกเพิ่มขึ้น ส่วนเส้นใยโปรตีนและเส้นใยสังเคราะห์จะมีความแข็งแรงลดลงเมื่อเปียก ในสภาวะปกติเส้นใยสังเคราะห์จะมีความแข็งแรงมากกว่าเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ และเส้นใยโปรตีน ยกเว้นไหม

1.2) ความยาวเส้นใย

เส้นด้ายและผ้าที่ทำมาจากเส้นใยยาวจะมีความแข็งแรงมากกว่าเส้นด้ายและผ้าที่ทำมาจากเส้นใยสั้น ตามนิยามที่ว่า “เส้นใยที่ยาว ยืดมีความเหนียว หรือความแข็งแรงสูง”

1.3) ขนาดหรือความละเอียดเส้นใย

เส้นใยที่มีขนาดเล็ก หรือมีความละเอียดสูงเมื่อนำมาทำเป็นเส้นด้ายและผ้าจะทำให้เส้นด้าย และผ้านั้นมีความแข็งแรงสูง

2) ชนิดและสมบัติของเส้นด้าย

2.1) ชนิดของเส้นด้าย

ผ้าที่ทำจากเส้นด้ายยาว จะมีความแข็งแรงสูงกว่าผ้าที่ทำจากเส้นด้ายย่นและผ้าที่ทำจากเส้นด้ายควบจะมีความแข็งแรงสูงกว่าผ้าที่ทำจากเส้นด้ายเดี่ยว รวมทั้งผ้าที่ทำจากเส้นด้ายหยาบจะมีความแข็งแรงสูงกว่าผ้าที่ทำจากเส้นด้ายบาง

2.2) จำนวนเกลียวต่อนิ้ว

ผ้าที่ทำจากเส้นด้ายที่มีจำนวนเกลียวต่อนิ้วสูงจะมีความแข็งแรงมากกว่าผ้าที่ทำจากเส้นด้ายที่มีจำนวนเกลียวต่อนิ้วน้อย

3) โครงสร้างผ้า

3.1) ความหนาแน่นของเส้นด้ายในผ้า

ผ้าที่มีความหนาแน่นของเส้นด้ายในผ้ามากจะมีความแข็งแรงต่อแรงดึงได้สูงที่สุด แต่ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดจะต่ำ และความต้านทานการขีดถูจะปานกลาง ส่วนผ้าที่มีความหนาแน่นของเส้นด้ายปานกลางจะมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง และการฉีกขาดปานกลาง แต่จะมีความต้านทานการขีดถูสูงสุด ส่วนผ้าที่มีความหนาแน่นของเส้นด้ายน้อยจะมีค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาดสูงสุด ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง และค่าความต้านทานต่อการขีดถูน้อยที่สุด

2.13.1 การทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาด (tensile strength)

ความแข็งแรงต่อแรงดึง คือ ความต้านทานสูงสุดต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุ ก่อนที่จะเกิดการเสียรูปทรงจากแรงดึง ตัวอย่างมาตรฐานการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาด ได้แก่ ASTM D 5034 (grab method), ASTM D 5035 (strip method), ISO 13934 Part 1 (strip method), ISO 13934 Part 2 (grab method), JIS L 1096 sec 6.12 method B และ มอก. 121 เล่ม 16

2.13.1.1 หลักการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึง

เป็นการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึง ในแนวเส้นด้ายยืนและแนวเส้นด้ายพุ่งโดยขึ้นทดสอบจะถูกทดสอบภายใต้สภาวะที่มาตรฐานกำหนดด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength tester) ชนิดอัตราการยึดตัวคงที่ โดยขึ้นทดสอบด้านหนึ่งถูกจับยึดด้วยตัวจับด้านบนซึ่งเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ ส่วนอีกด้านของขึ้นทดสอบถูกจับยึดด้วยตัวจับด้านล่าง ซึ่งยึดอยู่กับที่ เปิดเครื่องทดสอบตัวจับด้านบนจะเคลื่อนที่ขึ้น ทำให้ขึ้นทดสอบถูกดึงจนกระทั่งขึ้นทดสอบขาด เครื่องหยุดทำงานอัตโนมัติ อ่านค่าแรงที่ทำให้ผ้าขาดเป็นกิโลกรัม ปอนด์ หรือนิวตันตามต้องการ ระยะการยึดตัวออกก่อนขาดเป็นมิลลิเมตร หรือร้อยละ (เปอร์เซ็นต์)

2.13.1.2 การทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาดแบบแกรบ (grab test)

เป็นการทดสอบหาความแข็งแรงของผ้าตามสภาพการใช้งานจริง ซึ่งจะหมายถึง แรงต้านของเส้นด้ายตามความกว้างของปากจับขึ้นทดสอบรวมกับแรงต้านเสริมจากเส้นด้ายที่อยู่ด้านข้างของขึ้นทดสอบที่ไม่ถูกปากจับขึ้นทดสอบยึด การทดสอบแบบแกรบจะมีด้วยกัน 2 แบบได้แก่

1) แบบ Grab ใช้ทดสอบความต้านทานแรงดึงของผ้าตามสภาพการใช้งานโดยที่ปากจับของเครื่องทดสอบ ยึดเฉพาะบางส่วน ของขึ้นทดสอบโดยยึดตามแนวกว้าง

2) แบบ Modified grab ใช้ทดสอบความต้านทานแรงดึงของผ้าที่ละเอียดเย็บ หรือผ้าที่มีความต้านทานแรงดึงสูง โดยที่จะมีการตัดผ้า (slit) ตรงกลางด้านข้างของริมผ้าทั้งสองด้านเข้าไป 1.5 นิ้ว

2.13.2 การทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด (tear strength)

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบหาแรงต้านต่อการฉีกขาดของผ้า โดยจะเป็นการขาดของเส้นด้ายทีละเส้นหรือหลาย ๆ เส้นรวมกันในกรณีของเส้นด้ายหลาย ๆ เส้นเกิดจากเส้นด้ายเส้นใดมารวมกันหลาย ๆ เส้น ซึ่งมักจะเกิดขึ้นกับผ้าที่มีโครงสร้างหลวม โดยทิศทางของแนวแรงจะตั้งฉากกับเส้นด้ายที่ขาด เช่น ในการทดสอบหาแรงต้านต่อการฉีกขาดของเส้นด้ายยืนเราจะต้องตัดขึ้นทดสอบให้ด้านยาวขนานกับแนวเส้นด้ายพุ่ง และถ้าเราต้องการทดสอบหาแรงต้านต่อการฉีกขาดของเส้นด้ายพุ่ง เราจะต้องตัดขึ้นทดสอบให้ด้านยาวขนานกับแนวเส้นด้ายยืน ตัวอย่างมาตรฐานการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด เช่น ASTM D 1424 (elmendorf-type) ISO 13937 Part 1 (elmendorf-type) JIS L 1096 มอก. 121 เล่ม 18 (elmendorf-type)) ASTM D 2261 (Single rib) ISO 13937 Part 2 (trouser-shaped; single tear method) ISO 13937 Part 3 (wing-shaped; single tear method) มอก. 121 เล่ม 17 (trouser-shaped; single tear method) ISO 13937 Part 4 (tongue-shaped; double tear method) ASTM D5587 (trapezoid procedure)

2.13.3 การทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อการต้านทานการขัดถู (abrasion resistance)

ความคงทนต่อการขัดถู หมายถึง ความคงทนของเส้นใย เส้นด้าย และผ้าเมื่อมีการเสียดสี โดยในกระบวนการนี้อาจเกิดการขัดถูระหว่างเส้นใยสองชนิดหรือระหว่างเส้นใยกับวัสดุอื่น ๆ เส้นใยที่มีความต้านทานต่อการขัดถูต่ำมีแนวโน้มที่จะขาดได้ง่าย

1) ลักษณะของการขัดถู

1.1) การขัดถูแนวราบ (flat abrasion)

เป็นการขัดถูระหว่างวัตถุ 2 ชิ้น โดยผิวหน้าของวัตถุทั้ง 2 ชิ้นจะสัมผัสกันเป็นแบบแนวราบ ตัวอย่างการขัดถูแบบราบได้แก่ การขัดถูบริเวณส่วนของร่างกายที่ต้องสัมผัสกับโต๊ะและเก้าอี้ ได้แก่ แขนเสื้อ, สะโพกกางเกงหรือกระโปรงหลังบริเวณสัมผัสกับพนักของเก้าอี้ เป็นต้น เครื่องทดสอบความต้านทานต่อการขัดถูในลักษณะนี้ ได้แก่ Rotary platform, Uniform abrasion, Matindale abrasion เป็นต้น

1.2) การขัดถูแนวขอบ (edge abrasion)

เป็นการขัดถูระหว่างวัตถุ 2 ชิ้น โดยขอบของวัตถุชิ้นหนึ่งจะขัดถูกับผิวหน้าของวัตถุอีกชิ้นหนึ่ง ตัวอย่างของการขัดถูแบบแนวขอบ ได้แก่ การขัดถูบริเวณส่วนของร่างกายที่ต้องเคลื่อนไหวมาก ได้แก่ บริเวณปกคอเสื้อ, บริเวณปลายแขน, บริเวณปลายขากางเกง เป็นต้น

1.3) การขัดถูแนวโค้ง (flax abrasion)

เป็นการขัดถูระหว่างวัตถุ 2 ชิ้น โดยผิวหน้าของวัตถุชิ้นหนึ่งจะเรียบส่วนผิวหน้าของวัตถุอีกชิ้นหนึ่งจะโค้ง ตัวอย่างการขัดถูแบบโค้งได้แก่ การขัดถูที่เกิดขึ้นบริเวณส่วนของร่างกายที่ต้องสัมผัสกับโต๊ะ และเก้าอี้เฉพาะส่วนที่โค้ง ได้แก่ บริเวณข้อศอกและหัวเข่า เครื่องทดสอบความต้านทานต่อการขัดถูในลักษณะนี้ ได้แก่ Stoll tester, The impeller tumble, Inflated diaphragm และ Oscillatory cylinder

2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Chao Ling [2023] [11] ผ้าฝ้ายติดไฟได้ง่ายมากและทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้เนื่องจากมีดัชนีออกซิเจนจำกัด (LOI) เพียงแค่ 18 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้ผ้าฝ้ายมีสมบัติหน่วงการติดไฟ อัตราการปล่อยควันของผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วย flame retardant ที่ใช้ฟอสฟอรัสจะเร็วขึ้น และการเกิดควันก็มากขึ้นในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ ในขณะที่ flame retardant ที่ประกอบด้วยโบรอนและซิลิกอนมีประสิทธิภาพในการปราบปรามควันที่ดีเยี่ยม ปลอดภัยและปลอดภัย

Khalifah A. Salmeia [2016] [12] ได้ทำการศึกษาผลลัพธ์การสารตกค้างสารหน่วงไฟที่ทำจากฟอสฟอรัส (phosphorus-based flame retardant) ซึ่งให้ผลลัพธ์ในการเพิ่มขึ้นของค่า LOI ของผ้า เช่น ผ้าฝ้าย จาก 18 เป็น 24-28 ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการตกค้างที่หลากหลาย และยังมีสมบัติที่สูงใช้ได้ดีกับผ้าหรือวัสดุชนิดอื่น ๆ ได้ดี รวมถึงการนำไปปรับใช้กับสารชนิดอื่นร่วมกันได้ เช่น ไนโตรเจน ซิลิกอน หรือซิลเฟอร์

Abdullah Al Rakib Shiker [2023][8] ได้ศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากผักทองมาตกแต่งผ้าฝ้ายทั้งในด้านกายภาพโดยเครื่องมือต่าง ๆ เช่น SEM, TGA, FTIR และ EDX รวมถึงสมบัติการทนไฟ โดยการใช้ค่า LOI และเครื่องทดสอบความต้านทานเปลวไฟในแนวตั้ง (vertical flame tester) ซึ่งได้ผลลัพธ์ในการเพิ่ม LOI จาก 19 ขึ้นเป็นถึง 29 โดยมีกลไกหลักคือการ dehydration

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 ผ้า 3 ชนิด จากบริษัท ล้อศิรินิมิตรวงศ์เท็กซ์ไทล์ จำกัด ประกอบด้วย

3.1.1.1 ผ้าฝ้าย: โครงสร้างผ้าทอลายขัดหน้ากว้าง 63 นิ้ว เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้าย เบอร์ 40 จำนวน 133 เส้นต่อนิ้ว เส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายฝ้าย เบอร์ 40 จำนวน 72 เส้นต่อนิ้ว น้ำหนัก 136 กรัมต่อตารางเมตร

3.1.1.2 ผ้าซีวีซี (CVC) ประกอบด้วยเส้นใยฝ้ายร้อยละ 60 และเส้นใยพอลิเอสเตอร์ร้อยละ 40 โครงสร้างผ้าทอลายขัดหน้ากว้าง 63 นิ้ว เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายผสมระหว่างเส้นใยฝ้ายและเส้นใยพอลิเอสเตอร์ เบอร์ 45 จำนวน 132 เส้นต่อนิ้ว เส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายผสมระหว่างเส้นใยฝ้ายและเส้นใยพอลิเอสเตอร์ เบอร์ 45 จำนวน 72 เส้นต่อนิ้ว น้ำหนัก 133 กรัมต่อตารางเมตร

3.1.1.3 ผ้าทีซี (T/C) ประกอบด้วยเส้นใยพอลิเอสเตอร์ร้อยละ 65 และเส้นใยฝ้ายร้อยละ 35 โครงสร้างผ้าทอลายขัดหน้ากว้าง 63 นิ้ว เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายผสมระหว่างเส้นใยพอลิเอสเตอร์และเส้นใยฝ้าย เบอร์ 45 จำนวน 132 เส้นต่อนิ้ว เส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายผสมระหว่างเส้นใยพอลิเอสเตอร์และเส้นใยฝ้าย เบอร์ 45 จำนวน 72 เส้นต่อนิ้ว น้ำหนัก 134 กรัมต่อตารางเมตร

3.1.2 สารหน่วงไฟ คือ Flamegard CP จากบริษัท ทานาเท็กซ์ เคมีเคิล (ประเทศไทย) จำกัด

3.1.3 กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4 : phosphoric acid 80%) จากบริษัท สตาร์ เทค เคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด

3.1.4 โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3 : sodium carbonate) จากบริษัท สตาร์ เทค เคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด

3.1.5 เครื่องจุ่มอัดผ้า (padding machine)

3.1.6 เครื่องอบผ้า (oven)

3.1.7 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.2 การเตรียมผ้าเพื่อการตกแต่ง

ผ้าทั้ง 3 ชนิด ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นผ้าทอดิบ (grey fabric) จากโรงงานอุตสาหกรรมทอผ้า ประกอบด้วย ผ้าฝ้าย ผ้าซีวีซี และผ้าทีซี โดยมีขั้นตอนในการเตรียมผ้างดังนี้

3.2.1 การลอกแป้ง ผ้าทั้ง 3 ชนิด ทำการลอกแป้งด้วยสารเคมีและสภาวะเดียวกัน คือ ใช้สารลอกแป้งชนิด โซเดียมเปอร์ซัลเฟต ($Na_2S_2O_8$) ปริมาณการใช้ 1 กรัมต่อลิตร โดยอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อน้ำหนักผ้าเป็น 20 ต่อ 1 และใช้อุณหภูมิในการลอกแป้งที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

1) การทำความสะอาดและฟอกขาวจะทำแยกสำหรับผ้าแต่ละชนิดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สารเคมีและปริมาณที่ใช้ในการทำความสะอาดและฟอกขาวผ้าแต่ละชนิด

สารเคมีและปริมาณการใช้ (กรัมต่อลิตร)	ผ้าฝ้าย	ผ้าชีวส์	ผ้าทีซี
น้ำสบู่	1	1	1
โซดาไฟน้ำ (50%)	6	4	2
สารควบคุมการแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.6	0.4	0.2
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (50%)	6	4	2

ในการทำความสะอาดและฟอกขาวผ้าทั้ง 3 ชนิด จะใช้สารเคมีตามตารางที่ 3.1 โดยเริ่มต้นด้วยการทำความสะอาดโดยใช้สบู่และโซดาไฟ ต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที จากนั้นจะทำการฟอกขาวต่อโดยเติมสารควบคุมการแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงไป ตามลำดับ ต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ทิ้งน้ำ ล้างน้ำ 2 ครั้ง เช็ค่าพีเอช (pH) บนผ้าว่าเป็นกลางหรือไม่ ถ้าไม่เป็นกลางให้ปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติกแล้วนำผ้าลงแช่ในเอ็นไซม์ชนิดคะตะเลส (catalase enzyme) ปริมาณ 5 กรัมต่อลิตร เวลา 5 นาที เพื่อกำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ตกค้างบนผ้าออก

2) ทำการตรวจสอบการซีมน้ำของผ้า ตามมาตรฐาน AATCC 79

3.3 การตกแต่งผ้าด้วยสารหน่วงไฟ

3.3.1 การทดลองหาสูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าทั้ง 3 ชนิดที่เหมาะสมที่สุด

สารเคมีที่ใช้ในการตกแต่งหน่วงไฟประกอบด้วย Flamegard CP ซึ่งเป็นสารหน่วงไฟจากบริษัท ทานาเท็กซ์ เคมีเคิลส์ (ประเทศไทย) จำกัด โดยในการทำการทดลองจะใช้เวลาความเข้มข้นของสารหน่วงไฟจำนวน 5 ความเข้มข้น คือ 100, 150, 200, 250, และ 300 กรัมต่อลิตร และกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 85 (H_3PO_4 85%) ซึ่งทำหน้าที่ปรับสภาพของสารหน่วงไฟให้มีเป็นสภาวะกรด โดยมีปริมาณการใช้กรดฟอสฟอริกคิดเป็นร้อยละ 10 ของปริมาณสารหน่วงไฟที่ใช้ ดังตารางที่ 3.2-3.4

ตารางที่ 3.2 การทดลองหาสูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าฝ้ายที่เหมาะสม

ชนิดผ้า	สารเคมีและปริมาณการใช้		อุณหภูมิที่ใช้ในการ พ่นสารหน่วงไฟ (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้ในการ พ่นสารหน่วงไฟ (วินาที)	รหัส
	Flamegard CP (กรัมต่อลิตร)	กรดฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 85 (กรัมต่อลิตร)			
ผ้าฝ้าย	100	10	165	30	1
				45	2
				60	3
	150	15	165	30	4
				45	5
				60	6
	200	20	165	30	7
				45	8
				60	9
	250	25	165	30	10
				45	11
				60	12
	300	30	165	30	13
				45	14
				60	15

ตารางที่ 3.3 การทดลองหาสูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าชีวีซีที่เหมาะสม

ชนิดผ้า	สารเคมีและปริมาณการใช้		อุณหภูมิที่ใช้ในการ การผึ่งสารหน่วงไฟ (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้ในการ ผึ่งสารหน่วงไฟ (วินาที)	รหัส
	Flamegard CP (กรัมต่อลิตร)	กรดฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 85 (กรัมต่อลิตร)			
ผ้าชีวีซี	100	10	165	30	16
				45	17
				60	18
	150	15	165	30	19
				45	20
				60	21
	200	20	165	30	22
				45	23
				60	24
	250	25	165	30	25
				45	26
				60	27
	300	30	165	30	28
				45	29
				60	30

ตารางที่ 3.4 การทดลองหาสูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าที่ซีที่เหมาะสม

ชนิดผ้า	สารเคมีและปริมาณการใช้		อุณหภูมิที่ใช้ในการ ผึ่งสารหน่วงไฟ (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้ในการ ผึ่งสารหน่วงไฟ (วินาที)	รหัส
	Flamegard CP (กรัมต่อลิตร)	กรดฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 85 (กรัมต่อลิตร)			
ผ้าที่ซี	100	10	165	30	31
				45	32
				60	33
	150	15	165	30	34
				45	35
				60	36
	200	20	165	30	37
				45	38
				60	39
	250	25	165	30	40
				45	41
				60	42
	300	30	165	30	43
				45	44
				60	45

3.3.2 กระบวนการตกแต่งสารหน่วงไฟเข้าสู่ผืนผ้า

3.3.2.1 เตรียมสารหน่วงไฟตามตารางที่ 3.2-3.4 ให้พร้อม นำผ้าทั้ง 3 ชนิดที่ตัดไว้และใส่รหัส มาจุ่มลงในสารหน่วงไฟ

3.3.2.2 นำผ้าเข้าเครื่องบีบอัด (ภาพที่ 3.1) โดยผ้าทุกชิ้นจะต้องถูกจุ่มสารหน่วงไฟแล้วนำเข้าสู่เครื่องบีบอัด 2 ครั้ง (ให้มีเนื้อสารหน่วงไฟเข้าไปอยู่ในผ้า 70% pick up)



ภาพที่ 3.1 เครื่องบีบอัด (padding machine)

3.3.2.3 นำผ้าที่ผ่านการจุ่มอัดสารหน่วงไฟเข้าอบในตู้อบลมร้อน (oven) จนผ้าแห้ง แต่อุณหภูมิที่ใช้อบต้องไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3.2)



ภาพที่ 3.2 ตู้อบลมร้อน

3.3.2.4 นำผ้าที่อบแห้งดีแล้วไปทำการผึ่ง (curing) เพื่อให้สารหน่วงไฟทำปฏิกิริยาทางเคมีกับเส้นใยที่สมบูรณ์ด้วยเครื่องสแตนเตอร์ (stenter) ตามภาพที่ 3.3 โดยใช้อุณหภูมิในการผึ่งสารหน่วงไฟที่ 165 องศาเซลเซียส ส่วนเวลาที่ใช้ในการผึ่งสารหน่วงไฟเป็นไปตามตารางการทดลองที่ 3.2-3.4



ภาพที่ 3.3 เครื่องสแตนเดอร์สำหรับผืนสารหน่วงไฟ

3.3.2.5 หลังจากผืนสารหน่วงไฟเสร็จสิ้นแล้ว ต้องทำการซักล้างผ้าทันที เพื่อไม่ให้ผ้าสูญเสียความแข็งแรงอันเนื่องมาจากกรดฟอสฟอริกที่ใช้ร่วมกับสารหน่วงไฟ โดยการนำผ้าไปแช่ในน้ำอุณหภูมิห้องที่มีโซเดียมคาร์บอเนตละลายอยู่ 10 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ประมาณ 10 นาที จึงทิ้งน้ำ ตรวจสอบค่า pH บนผ้าต้องได้ค่าประมาณ 7-8 ถ้าไม่ได้ให้ทำการล้างด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส ที่มีโซเดียมคาร์บอเนตละลายอยู่ 5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เป็นเวลา 10 นาที จำนวน 1-2 ครั้ง แล้วตรวจสอบค่า pH บนผ้าอีกครั้ง ต้องได้ค่าประมาณ 7-8

3.4 การทดสอบการหน่วงไฟโดยวิธีหาค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือ (% Char yield)

มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ตัดผ้าขนาด 10x10 เซนติเมตร
- 2) นำผ้าเข้าตู้อบที่ 105 องศาเซลเซียส 30 นาที แล้วนำมาใส่ในโถดูดความชื้น (desiccator) เป็นเวลา 30 นาที
- 3) นำผ้าที่อบไล่ความชื้นแล้วมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล (W1)
- 4) นำผ้ามาวางท่ามุม 45 องศา แล้วใช้อุปกรณ์จุดก๊าซจุดไฟบริเวณฐานของผ้าเป็นเวลา 1 วินาที
- 5) สังเกตการณ์เผาไหม้ของผ้าทดสอบจนกระทั่งเปลวไฟดับลง
- 6) นำผ้าส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้มาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่ได้ (W2)
- 7) คำนวณหาค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือดังสมการที่ 2.1



ภาพที่ 3.4 การทดสอบการไหม้ไฟโดยวิธีหาค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือ (% Char yield)

3.5 การประเมินค่าความคงทนของสารไหม้ไฟบนผ้าโดยวิธีการซักแห้ง

- 1) เลือกสภาวะการไหม้ไฟของผ้าแต่ละชนิด (จากการทดลอง 3.4) โดยพิจารณาผลการทดสอบร้อยละของเถ้าที่เหลือ (% Char yield)
- 2) นำผ้าที่ผ่านการคัดเลือกไปดำเนินการซักแห้งโดยใช้สารเปอร์คลอโรเอทิลีน (perchloroethylene)
- 3) นำผ้าเข้าตู้อบที่ 105 องศาเซลเซียส 30 นาที แล้วนำมาใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที
- 4) นำผ้าที่อบไล่ความชื้นแล้วมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล (W1)
- 5) นำผ้ามาวางทำมุม 45 องศา แล้วใช้อุปกรณ์จุดก๊าซจุดไฟบริเวณฐานของผ้าเป็นเวลา 1 วินาที สังเกตการณ์เผาไหม้ของผ้าทดสอบจนกระทั่งเปลวไฟดับลงนำผ้าส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้มาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่ได้ (W2)
- 6) คำนวณหาค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือดังสมการที่ 2.1

3.6 การทดสอบการหน่วงไฟตามมาตรฐาน 16 CFR 1610

1) เลือกสภาวะของการตกแต่งหน่วงไฟของผ้าแต่ละชนิดทั้งก่อนและหลังการซักแห้ง โดยพิจารณาจากร้อยละของเถ้าที่เหลือ

2) ทำการทดสอบตามมาตรฐาน 16 CFR 1610

3) รายงานเวลาของการลุกไหม้ติด (บันทึกเวลาเผาไหม้)

4) จำแนกระดับของการเผาไหม้

3.7 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

3.7.1 การทดสอบความกระด้างของผ้า (stiffness) ตามมาตรฐาน ASTM D 1388-96



ภาพที่ 3.5 เครื่องทดสอบความกระด้างของผ้า

3.7.2 การทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาด (tensile strength) ตามมาตรฐาน ASTM D 5034



ภาพที่ 3.6 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของผ้า

3.7.3 การทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด (tear strength) ตามมาตรฐาน ASTM D 1424



ภาพที่ 3.7 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาดของผ้า

3.7.4 การทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อการขัดถู (abrasion resistance) ตามมาตรฐาน ISO 12947-2



ภาพที่ 3.8 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อการขัดถูของผ้า

3.8 การผลิตชุดนอนสำหรับเด็กผู้ชายอายุระหว่าง 3-6 ปี จากผ้าทอห่วงไฟ

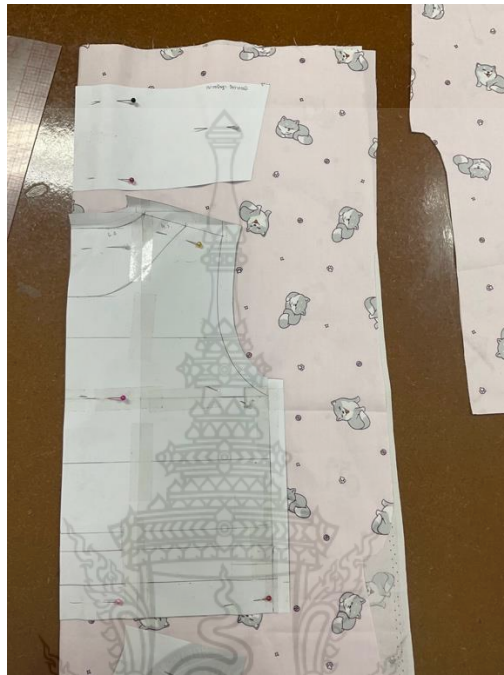
ในการสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบสำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกผ้าทอชนิดเส้นใยฝ้ายมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยการนำผ้าฝ้ายทอไปพิมพ์ลายด้วยสีย้อมแอคทีฟ (reactive dye) และนำผ้าที่พิมพ์ลายแล้วบางส่วนไปทำการตกแต่งด้วยสารห่วงไฟตามสูตรที่ดีที่สุด แล้วจึงนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชุดนอนเด็กโดยออกแบบเป็นชุดนอนสำหรับเด็กผู้ชายอายุระหว่าง 3-6 ปี โดยรูปแบบของชุดนอนเป็นแบบเสื้อแขนสั้นและกางเกงขาสั้น ตามภาพที่ 3.9 ซึ่งจะทำการผลิตจำนวน 2 ชุด โดย 1 ชุด ผลิตจากผ้าที่ตกแต่งด้วยสารห่วงไฟ ส่วนอีก 1 ชุดผลิตจากผ้าที่ไม่ตกแต่งสารห่วงไฟ



ภาพที่ 3.9 แบบชุดนอนสำหรับเด็กผู้ชายอายุระหว่าง 3-6 ปี ชนิดเสื้อแขนสั้นและกางเกงขาสั้น

3.8.1 กระบวนการผลิตชุดนอนสำหรับเด็กผู้ชายจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การตัดเย็บในส่วนที่เป็นตัวเสื้อ และส่วนที่เป็นกางเกง โดยส่วนของตัวเสื้อประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) การวางแบบและการตัดผ้า ตามภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 การวางแบบและการตัดผ้าสำหรับทำเสื้อ

2) การเย็บติดกระเป๋าทัดตามภาพที่ 3.11



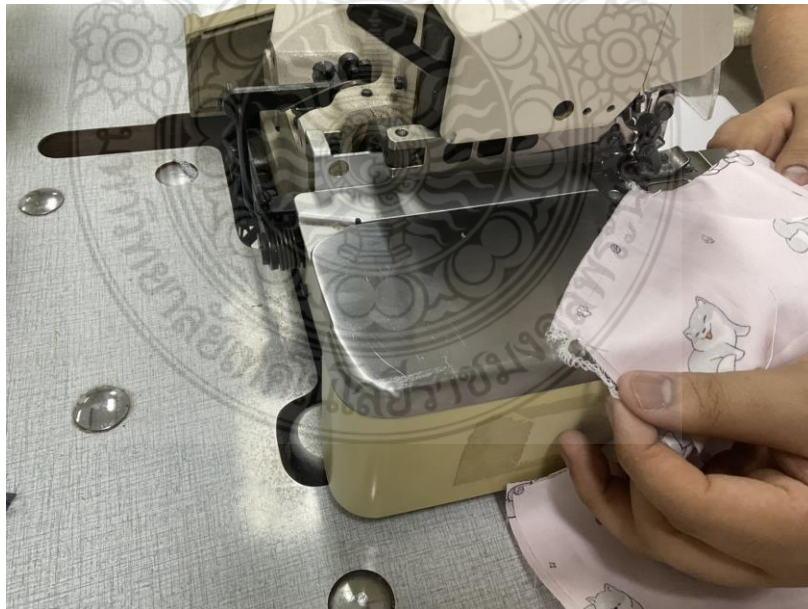
ภาพที่ 3.11 การเย็บกระเป๋าทัดติดเสื้อ

3) การประกอบسابเสื้อ ตามภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 การเย็บประกอบسابเสื้อ

4) การโพ้งตะเข็บไหล่ ตามภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 การเย็บตะเข็บไหล่

5) การประกอบปก ตามภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 การประกอบปก

6) การเย็บเจาะคอเสื้อ ตามภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 การเย็บเจาะคอเสื้อ

7) การเย็บทับคิ้วคอเสื้อ ตามภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 การเย็บทับคิ้วคอเสื้อ

8) การเย็บติดปกเสื้อ ตามภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 การเย็บติดปกเสื้อ

9) การโพ้งตะเข็บในตัวเสื้อ ตามภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 การเย็บโพ้งตะเข็บในตัวเสื้อ

3.8.2 กระบวนการผลิตชุดนอนสำหรับเด็กผู้ชายในส่วนที่เป็นกางเกง มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) การวางแบบและการตัดผ้าสำหรับทำกางเกง ตามภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.19 การเย็บโพ้งตะเข็บในตัวเสื้อ

2) การโพ้งตะเข็บข้าง ตามภาพที่ 3.21



ภาพที่ 3.21 การเย็บโพ้งตะเข็บข้าง

3) การเย็บตะเข็บขาด้านในกางเกง ตามภาพที่ 3.22



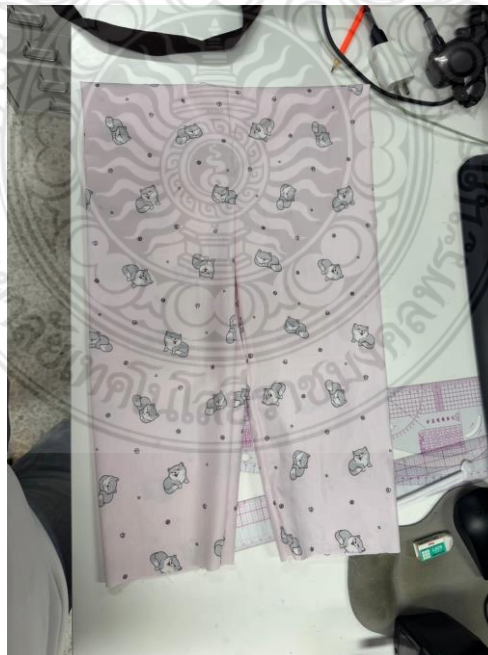
ภาพที่ 3.22 การเย็บตะเข็บขาด้านในกางเกง

4) การเย็บแนวเป้ากางเกง ตามภาพที่ 3.23



ภาพที่ 3.23 การเย็บแนวเป้ากางเกง

5) การใส่ยางยืดขอบกางเกง ตามภาพที่ 3.24 และภาพที่ 3.25



ภาพที่ 3.24 กางเกงก่อนใส่ยางยืดขอบ



ภาพที่ 3.25 กางเกงที่ใส่อย่างยืดชอบแล้ว



บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

งานวิจัยเรื่อง“การศึกษาสมบัติด้านกายภาพของผ้าทอที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟ สำหรับการผลิตเสื้อผ้าเด็ก” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารหน่วงไฟที่มีผลต่อผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสม เพื่อศึกษาสมบัติการหน่วงไฟของผ้าก่อนและหลังการซักแห้ง เพื่อทดสอบสมบัติเชิงกายภาพของผ้า ภายหลังจากการตกแต่งหน่วงไฟ และเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (ชุดนอนเด็ก) จากผ้าที่มีสมบัติหน่วงไฟ มีผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบการหน่วงไฟโดยวิธีหาค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือ (% Char yield)

จากการทดลองพบว่าค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือ (% Char yield) ของผ้าทั้ง 3 ชนิด เป็นไปตามตารางที่ 4.1-4.3



ตารางที่ 4.1 สูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าฝ้ายและร้อยละของเถ้าที่เหลือ

ชนิดผ้า	สารเคมีและปริมาณการใช้		อุณหภูมิที่ใช้ในการ ผึ่งสาร หน่วงไฟ (องศา เซลเซียส)	เวลาที่ใช้ในการ ผึ่งสารหน่วง ไฟ (วินาที)	รหัส	ร้อยละของ เถ้าที่เหลือ (ค่าเฉลี่ย)
	Flamegard CP (กรัมต่อ ลิตร)	กรด ฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 85 (กรัมต่อ ลิตร)				
ผ้าฝ้ายที่ไม่ ตกแต่งสาร หน่วงไฟ	-	-	-	-	C	13.140
ผ้าฝ้ายที่ ตกแต่งสาร หน่วงไฟ	100	10	165	30	1	95.515
				45	2	95.628
				60	3	95.946
	150	15	165	30	4	95.778
				45	5	96.792
				60	6	96.491
	200	20	165	30	7	96.746
				45	8	98.060
				60	9	98.124
	250	25	165	30	10	98.059
				45	11	98.336
				60	12	98.272
	300	30	165	30	13	98.169
				45	14	98.320
				60	15	98.255

ตารางที่ 4.2 สูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าชีวส์และร้อยละของเก้าอี้ที่เหลือ

ชนิดผ้า	สารเคมีและปริมาณการใช้		อุณหภูมิที่ใช้ในการ ฉนึกสาร หน่วงไฟ (องศา เซลเซียส)	เวลาที่ใช้ในการ ฉนึกสารหน่วง ไฟ (วินาที)	รหัส	ร้อยละของ เก้าอี้ที่เหลือ (ค่าเฉลี่ย)
	Flamegard CP (กรัมต่อ ลิตร)	กรด ฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 85 (กรัมต่อ ลิตร)				
ผ้าชีวส์ที่ไม่ ตกแต่งสาร หน่วงไฟ	-	-	-	-	CVC	19.137
ผ้าชีวส์ที่ ตกแต่งสาร หน่วงไฟ	100	10	165	30	16	94.060
				45	17	94.831
				60	18	95.608
	150	15	165	30	19	96.741
				45	20	96.736
				60	21	96.435
	200	20	165	30	22	96.854
				45	23	96.637
				60	24	96.748
	250	25	165	30	25	96.565
				45	26	96.913
				60	27	96.760
	300	30	165	30	28	96.720
				45	29	96.271
				60	30	96.175

ตารางที่ 4.3 สูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าที่ซีและร้อยละของเก้าอี้ที่เหลือ

ชนิดผ้า	สารเคมีและปริมาณการใช้		อุณหภูมิที่ใช้ในการ ฉีกสาร หน่วงไฟ (องศา เซลเซียส)	เวลาที่ใช้ในการ ฉีกสารหน่วง ไฟ (วินาที)	รหัส	ร้อยละของ เก้าอี้ที่เหลือ (ค่าเฉลี่ย)
	Flamegard CP (กรัมต่อ ลิตร)	กรด ฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 85 (กรัมต่อ ลิตร)				
ผ้าที่ซีที่ไม่ ตกแต่งสาร หน่วงไฟ	-	-	-	-	TC	17.437
ผ้าที่ซีที่ ตกแต่งสาร หน่วงไฟ	100	10	165	30	31	94.090
				45	32	94.630
				60	33	94.622
	150	15	165	30	34	94.956
				45	35	95.823
				60	36	95.658
	200	20	165	30	37	95.462
				45	38	95.151
				60	39	96.049
	250	25	165	30	40	96.413
				45	41	96.088
				60	42	96.043
	300	30	165	30	43	96.253
				45	44	96.727
				60	45	96.449

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.1-4.3 แสดงให้เห็นว่าผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟทุกรหัสมีค่าร้อยละของเก้าอี้ที่เหลือสูงกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟเป็นอย่างมาก คือ มีค่าร้อยละของเก้าอี้ที่เหลือสูงกว่า ประมาณ 5 เท่า และจากตารางแสดงผลทั้ง 3 ตาราง ทำให้เราตัดสินใจเลือกสูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับ ผ้าฝ้าย ผ้าชีวีซี และผ้าที่ซีที่เหมาะสม คือ รหัส 1 สำหรับผ้าฝ้าย รหัส 16 สำหรับผ้าชีวีซี และรหัส 31 สำหรับผ้าที่ซี โดยทั้ง 3 รหัสที่เลือกจะใช้สารหน่วงไฟในปริมาณที่เท่ากัน รวมถึงการใช้อุณหภูมิและเวลาในการฉีกสารหน่วงไฟที่เท่ากันด้วย คือ ใช้สารหน่วงไฟ Flamegard CP ปริมาณ 100 กรัมต่อลิตร กรดฟอสฟอริก 10 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิที่ใช้ในการฉีกสารหน่วงไฟเป็น 165 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการฉีกสารหน่วงไฟ

เป็น 30 วินาที เหตุผลสำคัญที่เลือกใช้สารและสภาวะดังกล่าว เพราะผลที่ได้จากการทดสอบค่าร้อยละของเก่าที่เหลือมีความใกล้เคียงกับสูตรอื่น ๆ ที่ใช้สารหน่วงไฟในปริมาณที่มากกว่า และอีกเหตุผลที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การใช้ปริมาณสารหน่วงไฟที่เพิ่มมากขึ้น จำเป็นต้องใช้กรดฟอสฟอริกในปริมาณที่มากขึ้นตามไปด้วย และปริมาณกรดที่เพิ่มมากขึ้นนี้เองอาจเป็นอันตรายต่อเส้นใยได้ รวมถึงราคาค่าตกแต่งสารหน่วงไฟก็จะสูงขึ้นด้วย

4.2 ผลการทดสอบการหน่วงไฟตามมาตรฐาน 16 CFR 1610

จากผลการทดสอบการหน่วงไฟโดยวิธีหาค่าร้อยละของเก่าที่เหลือใน 4.1 พบว่าผ้าทั้ง 3 ชนิด ที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟโดยใช้สารหน่วงไฟ Flamegard CP ปริมาณ 100 กรัมต่อลิตร ใช้กรดฟอสฟอริก 10 กรัมต่อลิตร ใช้อุณหภูมิในการพ่นสารหน่วงไฟที่ 165 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการพ่นสารหน่วงไฟเป็นเวลา 30 วินาที เป็นปริมาณและสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการตกแต่งให้ผ้าทั้ง 3 ชนิด มีสมบัติหน่วงไฟ ดังนั้นเราจึงเลือกปริมาณการใช้สารและสภาวะดังกล่าวมาทำการทดสอบการหน่วงไฟตามมาตรฐาน 16 CFR 1610 ซึ่งเป็นการทดสอบการลุกไหม้ติดไฟของผ้าภายหลังการนำผ้าไปผ่านการซักแห้งจำนวน 1 ครั้ง ก่อนทำการทดสอบ โดยผู้วิจัยได้ส่งผ้าไปทำการทดสอบที่บริษัท อินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเชส (ประเทศไทย) จำกัด เพื่อทำการทดสอบ ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.4 (รายงานผลการทดสอบฉบับเต็มอยู่ในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการลุกไหม้ติดไฟของผ้าทั้ง 3 ชนิดที่ตกแต่งสารหน่วงไฟก่อนและหลังการซักแห้ง

ชนิดผ้า	ผลการติดไฟ
ผ้าฝ้ายตกแต่งสารหน่วงไฟก่อนการซักแห้ง	ไม่ติดไฟ
ผ้าฝ้ายตกแต่งสารหน่วงไฟหลังการซักแห้ง	ไม่ติดไฟ
ผ้าชีวีตตกแต่งสารหน่วงไฟก่อนการซักแห้ง	ไม่ติดไฟ
ผ้าชีวีตตกแต่งสารหน่วงไฟหลังการซักแห้ง	ไม่ติดไฟ
ผ้าที่ชีตตกแต่งสารหน่วงไฟก่อนการซักแห้ง	ไม่ติดไฟ
ผ้าที่ชีตตกแต่งสารหน่วงไฟหลังการซักแห้ง	ไม่ติดไฟ

จากผลการทดสอบการลุกไหม้ติดไฟของผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ทั้งก่อนและหลังการซักแห้ง แสดงให้เห็นว่าผ้าทอทั้ง 3 ชนิดไม่ติดไฟ ซึ่งหมายความว่าสารหน่วงไฟที่ตกแต่งลงบนผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ยังคงยึดติดอยู่กับวัสดุสิ่งทอไม่หลุดออกแม้จะถูกกระทำด้วยสารซักแห้ง (dry cleaning agent) ชนิดเปอร์คลอโรเอทิลีน (perchloroethylene) ซึ่งเป็นสารซักแห้งหลักที่ใช้ในอุตสาหกรรมซักรีด (Laundry Industry)

4.3 ผลการทดสอบ สมบัติทางกายภาพ

4.3.1 ผลการทดสอบความกระด้าง (stiffness) ของผ้าทอทั้ง 3 ชนิดก่อนและหลังการตกแต่งสารถนงไฟ ตามมาตรฐาน ASTM D 1388-96 (Reapproved 2002)-Option A โดยประเมินผลจากค่าความยาวของการโค้งตัว (bending length) เบลี่ยได้ผลดังตารางที่ 4.5-4.7

ตารางที่ 4.5 ค่าความยาวของการโค้งตัวเบลิยของผ้าฝ้ายก่อนและหลังการตกแต่งสารถนงไฟ

แนวผ้า	ความยาวของการโค้งตัว (เซนติเมตร)	
	ผ้าฝ้ายก่อนการตกแต่งสารถนงไฟ	ผ้าฝ้ายหลังการตกแต่งสารถนงไฟ
แนวด้ายยืน	1.85	2.13
แนวด้ายพุ่ง	2.07	2.33

ตารางที่ 4.6 ค่าความยาวของการโค้งตัวเบลิยของผ้าชีวีชีก่อนและหลังการตกแต่งสารถนงไฟ

แนวผ้า	ความยาวของการโค้งตัว (เซนติเมตร)	
	ผ้าชีวีชีก่อนการตกแต่งสารถนงไฟ	ผ้าชีวีชีหลังการตกแต่งสารถนงไฟ
แนวด้ายยืน	1.95	2.18
แนวด้ายพุ่ง	2.07	2.34

ตารางที่ 4.7 ค่าความยาวของการโค้งตัวเบลิยของผ้าที่ชีก่อนและหลังการตกแต่งสารถนงไฟ

แนวผ้า	ความยาวของการโค้งตัว (เซนติเมตร)	
	ผ้าที่ชีก่อนการตกแต่งสารถนงไฟ	ผ้าที่ชีหลังการตกแต่งสารถนงไฟ
แนวด้ายยืน	1.97	2.15
แนวด้ายพุ่ง	2.10	2.38

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.4-4.7 แสดงให้เห็นว่าผ้าทอทั้ง 3 ชนิดมีค่าความยาวของการโค้งตัวเบลิยทั้งแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งก่อนการตกแต่งสารถนงไฟที่ไม่ต่างกันมากนัก และภายหลังการตกแต่งด้วยสารถนงไฟพบว่าผ้าทั้ง 3 ชนิด จะมีความกระด้างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยทั้งแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่ง โดยผ้าฝ้ายความกระด้างของผ้าตามแนวเส้นด้ายยืนเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.1 ขณะที่ความกระด้างของผ้าตามแนวเส้นด้ายพุ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.6 สำหรับผ้าชีวีชีความกระด้างของผ้าตามแนวเส้นด้ายยืนเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.8 ขณะที่ความกระด้างของผ้าตามแนวเส้นด้ายพุ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.0 และผ้าที่ชีความกระด้างของผ้าตามแนวเส้นด้ายยืนเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.1 ขณะที่ความกระด้างของผ้าตาม

แนวเส้นด้ายพุ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.3 ซึ่งผลการทดสอบในหัวข้อความกระด้างของผ้านี้ให้ข้อสรุปที่น่าสนใจว่าผ้าทั้ง 3 ชนิด สามารถนำมาทำการตกแต่งเพื่อเพิ่มสมบัติการหน่วงไฟให้กับผ้าได้โดยที่ผิวสัมผัสของผ้าไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก

4.3.2 ผลการทดสอบความคงทนของผ้าต่อแรงดึงขาด (tensile strength) โดยประเมินจากค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง (breaking load) เฉลี่ย และระยะการยืดตัวออก (elongation) เฉลี่ยของผ้าทอทั้ง 3 ชนิดก่อนและหลังการตกแต่งสารหน่วงไฟตามมาตรฐาน ASTM D 5034 ได้ผลดังตารางที่ 4.8-4.10

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยและระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยของผ้าฝ้ายก่อนและหลังการตกแต่งสารหน่วงไฟ

แนวผ้า	ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง (นิวตัน)		ระยะการยืดตัวออก (ร้อยละ)	
	ผ้าฝ้ายก่อนการ ตกแต่งสารหน่วง ไฟ	ผ้าฝ้ายหลังการ ตกแต่งสารหน่วง ไฟ	ผ้าฝ้ายก่อนการ ตกแต่งสารหน่วง ไฟ	ผ้าฝ้ายหลังการ ตกแต่งสารหน่วง ไฟ
แนวด้ายยืน	323.30	299.45	19.89	16.99
แนวด้ายพุ่ง	207.25	196	8.50	7.55

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยและระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยของผ้าชีวีชีก่อนและหลังการตกแต่งสารหน่วงไฟ

แนวผ้า	ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง (นิวตัน)		ระยะการยืดตัวออก (ร้อยละ)	
	ผ้าชีวีชีก่อนการ ตกแต่งสารหน่วง ไฟ	ผ้าชีวีชีหลังการ ตกแต่งสารหน่วง ไฟ	ผ้าชีวีชีก่อนการ ตกแต่งสารหน่วง ไฟ	ผ้าชีวีชีหลังการ ตกแต่งสารหน่วง ไฟ
แนวด้ายยืน	470.37	453.37	23.95	23.70
แนวด้ายพุ่ง	276.40	251.35	14.60	12.93

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยและระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยของผ้าทีชีก่อนและ

หลังการตกแต่งสารหน่วงไฟ

แนวผ้า	ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง (นิวตัน)		ระยะการยืดตัวออก (ร้อยละ)	
	ผ้าที่ซีก่อนการ ตกแต่งสารหน่วง ไฟ	ผ้าที่ซีกหลังการ ตกแต่งสารหน่วง ไฟ	ผ้าที่ซีก่อนการ ตกแต่งสารหน่วง ไฟ	ผ้าที่ซีกหลังการ ตกแต่งสารหน่วง ไฟ
แนวด้ายยืน	404.15	372.80	21.89	19.59
แนวด้ายพุ่ง	249.75	221.10	10.82	10.04

จากตารางที่ 4.8-4.10 แสดงผลค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยและระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยของผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ก่อนและหลังการตกแต่งสารหน่วงไฟ พบว่า ผ้าที่ผ่านการตกแต่งสารหน่วงไฟมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงและค่าระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยลดลงทั้งตามแนวเส้นด้ายยืนและตามแนวเส้นด้ายพุ่งของผ้าทั้ง 3 ชนิด โดย 1) ผ้าฝ้ายมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 7.4 และตามแนวเส้นด้ายพุ่งลดลงร้อยละ 5.4 ส่วนค่าระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 14.6 และลดลงร้อยละ 11.2 ตามแนวเส้นด้ายพุ่ง 2) ผ้าชีวีซีมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 3.6 และตามแนวเส้นด้ายพุ่งลดลงร้อยละ 9.1 ส่วนค่าระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 1.0 และลดลงร้อยละ 11.4 ตามแนวเส้นด้ายพุ่ง และ 3) ผ้าที่ซีมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 7.8 และตามแนวเส้นด้ายพุ่งลดลงร้อยละ 11.5 ส่วนค่าระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 10.5 และลดลงร้อยละ 7.2 ตามแนวเส้นด้ายพุ่ง

4.3.3 ผลการทดสอบความคงทนของผ้าทอต่อแรงฉีกขาด (tear strength) โดยประเมินจากค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาดเฉลี่ยของผ้าทอทั้ง 3 ชนิดก่อนและหลังการตกแต่งสารหน่วงไฟตามมาตรฐาน ASTM D 1424-2009 ได้ผลดังตารางที่ 4.11-4.13

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาดเฉลี่ยของผ้าฝ้ายก่อนและหลังการตกแต่งสารหน่วงไฟ

แนวผ้า	ค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (นิวตัน)	
	ผ้าฝ้ายก่อนการตกแต่งสารหน่วงไฟ	ผ้าฝ้ายหลังการตกแต่งสารหน่วงไฟ
แนวด้ายยืน	5.33	4.40
แนวด้ายพุ่ง	7.49	5.60

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาดเฉลี่ยของผ้าชีวีซีก่อนและหลังการตกแต่งสารหน่วง

ไฟ

แนวผ้า	ค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (นิวตัน)	
	ผ้าซีวีซีก่อนการตกแต่งสาร์ทงไฟ	ผ้าซีวีซีหลังการตกแต่งสาร์ทงไฟ
แนวด้ายยืน	9.62	6.38
แนวด้ายพุ่ง	13.95	9.62

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาดเฉลี่ยของผ้าที่ซีวีซีก่อนและหลังการตกแต่งสาร์ทงไฟ

แนวผ้า	ค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (นิวตัน)	
	ผ้าที่ซีวีซีก่อนการตกแต่งสาร์ทงไฟ	ผ้าที่ซีวีซีหลังการตกแต่งสาร์ทงไฟ
แนวด้ายยืน	7.91	6.38
แนวด้ายพุ่ง	11.93	8.94

จากตารางที่ 4.11-4.13 แสดงผลการทดสอบความคงทนของผ้าทอต่อแรงฉีกขาดของผ้าทอทั้ง 3 ชนิด พบว่า ผ้าที่ผ่านการตกแต่งสาร์ทงไฟจะมีค่าความคงทนต่อแรงฉีกขาดลดลงมากพอสมควร โดยค่าความคงทนต่อแรงฉีกขาดในผ้าฝ้ายตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 17.4 ขณะที่ตามแนวเส้นด้ายพุ่งลดลงร้อยละ 25.2 ส่วนค่าความคงทนต่อแรงฉีกขาดในผ้าซีวีซีตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 33.7 ขณะที่ตามแนวเส้นด้ายพุ่งลดลงร้อยละ 31.0 และสำหรับค่าความคงทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าที่ซีวีซีตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 19.3 ขณะที่ตามแนวเส้นด้ายพุ่งลดลงร้อยละ 25.1

4.3.4 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อการขัดถู (abrasion resistance) ตามมาตรฐาน ISO 12947-2: 1998 PART 2 Determination of Specimen Breakdown เป็นการทดสอบความคงทนของผ้าต่อการขัดถูโดยวิธี Martindale (การหาจุดขาดของชิ้นทดสอบ) โดยเปรียบเทียบการขาดของผ้าก่อนและหลังการตกแต่งสาร์ทงไฟของผ้าทั้ง 3 ชนิด ได้ผลตามตารางที่ 4.14-4.19

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าฝ้ายที่ไม่ตกแต่งสารหน่วงไฟต่อการขีดถู

ภาพชิ้นงานก่อนการทดสอบ	จำนวนรอบของการขีดถู	ภาพชิ้นงานหลังการทดสอบ	การขาด
 	10,000 รอบ		ไม่ขาด
	11,000 รอบ		ไม่ขาด
	12,000 รอบ		ขาด

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าชีวส์ที่ไม่ตกแต่งสารหน่วงไฟต่อการขีดถู

ภาพชิ้นงานก่อนการทดสอบ	จำนวนรอบของ การขีดถู	ภาพชิ้นงานหลังการทดสอบ	การขาด
	10,000 รอบ		ไม่ขาด
	11,000 รอบ		ไม่ขาด
	12,000 รอบ		ไม่ขาด
	13,000 รอบ		ไม่ขาด
	14,000 รอบ		ขาด

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าที่ซีที่ไม่ตกแต่งสารหน่วงไฟต่อการชำรุด

ภาพชิ้นงานก่อนการทดสอบ	จำนวนรอบของการชำรุด	ภาพชิ้นงานหลังการทดสอบ	การชำรุด
 	10,000 รอบ		ไม่ชำรุด
	11,000 รอบ		ไม่ชำรุด
	12,000 รอบ		ไม่ชำรุด
	13,000 รอบ		ไม่ชำรุด
	14,000 รอบ		ชำรุด

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสารหน่วงไฟต่อการขีดถู

ภาพชิ้นงานก่อนการทดสอบ	จำนวนรอบของการขีดถู	ภาพชิ้นงานหลังการทดสอบ	การขาด
	10,000 รอบ		ไม่ขาด
	11,000 รอบ		ขาด



ตารางที่ 4.18 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าชีวส์ที่ตกแต่งสารหน่วงไฟต่อการขีดถู

ภาพชิ้นงานก่อนการทดสอบ	จำนวนรอบของการขีดถู	ภาพชิ้นงานหลังการทดสอบ	การขาด
	10,000 รอบ		ไม่ขาด
	11,000 รอบ		ไม่ขาด
	12,000 รอบ		ไม่ขาด
	13,000 รอบ		ขาด

ตารางที่ 4.19 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าชีวส์ที่ตกแต่งสารหน่วงไฟต่อการชำรุด

ภาพชิ้นงานก่อนการทดสอบ	จำนวนรอบของการชำรุด	ภาพชิ้นงานหลังการทดสอบ	การขาด
 	10,000 รอบ		ไม่ขาด
	11,000 รอบ		ไม่ขาด
	12,000 รอบ		ไม่ขาด
	13,000 รอบ		ขาด

จากตารางที่ 4.14-4.19 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ทั้งที่ตกแต่งและไม่ตกแต่งสารหน่วงไฟต่อการชำรุด พบว่า ผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ที่ตกแต่งสารหน่วงไฟจะมีค่าความคงทนต่อการชำรุดที่ลดลงเพียงเล็กน้อย โดยผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสารหน่วงไฟจะเริ่มขาดเมื่อการชำรุดอยู่ที่ 11,000 รอบ ขณะที่ผ้าฝ้ายที่ไม่ตกแต่งสารหน่วงไฟจะเริ่มขาดเมื่อการชำรุดอยู่ที่ 12,000 รอบ ส่วนผ้าชีวส์ที่ตกแต่งสารหน่วงไฟ พบว่า ผ้าจะเริ่มขาดเมื่อผ่านการชำรุดมาถึงจำนวนรอบที่ 13,000 รอบ ขณะที่การขาดของผ้าชีวส์ที่ไม่ตกแต่งสารหน่วงไฟจะอยู่ที่ 14,000 รอบ และสำหรับผ้าที่ผลการทดสอบที่ได้จะเหมือนกับผ้าชีวส์ คือผ้าที่ตกแต่งสารหน่วงไฟ ผ้าจะเริ่มขาดเมื่อผ่านการชำรุดมาถึงจำนวนรอบที่ 13,000 รอบ ขณะที่การขาดของผ้าชีวส์ที่ไม่ตกแต่งสารหน่วงไฟจะอยู่ที่ 14,000 รอบ เช่นกันกับผ้าชีวส์

4.4 ผลิตภัณฑ์ชุดนอนสำหรับเด็กผู้ชายอายุระหว่าง 3-6 ปี ที่ผลิตจากผ้าทอหวงไฟ

ชุดนอนสำหรับเด็กผู้ชายอายุระหว่าง 3-6 ปี ชนิดเสื้อแขนสั้นและกางเกงขาสั้นที่ผลิตจากผ้าฝ้ายพิมพ์ลายทอหวงไฟ ตามภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ชุดนอนสำหรับเด็กผู้ชายระหว่าง 3-6 ปี ชนิดเสื้อแขนสั้นกางเกงขาสั้น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ที่นำมาใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ ผ้าฝ้าย ผ้าชีวีชี และผ้าทีชี สามารถนำมาตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟ Flamegard CP ได้โดยให้ผลการทดสอบภายหลังการตกแต่งที่น่าพอใจ ซึ่งสูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟที่เหมาะสมสำหรับผ้าทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว คือ ใช้สารหน่วงไฟ Flamegard CP ปริมาณ 100 กรัมต่อลิตร กรดฟอสฟอริก 10 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิที่ใช้ในการฉีกสารหน่วงไฟ 165 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ในส่วนของผลการทดสอบพบว่า ผ้าที่ผ่านตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟเมื่อนำไปผ่านการซักแห้งด้วยสารเปอร์คลอโรเอทิลีน แล้วนำมาทดสอบความสามารถในการติดไฟของผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่มตามมาตรฐาน 16 CFR Part 1610 พบว่าผ้าทอทั้ง 3 ชนิดไม่ติดไฟ แสดงถึงความคงทนของสารหน่วงไฟที่ยังคงยึดเกาะอยู่บนเส้นใยได้เป็นอย่างดีแม้จะถูกซักแห้ง ซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักสำหรับงานวิจัยนี้ ในส่วนของผลการทดสอบทางกายภาพอื่น ๆ พบว่า ผ้าทอทั้ง 3 ชนิดจะมีความกระด้างมากขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าก่อนทำการตกแต่ง สำหรับสมบัติด้านความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาดพบว่า ผ้าทอทั้ง 3 ชนิดที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟมีค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาดลดลงเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 10 ส่วนสมบัติด้านความแข็งแรงของผ้าต่อการฉีกขาด พบว่า ผ้าทอทั้ง 3 ชนิดที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟมีค่าความแข็งแรงของผ้าต่อการฉีกขาดลดลงค่อนข้างมาก กล่าวคือ ตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงเฉลี่ยร้อยละ 23.5 ขณะที่ตามแนวเส้นด้ายพุ่งลดลงเฉลี่ยร้อยละ 27.1 จากผลดังกล่าว บ่งบอกว่าผ้าจะไม่ทนทานต่อสภาวะการใช้งานที่มีแรงบิดหรือแรงเฉือนได้ดีเท่าที่ควร และในส่วนของผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อการขีดถู พบว่า ผ้าทอทั้ง 3 ชนิดที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟมีค่าความแข็งแรงต่อการขีดถูลดลงเพียงเล็กน้อย โดยที่ผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ทั้งผ้าที่ผ่านการตกแต่งและไม่ผ่านการตกแต่งสารหน่วงไฟ จะเริ่มขาดที่จำนวนรอบของการขีดถูที่มากกว่า 10,000 รอบขึ้นไป ซึ่งแสดงว่าผ้ามีความทนทานต่อการขีดถูได้ดี เมื่อมีการนำผ้าทอไปทำเป็นผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าเด็กต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรทำการตกแต่งผ้าโดยใช้สารหน่วงไฟในปริมาณที่ลดลงจากการทดลองนี้ เพื่อดูผลการทดสอบว่า ผ้ายังมีสมบัติต้านทานการลุกไหม้ติดไฟได้อยู่หรือไม่ เพราะการตกแต่งโดยใช้สารหน่วงไฟในปริมาณมากนอกจากจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายที่สูงแล้ว ยังส่งผลต่ออายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่สั้นลงอีกด้วย

2) ควรหาสารหน่วงไฟชนิดอื่น ๆ มาทดลองตกแต่งกับผ้าทั้ง 3 ชนิดในงานวิจัยนี้ เพื่อเปรียบเทียบผล

บรรณานุกรม

- [1] วิชัย ศรีมนุนิพนธ์นิมิต. **BURNS IN CHILDREN**, ค้นวันที่ 14 กรกฎาคม 2567 จาก <https://acmrrama.com/download/pdf/Burn>.
- [2] เจ้าของร้าน. **ประเภทของผ้า เลื้อผ้าแบ่งตามชนิดของเส้นใยที่นำมาทอเป็นผืนผ้า จากเส้นใยธรรมชาติเส้นใยสังเคราะห์ เส้นใยกึ่งสังเคราะห์**, ค้นวันที่ 14 กรกฎาคม 2567 จาก <http://kwproduct1.lnwshop.com/article/5>.
- [3] Cleveland Clinic. **Third-Degree Burn**, ค้นวันที่ 14 กรกฎาคม 2567 จาก 3rd-Degree Burn: What It Is, Treatment & Healing (clevelandclinic.org).
- [4] The Royal Children's Hospital Melbourne. **Burns – Acute Management**, ค้นวันที่ 14 กรกฎาคม 2567 จาก Clinical Practice Guidelines : Burns - Acute Management (rch.org.au).
- [5] สิริรัตน์ จารุจินดา. “สิ่งทอป้องกันความร้อนและเปลวไฟ” ใน การทดสอบสิ่งทอสมบัติพิเศษ. นรากร รังสิมันตกุล และเข็มชัย เหมะจันทร์. บรรณาธิการ (กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ). 2553. 12-55.
- [6] Asim Kumar Roy Choudhury. **Flame Retardants for Textile Materials**, Taylor & Francis Group 2021, p. 9.
- [7] Mahmood, G. & Sheila, S. (2014). **Flame Retardant Properties of Plasma Pretreated/Metallic Salt Loaded Cotton Fabric Before and After Direct Dyeing**. *Journal of Fusion Energy*. 33: 119-124.
- [8] Abdullah, A. R. S., Md, A. A. M., Tarikul, I., Md, H. K. K., Mohammad, Z. U. (2023). **Fire retardant properties enhancement of cotton twill fabric using pumpkin (Cucurbita maxima) extract**. *Heliyon* 9, e14806
- [9] รัตนพล มงคลรัตนาสีหิ. (ม.ป.ป.). **เอกสารคำสอน วิชาการวิเคราะห์และทดสอบสิ่งทอ**. สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [10] ญัตตณัย รุ่งเรืองกิจไกร และนวรรตน์ ชาติวิวัฒน์พรชัย. (2566). **เอกสารประกอบการสอนการทดสอบสิ่งทอ และเครื่องนุ่งห่ม**. ภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [11] Chao, L., Lamei, G., Zhengzhou, W. (2023). **A review on the state of flame retardant cotton fabric: Mechanisms and applications**. *Industrial Corps and Products*. 194. 116264.

- [12] Khalifah, A. S., Sabysachi, G. & Giulio, M. (2016). **Recent Advances for Flame Retardancy of Textiles Based on Phosphorus Chemistry**. *Polymers*, special issue Recent Advances in Flame Retardancy of Textiles Related Products 8(9), 319.



ภาคผนวก ก-1
ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Flamegard CP



Durable flame retardant for cotton fabrics

Properties and fields of application

- High degree of flame retardancy
- Durable to repeated launderings and dry cleanings for all kinds of cellulosics
- No impact on the strength and durability of the textile
- High heat stability, non toxicity and high safety
- Soft handle

General properties

Chemical basis	3-methylol amino-3-oxygen propyl dimethyl phosphate
Form supplied	Colorless to light yellow viscous liquid
Density (25 °C)	1,15-1,25 g/cm ³
pH-value	3,5 – 6,5
Formaldehyde (%)	0.1
Dissolving	Dilute with cold soft water

Technical notes on application

General

FLAMEGARD™ CP is a highly performance flame retardant finishing to apply on all kind of cellulosics textile including woven, knitted goods and etc.

FLAMEGARD™ CP is a durable, reactive finishing agent, therefore, FLAMEGARD™ CP is durable to repeated launderings and dry cleanings.

The fabric which is treated with FLAMEGARD™ CP has no after flame and afterglow phenomenon as well as no impact on FLAMEGARD™ CP fabric strength and imparts a soft hand feel.

The effectiveness can be retained after 30 washes. is a durable, reactive finishing agent.

It suitable for finishing cotton textile fabric (such as khaki, corduroy, plain fabric) knitting fabric, bed sheet, curtains, decoration cloth, canvas net, tents and military uniforms etc. It also applied for finishing linen, viscose, etc fabric. It can be dissolved with every kind of finishing agent.

Application method

The use concentration of may vary from 380-400 g/L depending on the fabric weight and residual chemicals from the previous procedures

FLAMEGARD™CP	380-400	g/L
Resin for cellulose crosslinking	80-100	g/L
Softening agent(organic silicon)	20-40	g/L
H ₃ PO ₄ (Phosphoric acid 80%)	18-20	g/L
Penetrating agent	0-3	g/L

Dipping twice and padding twice there are 65-70% solution will be kept on the cotton

Drying under 100°C

Torrefaction 165°C-170°C 3-4 min

Washing off

The phosphoric acid used for catalyst for crosslinking must be remove from substrate and should be washing off after curing within 24 hours.

Washing off in open width washing machine not less than 5 boxes, winch machine or jig for smaller length of materials.

Washing off on open width washing machine

Enter Soda ash 35 g/l or 65 ml/l caustic soda 36°Be
at room temperature

Change liquor Soda ash 12 g/l or 22 ml/l caustic soda 36°Be
4 ends at 60-80°C

Rinse water 10-15 liter water per kilogram fabric
Add 1-2 g/l hydrogen peroxide in last rinsing bath for avoid fish odor.
After neutralizing and rinsing and should be slightly alkaline and have a pH 8-9

Washing off on jig

Enter Soda ash 35 g/l or 65 ml/l caustic soda 36°Be
Liquor ration 5:1
4 ends at room temperature

Change liquor Soda ash 12 g/l or 22 ml/l caustic soda 36°Be
4 ends at 60-80°C

Rinse 2 x 2 ends at 80-85°C
2 ends at 40-45°C
2 ends cold, with overflow

Washing off on winch

Enter Soda ash 20-40 g/l
40-45°C for 30 min.
Rinse, 40-50°C
Rinse,Cold
4 ends at room temperature

Change liquor Soda ash 12 g/L or 22 ml/l caustic soda 36°Be
4 ends at 60-80°C

Rinse 2 x 2 ends at 80-85°C
2 ends at 40-45°C
2 ends cold, with overflow

Stripping

Treat on the jig with liquor containing

Hydrochloric acid conc 10 ml/l
Penetrating agent 5 ml/l
30-60 min at 70°C (repeat if necessary)
Rinse until neutral



Storage stability

12 months from delivery ex plant TANATEX Chemicals in closed containers. Stir before use. If frozen, thaw at room temperature. Then use as normal

Note on safety

Information on handling and ecological and toxicological behaviour is contained in the safety data sheet for FLAMEGARD[™] CP.

Specifications

For further details, please refer to the product specification for FLAMEGARD[™] CP.

Disclaimer for Commercial Products

This information and our technical advice - whether verbal, in writing or by way of trials - are given in good faith but without warranty, and this also applies where proprietary rights of third parties are involved. Our advice does not release you from the obligation to check its validity and to test our products as to their suitability for the intended processes and uses. The application, use and processing of our products and the products manufactured by you on the basis of our technical advice are beyond our control and, therefore, entirely your own responsibility. Our products are sold in accordance with the current version of our General Conditions of Sale and Delivery.

Disclaimer for Guide Recipes

The above formulation is intended solely as a guide for our business partners and others interested in our products. As the conditions of use and application of the suggested formulation are beyond our control, it is imperative that it be tested to determine, to your satisfaction, whether it is suitable for your intended use(s) and application(s). This application-specific analysis at least must include testing to determine suitability from a technical, as well as health, safety and environmental standpoints. Further, although the ingredients, quantities thereof and properties of compounds or finished goods mentioned herein reflect our recommendation at the time of publication, this guide may not be subject to continuous review and/or updating, and you agree that use is undertaken at your sole risk. All information is given without warranty or guarantee, and it is expressly understood and agreed that you assume, and hereby expressly release us from, all liability, in tort, contract or otherwise, incurred in connection with the use of this guide.

BAYGARD[®], BAYPRET[®], BAYSCENT[®], EULAN[®], PERSOFTAL[®], TASTEX[®], CURITE[™], FIBERMATE[™], FLAMEGARD[™], TANACARE[™], TANAFINISH[™], TANAPUR[™], TANASIL[™], are a trademark of TANATEX IP B.V.

Copyright © 2021 Tanatex Chemicals B.V. All rights reserved.

Edition: 2021-06-08

TANATEX Chemicals (Thailand) Co., Ltd.
WHA Eastern Seaboard I.E.1.
500/107 Moo 2, Tambol Tasit,
Amphur Pluakdaeng Rayong,
Thailand 21140
Phone +66 33010460
Fax +66 33010462

E-mail: infothai@tanatexchemicals.com
Internet: www.tanatexchemicals.com

ภาคผนวก ก-2
ข้อมูลความปลอดภัย Flamegard CP ตามมาตรฐาน ISO 11014:2009



Safety data sheet
according to ISO 11014:2009

Printing date 19.07.2022

Version number 2.0

Revision: 19.07.2022

1 Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

- **Product identifier**
- **Trade name:** **FLAMEGARD CP**
- **Article number:** 878518
- **Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against**
No further relevant information available.
- **Application of the substance / the mixture** Textile auxiliary
- **Details of the supplier of the safety data sheet**
- **Manufacturer/Supplier:**
Tanatex Chemicals (Thailand) Co., Ltd.
WHA Eastern Seaboard Industrial Estate 1
500/107 Moo 2 Tambol Tasit, Amphur Pluakdaeng
RAYONG 21140
THAILAND
- **Further information obtainable from:**
Product stewardship & Regulatory Affairs department.
E-mail: PSRA-Thailand@tanatexchemicals.com
- **Emergency telephone number:** During normal opening times: +66/330/10460

2 Hazards identification

- **Classification of the substance or mixture**
Acute Tox. 5 H333 May be harmful if inhaled.
Skin Sens. 1 H317 May cause an allergic skin reaction.
STOT SE 2 H371 May cause damage to the central nervous system and the visual organs.

- **Label elements**
- **GHS label elements**
The product is classified and labelled according to the Globally Harmonised System (GHS).
- **Hazard pictograms**



GHS07 GHS08

- **Signal word** Warning
- **Hazard-determining components of labelling:**
Dimethyl [3-[(hydroxymethyl)amino]-3-oxopropyl]phosphonate
methanol
- **Hazard statements**
H333 May be harmful if inhaled.
H317 May cause an allergic skin reaction.
H371 May cause damage to the central nervous system and the visual organs.
- **Precautionary statements**
P260 Do not breathe dust/fume/gas/mist/vapours/spray.
P280 Wear protective gloves.
P304+P312 IF INHALED: Call a POISON CENTER/doctor if you feel unwell.
P333+P313 If skin irritation or rash occurs: Get medical advice/attention.

(Contd. on page 2)

UN

Safety data sheet
according to ISO 11014:2009

Printing date 19.07.2022

Version number 2.0

Revision: 19.07.2022

Trade name: **FLAMEGARD CP**

(Contd. of page 1)

P405 Store locked up.
P501 Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations.

- Other hazards
- Results of PBT and vPvB assessment
- PBT: Not applicable.
- vPvB: Not applicable.

3 Composition/information on ingredients

- Chemical characterisation: Mixtures
- Description: 3-methylol amino-3-oxygen propyl dimethyl phosphate
- Dangerous components:

20120-33-6 Dimethyl [3-[(hydroxymethyl)amino]-3-oxopropyl]phosphonate	> 80%
Skin Sens. 1, H317	
120-93-4 2-imidazolidone	1-3%
Eye Irrit. 2, H319	
67-56-1 methanol	1-3%
Flam. Liq. 2, H225; Acute Tox. 3, H301; Acute Tox. 3, H311; Acute Tox. 3, H331; STOT SE 1, H370	
- SVHC
Candidate List of Substances of Very High Concern for Authorisation (SVHC), Article 59(1) REACH regulation 1907/2006/EC
The product does not contain any listed substances in concentrations > 0.1%
- Additional information: For the wording of the listed hazard phrases refer to section 16.

4 First aid measures

- Description of first aid measures
- General information: Do not leave affected persons unattended.
- After inhalation:
Supply fresh air and to be sure call for a doctor.
In case of unconsciousness place patient stably in side position for transportation.
- After skin contact:
Remove contaminated clothing and wash affected skin with water and soap. If symptoms persist, consult a doctor.
- After eye contact:
Rinse opened eye for several minutes under running water. If symptoms persist, consult a doctor.
- After swallowing: If symptoms persist consult doctor.
- Information for doctor:
- Most important symptoms and effects, both acute and delayed
No further relevant information available.
- Indication of any immediate medical attention and special treatment needed
No further relevant information available.

UN
(Contd. on page 3)

Safety data sheet
according to ISO 11014:2009

Printing date 19.07.2022

Version number 2.0

Revision: 19.07.2022

Trade name: **FLAMEGARD CP**

(Contd. of page 2)

5 Firefighting measures

- **Extinguishing media**
- **Suitable extinguishing agents:**
Use fire extinguishing methods suitable to surrounding conditions.
CO₂, powder or water spray. Fight larger fires with water spray or alcohol resistant foam.
- **Special hazards arising from the substance or mixture**
No further relevant information available.
- **Advice for firefighters**
- **Protective equipment:** No special measures required.

6 Accidental release measures

- **Personal precautions, protective equipment and emergency procedures**
Wear protective equipment. Keep unprotected persons away.
Use personal protective equipment (chapter 8).
Use respiratory protective device against the effects of fumes/dust/aerosol.
- **Environmental precautions:** Do not allow to enter sewers/ surface or ground water.
- **Methods and material for containment and cleaning up:**
For small spills add absorbent (soil may be used in the absence of other suitable materials) scoop up material and place in a sealed, liquid-proof container for disposal. For large spills dike spilled material or otherwise contain material to ensure runoff does not reach a waterway. Place spilled material in an appropriate container for disposal.
- **Reference to other sections**
See Section 7 for information on safe handling.
See Section 8 for information on personal protection equipment.
See Section 13 for disposal information.

7 Handling and storage

- **Handling:**
- **Precautions for safe handling**
Ensure good ventilation/exhaustion at the workplace.
Avoid contact with eyes and skin.
Prevent formation of aerosols.
- **Information about fire - and explosion protection:** No special measures required.
- **Conditions for safe storage, including any incompatibilities**
- **Storage:**
- **Requirements to be met by storerooms and receptacles:** No special requirements.
- **Information about storage in one common storage facility:** Not required.
- **Further information about storage conditions:**
Store in cool, dry conditions in well sealed receptacles.
Store container in a well-ventilated place.
- **Specific end use(s)** No further relevant information available.

UN
(Contd. on page 4)

Safety data sheet
according to ISO 11014:2009

Printing date 19.07.2022

Version number 2.0

Revision: 19.07.2022

Trade name: **FLAMEGARD CP**

(Contd. of page 3)

8 Exposure controls/personal protection

- **Additional information about design of technical facilities:** No further data; see item 7.
- **Control parameters**
- **Ingredients with limit values that require monitoring at the workplace:**
The product does not contain any relevant quantities of materials with critical values that have to be monitored at the workplace.
- **Additional information:** The lists valid during the making were used as basis.
- **Exposure controls**
- **Personal protective equipment:**
- **General protective and hygienic measures:**
The usual precautionary measures are to be adhered to when handling chemicals.
Immediately remove all soiled and contaminated clothing
Wash hands before breaks and at the end of work.
Avoid contact with the eyes and skin.
Do not eat or drink while working.
- **Respiratory protection:**
In case of mist, spray or aerosol exposure wear suitable personal respiratory protection.
- **Protection of hands:**
Protective gloves
The glove material has to be impermeable and resistant to the product
Selection of the glove material on consideration of the penetration times, rates of diffusion and the degradation
- **Material of gloves**
The selection of the suitable gloves does not only depend on the material, but also on further marks of quality and varies from manufacturer to manufacturer. As the product is a preparation of several substances, the resistance of the glove material can not be calculated in advance and has therefore to be checked prior to the application.
- **Penetration time of glove material**
The exact break through time has to be found out by the manufacturer of the protective gloves and has to be observed.
- **Eye protection:** Safety glasses
- **Body protection:** Protective work clothing

9 Physical and chemical properties

- **Information on basic physical and chemical properties**
- **General Information**
- **Appearance:**

Form:	Liquid
Colour:	Transparent
Odour:	Weak
- **pH-value at 25 °C:** 6 – 8
- **Change in condition**

Melting point/freezing point:	Undetermined.
Initial boiling point and boiling range:	> 100 °C
- **Flash point:** No data available.

(Contd. on page 5)

UN

Safety data sheet
according to ISO 11014:2009

Printing date 19.07.2022

Version number 2.0

Revision: 19.07.2022

Trade name: **FLAMEGARD CP**

(Contd. of page 4)

- **Flammability (solid, gas):** Not applicable.
- **Auto-ignition temperature:** Product is not selfigniting.
- **Explosive properties:** Product does not present an explosion hazard.
- **Density at 25 °C:** 1,15 – 1,25 g/cm³
- **Evaporation rate** Not applicable.
- **Solubility in / Miscibility with water:** Miscible
- **Other information** The above information is not intended for use in preparing product specifications.

10 Stability and reactivity

- **Reactivity** No further relevant information available.
- **Chemical stability**
- **Thermal decomposition / conditions to be avoided:** No decomposition if used according to specifications.
- **Possibility of hazardous reactions** No dangerous reactions known.
- **Conditions to avoid** No further relevant information available.
- **Incompatible materials:** No further relevant information available.
- **Hazardous decomposition products:** No dangerous decomposition products known.

11 Toxicological information

- **Information on toxicological effects**
- **Acute toxicity**
- **LD/LC50 values relevant for classification:**
Oral LD50 > 5000 mg/kg (Rat)
- **Primary irritant effect:**
- **Skin corrosion/irritation** No irritation at the skin will be expected.
- **Serious eye damage/irritation** No irritation at the eyes will be expected.
- **Respiratory or skin sensitisation** Sensitisation possible through skin contact.
- **Additional toxicological information:**
The product shows the following dangers according to the calculation method of the General EU Classification Guidelines for Preparations as issued in the latest version:
Irritant

12 Ecological information

- **Toxicity**
- **Aquatic toxicity:**
EC50 > 100 mg/l (Waste water bacteria)
LC50 > 1000 mg/l (Fish)
- **Persistence and degradability** No further relevant information available.

(Contd. on page 6)

UN

Safety data sheet
according to ISO 11014:2009

Printing date 19.07.2022

Version number 2.0

Revision: 19.07.2022

Trade name: **FLAMEGARD CP**

(Contd. of page 5)

- **Behaviour in environmental systems:**
- **Bioaccumulative potential** No further relevant information available.
- **Mobility in soil** No further relevant information available.
- **Additional ecological information:**
- **General notes:**

Water hazard class 1 (German Regulation) (Self-assessment): slightly hazardous for water
Do not allow undiluted product or large quantities of it to reach ground water, water course or sewage system.

· **Results of PBT and vPvB assessment**

- **PBT:** Not applicable.
- **vPvB:** Not applicable.
- **Other adverse effects** No further relevant information available.

13 Disposal considerations

- **Waste treatment methods**
- **Recommendation**
Must not be disposed together with household garbage. Do not allow product to reach sewage system.
Hand over to hazardous waste disposers.
- **Uncleaned packaging:**
- **Recommendation:** Disposal must be made according to official regulations.
- **Recommended cleansing agents:** Water, if necessary together with cleansing agents.

14 Transport information

- **UN-Number**
- **ADR, IMDG, IATA** not regulated
- **UN proper shipping name**
- **ADR, IMDG, IATA** not regulated
- **Transport hazard class(es)**
- **ADR, ADN, IMDG, IATA**
- **Class** not regulated
- **Packing group**
- **ADR, IMDG, IATA** not regulated
- **Environmental hazards:** Not applicable.
- **Special precautions for user** Not applicable.
- **Transport in bulk according to Annex II of Marpol and the IBC Code** Not applicable.
- **UN "Model Regulation":** not regulated

(Contd. on page 7)

Safety data sheet
according to ISO 11014:2009

Printing date 19.07.2022

Version number 2.0

Revision: 19.07.2022

Trade name: **FLAMEGARD CP**

(Contd. of page 6)

15 Regulatory information

- Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture
- GHS label elements
The product is classified and labelled according to the Globally Harmonised System (GHS).
- Hazard pictograms



GHS07 GHS08

- Signal word Warning
- Hazard-determining components of labelling:
Dimethyl [3-[(hydroxymethyl)amino]-3-oxopropyl]phosphonate methanol
- Hazard statements
H333 May be harmful if inhaled.
H317 May cause an allergic skin reaction.
H371 May cause damage to the central nervous system and the visual organs.
- Precautionary statements
P260 Do not breathe dust/fume/gas/mist/vapours/spray.
P280 Wear protective gloves.
P304+P312 IF INHALED: Call a POISON CENTER/doctor if you feel unwell.
P333+P313 If skin irritation or rash occurs: Get medical advice/attention.
P405 Store locked up.
P501 Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations.
- Directive 2012/18/EU
- Named dangerous substances - ANNEX I None of the ingredients is listed.
- Inventory Status
The components of this product are listed in or exempted from the inventory lists of the following countries or regions:
USA (TSCA)
Canada (DSL)
Australia (AICS)
New Zealand (NZIoC)
Philippines (PICCS)
Taiwan (TCSI)
China (IECSC)
Korea (KECI)
- Chemical safety assessment: A Chemical Safety Assessment has not been carried out.

16 Other information

This information is based on our present knowledge. However, this shall not constitute a guarantee for any specific product features and shall not establish a legally valid contractual relationship.

(Contd. on page 8)

UN

Safety data sheet
according to ISO 11014:2009

Printing date 19.07.2022

Version number 2.0

Revision: 19.07.2022

Trade name: **FLAMEGARD CP**

(Contd. of page 7)

· **Relevant phrases**

H225 Highly flammable liquid and vapour.
H301 Toxic if swallowed.
H311 Toxic in contact with skin.
H317 May cause an allergic skin reaction.
H319 Causes serious eye irritation.
H331 Toxic if inhaled.
H370 Causes damage to organs.

· **Version number : 2**

· **Department issuing SDS:** Product Stewardship & Regulatory Affairs department.

· **Contact:**

Specialist Product Stewardship & Regulatory Affairs
E-mail: PSRA-Thailand@tanatexchemicals.com

· **Abbreviations and acronyms:**

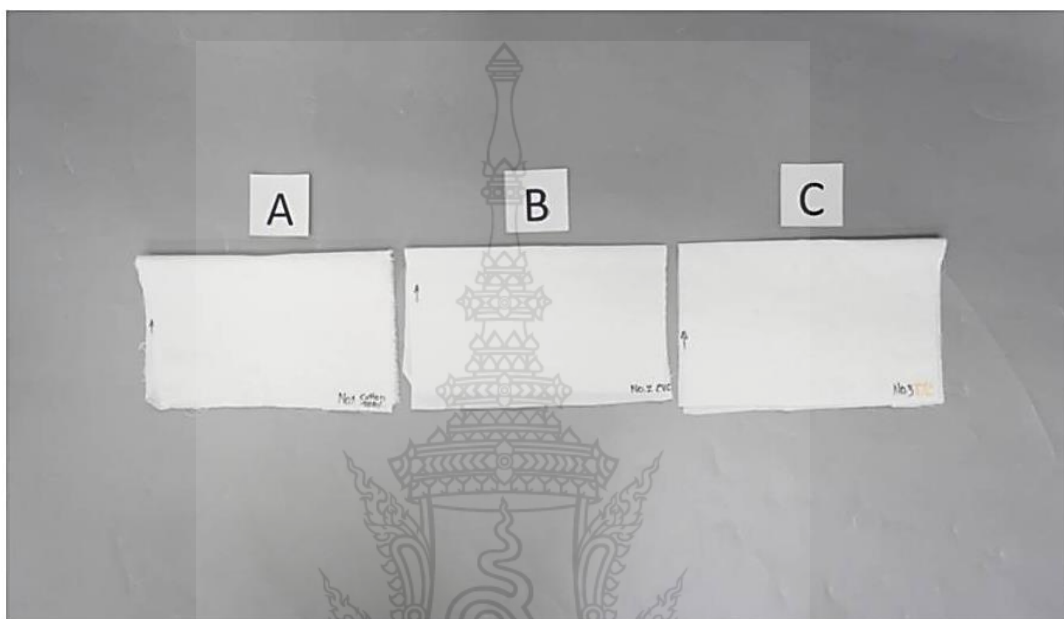
ADR: Accord relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road)
IMDG: International Maritime Code for Dangerous Goods
IATA: International Air Transport Association
EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances
ELINCS: European List of Notified Chemical Substances
CAS: Chemical Abstracts Service (division of the American Chemical Society)
LC50: Lethal concentration, 50 percent
LD50: Lethal dose, 50 percent
PBT: Persistent, Bioaccumulative and Toxic
SVHC: Substances of Very High Concern
vPvB: very Persistent and very Bioaccumulative
Flam. Liq. 2: Flammable liquids – Category 2
Acute Tox. 3: Acute toxicity – Category 3
Acute Tox. 5: Acute toxicity – Category 5
Eye Irrit. 2: Serious eye damage/eye irritation – Category 2
Skin Sens. 1: Skin sensitisation – Category 1
STOT SE 1: Specific target organ toxicity (single exposure) – Category 1
STOT SE 2: Specific target organ toxicity (single exposure) – Category 2

· *** Data compared to the previous version altered.**

UN

ภาคผนวก ข
ทดสอบความไวไฟของผ้า ตามมาตรฐาน 16 CFR PART
(AS AMENDMENT IN 2023)

REPORT NUMBER : BKKT24017571



Intertek Testing Services (Thailand) Ltd.

Page 1 of 7

1285/5 Prachachuen Rd., Wong Sawang, Bangsue, Bangkok 10800, Tel: (66) 2 765-2999 Fax: (66) 2118 2312 E-mail: thailand.softlines@intertek.com, <http://www.intertek.co.th> The report shall not be reproduced wholly or in parts without written approval of the laboratory. Attention is drawn to the terms and condition for testing printed overleaf.

TEST REPORT

NUMBER : BKKT24017571
DATE : 04-Dec-2024

APPLICANT : RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
PHRANAKHON
517 NAKHONSAN RD., KHWANG SUANJITLADA,
KHET DUSIT, BANGKOK 10300, THAILAND
ATTN : DR.RATTANAPHOL MONGKHOLRATTANASIT

SAMPLE DESCRIPTION : THREE (3) PIECES OF SUBMITTED SAMPLE SAID TO BE
WOVEN FABRIC
A) NO.1 COTTON
B) NO.2 CVC
C) NO.3 T/C

DATE RECEIVED/DATE TEST STARTED : 25 Nov 2024
DATE CONFIRMATION : 02 Dec 2024
TESTING PERIOD : 25 Nov 2024 TO 28 Nov 2024
FIBER CONTENT : -
ORDER NO./PO NO. : -
STYLE NO. : -
ARTICLE NO. : -
COLOR : (A)WHITE, (B)WHITE, (C)WHITE

TEST CONDUCTED : AS PER THE REQUEST OF THE APPLICANT. FOR FURTHER DETAILS PLEASE
REFER TO ENCLOSED PAGE(S)

AUTHORIZED BY
FOR Intertek Testing Services Ltd. [Bangkok]



THANATE KHONGYAI
OPERATION MANAGER - SOFTLINES

Intertek Testing Services (Thailand) Ltd.

Page 2 of 7

1285/5 Prachachuen Rd., Wong Sawang, Bangsue, Bangkok 10800, Tel: (66) 2 765-2999 Fax: (66) 2118 2312 E-mail: thailand.softlines@intertek.com, http://www.intertek.co.th The report shall not be reproduced wholly or in parts without written approval of the laboratory. Attention is drawn to the terms and condition for testing printed overleaf.

TEST REPORT

NUMBER : BKKT24017571
DATE : 04-Dec-2024

CONCLUSION :

BASED UPON THE SUBMITTED SAMPLE AND TEST RESULTS REPORTED,

FLAMMABILITY TEST - US

(A) (B) (C)
M1 M1 M1

NOTE : M = MEETS THE PROVIDED REQUIREMENT C = COMMERCIALY ACCEPTABLE
F = BELOW THE PROVIDED REQUIREMENT U = UNACCEPTABLE
* = NO SUBMITTED INFORMATION # = NO COMMENT
D = DATA ONLY NA = NOT APPLICABLE

(s) THE TEST WAS PERFORMED BY AN APPROVED SUBCONTRACTOR.

M1 = BASED UPON THE RESULTS OF THE FLAMMABILITY TEST REPORTED, THE SAMPLE SUBMITTED FOR TESTING IS RATED AS A CLASS 1 MATERIAL (NORMAL FLAMMABILITY) WHEN TESTED AND CLASSIFIED IN ACCORDANCE WITH PROCEDURES AND REQUIREMENTS OF THE FLAMMABILITY REGULATION 16 CFR PART 1610 ORIGINALLY EFFECTIVE FROM JANUARY 1953 AND AS AMENDED IN 2023.



TEST REPORT

NUMBER : BKKT24017571
DATE : 04-Dec-2024

TEST CONDUCTED (AS REQUESTED BY THE APPLICANT)

1. FLAMMABILITY TEST - US
16 CFR PART 1610 (AS AMENDMENT IN 2023)

CLEANSING CONDITION : THE SAMPLE WAS FIRST UNDERGONE DRYCLEANING IN PERCHLOROETHYLENE WITH CATIONIC DETERGENT AND THEN WASHED ACCORDANCE WITH AATCC LP1-2021, TEST NO. (1)(IV)(Aiii), MACHINE WASH AT 120°F, NORMAL CYCLE, FOLLOWED BY TUMBLE DRY PERMANENT PRESS.

SAMPLE (A)

☒ PLAIN SURFACE ☐ RAISED SURFACE

BURN DIRECTION: ☒ LENGTH ☐ WIDTH		BURN DIRECTION: ☒ LENGTH ☐ WIDTH	
PRELIM PLAIN SURFACE :		PRELIM PLAIN SURFACE :	
LENGTH	DNI	LENGTH	DNI
WIDTH	DNI	WIDTH	DNI
ORIGINAL (SECONDS)		AFTER ONE DRYCLEANING/LAUNDERING (SECONDS)	
1.	DNI	1.	DNI
2.	DNI	2.	DNI
3.	DNI	3.	DNI
4.	NA	4.	NA
5.	NA	5.	NA

Requirement
CLASS 1

CLASIFICACION:

- ☒ CLASS 1, NORMAL FLAMMABILITY
☐ CLASS 2, INTERMEDIATE FLAMMABILITY, RAISED SURFACE
☐ CLASS 3, RAPID AND INTENSE BURNING

TEST REPORT

NUMBER : BKKT24017571
DATE : 04-Dec-2024

SAMPLE (B)

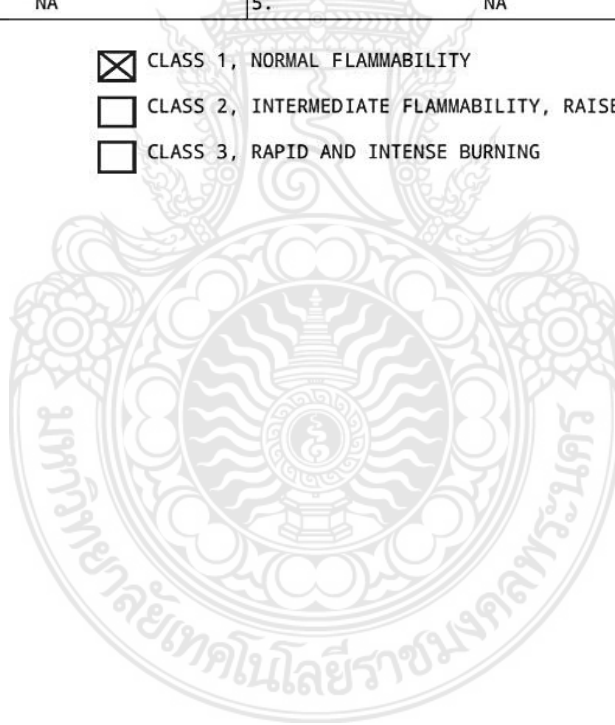
☒ PLAIN SURFACE ☐ RAISED SURFACE

BURN DIRECTION: ☒ LENGTH ☐ WIDTH		BURN DIRECTION: ☒ LENGTH ☐ WIDTH	
PRELIM PLAIN SURFACE :		PRELIM PLAIN SURFACE :	
LENGTH	DNI	LENGTH	DNI
WIDTH	DNI	WIDTH	DNI
ORIGINAL (SECONDS)		AFTER ONE DRYCLEANING/LAUNDERING (SECONDS)	
1.	DNI	1.	DNI
2.	DNI	2.	DNI
3.	DNI	3.	DNI
4.	NA	4.	NA
5.	NA	5.	NA

Requirement
CLASS 1

CLASIFICACION:

- ☒ CLASS 1, NORMAL FLAMMABILITY
☐ CLASS 2, INTERMEDIATE FLAMMABILITY, RAISED SURFACE
☐ CLASS 3, RAPID AND INTENSE BURNING



TEST REPORT

NUMBER : BKKT24017571
DATE : 04-Dec-2024

SAMPLE (C)

☒ PLAIN SURFACE ☐ RAISED SURFACE

BURN DIRECTION: ☒ LENGTH ☐ WIDTH		BURN DIRECTION: ☒ LENGTH ☐ WIDTH	
PRELIM PLAIN SURFACE :		PRELIM PLAIN SURFACE :	
LENGTH	DNI	LENGTH	DNI
WIDTH	DNI	WIDTH	DNI
ORIGINAL (SECONDS)		AFTER ONE DRYCLEANING/LAUNDERING (SECONDS)	
1.	DNI	1.	DNI
2.	DNI	2.	DNI
3.	DNI	3.	DNI
4.	NA	4.	NA
5.	NA	5.	NA

Requirement
CLASS 1

CLASIFICACION:

- ☒ CLASS 1, NORMAL FLAMMABILITY
☐ CLASS 2, INTERMEDIATE FLAMMABILITY, RAISED SURFACE
☐ CLASS 3, RAPID AND INTENSE BURNING

EXPLANATION OF FLAMMABILITY RESULTS :

IBE IGNITED , BUT EXTINGUISHED, THE ASTERISK () DENOTES A BURN THAT GOES UNDER THE CORD WITHOUT BREAKING THE CORD.
DNI DID NOT IGNITE.
IBE IGNITED , BUT EXTINGUISHED.
0.0 IBE ACTUAL TIME OF BURN FROM IGNITION UNTIL THE FLAME SEVERES THE CORD DIRECTLY ABOVE THE SPECIMEN (RELEASING THE WEIGHT WHICH IN TURN STOPS THE TIMER) WILL GIVE A NUMERICAL TIME IN 0.0 SECONDS.
*0.0 SFBB POI TIME IN SECONDS, SURFACE FLASH BASE BURN POSSIBLY STARTING AT THE POINT OF IMPINGEMENT. THE ASTERISK IS ACCOMPANIED BY THE FOLLOWING:" UNABLE TO MAKE ABSOLUTE DETERMINATION AS TO SOURCE OF BASE BURNS." BURNING.IT DOES NOT QUALITY AS A BASE BURN UNDER THE CURRENT INTERPRETATION OF CFR 1610.
0.0 SF ONLY TIME IN SECONDS, SURFACE FLASH ONLY.NO DAMAGE TO THE BASE FABRIC.
*0.0 SFBB TIME IN SECONDS, SURFACE FLASH BASE BURN.BASE STARTS BURNING AT POINTS OTHER Tahn POINT OF IMPINGEMENT.
0.0 SFBB POI TIME IN SECONDS, SURFACE FLASH BASE BURN.BASE STARTS BURNING AT POINTS OTHER Tahn POINT OF IMPINGEMENT.
SF PW SURFACE FLASH, PART WAY.NO TIME SHOWN BECAUSE THE SURFACE FLASH DID NOT REACH THE CORD.
SF UC SURFACE FLASH UNDER THE CORD , BUT DOES NOT BREAK THE CORD.
SF POI SURFACE FLASH, AT POINT OF IMPINGEMENT ONLY(EQUIVALENT TO "DID NOT IGNITE" FOR PLAIN SURFACE).

NA = NOT APPLICABLE DUE TO THE LIMITATION OF SAMPLE SIZE

END OF THE TEST REPORT

TEST REPORT

NUMBER : BKKT24017571
DATE : 04-Dec-2024

This report (including any enclosures and attachments) are prepared for the exclusive use of the Customer(s) named in the report and solely for the purpose for which it is provided and on the basis of instructions and information and/or materials supplied by Intertek's Customer. The test results relate only to the specific items tested and are not intended to be a recommendation for any particular course of action. Customer is responsible for acting as it sees fit on the basis of such results. Unless Intertek provide express prior written consent, no part of this report should be reproduced, distributed or communicated to any third party. Intertek do not accept any liability if this report is used for an alternative purpose from which it is intended, nor do Intertek owe any duty of care to any third party in respect of this report. Except where explicitly agreed in writing, all work and services performed is governed by Intertek Standard Terms and Conditions of Service which is available on request or can be obtained at <http://www.intertek.com/terms>.





ภาคผนวก ค
การเผยแพร่ผลงานวิจัย



The 4 National Conference on Natural Resources and Health Science; NACON-NARAHS



Well
Ness

หนังสือประมวลบทความ
ในการประชุมวิชาการระดับชาติ

PROCEEDINGS

ครั้งที่ 4 ประจำปี 2568

ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสุขภาพ

“นวัตกรรมเพื่อการเกษตรและสุขภาพที่ยั่งยืนในยุคดิจิทัล”



14 Feb
2025

14 ก.พ.
2568

การศึกษาสมบัติเชิงกายภาพของผ้าทอที่ผ่านการตกแต่งด้วย
สารหน่วงไฟสำหรับการผลิตเสื้อผ้าเด็ก
Study of Physical Properties of Flame-Retardant Finishing
Woven Fabrics for Children Clothing

วุฒิพงษ์ ฐิโรโธ^{1*} รัตนพล มงคลรัตนาสิต¹ และสมชาย อุดร²
Wuttipong Tirakotai¹, Rattanaphol Mongkolrattanasit¹ and Somchai Udon²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งทอ เครื่องนุ่งห่มและแฟชั่น คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

²สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

¹Division of Textile, Clothing and Fashion Technology, Faculty of Industrial Textiles and Fashion Design, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

²Division of Textile Technology, Faculty of Textile Industry, Rajamangala University of Technology Krungthep

*Corresponding author: wuttipong-ti@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง “การศึกษาสมบัติเชิงกายภาพของผ้าทอที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟสำหรับการผลิตเสื้อผ้าเด็ก” นี้ มีที่มาจากการที่ผู้วิจัย พบว่า ชุดนอนของเด็กในต่างประเทศมีสมบัติหน่วงไฟ อันเนื่องมาจากมีข้อกำหนดทางกฎหมาย แต่สำหรับในประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายกำหนด ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะทดลองผลิตผ้าหน่วงไฟที่สามารถใช้งานในชีวิตประจำวันของเด็กได้จริง เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการกำหนดเป็นกฎหมายในอนาคตต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารหน่วงไฟที่มีผลต่อผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสม 2) เพื่อศึกษาสมบัติการหน่วงไฟของผ้าก่อนและหลังการซักแห้ง 3) เพื่อทดสอบสมบัติเชิงกายภาพของผ้าหลังจากการตกแต่งหน่วงไฟ วิธีการวิจัย จะเริ่มด้วยการเตรียมผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสม 2 ชนิด คือ ผ้า ซีวีซี (CVC) และผ้าทีซี (TC) จากนั้นนำไปตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟ Flamegard CP ผลการศึกษาพบว่าใช้สารหน่วงไฟ Flamegard CP ปริมาณ 100 กรัมต่อลิตร กรดฟอสฟอริก 10 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิที่ใช้ในการผกผันสารหน่วงไฟเป็น 165 องศาเซลเซียส ในเวลา 30 วินาที มีความเหมาะสมที่สุด จากการทดลองพบว่าสารหน่วงไฟที่ตกแต่งลงบนผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ยังคงยึดติดอยู่กับวัสดุสิ่งทอไม่หลุดออกแม้จะถูกกระทำด้วยสารซักแห้ง (dry-cleaning agent) ชนิดเปอร์คลอโรเอทิลีน (perchloroethylene) ซึ่งเป็นสารซักแห้งหลักที่ใช้ในอุตสาหกรรมซักรีด (laundry industry) นอกจากนี้ยังพบว่าผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพของผ้า 3 ชนิดหลังจากตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟ ไม่ว่าจะเป็นความกระด้างของผ้า (stiffness) ความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาด (tensile strength) และความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด (tear strength) มีความแตกต่างกันเล็กน้อยไปจากคุณสมบัติเชิงกายภาพของผ้าก่อนการตกแต่งสารหน่วงไฟ

คำสำคัญ: ผ้าทอ, สารหน่วงไฟ, สมบัติด้านกายภาพ, เสื้อผ้าเด็ก

Abstract

The research work entitled “Study of Physical Properties of Flame-Retardant Finishing Woven Fabrics for Children Clothing” was conducted because there are no regulatory standards governing flame retardant protective clothing for child in Thailand. Therefore, the researcher’s idea was to experiment with producing flame-retardant fabric that could be used in children’s daily lives. The objectives of the research are 1) to study the effect of flame-retardant concentration on cotton and cotton blends, 2) to examine the flame retardant properties of fabrics before and after dry cleaning, 3) to test the physical properties of the fabric after fire retardant finishing. The research method will begin by preparing cotton and 2 types of cotton blends, namely CVC fabric (CVC) and TC fabric (TC), then finishing each type of fabric with Flamegard CP. The study was found that the optimal concentration of Flamegard CP was at a quantity of 100 g/L, phosphoric acid concentration was 10 g/L, the suitable temperature used to seal the flame retardant was 165 °C, and the appropriate time required to seal the flame retardant was 30 sec. Experiment result revealed that the flame retardants finished on the three types of woven fabrics still adhered to the textile materials and did not come off even when treated with a dry-cleaning agent (perchloroethylene) type. which is the main dry-cleaning agent used in the laundry industry. Physical properties of three types of fabrics after finishing with flame retardants. Whether it is the stiffness, tensile strength and tear strength resistance of the fabrics, there are a slight difference from the physical properties of the fabric before the finishing of flame retardants.

Keywords: woven fabric, flame retardant, physical properties, children's clothing

1. บทนำ

แผลไหม้ (burn wound) จัดเป็นแผลชนิดหนึ่งที่มีความเจ็บปวดสามารถเกิดได้จากความร้อน ไฟฟ้า สารเคมี หรือพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสาเหตุการเกิดแผลไหม้ในผู้ใหญ่เกิดจากเปลวเพลิง และในเด็กมักมีสาเหตุจากการถูกน้ำร้อนลวก รองลงมาคือสาเหตุจากเปลวเพลิง ซึ่งเป็นการเล่นซุกซน เช่น การเล่นไม้ขีดไฟ เล่นประทัด หลายครั้ง การติดไฟเกิดบนเสื้อผ้าและลามจนเกิดไฟไหม้บนเสื้อผ้ากินบริเวณกว้าง เกิดภาวะแผลไหม้กับผู้สวมใส่โดยเฉพาะในเด็กเล็ก ผู้วิจัยซึ่งมีอาชีพเป็นแพทย์ และได้มีโอกาสใช้ชีวิตในต่างประเทศระหว่างเรียนหลายปี พบว่าชุดนอนของเด็กในต่างประเทศจะมีการกำหนดมาตรฐานให้มีคุณสมบัติทนไฟ อันเนื่องมาจากการที่มีข้อกำหนดทางกฎหมายบังคับไว้ แต่สำหรับในประเทศไทยปัจจุบันยังไม่มีข้อบังคับดังกล่าว

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะทดลองผลิตผ้าทอทนไฟที่สามารถใช้งานในชีวิตประจำวันของเด็กได้จริงเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการกำหนดเป็นกฎหมายในอนาคตต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย 1) เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารทนไฟที่มีผลต่อผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสม 2) เพื่อศึกษาสมบัติการทนไฟของผ้าก่อนและหลังการซักแห้ง และ 3) เพื่อทดสอบสมบัติเชิงกายภาพของผ้า ภายหลังจากตกแต่งสารทนไฟ

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) ผ้าทอ 3 ชนิด จากบริษัท ล้อศิรินิมิตวงศ์เท็กซ์ไทล์ จำกัด เป็นผ้าทอลายขัดหน้ากว้าง 63 นิ้วเท่ากัน โดยผ้าฝ้ายมีน้ำหนัก 136 กรัมต่อตารางเมตร ผ้าชีวีชีมีน้ำหนัก 133 กรัมต่อตารางเมตร และผ้าที่ชีมีน้ำหนัก 134 กรัมต่อตารางเมตร

2) สารเคมีหลักที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย สารหน่วงไฟ คือ Flamegard CP จากบริษัท ทานาเท็กซ์ เคมีเคิล (ประเทศไทย) จำกัด และกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 85 (H_3PO_4 85%) จาก บ.สตาร์ เทค เคมีคอล อินดัสเทรียล จก.

2.2 การเตรียมผ้าเพื่อการตกแต่ง

เนื่องจากผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นผ้าทอดิบ (grey fabric) จากโรงงานอุตสาหกรรมทอผ้า ก่อนนำไปทำการตกแต่งต้องเตรียมก่อน ซึ่งมีขั้นตอนในการเตรียมผ้าที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการลอกแป้ง โดยผ้าทอทั้ง 3 ชนิด จะถูกลอกแป้งด้วยสารเคมีในสภาวะเดียวกัน คือ ใช้สารลอกแป้งชนิด โซเดียมเปอร์ซัลเฟต ($Na_2S_2O_8$) ปริมาณการใช้ 1 กรัมต่อลิตร โดยอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อน้ำหนักผ้าเป็น 20 ต่อ 1 และใช้อุณหภูมิในการลอกแป้งที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และ 2) การทำความสะอาดและฟอกขาวซึ่งจะทำต่อเนื่องกัน โดยในการทำความสะอาดและฟอกขาวผ้าทอทั้ง 3 ชนิด จะใช้สารเคมีตามตารางที่ 1 โดยเริ่มที่การทำความสะอาดด้วยการใช้น้ำสบู่และโซดาไฟน้ำ ต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที จากนั้นทำการฟอกขาวต่อโดยเติมสารควบคุมการแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงไปตามลำดับ ต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที นำมาล้างน้ำ 2 ครั้ง เช็ค่าพีเอช (pH) บนผ้าว่าเป็นกลางหรือไม่ ถ้าไม่เป็นกลางให้ปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยการดองซีดิกแล้วนำผ้าลงแช่ในเอ็นไซม์ชนิดคะตะเลส (catalase enzyme) ปริมาณ 5 กรัมต่อลิตร เวลา 5 นาที เพื่อกำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ตกค้างบนผ้าออก

ตารางที่ 1 สารเคมีและปริมาณที่ใช้ในการทำความสะอาดและฟอกขาวผ้าทอแต่ละชนิด

Chemicals and amount of use (g/l)	Fabric		
	Cotton	CVC	TC
Nonionic surfactant	1	1	1
NaOH (50%)	6	4	2
Stabilizer for H_2O_2	0.6	0.4	0.2
H_2O_2 (50%)	6	4	2

2.3 การตกแต่งผ้าด้วยสารหน่วงไฟ

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองหาสูตรเคมีและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟที่เหมาะสม สำหรับผ้าทอทั้ง 3 ชนิดตามตารางที่ 3 วิธีการตกแต่งทำโดยเตรียมสารหน่วงไฟตามตารางที่ 2 และนำผ้าทอที่ผ่านการเตรียมทั้ง 3 ชนิด จำนวน 45 ชิ้นที่ตัดไว้ มาจุ่มสารหน่วงไฟ จากนั้นนำผ้าเข้าเครื่องบีบอัด (ภาพที่ 1) โดยผ้าทุกชิ้นจะต้องถูกจุ่มสารหน่วงไฟแล้วนำเข้าสู่เครื่องบีบอัด 2 ครั้ง แล้วนำผ้าที่ผ่านการจุ่มอัดสารหน่วงไฟเข้าอบในตู้อบลมร้อน (oven) (ภาพที่ 2) อุณหภูมิที่ใช้อบต้องไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส จนผ้าแห้ง และนำผ้าที่ผ่านอบแห้งแล้วไปทำการผึ่ง (curing)

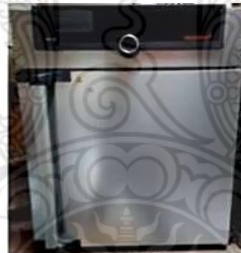
(ภาพที่ 3) เพื่อให้สารหน่วงไฟทำปฏิกิริยาทางเคมีกับเส้นใยที่สมบูรณ์ด้วยเครื่องสแตนเดอร์ โดยใช้อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียสในการผก สำหรับเวลาที่ใช้ในการผกเป็นไปตามตารางการทดลองที่ 3 หลังการผกสารหน่วงไฟเสร็จสิ้น ต้องทำการซักล้างผ้าในทันที เพื่อไม่ให้ผ้าสูญเสียความแข็งแรงเนื่องจากกรดฟอสฟอริกที่ใช้ร่วมกับสารหน่วงไฟ โดยการนำผ้าไปแช่ในน้ำอุณหภูมิห้องที่มีสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 10 กรัมต่อลิตร ประมาณ 10 นาที ตรวจสอบค่า pH ของผ้าให้ได้ค่าอยู่ในช่วง 7-8

ตารางที่ 2 การทดลองหาสูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าทอทั้ง 3 ชนิด

Fabric	Chemicals and amount of use		Temperature (°C)	Time (sec.)
	Flamegard CP (g/l)	H ₃ PO ₄ 85% (g/l)		
Cotton,	100	10	165	30, 45, 60
CVC	150	15	165	30, 45, 60
and TC	200	20	165	30, 45, 60
	250	25	165	30, 45, 60
	300	30	165	30, 45, 60



ภาพที่ 1 เครื่องบีบอัด



ภาพที่ 2 ตู้อบลมร้อน



ภาพที่ 3 เครื่องสแตนเดอร์สำหรับผกสารหน่วงไฟ

2.4 การทดสอบการหน่วงไฟโดยวิธีหาค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือ (% Char yield)

ทำโดยการตัดผ้าขนาด 10x10 เซนติเมตร นำผ้าเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 30 นาที แล้วนำมาใส่ในโถดูดความชื้น (desiccator) เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำผ้าที่อบไล่ความชื้นแล้วมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล (W1) นำผ้ามาวางท่ามุม 45 องศา แล้วใช้อุปกรณ์จุดก๊าซจุดไฟบริเวณฐานของผ้าเป็นเวลา 1 วินาที สังเกตการไหม้ของผ้าทดสอบจนกระทั่งเปลวไฟดับลง แล้วนำผ้าส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้มาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่ได้ (W2) คำนวณหาค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือดังสมการที่ 1

$$\text{Char yield} = W2/W1 \times 100 \text{ ----- (สมการที่ 1)}$$

โดย W1 และ W2 คือ น้ำหนักก่อนและหลังจากที่กระบวนการเผาไหม้สิ้นสุดลงตามลำดับ

2.5 การทดสอบความสามารถในการติดไฟของผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่มตามมาตรฐาน 16 CFR Part 1610 (AS AMENDMENT IN 2023) ทำการคัดเลือกสูตรและสภาวะการตกแต่งสารหน่วงไฟที่เหมาะสมสำหรับผ้าแต่ละชนิด โดยพิจารณาผลการทดสอบร้อยละของเถ้าที่เหลือ และเมื่อได้สูตรและสภาวะการตกแต่งผ้าที่เหมาะสมแล้ว นำผ้าที่ผ่านการคัดเลือกไปทำการซักแห้ง 1 ครั้ง โดยใช้สารเปอร์คลอโรเอทิลีน แล้วทำการทดสอบตามมาตรฐาน 16 CFR Part 1610 รายงานเวลาของการลุกไหม้ติด (บันทึกเวลาเผาไหม้) และจัดชั้นคุณภาพของชิ้นทดสอบ

2.6 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

ในงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบสมบัติของผ้าที่ผ่านการตกแต่งสารหน่วงไฟ ใน 3 หัวข้อ คือ การทดสอบความกระด้างของผ้า (stiffness) ตามมาตรฐาน ASTM D 1388-96 การทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาด (tensile strength) ตามมาตรฐาน ASTM D 5034 และการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด (tear strength) ตามมาตรฐาน ASTM D 1424

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดสอบการหน่วงไฟโดยวิธีหาค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือ

ปริมาณเถ้าที่เหลือของกรรมวิธีการเผา ผ้าฝ้าย ผ้าซีวีซี และผ้าทชี ทั้งหมดและหลังตกแต่งสารหน่วงไฟที่ระยะเวลา 30 45 และ 60 วินาที แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการหน่วงไฟโดยวิธีหาค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือ

Chemicals and		Time (sec.)	% Char yield					
Amount of uses			Cotton fabric		CVC fabric		TC fabric	
Flamegard	H ₃ PO ₄		Untreated	Treated	Untreated	Treated	Untreated	Treated
CP	85%							
(g/l)	(g/l)							
-	-	-	13.14	-	19.14	-	17.44	-
		30	-	95.52	-	94.06	-	94.09
100	10	45	-	95.63	-	94.83	-	94.63
		60	-	95.95	-	95.61	-	94.62
		30	-	95.78	-	96.74	-	94.96
150	15	45	-	96.79	-	96.74	-	95.82
		60	-	96.49	-	96.44	-	95.66

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการหน่วงไฟโดยวิธีหาค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือ (ต่อ)

Chemicals and Amount of uses		Time (sec.)	% Char yield					
			Cotton fabric		CVC fabric		TC fabric	
Flamegard	H ₃ PO ₄		Untreated	Treated	Untreated	Treated	Untreated	Treated
CP	85%							
(g/l)	(g/l)							
200	20	30	-	96.75	-	96.85	-	95.46
		45	-	98.06	-	96.64	-	95.15
		60	-	98.12	-	96.75	-	96.05
250	25	30	-	98.06	-	96.57	-	96.41
		45	-	98.34		96.91	-	96.09
		60	-	98.27		96.76	-	96.04
300	30	30	-	98.17		96.72	-	96.25
		45	-	98.32		96.27	-	96.73
		60	-	98.26		96.18	-	96.45

3.2 ผลการทดสอบความสามารถในการติดไฟของผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่มตามมาตรฐาน 16 CFR Part 1610 แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความสามารถในการติดไฟของผ้าทอทั้ง 3 ชนิดที่ ตกแต่งสารหน่วงไฟก่อนและหลังการซักแห้ง

Fabric	Specimen	Result (sec.)
Cotton	Original	DNI
	After one dry-cleaning	DNI
CVC	Original	DNI
	After one dry-cleaning	DNI
TC	Original	DNI
	After one dry-cleaning	DNI

Note: DNI = Did not ignite

3.3 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้า ประเมินผลจากค่าความยาวของการโค้งตัว (bending length) ของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง ของผ้าฝ้าย ผ้าชีวีซี และผ้าทีซี ทั้งก่อนและหลังตกแต่งสารหน่วงไฟ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้า

Fabric direction	Bending length (cm.)					
	Untreated	Treated	Untreated	Treated	Untreated	Treated
	cotton	cotton	CVC	CVC	TC	TC
Warp direction	1.85	2.13	1.95	2.18	1.97	2.15
Weft direction	2.07	2.33	2.07	2.34	2.10	2.38

3.4 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยและระยะการยืดตัวออก ของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง ของผ้าฝ้าย ผ้าชีวีซี และผ้าทีซี ทั้งก่อนและหลังตกแต่งสารหน่วงไฟ แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยและระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยของผ้าทอทั้ง 3 ชนิด

Types of fabric	Fabric direction	Breaking load (Newton)		Elongation (%)	
		Untreated	Treated	Untreated	Treated
Cotton	Warp	323.30	299.45	19.89	16.99
	Weft	207.25	196.00	8.50	7.55
CVC	Warp	470.37	453.37	23.95	23.70
	Weft	276.40	251.35	14.60	12.93
TC	Warp	404.15	372.80	21.89	19.59
	Weft	249.75	221.10	10.82	10.04

3.5 ผลการทดสอบความคงทนของผ้าต่อแรงฉีกขาด ของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง ของผ้าฝ้าย ผ้าชีวีซี และผ้าทีซี ทั้งก่อนและหลังตกแต่งสารหน่วงไฟ แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบความคงทนของผ้าต่อแรงฉีกขาด

Types of fabric	Fabric direction	Tear strength (Newton)	
		Untreated	Treated
Cotton	Warp	5.33	4.40
	Weft	7.49	5.60
CVC	Warp	9.62	6.38
	Weft	13.95	9.62
TC	Warp	7.91	6.38
	Weft	11.93	8.94

4. วิจัยผลการวิจัย

จากผลการทดลองในตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟมีค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือสูงกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟเป็นอย่างมาก คือ มีค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือสูงกว่าผ้าที่ไม่ตกแต่งสารหน่วงไฟประมาณ 5 เท่า ซึ่งการที่มีค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือสูงนี้แสดงว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งสารหน่วงไฟมีความสามารถในการต้านทานการลุกไหม้ติดไฟได้ดี และจากการผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณสารหน่วงไฟที่ใช้ในปริมาณที่แตกต่างกันรวมถึงเวลาที่ใช้ในการผิกลสารหน่วงไฟที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าร้อยละของเถ้าที่เหลือมากนัก จึงเลือกสูตรและสภาวะที่เหมาะสมในการตกแต่งสารหน่วงไฟสำหรับผ้าทั้ง 3 ชนิด คือ ใช้สารหน่วงไฟ Flamegard CP ปริมาณ 100 กรัมต่อลิตร กรดฟอสฟอริก 10 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส และเวลาในการผิกลสารหน่วงไฟ 30 วินาที และเหตุอีกประการที่เลือกใช้สารและสภาวะดังกล่าว เพราะการใช้สารหน่วงไฟที่เพิ่มมากขึ้น จำเป็นต้องใช้กรดฟอสฟอริกในปริมาณที่มากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งกรดฟอสฟอริกเป็นกรดอินทรีย์ที่สามารถทำลายเส้นใยฝ้ายและทำให้ผ้าเปื่อยได้

สำหรับตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบการหน่วงไฟของผ้าตามมาตรฐาน 16 CFR Part 1610 พบว่า ผ้าทดสอบทุกชิ้นได้ผลการทดสอบเป็น DNI คือ ไม่ติดไฟ และสามารถจัดระดับคุณภาพของผ้าอยู่ในชั้นที่ 1 ซึ่งผ่านเกณฑ์เนื่องจากเปลวไฟลามเป็นเวลา 3.5 วินาทีหรือมากกว่า ซึ่งหมายความว่าสารหน่วงไฟที่ตกแต่งลงบนผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ยังคงยึดติดอยู่กับผ้าไม่หลุดออกแม้จะถูกชักล้างด้วยสารซักแห้งชนิดเปอร์คลอโรเอทิลีน ซึ่งเป็นสารซักแห้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมซักรีด

ในส่วนของการทดสอบค่าความกระด้างของผ้าตามตารางที่ 5 พบว่า ผ้าทั้ง 3 ชนิดที่ตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟ มีค่าความยาวของการโค้งตัวเฉลี่ยทั้งแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่สูงกว่าผ้าที่ไม่ตกแต่งประมาณร้อยละ 9-15 แสดงให้เห็นว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟจะมีความกระด้างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยทั้งแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่ง

ส่วนผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาดจากตารางที่ 6 พบว่าผ้าทอทั้ง 3 ชนิดที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงและค่าระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยลดลงทั้งตามแนวเส้นด้ายยืนและตามแนวเส้นด้ายพุ่ง โดยผ้าฝ้ายมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 7.4 และตามแนวเส้นด้ายพุ่งลดลงร้อยละ 5.4 ส่วนค่าระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 14.6 และลดลงร้อยละ 11.2 ตามแนวเส้นด้ายพุ่ง ผ้าชีวีซีมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 3.6 และตามแนวเส้นด้ายพุ่งลดลงร้อยละ 9.1 ส่วนค่าระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 1.0 และลดลงร้อยละ 11.4 ตามแนวเส้นด้ายพุ่ง และสำหรับผ้าที่มีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงเฉลี่ยตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 7.8 และตามแนวเส้นด้ายพุ่งลดลงร้อยละ 11.5 ส่วนค่าระยะการยืดตัวออกเฉลี่ยตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 10.5 และลดลงร้อยละ 7.2 ตามแนวเส้นด้ายพุ่ง

และผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาดแสดงผลดังตารางที่ 7 พบว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟจะมีค่าความคงทนต่อแรงฉีกขาดลดลงมากพอสมควร โดยค่าความคงทนต่อแรงฉีกขาดในผ้าฝ้ายตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 17.4 ขณะที่ตามแนวเส้นด้ายพุ่งลดลงร้อยละ 25.2 ส่วนค่าความคงทนต่อแรงฉีกขาดในผ้าชีวีซีตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 33.7 ขณะที่ตามแนวเส้นด้ายพุ่งลดลงร้อยละ 31.0 และสำหรับค่าความคงทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าที่ชีตามแนวเส้นด้ายยืนลดลงร้อยละ 19.3 ขณะที่ตามแนวเส้นด้ายพุ่งลดลงร้อยละ 25.1

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ผ้าทอทั้ง 3 ชนิดที่นำมาใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ ผ้าฝ้าย ผ้าชีวีซี และผ้าที่ซี สามารถนำมาตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟและให้ผลภายหลังการตกแต่งที่น่าพอใจ โดยสูตรและสภาวะในการตกแต่งสารหน่วงไฟที่เหมาะสม คือ ใช้สารหน่วงไฟ Flamegard CP ปริมาณ 100 กรัมต่อลิตร กรดฟอสฟอริก 10 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิที่ใช้ในการพ่นสารหน่วงไฟ 165 องศาเซลเซียส เวลา 30 วินาที และพบว่าสารหน่วงไฟที่ตกแต่งลงบนผ้าทอทั้ง 3 ชนิด ยังคงยึดติดอยู่กับผ้าไม่หลุดออกแม้จะถูกซักด้วยสารซักแห้ง ส่วนผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผ้าทอทั้ง 3 ชนิดภายหลังจากตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟในหัวข้อความกระด้างของผ้า ความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาด และความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด พบว่า ไม่มีความแตกต่างไปจากสมบัติด้านกายภาพของผ้าก่อนการตกแต่งสารหน่วงไฟ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำองค์ความรู้ไปต่อยอดการศึกษาให้ครอบคลุม ด้วยการเพิ่มชนิดของผ้า ชนิดของสารหน่วงไฟ กลุ่มเป้าหมาย และยังสามารถเพิ่มโอกาสในการศึกษาเพื่อการผลิตผ้าสำหรับอาชีพที่มีความเสี่ยงต่อการสัมผัสความร้อนจากไฟ เช่น อาชีพนักดับเพลิง พ่อครัว และอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

- วิชัย ศรีมนินทรนิมิต. (2567, 14 กรกฎาคม). BURNS IN CHILDREN, สืบค้นจาก <https://acmrrama.com/download/pdf/Burn>.
- เกษม ทิพัฒน์ปัญญานุกูล. (2537). การควบคุมคุณภาพงานเตรียมสิ่งทอเพื่อการย้อม. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- W. D. Schindler, & P. J. Hauser. (2004). Chemical finishing of textile. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd.
- Edward D. Weil, & Sergei V. Levchik. (2009). Flame Retardants for Plastics and Textiles: Practical Applications. Munich, Germany: Carl Hanser Verlag.
- Jenny Alongi, A. Richard Horrocks, Federico Carosio, & Giulio Malucelli. (2013). Update on Flame Retardant Textiles: State of the Art, Environmental Issues and Innovative Solutions. Shropshire, UK: Smithers Rapra Technology Ltd.
- รัตนพล มงคลรัตนาสี. (2565). เอกสารคำสอนวิชา การวิเคราะห์และทดสอบสิ่งทอ. กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- สิริรัตน์ จารุจินดา. (2553). สิ่งทอป้องกันความร้อนและเปลวไฟ ใน นรากร รังสิมันตกุล และเข็มชัย เหมะจันทร์ (บ.ก.), การทดสอบสิ่งทอสมบัติพิเศษ. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ.

ประวัติผู้เขียน

ประวัติผู้เขียน	นายวุฒิพงษ์ จุริโฆไท
วัน เดือน ปีเกิด	17 พฤศจิกายน 2514
ที่อยู่	319/17 ซอยนาคนำรุง แขวงคลองมอหานาค เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย กรุงเทพมหานคร 10100
ประวัติการศึกษา	1 มัธยมศึกษา สอนกุหลาบวิทยาลัย พ.ศ.2527-2532 2 แพทยศาสตร์บัณฑิต คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2538 3 วุฒิบัตรวิชาชีพเวชกรรม สาขาประสาทศัลยศาสตร์ แพทยสภา พ.ศ.2542 4 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการแพทย์คลินิก) มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2543 5 อนุมัติบัตรวิชาชีพเวชกรรม สาขาเวชศาสตร์ครอบครัว แพทยสภา พ.ศ. 2546 6 Dr.med. (magna cum laude) สหพันธ์รัฐเยอรมนี, มิถุนายน พ.ศ. 2547 7 German Board of Neurosurgery สหพันธ์รัฐเยอรมนี, พฤศจิกายน พ.ศ. 2547 8 Postdoctoral Research & Clinical Fellowship (Alexander von Humboldt) พ.ศ. 2550
ประวัติการทำงาน	ประสาทศัลยแพทย์ สถาบันประสาทวิทยา พ.ศ. 2550 - ปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	094 165 1559
อีเมลล์	wuttipong-ti@rmu.ac.th