

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การทดลอง



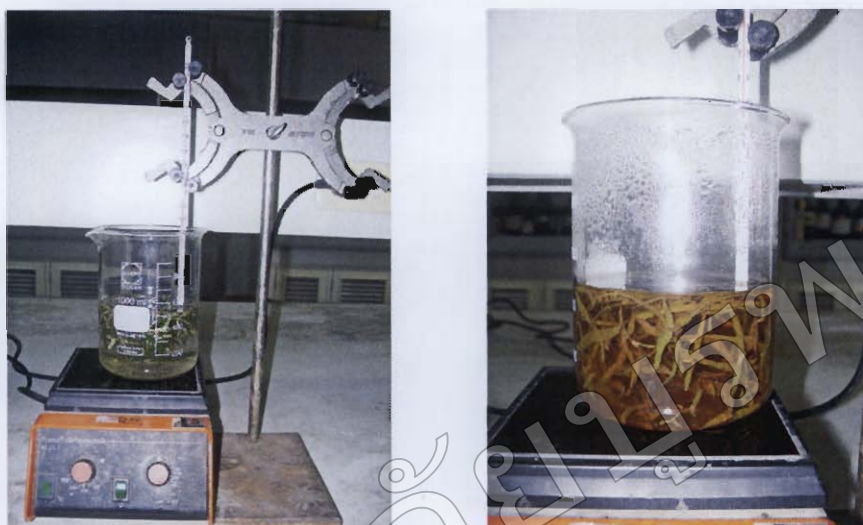
ภาพที่ 13 ต้นสักและส่วนของใบที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 14 การล้างทำความสะอาดและตัดใบสักให้เป็นชิ้นเล็กฝอย



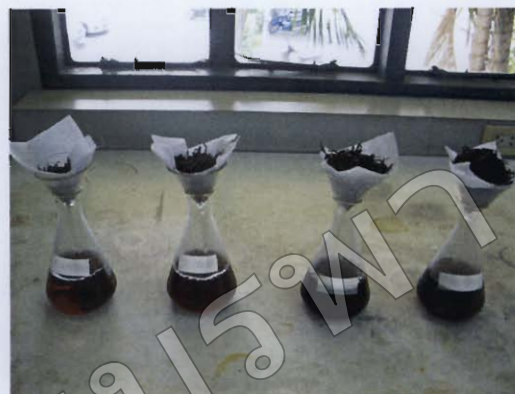
ภาพที่ 15 การชั่งน้ำหนักใบสัก



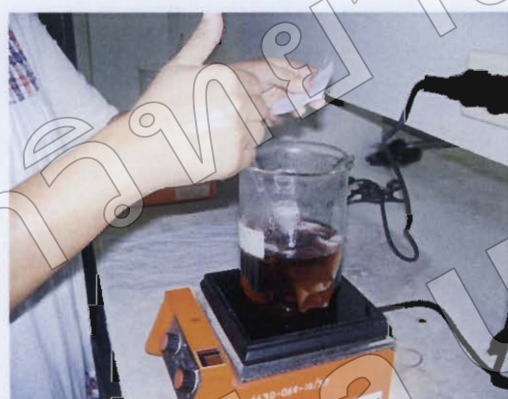
ภาพที่ 16 การให้ความร้อนจนอุณหภูมิของน้ำย้อมสูงถึง 90 องศาเซลเซียส จับเวลา 30 นาที



ภาพที่ 17 การศึกษาอัตราส่วนน้ำหนักใบสัปดาห์ต่อปริมาณน้ำที่ใช้ในการสกัด



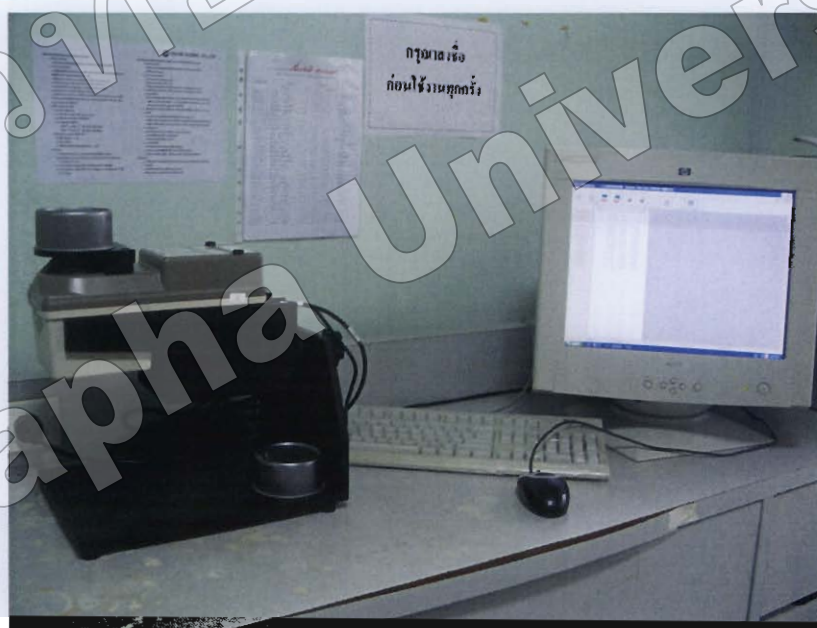
ภาพที่ 18 กรองแยกใบสีกจากน้ำขอมที่สกัดได้



ภาพที่ 19 การขอมผ้าด้วยน้ำขอมที่สกัดได้



ภาพที่ 20 ตัวอย่างผ้าที่ผ่านการย้อมและนำมาผึ่งให้แห้ง



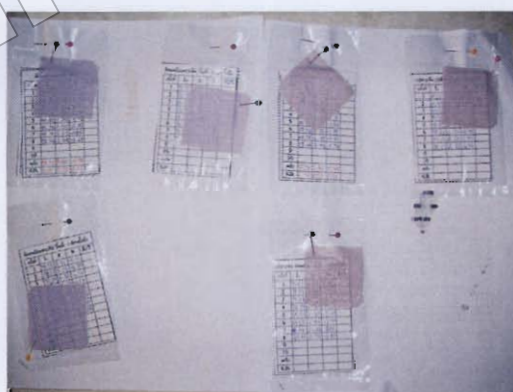
ภาพที่ 21 เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น MiniScan XE plus, USA



ภาพที่ 22 การวัดค่าสีของผ้าด้วยเครื่องวัดสี



ภาพที่ 23 การซักผ้าแช่ในสารละลายผงซักฟอก 1% (w/v) 5 นาที แกว่งนาน 5 นาที และแช่ทิ้งไว้
อีก 5 นาที ก่อนนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด



ภาพที่ 24 ตัวอย่างผ้าที่ซักแล้ว นำมาผึ่งลมให้แห้ง และนำไปวัดค่าสี

ไม่ใช่สารช่วยติดสี



ย้อมพร้อมจุนสี



แช่จุนสีก่อนย้อม



แช่จุนสีหลังย้อม



ย้อมพร้อมสารส้ม



แช่สารส้มก่อนย้อม



แช่สารส้มหลังย้อม



ภาพที่ 25 ผลการย้อมผ้าโดยไม่ใช่สารช่วยติดสีและใช้สารช่วยติดสีด้วยวิธีต่างๆ

ภาคผนวก ข

รายงานผลการทดสอบเส้นใยผ้า



Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakonong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.
Tel: (66) 2713 5492-9 Fax: (66) 2712 4527 www.thaitextile.org



TESTING
No.0110

รายงานผลการทดสอบ

ผู้ขอรับบริการ : มหาวิทยาลัยบูรพา
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ถนนหาดบางแสน ตำบลแสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
วันที่รับตัวอย่าง : 08/04/54
วันที่ทดสอบ : 08/04/54-19/04/54
หมายเลขตัวอย่าง : G 01028-1/54
ชื่อ/รายละเอียดตัวอย่าง (ตามที่ผู้ขอรับบริการระบุ) : ผ้าสีขาว

หมายเลขรายงานผล : G 01028/54
หมายเลขใบคำขอทดสอบ : -
วันที่ออกรายงาน : 19/04/54
หน้า : 1/2

G 01028-1/54		
อัตราส่วนผสม: ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1833-11: 2006(E) (BASED ON CLEAN DRY MASS WITH PERCENTAGE ADDITIONS FOR MOISTURE)		
ชนิดเส้นใย	POLYESTER	COTTON
ส่วนผสม(ร้อยละ)	78.97	21.03

หมายเหตุ: - MOISTURE REGAIN ของ POLYESTER = 1.5
- MOISTURE REGAIN ของ COTTON = 8.5
- MOISTURE REGAIN อ้างอิงจาก ISO/TR 6741-4

ผู้จัดทำและตรวจสอบ

ผู้อนุมัติ

39488

(นางจุฑามาศ โกเมนไทย)
(นักวิทยาศาสตร์)

(ดร. นราพร รังสินคกุล)
(ผู้เชี่ยวชาญ)

This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.


Textile Testing Center/ Thailand Textile Institute

Soi Trimit, Rama 4 Road, Phraknong, Klong-toey, Bangkok 10110,
THAILAND. Tel.(662) 7135492-9 Fax. (662) 7124527



TESTING
No.0110

Sample Card

หมายเลขรายงานผล: G 01028/54
หมายเลขใบคำขอทดสอบ: -
วันที่ออกรายงานผล: 19/04/54
หน้า: 2/2

หมายเลขตัวอย่าง	ภาพรูปตัดตัวอย่าง
G 01028-1/54	

ผู้จัดทำและตรวจสอบ

(นางจุฑามาศ โคมกนไทย์)
(นักวิทยาศาสตร์)

ผู้อนุมัติ

(ดร.นราพร รังสินันต์กุล)
(ผู้เชี่ยวชาญ)

This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/ goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

ภาคผนวก ค

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม วิธีทดสอบสิ่งทอ

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๔๑๐๘ (พ.ศ. ๒๕๕๒)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การใช้เกรย์สเกล

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การประเมินการเปลี่ยนสีและการเปื้อนสี

โดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือ

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การใช้เกรย์สเกล มาตรฐานเลขที่ มอก. 121 เล่ม 14 - 2518

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๑๕๑ (พ.ศ. ๒๕๑๘) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การใช้เกรย์สเกล ลงวันที่ ๒๕ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๑๘ และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การประเมินการเปลี่ยนสีและการเปื้อนสี โดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือ มาตรฐานเลขที่ มอก. 121 เล่ม 14-2552 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๒

ชาญชัย ชัยรุ่งเรือง

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีทดสอบสีทอง

เล่ม 14 การประเมินการเปลี่ยนสี และการเปลี่ยนสีโดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือ

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดวิธีประเมินการเปลี่ยนสีและการเปลี่ยนสี อันเนื่องมาจากการทดสอบความคงทนของสีของสีทอง โดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) หรือมาตรเทียบสี (colorimeter)

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 Tristimulus หมายถึง ค่าที่แสดงถึงปริมาณของแม่สี (โดยปกติจะเป็นสีน้ำเงิน แดงและเขียว) ที่เมื่อมาผสมกันแบบรวม จะให้สีที่เหมือนกับสีของวัตถุภายใต้สภาวะที่กำหนด
- 2.2 ความแตกต่างของสีตามระบบ CIELAB (CIELAB colour difference) หมายถึง การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของสีในชั้นงานตัวอย่างตามระบบ มาตรฐาน CIE (Commission Internationale de l'Eclairage)
- 2.3 มันทเซลล์ (Munsell) หมายถึง ระบบพื้นฐานในการจัดลำดับสีที่ง่ายโดยอาศัยสมบัติการมองเห็นสี 3 ประการ คือ สี (hue) ความสว่างของสี (lightness) และความสดสี (chroma)
- 2.4 สี หมายถึง สีที่ปรากฏให้เห็น เช่น สีแดง เขียว และ น้ำเงิน
- 2.5 ความสว่างของสี หมายถึง ความสว่างของสี โดยดูการสะท้อนแสงที่ต่างกันไป
- 2.6 ความสดสี หมายถึง ความสดสี ความเข้ม หรือความบริสุทธิ์ของสี
- 2.7 แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D_{65} (illuminant D_{65}) หมายถึง แหล่งกำเนิดแสงที่มีการกระจายพลังงานแต่ละความยาวคลื่นใกล้เคียงกับแสงแดดตอนกลางวัน ซึ่ง D หมายถึง แสงแดด (daylight) และ 65 หมายถึง อุณหภูมิสี (color temperature) ของแสงแดด 6 500 องศาเคลวิน

3. การประเมินการเปลี่ยนแปลงของสี

3.1 การประเมินการเปลี่ยนแปลงของสีโดยใช้เกรย์สเกล

3.1.1 หลักการประเมิน

ประเมินระดับการเปลี่ยนแปลงของสีจากผลการทดสอบความคงทนของสี โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบกับตัวอย่างที่ใช้อ้างอิง โดยใช้เกรย์สเกลสำหรับประเมินการเปลี่ยนแปลงของสี (gray scale for assessing change in colour)

3.1.2 เกรย์สเกล สำหรับประเมินระดับการเปลี่ยนแปลงของสี มี 2 ชนิด คือ

3.1.2.1 สเกล 5 ระดับ (5- step scale) ประกอบด้วยแถบสีเทา ที่ไม่มีความมันเงา 5 คู่ หรืออาจเป็นผ้าตัวอย่างสีเทา โดยแต่ละคู่ใช้แทนค่าความแตกต่างของสีเป็นระดับ 5 ระดับ 4 ระดับ 3 ระดับ 2 และระดับ 1 ตามลำดับ

3.1.2.2 สเกล 9 ระดับ (9- step scale) มีการเพิ่มเติมแถบที่ใช้แทนค่าความแตกต่างของสีครึ่งหนึ่ง ในแต่ละระดับ ได้แก่ ระดับ 4-5 ระดับ 3-4 ระดับ 2-3 และระดับ 1-2

3.1.3 ระดับความคงทนของสี

ระดับ 5 แถบสีเทาแถบแรก เป็นแถบสีเทากลางที่มีค่า Y Tristimulus 12 ± 1 และแถบสีเทาแถบที่สอง เป็นแถบสีเทากลางที่เหมือนแถบแรก

ระดับ 4 ถึง 1 แถบสีเทาแถบแรก เป็นแถบสีเทากลางที่มีค่า Y Tristimulus 12 ± 1 เช่นเดียวกับระดับ 5 และแถบสีเทาแถบที่สอง เป็นแถบสีเทากลางที่อ่อนกว่าเป็นลำดับในแต่ละคู่ ซึ่งค่าความแตกต่างของสีในแต่ละคู่ กำหนดตามระบบการวัดสี ดังแสดงในตารางที่ 1

3.1.4 ค่าความแตกต่างนี้จะวัดแถบสีเทาด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ หรือมาตรเทียบสี (colorimeter) ภาวะในการวัดรวมความมันเงา (specular include) ด้วย คำนวณด้วยมาตรฐาน CIE 1964 (total colour difference, $\Delta E_{CIE\text{LAB}}$) ที่มีทิศทางของมุมมอง 10 องศา ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D₆₅

ตารางที่ 1 ความแตกต่างของสีเทียบกับระดับความคงทนของสี
(ข้อ 3.1.4)

ความคงทนของสี ระดับ	ความแตกต่างของสี (ΔE_{CIELAB})	ค่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ ยอมรับได้
5	0	+ 0.2
(4-5)	2.2	± 0.3
4	4.3	± 0.3
(3-4)	6.0	± 0.4
3	8.5	± 0.5
(2-3)	12.0	± 0.7
2	16.9	± 1.0
(1-2)	24.0	± 1.5
1	34.1	± 2.0

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่าที่ได้มาจาก สเกล 9 ระดับ

3.1.5 การใช้เกรย์สเกล

วางชิ้นตัวอย่างก่อนการทดสอบ (original textile) และชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบแล้ว เคียงข้างกันบนพื้นราบและทิศทางเดียวกัน จากนั้นนำเกรย์สเกลมาวางข้างๆ บนพื้นราบเดียวกัน สภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นควรเป็นสีเทา ซึ่งมีความสว่างอยู่กึ่งกลางระหว่างแถบสีระดับ 1 และแถบสีระดับ 2 ของเกรย์สเกล (ประมาณ มินเซลล์ N5; Munsell N5) หากมีการรบกวนจากแสงสีด้านหลังของสิ่งทอให้ใช้ชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบ 2 ชิ้นหรือมากกว่าวางรองไว้ข้างใต้ทั้งชิ้นทดสอบ และชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบใช้แสงมาตรฐาน D₆₅ หรือเทียบเท่า โดยมีความเข้มแสง 600 ลักซ์หรือมากกว่าส่องที่พื้นผิวทำมุม 45 องศา โดยประมาณ โดยทิศทางการมองต้องตั้งฉากกับพื้นผิว ดังแสดงในภาคผนวก ก. เปรียบเทียบความแตกต่างที่เห็นระหว่างชิ้นทดสอบและชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบด้วยความแตกต่างที่แทนที่ด้วยเกรย์สเกล

3.1.5.1 กรณีใช้ สเกล 5 ระดับ ระดับความคงทนของสีของชิ้นทดสอบ คือ ตัวเลขของเกรย์สเกลซึ่งมีความแตกต่างสอดคล้องกับความแตกต่างของชิ้นทดสอบที่เปลี่ยนไปและชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบ ถ้าชิ้นทดสอบมีค่าอยู่ระหว่างเกรย์สเกล 2 ระดับ ให้ประเมินว่ามีค่าอยู่ระหว่างเป็น 2 ระดับ เช่น 3-4 ระดับความคงทนของสีระดับ 5 หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างชิ้นทดสอบและชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบ

3.1.5.2 กรณีใช้ สเกล 9 ระดับ ระดับความคงทนของสีของชิ้นทดสอบ คือ ตัวเลขของเกรย์สเกลซึ่งมีความแตกต่างสอดคล้องกับความแตกต่างของชิ้นทดสอบที่เปลี่ยนไปและชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบ ระดับความคงทนของสีระดับ 5 หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างชิ้นทดสอบ และชิ้นตัวอย่างก่อนการทดสอบ

3.1.6 การอธิบายการเปลี่ยนแปลงสีในการทดสอบความคงทนของสี

3.1.6.1 ในการใช้เกรย์สเกล ตามข้อ 3.1.5 ไม่ได้บอกถึงลักษณะในการเปลี่ยนแปลงของสี ความสดใส ความสว่างของสี แต่บอกเฉพาะความแตกต่างกันทั้งหมดระหว่างชั้นตัวอย่าง ก่อนทดสอบกับชั้นทดสอบ ซึ่งเป็นพื้นฐานในการประเมินเท่านั้น
ถ้าต้องการอธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงสี อาจเพิ่มเติมคำแสดงลักษณะที่เหมาะสมร่วมกับ ระดับของเกรย์สเกล ตามตารางที่ 2 ตัวอย่างการอธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสี

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการอธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสี
(ข้อ 3.1.6.1)

ระดับความทนของสี	ความหมาย	
	ระดับของเกรย์สเกล	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงสี
3	เกรด 3	ความเข้มของสีจางลง
3 redder	เกรด 3	ความเข้มของสีจางลง และเปลี่ยนสีออกแดง
3 weaker yellowier	เกรด 3	ความเข้มของสีจางลง และเปลี่ยนสีออกเหลือง
3 weaker yellowier duller	เกรด 3	ความเข้มของสีจางลง และเปลี่ยนสีออกเหลือง และความสว่างลดลง
4-5 redder	อยู่ระหว่างเกรด 4 และ 5	ความเข้มของสีจางลง และเปลี่ยนสีออกแดงเล็กน้อย

3.1.6.2 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้นใน 2 หรือ 3 ลักษณะ ไม่จำเป็นต้องแสดงความมากน้อยของการเปลี่ยนแปลง (เช่น คำว่า มากหรือน้อย) หรือตัวเลข (เช่น 1 หมายถึงน้อย 3 หมายถึงมาก) หรือการเปรียบเทียบ (เช่น bluer , duller ไม่แตกต่างกับ duller, bluer) ตัวอย่างที่ใช้แทนคำที่แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงสีตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงสี
(ข้อ 3.1.6.2)

ตัวย่อภาษาอังกฤษ	ตัวเต็ม
Bl	Bluer
G	Greener
R	Redder
Y	Yellower
W	Weaker
Str	Stronger
D	Duller
Br	Brighter

3.2 การประเมินการเปลี่ยนแปลงของสีโดยใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ หรือมาตรเทียบสี
วิธีนี้เป็นการใช้เครื่องมือวัดการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบ และการคำนวณเป็นระดับของเกรย์สเกล

3.2.1 หลักการประเมิน

นำชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบความคงทนของสีและชิ้นตัวอย่างเดิมก่อนทดสอบมาวัดค่า CIELAB coordinates ประกอบด้วย ค่าความสว่าง (lightness, L^*) ค่าความสดใสของสี (chroma, C^*_{ab}) และค่าสี (hue, h_{ab}) คำนวณค่าความแตกต่างของสี CIELAB difference ΔL^* , ΔC^*_{ab} และ ΔH^*_{ab} แล้วใช้สมการคำนวณเป็นระดับเกรย์สเกล

3.2.2 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์หรือมาตรเทียบสี เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดสี ทำงานโดยมีหลักการทำงาน ดังนี้ ให้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงภายในตัวเครื่องตกกระทบบนผิววัสดุ อนุภาคของสีบนผิววัสดุจะดูดกลืนแสง บางช่วงคลื่นไว้ แสงบางช่วงคลื่นที่สะท้อนออกมา จะถูกบันทึกโดยชุดรับสัญญาณ และนำข้อมูลมาประมวลผลการตอบสนองของตามมนุษย์ที่ไวต่อแสงสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน คำนวณค่าสีออกมาเป็นตัวเลขตามระบบ CIE

3.2.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

เลือกชิ้นทดสอบบริเวณที่สีสม่ำเสมอ และไม่มีข้อบกพร่อง ขนาดเพียงพอที่จะยึดกับอุปกรณ์ยึดชิ้นทดสอบของเครื่องมือที่ใช้ รองชิ้นทดสอบที่มีชั้นเดียวด้วยวัสดุสีขาวทึบแสง ที่ไม่มีสารเรืองแสง (fluorescent whitening agents; FWA) ด้วยความหนาที่เหมาะสมเพื่อทำให้ชิ้นทดสอบทึบแสงทั้งชิ้นตัวอย่าง ก่อนการทดสอบ และชิ้นทดสอบที่ทดสอบแล้ว ควรมีการรองด้านหลังเพื่อทำให้ทึบแสง และใช้ภาวะที่วัดเหมือนกัน

3.2.4 วิธีการทดสอบ

3.2.4.1 นำชิ้นตัวอย่างก่อนการทดสอบที่เตรียมตามข้อ 3.2.3 ติดกับอุปกรณ์ยึดชิ้นทดสอบ ทำการวัดสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่มีทิศทางของมุมมอง 10 องศา ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D₆₅ คำนวณค่าจากสมการ CIELAB L*, C*_{ab} และ h_{ab}

3.2.4.2 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมตามข้อ 3.2.3 วัดสีตามข้อ 3.2.4.1

3.2.4.3 วิธีคำนวณการเปลี่ยนสี

(1) ค่าความแตกต่างของค่าความสว่าง ΔL^* ความเข้ม ΔC^*_{ab} และ สีที่ปรากฏ ΔH^*_{ab} ระหว่างชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบกับชิ้นทดสอบ

(2) คำนวณการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE_F) ใช้สมการ ดังนี้

เมื่อ S คือ ค่าของชิ้นทดสอบ

R คือ ค่าของชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบ

M คือ ค่าเฉลี่ยของความสว่างของชิ้นทดสอบและชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบ

K คือ ค่าแก้ไขของสี และความสดสี

F คือ ค่าการวัดสีพิเศษ (special colometric value) คำนวณมาจากค่าการวัดสีตามระบบ CIELAB ดังสมการ ดังนี้

L*_S, C*_{ab,S}, h*_{ab,S} คือ ความสว่าง ความสดสี และ สีของชิ้นทดสอบ

L*_R, C*_{ab,R}, h*_{ab,R} คือ ความสว่าง ความสดสี และ สีของชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบ

ΔL^* , ΔC^*_{ab} , ΔH^*_{ab} คำนวณตาม ISO 105-J03: 1995, ข้อ 3.2

$$\Delta E_F = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*_F)^2 + (\Delta H^*_F)^2]^{1/2}$$

$$\Delta H^*_F = \Delta H^*_K / [1 + (10C^*_M / 1000)^2]$$

$$\Delta C^*_F = \Delta C^*_K / [1 + (20C^*_M / 1000)^2]$$

$$\Delta H^*_K = \Delta H^*_{ab} - D$$

$$\Delta C^*_K = \Delta C^*_{ab} - D$$

$$D = (\Delta C^*_{ab} - C^*_M \cdot e^X) / 100$$

$$C^*_M = (C^*_{ab,S} + C^*_{ab,R}) / 2$$

$$X = [(h^*_M - 280) / 30]^2 \text{ if } |h^*_M - 280| \leq 180$$

$$X = [(360 - |h^*_M - 280|) / 30]^2 \text{ if } |h^*_M - 280| > 180$$

$$h^*_M = (h^*_{ab,S} + h^*_{ab,R}) / 2 \text{ if } |h^*_{ab,S} + h^*_{ab,R}| \leq 180$$

$$h^*_M = (h^*_{ab,S} + h^*_{ab,R}) / 2 + 180 \text{ if } |h^*_{ab,S} + h^*_{ab,R}| > 180 \text{ and } |h^*_{ab,S} + h^*_{ab,R}| < 360$$

$$h^*_M = (h^*_{ab,S} + h^*_{ab,R}) / 2 - 180 \text{ if } |h^*_{ab,S} + h^*_{ab,R}| > 180 \text{ and } |h^*_{ab,S} + h^*_{ab,R}| \geq 360$$

3.2.5 การกำหนดระดับความคงทนของสีสำหรับการเปลี่ยนแปลงของสี

ใช้ค่า ΔE_F ที่คำนวณได้จากข้อ 3.2.4.3 (2) มากำหนดระดับความคงทนของสี สำหรับการเปลี่ยนแปลงสี (GS_C) ให้ใกล้เคียงระดับความคงทนของสีครั้งระดับ ดังตารางที่ 4 หรือจากสมการที่ (1) หรือ (2)

$$GS = 5 - [\Delta E_F / 1.7] \text{ ถ้า } \Delta E_F \leq 3.4 \quad \dots(1)$$

$$GS = 5 - [\log_{10}(\Delta E_F / 0.85) / \log_{10} 2] \text{ ถ้า } \Delta E_F \leq 3.4 \quad \dots(2)$$

ตารางที่ 4 ความแตกต่างของสีเทียบกับระดับความคงทนของสี
(ข้อ 3.2.5)

Range of ΔE_F	GS_C
< 0.4	5
$0.40 \leq \Delta E_F < 1.25$	(4-5)
$1.25 \leq \Delta E_F < 2.10$	4
$2.10 \leq \Delta E_F < 2.95$	(3-4)
$2.95 \leq \Delta E_F < 4.10$	3
$4.10 \leq \Delta E_F < 5.80$	(2-3)
$5.80 \leq \Delta E_F < 8.20$	2
$8.20 \leq \Delta E_F < 11.60$	(1-2)
≥ 11.60	1

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือ ค่า ที่ได้มาจาก สเกล 9 ระดับ

4. การประเมินการเปลี่ยนสี

4.1 การประเมินการเปลี่ยนสีโดยใช้เกรย์สเกล

4.1.1 หลักการประเมิน

ประเมินระดับการเปลี่ยนสีของผ้าประกบ (adjacent fabrics) จากผลการทดสอบความคงทนของสี โดยการเปรียบเทียบสีหรือความแตกต่างของสีที่เปลี่ยนและไม่เปลี่ยนบนผ้าประกบ โดยใช้เกรย์สเกลสำหรับการเปลี่ยนสี (gray scale for staining)

4.1.2 เกรย์สเกล สำหรับประเมินระดับการเปลี่ยนสี มี 2 ชนิด คือ

4.1.2.1 สเกล 5 ระดับ ประกอบด้วยแถบสีขาวและแถบสีเทา ที่ไม่มีความมันเงา 5 คู่ หรืออาจเป็นผ้าตัวอย่างสีขาวและแถบสีเทา โดยแต่ละคู่ใช้แทนค่าความคงทนของสีเป็นระดับ 5 ระดับ 4 ระดับ 3 ระดับ 2 และระดับ 1 ตามลำดับ

4.1.2.2 สเกล 9 ระดับ มีการเพิ่มเติมแถบที่ใช้แทนค่าความคงทนของสีครั้งหนึ่ง ในแต่ละระดับ ได้แก่ ระดับ 4-5 ระดับ 3-4 ระดับ 2-3 และระดับ 1-2

4.1.3 ระดับความคงทนของสี

ระดับ 5 แดบสีขาวแดบแรก เป็นแดบสีขาวที่มีค่า Y Tristimulus ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 85 และแดบสีขาวแดบที่สอง เป็นแดบสีขาวที่เหมือนแดบแรก

ระดับ 4 ถึง 1 แดบสีขาวแดบแรก เป็นแดบสีขาวที่มีค่า Y Tristimulus ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 85 เช่นเดียวกับระดับ 5 และแดบที่สอง เป็นแดบสีเทาที่เข้มกว่าเป็นลำดับในแต่ละคู่ ซึ่งค่าความคงทนของสีในแต่ละคู่กำหนดตามระบบการวัดสี ดังแสดงในตารางที่ 5 ความแตกต่างของสีเทียบกับระดับความคงทนของสี

4.1.4 ค่าความแตกต่างนี้จะวัดแดบสีเทาด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ภาวะการวัดรวมความมันเงาคำนวณด้วยมาตรฐาน CIE 1964 ที่มีทิศทางของมุมมอง 10 องศาภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D₆₅

ตารางที่ 5 ความแตกต่างของสีเทียบกับระดับความคงทนของสี

(ข้อ 4.1.3)

ความคงทนของสี ระดับ	ความแตกต่างของสี (ΔE_{CIELAB})	ค่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ที่ยอมรับได้
5	0	0.2
(4-5)	2.2	± 0.3
4	4.3	± 0.3
(3-4)	6.0	± 0.4
3	8.5	± 0.5
(2-3)	12.0	± 0.7
2	16.9	± 1.0
(1-2)	24.0	± 1.5
1	34.1	± 2.0

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่าที่ได้มาจาก สเกล 9 ระดับ

4.1.5 การใช้เกรย์สเกล

วางผ้าประกอบประเภทเส้นใยชนิดเดียวหรือผ้าประกอบประเภทเส้นใยหลายชนิด (multifiber adjacent fabric) ที่ยังไม่ผ่านการทดสอบ และผ้าประกอบที่ผ่านการทดสอบแล้วเคียงข้างกันบนพื้นราบ และทิศทางเดียวกัน จากนั้นนำเกรย์สเกลมาวางข้างๆ บนพื้นราบเดียวกัน สภาพแวดล้อมในบริเวณนั้น ควรเป็น สีเทาซึ่งมีความสว่างอยู่กึ่งกลางระหว่างแถบสีระดับ 1 และแถบสีระดับ 2 ของเกรย์สเกล หากมีการรบกวนจากแสงสีด้านหลังของสิ่งทอ ให้ใช้ผ้าประกอบที่ไม่ผ่านการทดสอบ 2 ชั้นหรือมากกว่า วางรองไว้ข้างใต้ทั้งผ้าประกอบที่ผ่านการทดสอบและผ้าประกอบที่ไม่ผ่านการทดสอบ ใช้แสงมาตรฐาน D₆₅ หรือเทียบเท่า โดยมีความเข้มแสง 600 ลักซ์หรือมากกว่า ส่องพื้นผิวทำมุม 45 องศาโดยประมาณ

โดยทิศทางการมองต้องตั้งฉากกับพื้นผิว ดังแสดงในภาคผนวก ก. เปรียบเทียบความแตกต่างที่เห็นระหว่าง ผ้าประกอบที่ผ่านการทดสอบและผ้าประกอบที่ไม่ผ่านการทดสอบ ด้วยความแตกต่างที่แทนที่ด้วยเกรย์สเกล กรณีใช้ สเกล 5 ระดับ ระดับความคงทนของสีของชิ้นทดสอบคือ ตัวเลขของ เกรย์สเกลซึ่งมีความแตกต่าง สอดคล้องกับความแตกต่างของผ้าประกอบที่ผ่านการทดสอบและผ้าประกอบที่ไม่ผ่านการทดสอบ ถ้าความแตกต่างมีค่าอยู่ระหว่างเกรย์สเกล 2 แถบ ให้ประเมินว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 2 ระดับ เช่น 3-4 ระดับความคงทนของสีระดับ 5 หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างผ้าประกอบที่ผ่านการทดสอบ และผ้าประกอบที่ไม่ผ่านการทดสอบ

กรณีใช้ สเกล 9 ระดับ ระดับความคงทนของสีของชิ้นทดสอบ คือ ตัวเลขของเกรย์สเกลซึ่งมีความแตกต่าง สอดคล้องกับความแตกต่างของผ้าประกอบที่ผ่านการทดสอบและผ้าประกอบที่ไม่ผ่านการทดสอบ ระดับความคงทนของสีระดับ 5 หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างผ้าประกอบที่ผ่านการทดสอบ และผ้าประกอบที่ไม่ผ่านการทดสอบ

4.2 การประเมินการเปลี่ยนสีโดยใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ หรือมาตรฐานเทียบสี

4.2.1 หลักการประเมิน

วัดการเปลี่ยนสีบนผ้าประกอบที่ได้จากการทดสอบความคงทนของสีของชิ้นทดสอบ และผ้าประกอบที่ไม่สัมผัสกับชิ้นทดสอบ หาความแตกต่างของสี ($\Delta E_{CIE,LAB}$) ระหว่างชิ้นผ้าประกอบทั้งสองแล้วคำนวณ เปลี่ยนเป็นระดับการเปลี่ยนสีด้วยสมการ

4.2.2 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์หรือมาตรฐานเทียบสีที่มีมุมมองการมองเห็น 10 องศาภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D₆₅ หรืออื่นๆที่เทียบเท่าตามมาตรฐาน CIE publication 15.2 ข้อ 1.4

4.2.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

วางผ้าประกอบบนชิ้นทดสอบบริเวณที่สีสม่ำเสมอและไม่มีข้อบกพร่อง ขนาดเพียงพอที่จะยึดกับอุปกรณ์ ยึดชิ้นทดสอบของเครื่องมือที่ใช้ ด้านหลังของชิ้นทดสอบที่มีชั้นเดียวควรมีฉากรองด้านหลังเป็นวัสดุสีขาว ที่ไม่มีสารเรืองแสง

4.2.4 วิธีการทดสอบ

- 4.2.4.1 วางผ้าประกอบที่ยังไม่ผ่านการทดสอบ เตรียมตัวอย่างตามข้อ 4.2.3 ติดกับอุปกรณ์ยึดขึ้นทดสอบ วัดสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่มีทิศทางของมุมมอง 10 องศา ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D₆₅ หรือ อื่นๆ ที่เทียบเท่า
- 4.2.4.2 วางผ้าประกอบที่ผ่านการทดสอบ และเตรียมตัวอย่างตามข้อ 4.2.3 โดยเป็นแถบชนิดเดียวกัน และวัดสีในภาวะเช่นเดียวกับข้อ 4.2.4.1 ถ้าการเบี่ยงเบนของสีไม่สม่ำเสมอให้ทำการทดสอบซ้ำหลายๆ ค่าแล้วคำนวณออกมาเป็นค่าเฉลี่ย

4.2.5 วิธีคำนวณค่าความแตกต่างของสี

- 4.2.5.1 คำนวณค่าความแตกต่างของสี ΔE_{CIELAB} และความสว่าง ΔL_{CIELAB} ระหว่างผ้าประกอบตามข้อ 4.2.4.1 และข้อ 4.2.4.2 เป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 4.2.5.2 การคำนวณค่าความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงของสี (grey scale difference; EGS) โดยใช้สมการดังนี้

$$\Delta E_{\text{GS}} = \Delta E_{\text{CIELAB}} - 0.4 \sqrt{(\Delta E^*{}^2 - \Delta L^*{}^2)}$$

ในการคำนวณระดับการเปลี่ยนสี (staining-scale rating; SSR) ให้ใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง โดยใช้สมการดังนี้

อัตราความคงทนของสีระดับ 1 ถึง 4

$$\text{SSR} = 6.1 - 1.45 \ln (\Delta E_{\text{GS}})$$

อัตราความคงทนของสีระดับ 4 ถึง 5

$$\text{SSR} = 5 - 0.23 \Delta E_{\text{GS}}$$

จากค่าที่คำนวณได้ นำมารายงานระดับการเปลี่ยนสีตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ระดับการปนื้อสี
(ข้อ 4.2.5.2)

ระดับการปนื้อสีที่คำนวณได้ (Calculated SSR)	ระดับการปนื้อสีที่รายงาน (Reported SSR)
5.00 ถึง 4.75	5
4.74 ถึง 4.25	(4-5)
4.24 ถึง 3.75	4
3.74 ถึง 3.25	(3-4)
3.24 ถึง 2.75	3
2.74 ถึง 2.25	(2-3)
2.24 ถึง 1.75	2
1.74 ถึง 1.25	(1-2)
<1.25	1

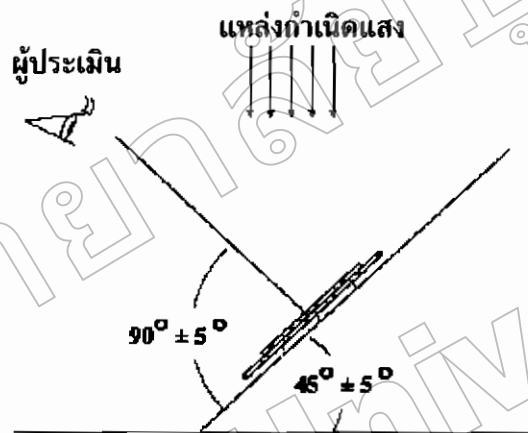
หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่าที่ได้มาจาก สเกล 9 ระดับ

ภาคผนวก ก.

(ข้อ 3.1.5 และ ข้อ 4.1.5)

ก.1 ภาวะการประเมิน

การประเมินค่าความคงทนของสีโดยใช้เกรย์สเกล วางตัวอย่างก่อนการทดสอบหรือผ้าขาวมาตรฐาน และชิ้นทดสอบที่ทดสอบแล้วเคียงข้างกันบนพื้นราบและทิศทางเดียวกัน จากนั้นนำเกรย์สเกลมาวางข้างๆ บนพื้นราบเดียวกัน ใช้แสงมาตรฐาน D_{65} หรือเทียบเท่า โดยมีความเข้มแสง 600 ลักซ์หรือมากกว่า แสงที่ส่องพื้นผิวนี้ ควรทำมุม 45 องศาโดยประมาณ โดยทิศทางการมองต้องตั้งฉากกับพื้นผิว ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แหล่งกำเนิดแสงและทิศทางการมองสำหรับการประเมินชิ้นทดสอบ