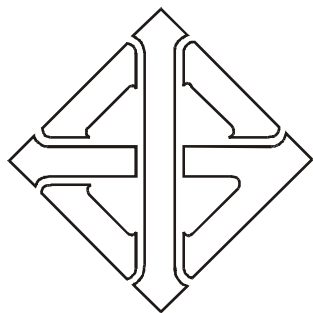




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 121 เล่ม 14 – 2552

วิธีทดสอบสิ่งทอ

เล่ม 14 การประเมินการเปลี่ยนสีและการเปื้อนสี

โดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือ

STANDARD TEST METHODS FOR TEXTILES

PART 14 GREY SCALE AND INSTRUMENTAL ASSESSMENT OF COLOUR

CHANGE AND STAINING

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 59.080.01

ISBN 978-974-292-789-9

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีทดสอบสิ่งทอ

เล่ม 14 การประเมินการเปลี่ยนสีและการเปื้อนสี

โดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือ

มอก. 121 เล่ม 14— 2552

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 127 ตอนพิเศษ 33ง

วันที่ 15 มีนาคม พุทธศักราช 2553

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 1010
มาตรฐานสิ่งทอ

ประธานกรรมการ

นางนราพร รังสิมันต์กุล

ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

กรรมการ

นางสาวนิตยา ทับทิมทัย

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุษา แสงวัฒนาโรจน์

ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยนุช จริงจิตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

นางสาวลัฏิกา ว่องวิบูลย์พร

บริษัทอินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเชส (ประเทศไทย) จำกัด

นายวีระ ศิริเกียรติสูง

สมาคมอุตสาหกรรมสิ่งทอไทย

กรรมการและเลขานุการ

นางเพิ่มพร บุญสว่าง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาวนิรัชรา เต็มกุศลวงศ์

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การประเมินการเปลี่ยนสีและการเปื้อนสี โดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือนี้ ได้ประกาศใช้ครั้งแรกเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การใช้เกรย์สเกล มาตรฐานเลขที่ มอก.121 เล่ม 14 - 2518 ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 93 ตอนที่ 28 วันที่ 12 กุมภาพันธ์ พุทธศักราช 2519

ต่อมา เห็นสมควรแก้ไขปรับปรุงใหม่โดยแก้ไขขั้นตอนการทดสอบให้ชัดเจนขึ้น โดยยกเลิกมาตรฐานเดิม และกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยอ้างอิงจากเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

ISO 105-A02 : 1993	Textiles – Tests for colour fastness – Part A02 : Grey scale for assessing change in colour
ISO 105-A03 : 1993	Textiles – Tests for colour fastness – Part A03 : Grey scale for assessing staining
ISO 105-A04 : 1989	Textiles – Tests for colour fastness – Part A04 : Method for the instrumental assessment of the degree of staining of adjacent fabrics
ISO 105-A05 : 1996	Textiles – Tests for colour fastness – Part A05 : Instrumental assessment of change in colour for determination of grey scale rating
ISO 105-J03 : 1995	Textiles – Tests for colour fastness – Part J03 : Calculation of colour differences
AATCC Evaluation Procedure 1 (2007) Gray Scale for Color Change	
AATCC Evaluation Procedure 2 (2007) Gray Scale for Staining	

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 4108 (พ.ศ. 2552)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การใช้เกรย์สเกล

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การประเมินการเปลี่ยนสีและการเปื้อนสี

โดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือ

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

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 191 (พ.ศ. 2518) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การใช้เกรย์สเกล มาตรฐานเลขที่ มอก. 121 เล่ม 14-2518 ลงวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2518 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การประเมินการเปลี่ยนสี และการเปื้อนสี โดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือ มาตรฐานเลขที่ มอก. 121 เล่ม 14-2552 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2552

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 ความสว่างของสีโดยดูการสะท้อนแสงที่ต่างกันไป
- 2.6 ความสดสี หมายถึง ความสดสี ความเข้ม หรือความบริสุทธิ์ของสี
- 2.7 แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D₆₅ (illuminant D₆₅) 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) มีการเพิ่มเติมแถบที่ใช้แทนค่าความแตกต่างของสีครึ่งหนึ่งในแต่ละระดับ 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 และแถบสีเทาแถบที่สองเป็นแถบสีเทากลางที่เหมือนแถบแรก

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, ΔE_{CIELAB}) ที่มีทิศทางของมุมมอง 10 องศา ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D_{65}

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 มันทเซลล์ 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 yellower	เกรด 3	ความเข้มของสีจางลง และเปลี่ยนสีออกเหลือง
3 weaker yellower 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

นำชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบความคงทนของสีและขึ้นตัวอย่างเดิมก่อนทดสอบมาวัดค่า CIELAB coordinates ประกอบด้วย ค่าความสว่าง (lightness, L^*) ค่าความสดสีของสี (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 และนำข้อมูลมาประมวลผลการตอบสนองของตามนุษย์ที่ไวต่อแสงสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน คำนวณค่าสีออกมาเป็นตัวเลขตามระบบ CIE

3.2.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

เลือกชิ้นทดสอบบริเวณที่สีสม่ำเสมอ และไม่มีข้อบกพร่อง ขนาดเพียงพอที่จะยึดกับอุปกรณ์ยึดชิ้นทดสอบของเครื่องมือที่ใช้ รองชิ้นทดสอบที่มีชั้นเดียวด้วยวัสดุสีขาวทึบแสง ที่ไม่มีสารเรืองแสง (fluorescent whitening agents; FWA) ด้วยความหนาที่เหมาะสมเพื่อให้ชิ้นทดสอบทึบแสงทั้งชั้นตัวอย่าง ก่อนการทดสอบ และชิ้นทดสอบที่ทดสอบแล้ว ควรมีการรองด้านหลังเพื่อให้ทึบแสง และใช้ภาชนะที่วัดเหมือนกัน

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 colorimetric 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

$\Delta L^*, \Delta C^*_{ab}, \Delta H^*_{ab}$ คำนวณตาม ISO 105-J03: 1995, ข้อ 3.2

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$h_M = (h_{ab,S} + h_{ab,R}) / 2 \text{ if } |h_{ab,S} + h_{ab,R}| \leq 180$$

$$h_M = (h_{ab,S} + h_{ab,R}) / 2 + 180 \text{ if } |h_{ab,S} + h_{ab,R}| > 180 \text{ and } |h_{ab,S} + h_{ab,R}| < 360$$

$$h_M = (h_{ab,S} + h_{ab,R}) / 2 - 180 \text{ if } |h_{ab,S} + h_{ab,R}| > 180 \text{ and } |h_{ab,S} + h_{ab,R}| \geq 360$$

3.2.5 การกำหนดระดับความคงทนของสีสำหรับการเปลี่ยนแปลงของสี

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

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

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

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. การประเมินการเปื้อนสี

4.1 การประเมินการเปื้อนสีโดยใช้เกรย์สเกล

4.1.1 หลักการประเมิน

ประเมินระดับการเปื้อนสีของผ้าประกบ (adjacent fabrics) จากผลการทดสอบความคงทนของสี โดยการเปรียบเทียบสีหรือความแตกต่างของสีที่เปื้อนและไม่เปื้อนบนผ้าประกบ โดยใช้เกรย์สเกลสำหรับการเปื้อนสี (gray scale for staining)

4.1.2 เกรย์สเกล สำหรับประเมินระดับการเปื้อนสี 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 แดงสีขาวแถบแรก เป็นแดงสีขาวที่มีค่า Y Tristimulus ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 85 และแดงสีขาวแถบที่สอง เป็นแดงสีขาวที่เหมือนแถบแรก

ระดับ 4 ถึง 1 แดงสีขาวแถบแรก เป็นแดงสีขาวที่มีค่า Y Tristimulus ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 85 เช่นเดียวกับระดับ 5 และแดงที่สอง เป็นแดงสีเทาที่เข้มกว่าเป็นลำดับในแต่ละคู่ ซึ่งค่าความคงทนของสีในแต่ละคู่กำหนดตามระบบการวัดสี ดังแสดงในตารางที่ 5 ความแตกต่างของสีเทียบกับระดับความคงทนของสี

4.1.4 ค่าความแตกต่างนี้จะวัดแดงสีเทาด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ 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 หรือมาตรเทียบสี

4.2.1 หลักการประเมิน

วัดการเปลี่ยนสีบนผ้าประกอบที่ได้จากการทดสอบความคงทนของสีของชิ้นทดสอบ และผ้าประกอบที่ไม่สัมผัสกับชิ้นทดสอบ หาความแตกต่างของสี (ΔE_{CIELAB}) ระหว่างชิ้นผ้าประกอบทั้งสองแล้วคำนวณ เปลี่ยนเป็นระดับการเปลี่ยนสีด้วยสมการ

4.2.2 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์หรือมาตรเทียบสีที่มีมุมมองการมองเห็น 10 องศาภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D₆₅ หรืออื่นๆที่เทียบเท่าตามมาตรฐาน CIE publication 15.2 ข้อ 1.4

4.2.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

วางผ้าประกอบบนชิ้นทดสอบบริเวณที่สีสม่ำเสมอและไม่มีข้อบกพร่อง ขนาดเพียงพอที่จะยึดกับอุปกรณ์ ยึดชิ้นทดสอบของเครื่องมือที่ใช้ ด้านหลังของชิ้นทดสอบที่มีชั้นเดียวควรมีการรองด้านหลังเป็นวัสดุสีขาว ที่ไม่มีสารเรืองแสง

4.2.4 วิธีการทดสอบ

4.2.4.1 วางผ้าประกอบที่ยังไม่ผ่านการทดสอบ เตรียมตัวอย่างตามข้อ 4.2.3 ติดกับอุปกรณ์ยึดขึ้นทดสอบ วัดสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่มีทิศทางของมุมมอง 10 องศา ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D₆₅ หรืออื่นๆ 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

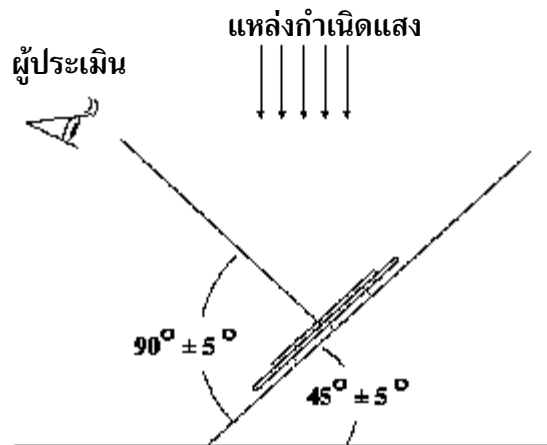
หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่าที่ได้มาจาก สเกล 9 ระดับ

ภาคผนวก ก.

(ข้อ 3.1.5 และ ข้อ 4.1.5)

ก.1 ภาวะการประเมิน

การประเมินค่าความคงทนของสีโดยใช้เกรย์สเกล วางตัวอย่างก่อนการทดสอบหรือผ้าขาวมาตรฐาน และชิ้นทดสอบที่ทดสอบแล้วเคียงข้างกันบนพื้นราบและทิศทางเดียวกัน จากนั้นนำเกรย์สเกลมาวางข้างๆ บนพื้นราบเดียวกัน ใช้แสงมาตรฐาน D₆₅ หรือเทียบเท่า โดยมีความเข้มแสง 600 ลักซ์หรือมากกว่า แสงที่ส่องพื้นผิวนี้นี้ ควรทำมุม 45 องศาโดยประมาณ โดยทิศทางการมองต้องตั้งฉากกับพื้นผิว ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แหล่งกำเนิดแสงและทิศทางการมองสำหรับการประเมินชิ้นทดสอบ