



โครงการ การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ช่วงความคลาดเคลื่อนรองพื้น (foundation) ผิวหน้าสำหรับสีผิวคนไทย
และสีรองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสง

ชื่อนิสิต นางสาวปิยะนาก นาศิลพร้อม 5932627023
นางสาวสุพัตรา สลามกร 5932647023

ภาควิชา เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์
ปีการศึกษา 2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจากสถานการณ์การระบาดของโรคไวรัส COVID-19

ในช่วงภาคปลายของปีการศึกษา 2562

จึงส่งผลให้ไม่สามารถดำเนินการได้ครบตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

รายละเอียดโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ปีการศึกษา 2562

ช่วงความคลาดเคลื่อนรองพื้น (foundation) ผิวหน้าสำหรับสีผิวคนไทย
และสีรองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสง

Color tolerance of cosmetic foundation for Thai people's skin and the color appearance of
cosmetic foundation on skin under the different light sources

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

รศ.ดร.พิชญดา เกตุเมฆ

จัดทำโดย

นางสาวปิยะนาถ นาซิลพร้อม รหัสสนิสิต 5932627023

นางสาวสุพัตรา สลามทร รหัสสนิสิต 5932647023

ภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2562

หัวข้อ ช่วงความคลาดเคลื่อนรองพื้น (foundation) ผิวหน้าสำหรับสีผิวคนไทยและสีรองพื้นผิวหน้าภายใต้
แหล่งแสง

นิสิตผู้ดำเนินการ นางสาวปิยะนาถ นาซิลพร้อม

นางสาวสุพัตรา สลามทร

ภาควิชา เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รศ.ดร.พิชญดา เกตุเมฆ

ภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ยอมรับรายงานวิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี

พิชญดา เกตุเมฆ

หัวหน้าภาควิชา

(รศ.ดร.พิชญดา เกตุเมฆ)

พิชญดา เกตุเมฆ

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

(รศ.ดร.พิชญดา เกตุเมฆ)

ผู้ดำเนินงาน นางสาวปิยะนาถ นาศิลพร้อม รหัสนิสิต 5932627023
 นางสาวสุพัตรา สลามทร รหัสนิสิต 5932647023
 ชื่อเรื่อง ช่วงความคลาดเคลื่อนของรองพื้น (foundation) ผิวหน้าสำหรับสีผิวคนไทยและ
 สีรองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสง
 อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.พิชญดา เกตุเมฆ

บทคัดย่อ : โครงการนี้เริ่มมาจากที่ผู้จัดทำประสบปัญหาการเลือกสีรองพื้นผิวหน้าที่ไม่เข้ากับสีผิวจริง จึงได้จัดทำโครงงานเล่มนี้เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของรองพื้นผิวหน้าที่เหมาะกับสีผิวของคนไทยและค่าความคลาดเคลื่อนของรองพื้นผิวหน้าเมื่ออยู่ภายใต้แหล่งแสงที่ต่างกัน ทำการทดลองโดยใช้ผู้ทดลอง 2 คนที่เป็นตัวแทนของสีผิวขาวเหลืองและสีผิวแทน ทารองพื้นผิวหน้า 2 ยี่ห้อ แบ่งเป็นยี่ห้อเมย์เบอร์ลิน นิวยอร์ก 15 เฉดสีและยี่ห้อลอริอัล ปารีส 8 เฉดสี วัดค่าสีผิวก่อนและหลังทารองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสงที่ต่างกันทั้ง 3 แหล่งแสงได้แก่ D65 แสงที่ได้จากงานวิจัยอ้างอิง และแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย นำค่ามาคำนวณหาความแตกต่างของสีระหว่างสีผิวก่อนและหลังทารองพื้นผิวหน้าและนำค่าไปทำภาพสีด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อเปรียบเทียบสีผิวก่อนและหลังทารองพื้นผิวหน้า สร้างแบบทดสอบออนไลน์ให้ผู้สังเกตการณ์ทำการเลือกว่ายอมรับความแตกต่างของสีผิวก่อนและหลังทารองพื้นผิวหน้าหรือไม่ยอมรับโดยใช้ภาพที่ได้จากโปรแกรม MATLAB ทั้งหมด 63 ภาพ จากนั้นนำผลที่ได้จากแบบทดสอบมาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้จากการทดลองพบว่า สีผิวที่ทารองพื้นของคนไทย 2 ระดับภายใต้แหล่งแสงที่ต่างกันมีผลต่อค่าคลาดเคลื่อนสี (color tolerance) และขอบเขตสีรองพื้นผิวหน้า (foundation) ภายใต้แหล่งแสง 3 ชนิดให้ค่าการยอมรับระหว่างสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวก่อนทารองพื้นต่างกัน ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการตัดสินใจในการเลือกซื้อเครื่องสำอางประเภทรองพื้นผิวหน้าให้เหมาะสมกับสีผิว

ภาควิชา เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์

ลายมือชื่อนิสิตผู้ดำเนินงาน สุพัตรา สลามทร

ปีการศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

พิชญดา เกตุเมฆ

Student Name Ms. Piyanath Nasinprom ID No. 5932627023
 Ms. Supattra salamthorn ID No. 5932647023

Project Color tolerance of cosmetic foundation for Thai people's skin and the color appearance of cosmetic foundation on skin under the different light sources

Project Advisor Assoc. Prof. Dr. Pichayada Katemake

Abstract: This project started from the problem of the project's owners choosing the cosmetic foundation that does not match the real skin color. Color Tolerance of cosmetic foundation for Thai people's skin and the color appearance of cosmetic foundation on skin under the different light sources were prepared. The experiment was conducted using 2 models who represented fair skin and tanned skin. Apply cosmetic foundation on model's face. There are 2 brands of cosmetic foundation; Maybelline New York 15 shades and LO'real Paris 8 shades. Measure the skin tone before and after applying the cosmetic foundation under 3 different light sources. Including D65 light, obtained from reference research and the propose light according to the research. Calculated the value to find the color different of skin between before and after applying cosmetic foundation. Using the value to created images which is show the skin's color before and after applying cosmetic foundation. Created an online test form for observers to choose 63 images which are created by MATLAB program, whether to accept the differences in skin color before and after applying the cosmetic foundation or not. After that, take the results from the online test form to calculate color tolerance. The result showed that the 2 different skins tone which applying the cosmetic foundation under the different light sources effect to color tolerance and color appearance. Moreover, this project can make the decision on the purchase cosmetic foundation that suitable for skin color.

Department of Imaging and Printing Technology

Academic year 2019

Student's signature 


 Advisor's signature 

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก รศ.ดร.พิชญาดา เกตุเมฆ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาให้คำแนะนำและความรู้ที่มีคุณค่า นอกเหนือตำราเรียน ตลอดจนแนะนำแนวทางในการแก้ไขปัญหาและให้การกรุณาตรวจสอบแก้ไขเนื้อหาในการวิจัยนี้ กราบขอบพระคุณอาจารย์มา ณ ที่นี้

ขอพระขอบคุณ คุณอนุกุล รักสำโรง ฟินิสิตปริญญาเอก ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำเรื่องโปรแกรมในการทดลองรวมถึงช่วยเหลือเรื่องอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ คุณบังอร พยอมแย้ม ที่เป็นผู้ทำการทดลองให้กับงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ในภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ที่ให้ความรู้จนทำให้มีความรู้ความสามารถไปใช้ในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งสร้างประโยชน์ต่อตนเองและต่อสังคม

ขอขอบคุณพี่ น้อง และเพื่อนในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการเป็นผู้สังเกตให้กับงานวิจัยนี้

ปิยะนาถ นาстилพร้อม

สุพัตรา สลามทร

16 พฤษภาคม 2563

สารบัญ

สารบัญเรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.4 ขอบเขตการศึกษา	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีของแสง	3
2.2 ทฤษฎีการมองเห็นของมนุษย์	4
2.3 ระบบสี CIE L*a*b* (CIELAB)	6
2.4 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสี (Color Tolerance)	8
2.5 โครงสร้างผิวหนัง	8
2.6 บทความวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 การทดลอง	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	15
3.2 วิธีการดำเนินงาน	
3.2.1 การเก็บข้อมูลตัวอย่างสีรองพื้นและตัวอย่างสีผิวของบุคคล	16
3.2.2 การเตรียมแหล่งกำเนิดแสงและการเก็บข้อมูลแหล่งกำเนิดแสง	16
3.2.3 การเตรียมข้อมูลสำหรับเขียนโปรแกรม	17
3.2.4 การเขียนโปรแกรมสำหรับข้อมูลในการทำแบบสอบถาม	17
3.2.5 การเตรียมแบบทดสอบ	18
3.2.6 ผู้ทำการทดสอบ	18
3.2.7 การทดลองด้วยผู้ทดสอบ	18
3.2.8 การวิเคราะห์ผล	18

สารบัญ(ต่อ)

สารบัญเรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 ความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวก่อนทารองพื้น ภายใต้แหล่งแสง 3 ชนิด	20
4.2 การวิเคราะห์เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสี	23
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	30
5.2 ข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก ก ชุดคำสั่งที่ใช้ในงานวิจัย	33
ภาคผนวก ข แบบทดสอบสำหรับผู้ทำการทดลอง	40
ภาคผนวก ค ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้น	43

สารบัญตาราง

สารบัญตาราง	หน้า
ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้นของผิวขาวเหลืองภายใต้แหล่งแสงกำเนิด D65	43
ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้นของผิวแทนภายใต้แหล่งแสงกำเนิด D65	43
ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้นของผิวขาวเหลืองภายใต้แหล่งแสงกำเนิดจากงานวิจัย	44
ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้นของผิวแทนภายใต้แหล่งแสงกำเนิดจากงานวิจัย	44
ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้นของผิวขาวเหลืองภายใต้แหล่งแสงกำเนิด	45
นำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย	
ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้นของผิวแทนภายใต้แหล่งแสงกำเนิด	45
นำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย	

สารบัญรูป

สารบัญรูป	หน้า
ภาพที่ 1 สเปกตรัมของพลังงานต่างๆ	3
ภาพที่ 2 องค์ประกอบการมองเห็นสีของมนุษย์	4
ภาพที่ 3 อุณหภูมิสี (K)	5
ภาพที่ 4 เซลล์รับแสง	6
ภาพที่ 5 CIELAB color chart	7
ภาพที่ 6 ขอบเขตความคลาดเคลื่อนสีรูปวงรี	8
ภาพที่ 7 โครงสร้างผิวหนังมนุษย์	9
ภาพที่ 8 การจัดวางตำแหน่งของแหล่งแสงและเครื่อง Spectroradiometer Konica-Minolta CS-2000	16
ภาพที่ 9 ตัวอย่างภาพสำหรับแบบทดสอบ	17
ภาพที่ 10 ตัวอย่างกราฟระหว่าง Cumulative of number of observations และ ΔE^*ab	19
ภาพที่ 11 ความแตกต่างสีระหว่างสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แสง D65	20
ภาพที่ 12 ความแตกต่างสีระหว่างสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แสง D65	21
ภาพที่ 13 ความแตกต่างสีระหว่างสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แสงจากงานวิจัย	21
ภาพที่ 14 ความแตกต่างสีระหว่างสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แสงจากงานวิจัย	22
ภาพที่ 15 ความแตกต่างสีระหว่างสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย	22
ภาพที่ 16 ความแตกต่างสีระหว่างสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย	23
ภาพที่ 17 ค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้ แหล่งแสง D65	24
ภาพที่ 18 ค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสง D65	25
ภาพที่ 19 ค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงจากงานวิจัย	26
ภาพที่ 20 ค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงจากงานวิจัย	27
ภาพที่ 21 ค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย	28
ภาพที่ 22 ค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย	29

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ

เครื่องสำอางคือสิ่งที่เสริม เติม แต่ง สิ่งที่ทำบุรุษใบหน้า เช่น แป้ง รองพื้น ลิปสติก ครีมบำรุง เป็นต้น ใช้สำหรับการทา ถู นวดหรือกระทำด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งต่อส่วนหนึ่งของร่างกายโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความสวยงามและรวมตลอดทั้งเครื่องประทีนผิวต่าง ๆ

ในปัจจุบันเครื่องสำอางมีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้นผู้บริโภคมีพฤติกรรมและความต้องการเสริมสร้างความมั่นใจให้กับตนเอง โดยตลาดเครื่องสำอางมีมูลค่ากว่า 14,000 ล้านบาท เป็นตลาดที่มีการเติบโต 6.5% สูงสุดในตลาดผลิตภัณฑ์เพื่อความงามจากพฤติกรรมผู้บริโภคที่หันมาให้ความสนใจกับการแต่งหน้า [1] การแต่งหน้าให้ดูสวยงามนั้น การเลือกใช้รองพื้นและการลงรองพื้นให้ดีเป็นสิ่งสำคัญที่สุดโดยจะเป็นการปรับ สีผิวหน้าให้มีสีที่สม่ำเสมอทั่วทั้งใบหน้าปกปิดจุดต่างด่างด่างเลือนริ้วรอยอำพรางจุดบกพร่องบนใบหน้าและควบคุมความมัน ซึ่งการทารองพื้นให้สภาพผิวดี ทำให้การแต่งหน้าส่วนอื่น ๆ ง่ายมากขึ้น

จากที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยมีความชื่นชอบเกี่ยวกับเครื่องสำอางและแต่งหน้าเป็นประจำ การเลือกสีรองพื้นเป็นปัญหาที่ผู้วิจัยพบเจอด้วยตัวเอง เมื่อไปซื้อรองพื้นที่ร้านขายเครื่องสำอางโดยแต่ละร้านจะมีไฟที่ติดอยู่ที่ร้านรวมไปถึงไฟบริเวณรอบๆให้สีรองพื้นปรากฏต่างกัน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาการซื้อสีรองพื้นไม่เข้ากับสีผิวจริงทางผู้วิจัยจึงสนใจที่จะหาแหล่งแสงที่เหมาะสมที่ทำให้การเลือกสีรองพื้นเข้ากับสีผิวจริง จากการหาข้อมูลและงานวิจัยต่าง ๆ พบว่าปัจจัยสำคัญอีกหนึ่งปัจจัยคือการเลือกใช้หลอดไฟที่ทำให้มองเห็นสีผิวออกมาแล้วดูดีและดูเป็นธรรมชาติ จากงานวิจัยส่วนผสมของหลอดไฟ LED ที่ทำให้มองเห็นสีผิวที่ทำให้คนพึงพอใจ [2] จากงานวิจัยนี้ทำให้ผู้วิจัยสนใจว่าหากทำการทดลองด้วยการทาสีรองพื้นแล้วมองภายใต้แหล่งแสง LED ที่มีอัตราส่วนการผสมกันของ RGB แหล่งแสงธรรมชาติโดยมีแหล่งแสงอ้างอิงเป็นแสง D65 จะให้ได้ผลว่าแสงมีผลต่อการเลือกสีรองพื้นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย:

เพื่อหาขอบเขตสีรองพื้นผิวหน้า (foundation) สำหรับสีผิวคนไทย 2 ระดับภายใต้แหล่งแสง 3 ชนิด

ขอบเขตของการวิจัย:

1. การศึกษาครั้งนี้มุ่งศึกษาช่วงความคลาดสีของรองพื้นที่ยอมรับได้โดยใช้ผู้ทดสอบทำแบบทดสอบจำนวน 120 คน แบ่งเป็นชาย 16 คน และหญิง 104 คน

2. ตัวแทนสีผิวในการศึกษาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผิวขาวเหลืองและผิวแทน โดยให้ความต่างสี (DE2000) ของค่าเฉลี่ยสีผิวของตัวแทน (จำนวนกลุ่มละ 1 คน รวมทั้งสิ้น 2 คน) กับค่าเฉลี่ยของกลุ่มผิวขาวเหลือง และผิวแทน ต่ำกว่า 2

3. ตัวแปรที่จะศึกษา แบ่งเป็น 1) ตัวแปรตาม ได้แก่ ช่วงความคลาดเคลื่อนสีที่ยอมรับได้ และ 2) ตัวแปรควบคุม ได้แก่

- แหล่งแสง 3 ชนิด ได้แก่ D65 แสงจากงานวิจัย และแสงนำเสนอโดยอ้างอิงจากงานวิจัย
- ผู้ทดสอบ จำนวน 120 คน
- ยี้อรองพื้น 2 ได้แก่ แบรินด์ Maybelline New York รุ่น Fit Me Matte Poreless Foundation และแบรินด์ L'OREAL PARIS รุ่น Infallible Pro-Matte Foundation สำหรับแต่ละตัวแทนสีผิว ปริมาณในการทารองพื้นให้ปกปิดผิวมาก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย:

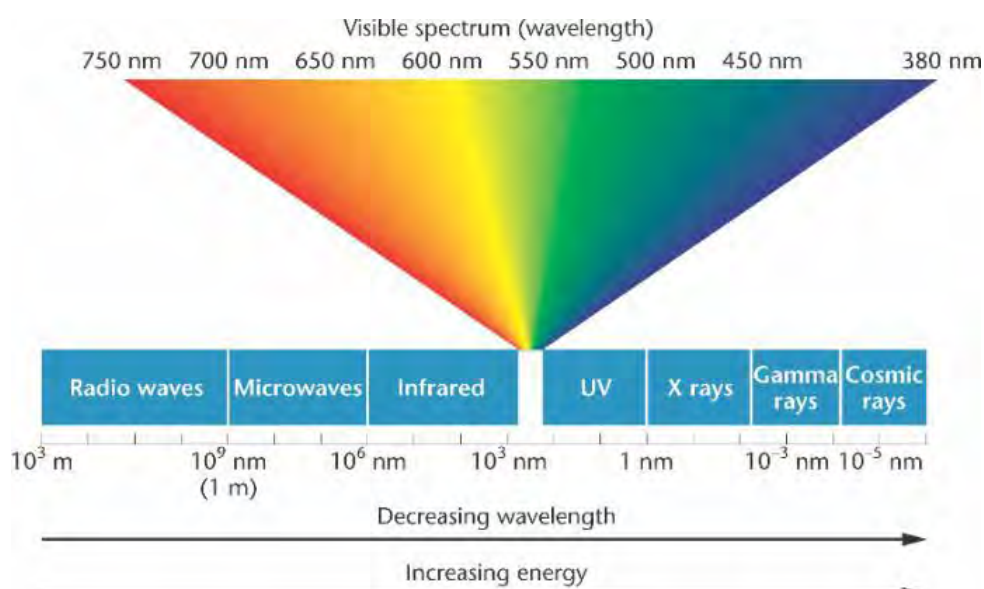
ช่วงความคลาดสีของรองพื้นที่ยอมรับได้ภายใต้แหล่งแสงสำหรับตัวแทนสีผิวคนไทย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีของแสง

แสง คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic: EM) ชนิดหนึ่งที่กระจายอยู่รอบตัว ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับคลื่นในมหาสมุทรคือ มียอดคลื่น (crest) และท้องคลื่น (trough) โดยระยะทางระหว่างยอดคลื่นเรียกว่า ความยาวคลื่น โดยความยาวคลื่นมีหน่วยนับตั้งแต่นาโนเมตร (Nanometer: Nm) จนถึงกิโลเมตร ความสูงระหว่างท้องคลื่นกับยอดคลื่นเรียกว่า Amplitude ในแต่ละช่วงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยคลื่นแสงและรังสีสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ โดยคลื่นนี้เรียกว่า Electromagnetic Spectrum แต่ละคลื่นจะมีความยาวคลื่นต่างกัน โดยคลื่นวิทยุมีความยาวที่สุด คือตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร จนถึงหลายกิโลเมตร และรังสีแกมมา มีความยาวน้อยที่สุดคือมีความยาวน้อยกว่า 0.1 นาโนเมตร ซึ่งตาของมนุษย์สามารถรับรู้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในช่วงแคบ ๆ คือ ช่วงระหว่าง 380 - 780 นาโนเมตร (nm.) ช่วงนี้เรียกว่า ช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible Spectrum / Visible Light) หรือ แสง



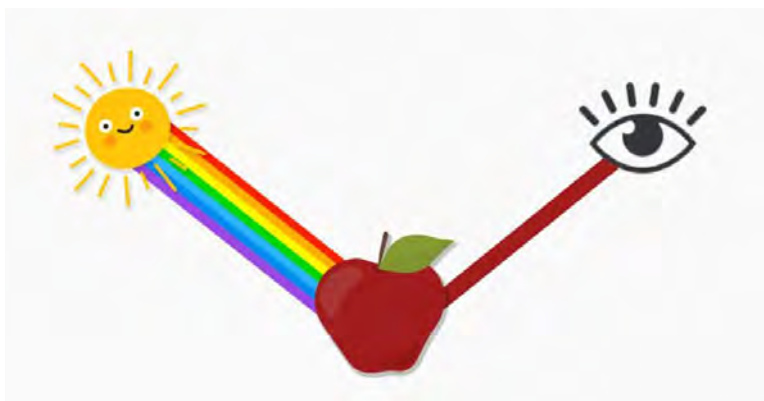
ภาพที่ 1 สเปกตรัมของพลังงานต่างๆ [3]

พลังงานอื่นในช่วงความยาวคลื่นสั้นกว่า 380 นาโนเมตร ได้แก่ รังสีอัลตราไวโอเล็ต รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา รังสีคอสมิกและพลังงานในช่วงความยาวคลื่นยาวกว่า 780 นาโนเมตร ได้แก่ รังสีอินฟราเรด คลื่นไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุเหล่านี้มิได้ช่วยทำให้เกิดการมองเห็น

ทฤษฎีการมองเห็นของมนุษย์

องค์ประกอบในการมองเห็น

การมองเห็นของมนุษย์เป็นกระบวนการพื้นฐานในการรับรู้ทำให้เข้าใจของรูปร่าง โครงสร้างพื้นผิวและสีของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งเป็นลักษณะทางกายภาพ โดยการรับรู้สีของวัตถุเป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบพื้นฐาน ได้แก่ แหล่งแสง วัตถุ และระบบการมองเห็นของมนุษย์ การรับรู้สีของวัตถุเกิดจากการที่แสงจากแหล่งกำเนิดแสงเดินทางมากระทบกับวัตถุ วัตถุจะดูดกลืนแสงไว้ส่วนหนึ่งและเกิดการสะท้อนแสงส่วนหนึ่งจากวัตถุนั้น ๆ มากระทบตาแล้วจึงส่งสัญญาณไปยังสมองเพื่อแปลออกมาเป็นสีที่เห็น



ภาพที่ 2 องค์ประกอบการมองเห็นสีของมนุษย์ [4]

1. แหล่งแสง

แสงเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะช่วยให้มองเห็นสิ่งต่าง ๆ และช่วยให้รับรู้สีได้ ทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยโฟตอนที่เคลื่อนที่ไปอย่างรวดเร็วจนเกิดเป็นคลื่นแสง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แหล่งแสงประดิษฐ์ (artificial light source) เช่น หลอดไฟอินแคนเดสเซนต์ (Incandescence) เป็นต้น และแสงตามธรรมชาติ (natural light source) เช่น แสงจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น ตาของมนุษย์สามารถรับรู้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในช่วงแคบ ๆ คือ ช่วงระหว่าง 380-780 นาโนเมตร โดยความยาวคลื่นแสง ที่แตกต่างกันส่งผลถึงการรับรู้สีที่ต่างกันไป ทำให้แสงจากแหล่งแสงแต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกัน ได้แก่ การกระจายพลังงานของสเปกตรัม (spectral power distribution, SPD) อุณหภูมิสี (color temperature) อุณหภูมิสีเทียบเคียง (correlated color temperature, CCT) และการเรนเดอร์สี (color rendering) เป็นต้น

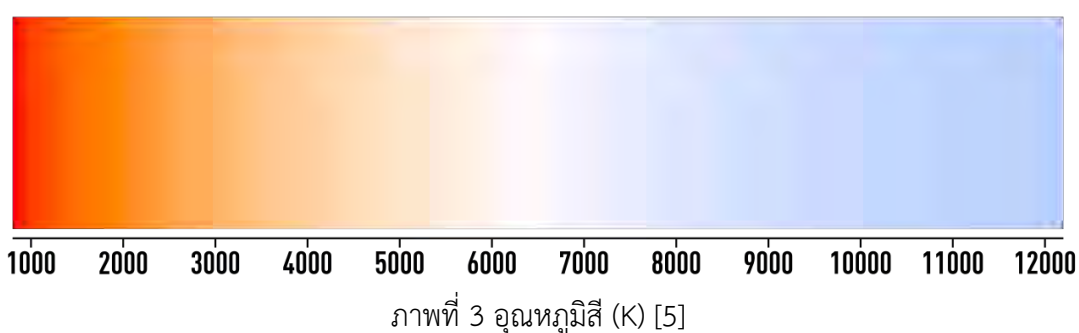
1) การกระจายพลังงานของสเปกตรัม (spectral power distribution, SPD)

แหล่งแสงแต่ละชนิดมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยค่าการกระจายพลังงานของแหล่งแสงนั้นในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็น ซึ่งแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันจะมีสีต่างกันสีของแสงสัมพันธ์กับความยาวคลื่นของแถบสเปกตรัม โดยสีของแสงนั้น จะเหมือนกับสีของแสงในช่วงความยาวคลื่นนั้น เมื่อมีค่ากำลังสัมพันธ์

ในช่วงความยาวคลื่นนั้นมาก เช่น แสงที่มีค่าสัมพัทธ์สูงสุดในช่วง 700 นาโนเมตร ทำให้มีสีออกแดง ส่วนแสงมีค่ากำลังสัมพัทธ์สูงสุดในช่วง 450 นาโนเมตร ทำให้มีสีออกสีน้ำเงิน เป็นต้น

2) อุณหภูมิสี (color temperature)

อุณหภูมิของแหล่งกำเนิดแสงพิเศษ (Black body) ที่ให้สีของแสงที่เปล่งออกมา มีสีเหมือนกับแหล่งกำเนิดแสงที่กำหนด ซึ่งแหล่งกำเนิดแสงพิเศษ (Black body) ไม่มีสีเนื่องจากการดูดกลืนแสงที่ตกกระทบทั้งหมดมีสีดำสนิท ที่อุณหภูมิ 0 K หรือ -273 องศาเซลเซียส เมื่อให้ความร้อนกับแหล่งกำเนิดแสงพิเศษ (Black body) จะเริ่มมีแสงเปล่งออกมา แสงและสีที่เห็นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ



3) อุณหภูมิสีเทียบเคียง (correlated color temperature, CCT)

อุณหภูมิของแหล่งกำเนิดแสงพิเศษ (Black body) หรืออุณหภูมิของตัวเปล่งรังสีของพลังค์ (Planckian radiator) เมื่อได้รับความร้อนจะให้สีของแสงที่เปล่งออกมานั้นมีสีใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดแสงที่กำหนด เมื่อมองภายใต้ความสว่างและสภาวะการมองแบบเดียวกันตามระดับความร้อนในหน่วย เคลวิน (K)

4) การเรนเดอร์สี (color rendering)

ความสามารถของแหล่งแสงในการให้แสงที่ทำให้สีของวัตถุมีสีปรากฏมากหรือน้อยเทียบกับแหล่งแสงมาตรฐานโดยใช้ดัชนีเรนเดอร์สี (color rendering index, CRI) ในการเปรียบเทียบแหล่งกำเนิดแสงว่ามีความสามารถในการแสดงสีของวัตถุให้เป็นธรรมชาติได้มากน้อยเพียงใด เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดแสงอ้างอิง มีค่าตั้งแต่ 0 - 100 หากมีค่าสูง สีของวัตถุที่ปรากฏจะคล้ายกับ สีที่ปรากฏภายใต้แหล่งแสงมาตรฐาน

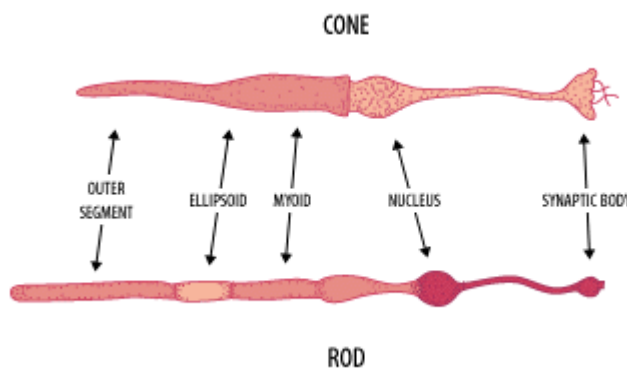
2. วัตถุ

วัตถุแต่ละประเภทมีองค์ประกอบและคุณสมบัติที่แตกต่างกันสามารถมองเห็นวัตถุมีสีได้ เนื่องจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างแสงและสารให้สีที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุ เมื่อแสงเดินทางมากระทบกับวัตถุ วัตถุจะดูดกลืนแสง ไว้ส่วนหนึ่งและเกิดการสะท้อนแสงส่วนหนึ่งจากวัตถุนั้น ๆ แสงที่ตกกระทบทำให้สีที่ปรากฏ

เปลี่ยนแปลงได้และคุณสมบัติของสารให้สีปฏิสัมพันธ์ของแสงและวัตถุมีสีที่ทำให้วัตถุปรากฏสีต่าง ๆ ได้แก่ การดูดกลืน การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนการแทรกสอด การกระเจิง การกระจายและการส่องผ่าน

3. ดวงตา

ดวงตาของผู้สังเกตเป็นปัจจัยของการมองเห็น เมื่อแสงตกกระทบกับวัตถุและสะท้อนเข้าตาผู้สังเกตผ่านเรตินาที่มีส่วนแยกแยะแสงสีอยู่ 2 ส่วนคือ Rod ส่วนที่แยกแยะความมืดและสว่างและส่วนที่สามารถ แยกสี ที่เรียกว่า Cones รวมกันอยู่อย่างหนาแน่นบริเวณรอบๆ Fovea มีจำนวน 6-7 ล้าน แบ่งออกเป็น 3 Cones คือ ส่วนที่มีความไวต่อสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4 เซลล์รับแสง [6]

ระบบสี CIE L*a*b* (CIELAB)

ระบบที่ Commission International de l' Eclairage (CIE) ได้ปรับปรุงจากระบบ Munsell พัฒนารขึ้นเพื่อการวัดสี โดยไม่ขึ้นกับการมองเห็นแต่ละบุคคล อธิบายสีที่มองเห็นด้วยค่าตัวเลข ทำให้วัดค่า ด้วยเครื่องมือวัดสีได้ เพื่อควบคุมคุณภาพของการผลิตสี เป็นระบบที่สัมพันธ์กับการมองเห็นแสงสีของมนุษย์ โดยคำนึงองค์ประกอบในการมองเห็นสีทั้ง 3 องค์ประกอบและนำมาคำนวณเป็นค่าสี มีลักษณะเป็นปริภูมิสี 3 มิติ โดยแกนทั้ง 3 ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ประกอบด้วย

แกน L* แสดง ค่าความสว่าง (lightness) มีค่าตั้งแต่ 0-100

$L^* = 0$ (มืดที่สุด)

$L^* = 100$ (สว่างที่สุด)

แกน a* แสดง ความเป็นสีแดง-สีเขียว

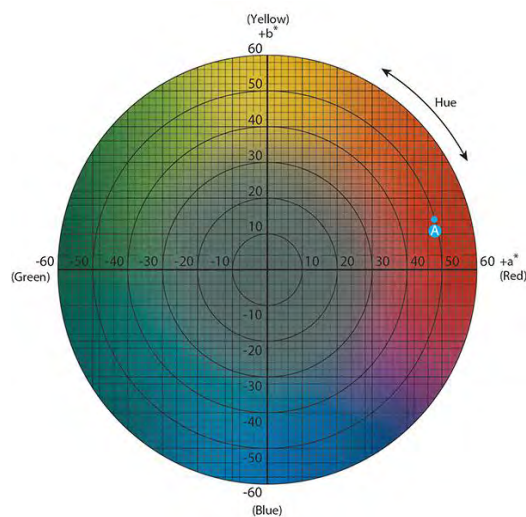
a* มีค่าเป็น - แสดงความเป็นสีเขียว

a^* มีค่าเป็น + แสดงความเป็นสีแดง

แกน b^* แสดง ความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงิน

b^* มีค่าเป็น - แสดงความสีน้ำเงิน

b^* มีค่าเป็น + แสดงความสีเหลือง



ภาพที่ 5 CIELAB color chart [7]

ในระบบสี CIELAB สามารถนำค่า a^* และ b^* มาคำนวณหาค่า Chroma (C^*) และ Hue (h^*) ได้

โดย
$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

hue angle คือ มุมของสีที่ระบุตำแหน่งของสีในกราฟ (องศา)

$h^* = 0^\circ$ สีแดง

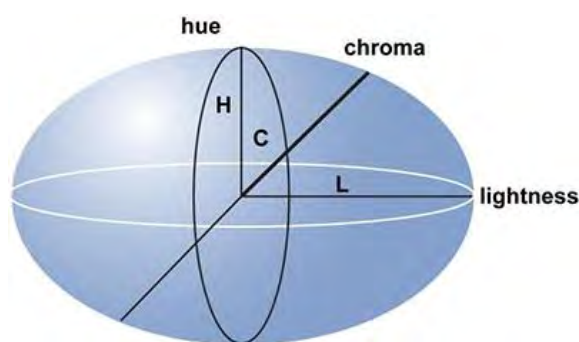
$h^* = 90^\circ$ สีเหลือง

$h^* = 180^\circ$ สีเขียว

$h^* = 270^\circ$ สีน้ำเงิน

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสี (color tolerance)

ขอบเขตการยอมรับ (Pass color tolerance) หรือไม่ยอมรับ (Fail color tolerance) ความแตกต่างของสีใด ๆ เมื่อเทียบกับสีมาตรฐานใช้ตัวเลขเป็นค่าที่แสดงความแตกต่างของสีแทนการเทียบสีและการยอมรับหรือไม่ยอมรับความคลาดเคลื่อนสีโดยใช้การมองเปรียบเทียบ การกำหนดเกณฑ์การยอมรับ ความคลาดเคลื่อนสีใช้ค่าความแตกต่างสี (ΔE_{ab}^*) เป็นเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสี โดยทั่วไปจะเกิดการสังเกตเห็น ความแตกต่างของสีสีน (Hue) ก่อนจากนั้นจึงเป็นความอิ่มตัวของสี (Chroma) และความสว่าง (Lightness) ตามลำดับ ซึ่งขอบเขตการยอมรับความคลาดเคลื่อนสีที่ตามองเห็นจึงมีลักษณะเป็นรูปทรงรีในปริภูมิสี CIELAB มีแกนสำคัญคือ ทิศทางของความสว่าง (L^*) และมีลักษณะเป็นรูปทรงรีในแผนภูมิ $a^* b^*$ อยู่ในแนวของ- ค่าความอิ่มตัวสี (C^*_{ab})

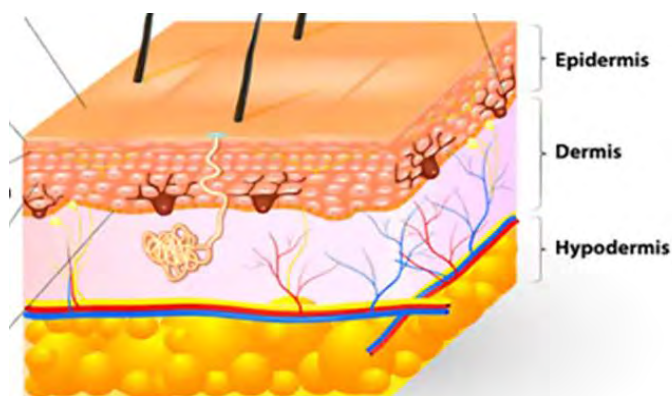


ภาพที่ 6 ขอบเขตความคลาดเคลื่อนสีรูปวงรี [8]

โครงสร้างผิวหนัง

ผิวหนังปกคลุมอยู่ทั่วร่างกายเป็นอวัยวะส่วนหนึ่งของร่างกายมนุษย์ที่มีพื้นที่มากที่สุดและเป็นแหล่งผลิตวิตามินดี มีหน้าที่สำคัญเป็นด่านแรกในการป้องกันเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอม เช่น อันตรายจากพวกแบคทีเรีย ไวรัส การป้องกันแสงอัลตราไวโอเล็ต ช่วยควบคุมการสูญเสียน้ำออกจากร่างกาย ควบคุมอุณหภูมิและรับรู้ความรู้สึก เป็นต้น มีโครงสร้างที่ซับซ้อนประกอบด้วย เซลล์และเนื้อเยื่อหลายชนิดโครงสร้างของผิวหนังมนุษย์สามารถแบ่งได้ 3 ชั้น

1. หนังกำพร้า (Epidermis)
2. หนังแท้ (Dermis)
3. ผิวหนังชั้นไขมัน (Hypodermis หรือ Subcutis)



ภาพที่ 7 โครงสร้างผิวหนังมนุษย์ [9]

ผิวหนังแต่ละชั้นประกอบด้วยเซลล์และโครงสร้างที่จำเพาะ ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติและหน้าที่แตกต่างกัน และในแต่ละบริเวณของร่างกายมีส่วนของผิวหนังแต่ละชั้นแตกต่างกันด้วย

- **หนังกำพร้า (Epidermis)**

เป็นผิวหนังชั้นนอกสุด มีความหนาประมาณ 0.05 - 0.1 มิลลิเมตร ช่วยป้องกันผิวจากแบคทีเรีย สารพิษ และการสูญเสียน้ำหรือของไหลออกนอกร่างกาย มีส่วนในกระบวนการผลิตเซลล์ผิวประกอบด้วยเซลล์หลัก 4 ชนิด ได้แก่

- 1) **Keratinocytes**

เซลล์หลักของหนังกำพร้าแบ่งเป็นชั้นต่าง ๆ ตามรูปร่างและส่วนประกอบในเซลล์จัดเป็น stratified squamous epithelium เรียงจากชั้นในไปนอกสุด ตามลำดับ ได้แก่

- **Stratum basale** ชั้นล่างสุดประกอบด้วยเซลล์รูปร่างสี่เหลี่ยม (cuboidal cell)
- **Stratum spinosum** ชั้นที่ประกอบด้วยเซลล์ keratinocytes ซ้อนกัน รูปร่างเป็นหนาม (spinous/prickle cell)
- **Stratum granulosum** ชั้นที่ประกอบด้วยเซลล์ keratinocytes ซ้อนกัน 3-5 มีเม็ด granule ภายในเซลล์ มีหน้าที่ช่วยในการสร้าง keratin Stratum corneum หรือผิวหนังชั้นขี้ไคล (keratin) เป็นชั้นนอกสุดของหนังกำพร้า
- **stratum lucidum** เป็นเพียงช่องว่างระหว่างชั้น stratum granulosum and stratum corneum โดยจะพบแค่ผิวหนังบริเวณฝ่ามือฝ่าเท้า

2) Melanocytes

เซลล์ที่สร้างจาก neural crest ลักษณะรูปร่างเป็น dendrite cell แทรกตัวอยู่ในชั้น stratum basale มีหน้าที่สร้างเม็ดสีเมลานิน (melanin) แล้วส่งออกไปให้ keratinocytes ทำให้เกิดสีผิวแตกต่างกันในแต่ละเชื้อชาติ (race)

3) Langerhans cells

เซลล์ที่สร้างจาก mesoderm ที่ไขกระดูก มีลักษณะเป็น dendrite cell แทรกตัวในชั้นหนังกำพวด ทำหน้าที่เป็น antigen presenting cells ในการจับเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมที่บริเวณผิวหนังส่งต่อไปยังต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียง สำหรับการตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันของร่างกายแบบจำเพาะ

4) Merkel cells

เซลล์ที่แทรกตัวอยู่ในชั้น stratum basale ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับ mechanoreceptor ตอบสนองต่อการสัมผัสและ neuroendocrine functions ในชั้นหนังกำพวด เซลล์ keratinocytes ยึดติดกันด้วย โปรตีนหลายกลุ่มที่สำคัญคือ desmosome สำหรับการยึดติดกับหนังแท้มีชั้น basement membrane (Dermo-epidermal junction) เป็นตัวกัน มีส่วนประกอบโปรตีนหลายชนิดในชั้นนี้

- หนังแท้ (Dermis)

ชั้นในหนังแท้มีเส้นเลือดและเส้นประสาทมาเลี้ยงจำนวนมาก หนังแท้ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นเซลล์และส่วนที่ไม่ใช่เซลล์ ซึ่งมีเซลล์ที่สำคัญคือ fibroblasts มีหน้าที่ในการสร้างเส้นใยโปรตีน ที่สำคัญ เช่น collagen และ elastic fiber เป็นต้น และสร้างสาร ground substance ซึ่งเป็นสารพวก polysaccharide

- ผิวหนังชั้นไขมัน (Hypodermis หรือ Subcutis)

ประกอบด้วยเซลล์ไขมัน (adipocytes) ซึ่งอยู่กันเป็นก้อนและกันด้วยผนังเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งมีหลอดเลือด หลอดน้ำเหลือง และ collagen เป็นส่วนประกอบ [9]

บทความวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยของวรรณรัตน์ วิรัชกุล [10] ได้ศึกษาเรื่อง ลักษณะเชิงสเปกตรัมของสีผิวคนไทยโดยการวัดค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมของสีผิว ที่ความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ทุกระยะห่าง 10 นาโนเมตร วิเคราะห์ค่าสีในระบบจำลองลักษณะสี CIECAM02 ภายใต้สภาวะ D65/100 ร่วมกับข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ผลการทดลองพบว่า สีผิวของคนไทยมีแนวโน้มไปทางสีเหลือง และมีความแตกต่างของความสว่างมาก ตั้งแต่ผิวสีขาวเหลืองจนถึงผิวสีแทน จากการวิเคราะห์ลักษณะของกราฟค่าการสะท้อนแสงพบว่า สีผิวมี

ค่า การสะท้อนแสงต่ำในช่วงความยาวคลื่นสั้นและมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงความยาวคลื่นที่ยาวขึ้น โดยมี การเปลี่ยนแปลงความชันของเส้นกราฟในช่วง 520-600 นาโนเมตร ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสีผิว จากการ วิเคราะห์กลุ่ม (cluster analysis) สามารถจำแนกสีผิวของกลุ่มตัวอย่างได้ 10 กลุ่ม จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 710 คน อายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป

จากงานวิจัยของ Jost-Boissard et al. [2] ได้ศึกษาการทดลองทางจิตวิทยาโดยได้ตรวจสอบการรับรู้ สีของผิวหนังภายใต้แสงที่มีการกระจายพลังงาน (SPDs) ต่างกัน อาสาสมัคร 63 คน ได้ประเมินสีผิวของ ตนเองภายใต้แหล่งแสงอย่างละเอียดยุติ 20 แหล่ง ที่อุณหภูมิสี 2,700 K ที่มีทั้งหลอดชนิดฟลูออเรสเซนต์ และ แอลอีดี จุดประสงค์คือเพื่อตรวจสอบอิทธิพลของ SPD ที่มีต่อความพึงพอใจในการมองเห็นสีผิวภายใต้ แหล่ง แสง โดยประเมินสีผิวทั้ง 3 ประเภทที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ย ความพึงพอใจ ภายใต้อาสาสมัครต่างชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผู้สังเกตชอบสีผิวตนเองภายใต้ แสงฟลูออเรสเซนต์ และแสงแอลอีดีที่มีการผสมของแสง พบว่าสัดส่วนของสีแดงและสีเขียวมีผลต่อความชอบ กลุ่มแสงสีแอลอีดีที่ ส่งผลต่อความชอบสูงได้แก่ กลุ่มแสงสีขาว แดง เขียว นอกจากนี้ผู้สังเกตที่มีสีผิว ตามเชื้อชาติจะชอบสีผิวของ ตนเองภายใต้แหล่งแสงที่ต่างกัน ผู้สังเกตชาวเอเชียชอบสีผิวตนเองภายใต้แหล่ง แสงขาวที่มีความอิ่มตัวสีสูง กว่ากลุ่มคอเคเซียนและกลุ่มแอฟริกันที่ชอบสีผิวตนเองภายใต้แหล่งแสงขาวที่มี gamut แคบกว่า

จากงานวิจัยของ MS Islam et al. [11] ได้ศึกษาการทดลองทางจิตวิทยาโดยทดสอบผู้สังเกตการณ์ ที่ มีความชื่นชอบแสงสว่างภายใต้แหล่งแสงที่มีการกระจายพลังงาน (SPDs) ที่แตกต่างกัน จำนวน ผู้ สังเกตการณ์ 60 คนซึ่งมีการมองเห็นปกติ ประเมินความชื่นชอบในการมองวัตถุ 7 ชนิด ภายใต้อาสาสมัคร ชนิด แอลอีดี 21 แหล่งและแหล่งแสงฟลูออเรสเซนต์ 3 แหล่ง ซึ่งมองในตำแหน่งเดิมของวัตถุ ได้แก่ รูปภาพสี MacbethColor Checker (MCC) ตัวอย่างไม้ กระจกน้ำอัดลมสีแดง มือและสิ่งพิมพ์ที่เป็นตัวอักษร เพื่อ ตรวจสอบความพึงพอใจ ความต้องการในการมองเห็นสำหรับแหล่งแสงที่มีการกระจายพลังงาน (SPDs) ที่ แตกต่างกันและนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อมองคูสีของวัตถุและสีของ MCC ภายใต้อาสาสมัคร แหล่งแสงที่มีการกระจายพลังงานต่างกัน ผู้สังเกตมีความชอบแสงที่มีความสว่างเพียงพอ รู้สึกสบายตาภายใต้ แหล่งแสงที่มีอุณหภูมิสีสัมพัทธ์สูงที่ 4000 K และ 6500 K มากกว่าอุณหภูมิสีสัมพัทธ์ต่ำที่ 2700 K ที่ 500 lx

จากงานวิจัยของ Eve M. Quellman et al. [12] ได้ศึกษาเรื่องแหล่งกำเนิดแสงมีอิทธิพล ต่อ ความชื่นชอบของคนที่มีสีผิวแตกต่างกัน โดยทำการทดลองให้ผู้สังเกตการณ์จำนวน 32 คน แบ่งได้ 4 กลุ่ม 1) สี ผิวขาว 2) สีผิวเอเชีย 3) สีผิวชาวอินเดีย/ศรีลังกา 4) สีผิวแอฟริกา ตรวจสอบการรับรู้ภายใต้ แหล่งกำเนิดแสง 7 แหล่ง โดยแต่ละแหล่งแสงมีการกระจายแสงและการส่องสว่างลักษณะคล้ายกันที่ 45 และ 450 lx. จาก การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าสีผิวที่ต่างกันจะมีความชอบแหล่งกำเนิดแสงที่ต่างกัน โดยสีผิวขาวชอบ แหล่งกำเนิดแสงประเภทโทนอบอุ่นเนื่องจากทำให้ผิวมีลักษณะสุขภาพดี ธรรมชาติแต่ไม่ชอบ ให้ดูชมพู เทา

มากเกินไปและคล้ายอาการตัวเขียวหรือสีเหลือง สีผิวเอเชียชอบแหล่งกำเนิดแสงประเภท สีขาวเป็นธรรมชาติ มีลักษณะคล้าย daylight เนื่องจากทำให้ดูขาวและไม่ชอบแหล่งกำเนิดแสงที่มีสีเหลือง มากเกินไป สีผิวขาวอเดียวโดยทั่วไปแล้วชอบแหล่งกำเนิดแสงประเภทสีแดงและสีทอง และไม่ชอบ แหล่งกำเนิดแสงประเภทที่ทำให้ผิวของพวกเขาดูหมองคล้ำ ชาวเกินไป ผิดธรรมชาติหรือมีสีน้ำตาลมาก และสีผิวแอฟริกาเป็นสีผิวที่มีความสว่างน้อยที่สุด โดยทั่วไปชอบแหล่งกำเนิดแสงประเภท ที่ทำให้ผิวของพวกเขา ดูอบอุ่นและเรียบเนียนยิ่งขึ้น และไม่ชอบแหล่งกำเนิดแสงประเภทที่ทำให้ผิวของพวกเขาดูหมองคล้ำแดง เกินไป

จากงานวิจัยของ Tadashi Yano, Kenjiro Hashimoto [13] ศึกษาเกี่ยวกับค่าสีผิวของผู้หญิง ญี่ปุ่น ภายใต้แหล่งแสง โดยใช้โมเดลทั้งหมด 3 คน ทำการทดลองการมองสีผิวภายใต้แหล่งแสง 40 แหล่งแสง ซึ่งโมเดลทั้ง 3 คนนี้จะมีค่าเฉลี่ยสีผิวใกล้เคียงกัน เมื่อวัดค่าภายใต้แหล่งแสง D65 การทดลองนี้จะ เปรียบเทียบผลกับงานวิจัยค่าสีผิวของผู้หญิงชาวออร์ธอเมริกา (Caucasian) ภายใต้แหล่งแสง ที่ศึกษาโดย Sanders วิธีการทดลองคือ โมเดลทั้ง 3 คน ทารองพื้นผิวหน้า (Foundation) โดยไม่แต่งหน้าส่วนอื่นๆ จากนั้นโมเดลนั่งในห้องที่มีกล่องแสงทั้งหมด 3 กล่อง ผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 21 คน ประเมิน การมองเห็นสีผิว ของโมเดลอยู่ในระดับใดและวัดค่าสีผิวที่ปรากฏภายใต้แหล่งแสงทั้ง 40 แหล่งแสงด้วยเครื่อง Pritchard photometer และ multichannel spectroradiometer จากการทดลองพบว่าค่าสีผิวของผู้หญิงญี่ปุ่น ภายใต้แหล่งแสงจะให้ค่าความอิ่มตัวของสีสูงกว่าและให้สีที่ออกไปทางสีแดงมากกว่างานวิจัยค่าสีผิวของผู้หญิงชาวออร์ธอเมริกาภายใต้แหล่งแสงที่จะให้ค่าความอิ่มตัวของสีต่ำกว่าถึง 3.5 เท่าของผู้หญิงญี่ปุ่นและให้สีออกไปทาง สีส้ม

จากงานวิจัยของ Shino OKUDA และ Katsunori OKAJIMA [14] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการกระจายสเปกตรัมที่ส่งผลต่อการปรากฏของผิวหน้าที่ได้รับการแต่งหน้า โดยก่อนทำการทดลอง มีการจัดตั้งค่าแหล่งแสงต่าง ๆ ทั้งหมด 53 แหล่งแสงที่มีสเปกตรัมต่างกัน ซึ่งการทดลอง โมเดลที่แต่งหน้า 1 คน เพศหญิง อายุ 22 ปี ทำการวัดค่าสีผิวที่ทำการแต่งหน้าด้วยเครื่อง 2D Colorimeter ภายใต้แหล่งแสงทั้งหมด 53 แหล่งแสงและใช้วิธีการ Color Management Process ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้แยกแยะสีด้วยโปรแกรมในหน้าจอ และใช้ผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 20 คน ทำการประเมินโดยการให้คะแนน -10 = ไม่ดี จนถึง +10 = ดี และการประเมินนี้จะประเมินภายใต้แหล่งแสงและเงื่อนไขดังนี้ 1. ความเป็นธรรมชาติ 2. ภายใต้กิจกรรม 3. ความซับซ้อน 4. สุขภาพ 5. ความคุ้นเคย และ 6. ความชอบ ผลการทดลองนี้พบว่าแสงที่ทำให้เห็นสีผิวที่ แต่งหน้าในระดับดีจะอยู่ที่ความยาวคลื่น 610 - 652 nm. และให้สีผิวที่แต่งหน้าไม่ดีอยู่ที่ความยาวคลื่น 559 nm. ภายใต้เงื่อนไขความซับซ้อนความชอบและความคุ้นเคยผิวหน้าที่แต่งหน้าในระดับดีนั้นภายใต้ความยาว คลื่นที่ 492 nm. และภายใต้เงื่อนไขของกิจกรรมสุขภาพและความคุ้นเคยจะให้สีผิวหน้าที่แต่งหน้า 'ไม่ดี' ที่ความยาวคลื่น 525-585 nm.

จากงานวิจัยของ Minchen Wei, Kevin W. Houser, Gary R. Allen & William W. Beers [15] ได้ศึกษาค่าสีด้วยการลดค่าสีเหลืองด้วยแสง LED การทดลองนี้ใช้หลอดไฟ 2 ชนิดคือ BP LED ที่ให้กราฟสเปกตรัมที่มีสีเขียวและสีเหลืองมากกว่า YD LED และ YD LED ที่ให้กราฟสเปกตรัมสีแดงมากกว่า โดยกำหนดให้มีค่าอุณหภูมิสีเท่ากันที่ 3000K ผู้สังเกตการณ์ทั้งหมด 87 คน อายุระหว่าง 19-25 ปี จากการทดลอง พบว่าหลอดไฟทั้งสองชนิดให้ความพึงพอใจต่อคนแต่ละเชื้อชาติไม่เหมือนกัน โดยกลุ่มคนผิวขาวชื่นชอบสีผิว ภายใต้หลอดไฟ YD LED มากกว่า ซึ่งทำให้ผิวของพวกเขาดูสุขภาพดีและมีสีส้มที่ดี ในทางตรงกันข้ามกัน หลอด BP LED ทำให้พวกเขามองสีผิวตัวเองเป็นสีซีดและออกสีเทา ส่วนกลุ่มคนเอเชียที่เห็นว่ามีผิวดูดีสีแดง มากเกินไปภายใต้หลอดไฟ YD LED

จากงานวิจัยเรื่อง Preference for appearance of Chinese complexion under different lighting โดย J He et al. [16] ได้ศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจสีผิวที่ปรากฏของคนจีนภายใต้แหล่งแสง ที่ต่างกัน โดยวิธีการทดลองคือสร้างห้องจำลองขึ้นมาและจัดแหล่งแสงโดยใช้รูปแบบของ Preference Index of Skin Colour (PS) โดยสามารถปรับค่าอุณหภูมิสีได้ แหล่งแสงที่ใช้ทั้งหมด 8 แหล่งแสง โมเดลทำ การทดลองจำนวน 2 คน วัดสีผิวก่อนแต่งหน้าและหลังแต่งหน้าด้วยเครื่องวัดแบบสเปกโตรมิเตอร์ (Spectrophotometer) จากนั้นผู้สังเกตการณ์ที่เป็นคนจีน จำนวน 36 คน ชาย 16 คน และหญิง 20 คน ทำการดูความพึงพอใจ ในการมองเห็นสีผิวของโมเดลทั้งก่อนแต่งหน้าและหลังแต่งหน้า เมื่อได้ค่าความพึงพอใจและค่าสีผิวที่วัดจาก เครื่องวัดแบบสเปกโตรมิเตอร์ นำมาทำการหาค่าทางสถิติและเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ทำการวิจัยเกี่ยวกับ ความพึงพอใจการปรากฏของสีผิวของชาวญี่ปุ่น พบว่าความพึงพอใจในการมองเห็นสีผิวของชาวจีนและชาวญี่ปุ่นมีค่า ใกล้เคียงกันโดยค่าขอบเขตของสี (tolerance) ออกไปทางสีแดง ซึ่งความพึงพอใจของทั้งชาวญี่ปุ่นและชาวจีน ที่มีความใกล้เคียงกันนั้นในงานวิจัยกล่าวว่า เป็นผลจากความคล้ายคลึงกันของ Preference Index of Skin Colour (PS) ที่ได้รับอิทธิพลมาจากภูมิศาสตร์ของประเทศรวมไปถึงในทางมนุษยวิทยาคด้วย

จากงานวิจัยของ Yuzhao Wang et al. [17] ได้ศึกษาเรื่องเครื่องมือที่ใช้วัดสี (Spectrophotometer) ในการวัดสีผิวมนุษย์ โดยมีการใช้เครื่องวัดที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ tele-spectroradiometer spectrophotometer ในการวัดแบบ de/8 และ 45/0 อาสาสมัคร 47 คน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มผิว ได้แก่ สีผิวคนจีน สีผิวชาวคอเคเซียน สีผิวเอเชียใต้ และสีผิวดำ วัดสีผิวบนร่างกาย 8 ตำแหน่งในการวัด จุดประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลความถูกต้องของเครื่องมือที่ใช้วัด (accuracy) โดยเก็บข้อมูลสีผิวจากตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกาย โดยใช้เครื่องมือการวัดสีที่แตกต่างกันและเปรียบเทียบการกระจายตัวของพิกัดสี (color distribution) ต่างกัน ผลของการศึกษาพบว่า วิธีการวัดแบบสเปกโตรมิเตอร์ (spectrophotometer) สามารถวัดได้ ค่าสูงกว่าวิธีการวัดแบบไม่สเปกโตรมิเตอร์ (tele-spectroradiometer) และผลของการใช้เครื่องมือวัดสี spectrophotometer ในการวัด

แบบ de/8 และ 45/0 คล้ายคลึงกับผลของการใช้เครื่องมือวัดสี tele-spectroradiometer โดยพลังงานสเปกตรัมในการใช้เครื่องมือวัดสี spectrophotometer แบบ 45/0 และพลังงานสเปกตรัมในการใช้เครื่องมือวัดสี spectrophotometer แบบ de/8 มีค่าสว่างคล้ายคลึงกัน ส่วนพลังงานสเปกตรัมในการใช้เครื่องมือวัดสี tele-spectroradiometer และพลังงานสเปกตรัมในการใช้ เครื่องมือวัดสี spectrophotometer แบบ de/8 มีค่าสีคล้ายคลึงกัน

จากงานวิจัยของ K. Xiao et al. [18] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความแปรปรวนของสีผิวแต่ละชาติพันธุ์ โดยฐานข้อมูลเป็นฐานข้อมูลใหม่สำหรับสีผิวมนุษย์ งานวิจัยนี้กล่าวว่าสีผิวของมนุษย์สามารถวินิจฉัยและทำการรักษาความผิดปกติในทางการแพทย์ได้ จึงทำให้ผู้วิจัยศึกษาเกี่ยวกับสีผิวของมนุษย์ในแต่ละชาติพันธุ์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ชาติพันธุ์ได้แก่ กลุ่มคนผิวขาว (Caucasian) กลุ่มคนเคิร์ด (Kurdish) กลุ่มคนจีน (Chinese) และกลุ่มคนไทย (Thai) และวัดค่าสีผิวจากตำแหน่งบนร่างกายทั้งหมด 4 ตำแหน่งได้แก่ หน้าผาก แก้ม หลังมือ และต้นแขนส่วนใน ซึ่งการวัดค่าส่วนต่างๆของร่างกายจะส่งผลสำหรับสร้างฐานข้อมูลให้กับวงการทางการแพทย์และวงการผู้ผลิตเครื่องสำอาง วิธีการวัดค่าสีผิวทำโดยการใช้เครื่องมือวัดแบบสเปกโตรมิเตอร์ (spectrophotometer) และใช้ CIELAB สำหรับใส่ค่า L^* , a^* และ b^* ที่วัดได้ งานวิจัยนี้ได้รายงาน ผลการทดลองเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ 1.ผลจากกราฟ CIELAB พบว่าค่าสีผิวของกลุ่มคนทั้ง 4 ชาติพันธุ์ มีการซ้อนทับกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยแกนของความเหลืองพบว่ากลุ่มคนไทยให้ค่าความเหลืองสูงสุด และกลุ่มคนผิวขาวให้ค่าความเหลืองน้อยที่สุด 2. เมื่อเปรียบเทียบบริเวณทั้ง 4 ส่วนของร่างกายพบว่าบริเวณ หน้าผากให้ค่าความแดงมากที่สุดและบริเวณต้นแขนส่วนในให้ค่าความแดงน้อยที่สุด 3. กลุ่มคนจีนจะมีขอบเขตของสี (Color Gamut) เล็กที่สุดและกลุ่มคนผิวขาวจะมีขอบเขตของสี (Color Gamut) ใหญ่ที่สุด จากการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาพบว่าสีผิวของแต่ละชาติพันธุ์ขึ้นกับ 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ความต่างของบุคคล แต่ละชาติพันธุ์ที่ให้ค่าความสว่างและค่าความเหลืองต่างกัน ส่วนค่าความแดงของสีผิวจะขึ้นกับตำแหน่ง ในร่างกาย และอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญคือสภาพแวดล้อมที่อยู่ของกลุ่มคนในแต่ละชาติพันธุ์ที่จะทำให้มี ค่าความสว่างต่างกัน

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

1. กระดาษชนิดไม่ใสสารเติมแต่ง OBA
2. รองพื้นทาผิวหน้า แกรนด์ Maybelline New York
รุ่น Fit Me Matte Poreless Foundation ได้แก่

2.1 light beige (M118)	2.2 classic ivory (M120)
2.3 creamy beige (M122)	2.4 nude beige (M125)
2.5 warm nude (M128)	2.6 buff beige (M130)
2.7 true beige (M222)	2.8 soft tan (M228)
2.9 nature buff (M230)	2.10 pure beige (M235)
2.11 rich tan (M238)	2.12 sun beige (M310)
2.13 natural tan (M320)	2.14 warm honey (M322)
2.15 toffee (M330)	
3. รองพื้นทาผิวหน้า แกรนด์ L'OREAL PARIS
รุ่น Infallible Pro-Matte Foundation ได้แก่

3.1 porce lain (L100)	3.2 natural ivory (L101.5)
3.3 natural buff (L103)	3.4 golden beige (L104)
3.5 natural beige (L105)	3.6 sun beige (L106)
3.7 fresh beige (L107)	3.8 caramel beige (L108)
4. สำลี
5. cleansing water

3.1.2 อุปกรณ์

1. The LED Cube Any SPD simulator
2. Spectroradiometer Konica-Minolta CS-2000
3. Spectrophotometer Konica Minolta CM 700d

4. โปรแกรม MATLAB
5. โปรแกรม Google form
6. โปรแกรม Microsoft Excel 2016
7. โปรแกรม Microsoft Word 2016

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเก็บข้อมูลตัวอย่างสีรองพื้นและตัวอย่างสีผิวของบุคคล

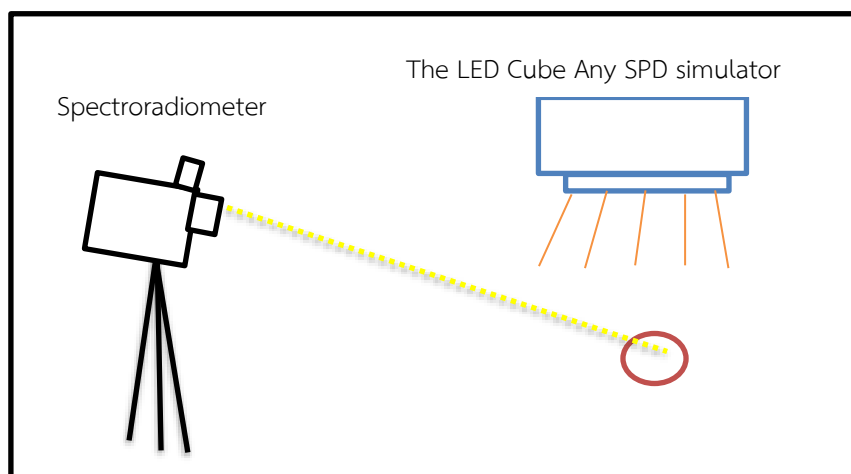
1. นำรองพื้น Maybelline Fit Me Matte Poreless Foundation จำนวน 15 เฉดสีและรองพื้น L'OREAL PARIS Infallible Pro-Matte Foundation จำนวน 8 เฉดสี ทาบนกระดาดาชชนิดไม้ไผ่ สารเติมแต่ง OBA เพื่อวัดค่า CIE $L^*a^*b^*$ และ SPD แต่ละเฉดสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer Konica Minolta CM 700d

2. วัดค่า CIE $L^*a^*b^*$ และค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม (SPD) ของแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ของสีผิวบุคคลเพื่อเป็นตัวอย่างโดยอ้างอิงจากงานวิจัย ด้วยเครื่อง Spectrophotometer Konica Minolta CM 700d

3.2.2 การเตรียมแหล่งกำเนิดแสงและการเก็บข้อมูลแหล่งกำเนิดแสง

1. เขียนโปรแกรมสำหรับแหล่งกำเนิดแสงด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมีแหล่งกำเนิดแสงทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ D65 แสงจากงานวิจัย และแสงนำเสนอโดยอ้างอิงจากงานวิจัย

2. วัดค่า CIE $L^*a^*b^*$ และค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม (SPD) ของแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร โดยมีการจัดวางตำแหน่งของแหล่งแสงและเครื่อง Spectroradiometer Konica-Minolta CS-2000 ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผังการเตรียมแหล่งกำเนิดแสง

3.2.3 การเตรียมข้อมูลสำหรับเขียนโปรแกรม

1. คำนวณค่า $X_n Y_n Z_n$ ของแหล่งแสงจนครบทั้ง 3 ชนิด จากค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม (SPD) ของแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ของข้อมูลแหล่งกำเนิดแสงทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ D65 แสงจากงานวิจัย และแสงนำเสนอโดยอ้างอิงจากงานวิจัย

2. นำรองพื้น Maybelline Fit Me Matte Poreless Foundation จำนวน 15 เฉดสีและรองพื้น L'OREAL PARIS Infallible Pro-Matte Foundation จำนวน 8 เฉดสี โดยทาที่ละเฉดสีที่ผิว เพื่อเก็บข้อมูลค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม (R) ของแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer Konica Minolta CM 700d

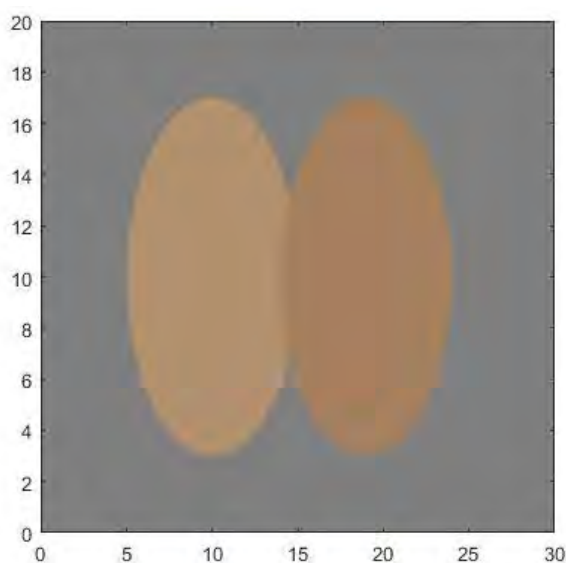
3. คำนวณค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม (R) ของแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ของข้อมูลสีรองพื้นจากข้อ 3.2.3.2 เป็นค่า XYZ แล้วคำนวณค่า $L^*a^*b^*$ โดยใช้ค่า $X_n Y_n Z_n$ ของแหล่งแสงจนครบทั้ง 3 ชนิด

4. คำนวณค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม (R) ของแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ของข้อมูลสีผิวบุคคลเพื่อเป็นตัวอย่างจากข้อ 3.2.1.2 เป็นค่า XYZ แล้วคำนวณค่า $L^*a^*b^*$ โดยใช้ค่า $X_n Y_n Z_n$ ของแหล่งแสงจนครบทั้ง 3 ชนิด

3.2.4 การเขียนโปรแกรมสำหรับข้อมูลในการทำแบบสอบถาม

1. เขียนโปรแกรมสำหรับข้อมูลในการทำแบบทดสอบด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อให้ได้ภาพสีดังภาพที่ 9

ชุดคำสั่งการทำงานของการทำงานทดลองแสดงในภาคผนวก ก



ภาพที่ 9 ตัวอย่างภาพสำหรับแบบทดสอบ

3.2.5 การเตรียมแบบทดสอบ

1. จัดทำแบบทดสอบด้วยโปรแกรม Google form สำหรับให้ผู้ทดสอบในรูปแบบออนไลน์ โดยกำหนดคำถามดังนี้ เพศ อายุ ปัญหาด้านการมองเห็นสี การใช้จอแบบใดในการทำแบบทดสอบ และภาพสำหรับวิเคราะห์ช่วงความคลาดเคลื่อนของร่องพื้นผิวหน้า จำนวน 63 ภาพ

2. ทดลองโปรแกรม Google form เพื่อทดสอบประสิทธิภาพก่อนการทดลองกับผู้ทดสอบ

3.2.6 ผู้ทำการทดสอบ

1. บุคคลผู้มีสายตาปกติ จำนวน 118 คน ประกอบด้วย

อายุ 12-49 ปี	เพศชาย	15	คน
	เพศหญิง	103	คน

2. บุคคลผู้มีปัญหาด้านการมองเห็นสี จำนวน 2 คน ประกอบด้วย

อายุ 23 ปี	เพศชาย	1	คน
อายุ 27 ปี	เพศหญิง	1	คน

3.2.7 การทดลองด้วยผู้ทดสอบ

1. ผู้ทดสอบทำการ calibrate หน้าจอเบื้องต้นสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ทำแบบทดสอบ โดยปรับความสว่างของหน้าจอให้สามารถมองเห็นความต่างสีของ grayscale

2. ผู้ทดสอบทำแบบทดสอบในการยอมรับสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวก่อนทารองพื้น

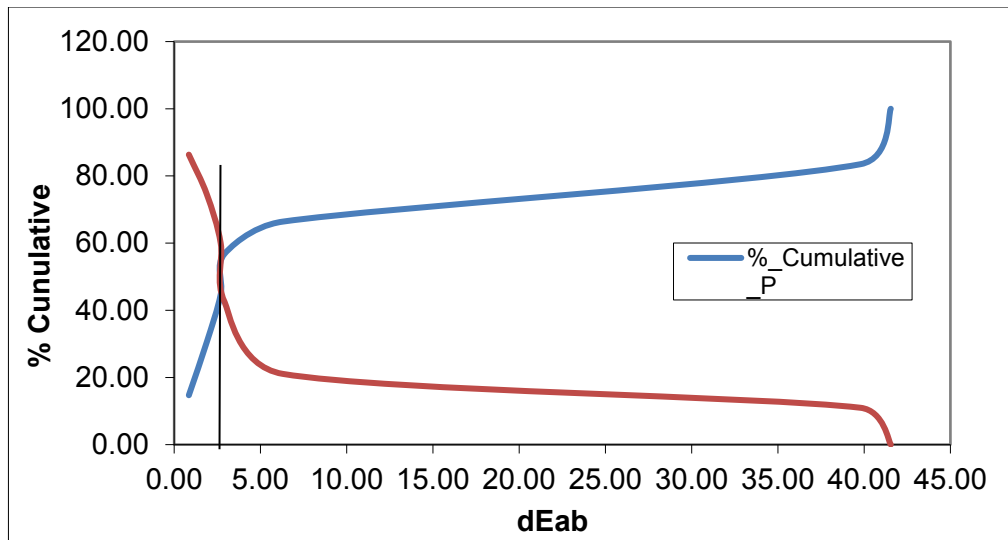
3.2.8 การวิเคราะห์ผล

1. หาค่าความแตกต่างสี ΔE^*_{ab} ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวก่อนทารองพื้น

2. เก็บข้อมูลค่าการยอมรับและไม่ยอมรับจากแบบทดสอบนำมาวิเคราะห์เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีร่องพื้น

3. วิเคราะห์เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีร่องพื้นของตัวอย่างสีผิวของคนไทย 2 กลุ่ม ในสภาวะแหล่งแสงจนครบทั้ง 3 ชนิด

4. เขียนกราฟระหว่าง Cumulative of number of observations และ ΔE^*_{ab}



ภาพที่ 10 ตัวอย่างกราฟระหว่าง Cumulative of number of observations และ ΔE_{ab}^*

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

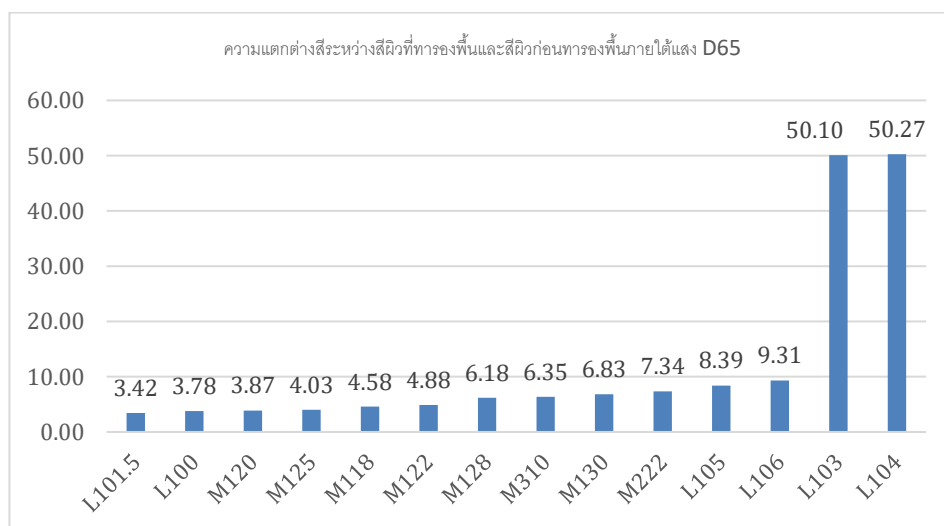
งานวิจัยนี้ศึกษาช่วงความคลาดเคลื่อนรองรับ (foundation) ผิวหน้าสำหรับสีผิวคนไทยและสีรองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสง จากการรวบรวมเก็บข้อมูลความคลาดสีของรองพื้นที่ยอมรับได้ภายใต้แหล่งแสงสำหรับตัวแทนสีผิวคนไทยทางอินเทอร์เน็ตรูปแบบออนไลน์ ตั้งแต่วันที่ 16 พฤษภาคม 2563 ถึงวันที่ 17 พฤษภาคม 2563 จำนวนทั้งสิ้น 120 คน แบ่งเป็นเพศชาย 16 คน (13.3 %) เพศหญิง 104 คน (86.7 %) ช่วงอายุระหว่าง 12 ปี ถึง 49 ปี เพื่อใช้วิเคราะห์ช่วงความคลาดเคลื่อนรองรับ (foundation) ผิวหน้าสำหรับสีผิวคนไทยและสีรองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสง ผลการทดลองแบ่งได้ดังนี้ 4.1 ความแตกต่างสี ΔE^*_{ab} ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสง 3 ชนิด 4.2 การวิเคราะห์เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้นของตัวอย่างสีผิวของคนไทย 2 กลุ่ม ในสภาวะแหล่งแสงจนครบทั้ง 3 ชนิด

4.1 ความแตกต่างสี ΔE^*_{ab} ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสง 3 ชนิด

จากการเก็บข้อมูลของค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม (SPD) ของแหล่งกำเนิดแสงทั้ง 3 ชนิด ข้อมูลค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัม (SPD) ของสีผิวก่อนทารองพื้นและสีผิวหลังจากที่ทารองพื้น นำมาคำนวณหาความแตกต่างสี ΔE^*_{ab} ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสง 3 ชนิด ได้ดังนี้

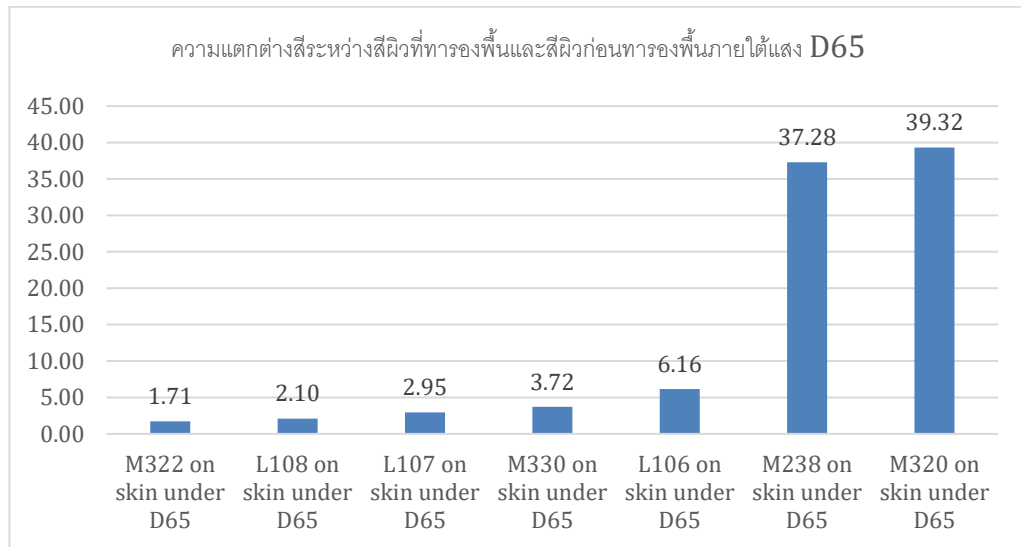
4.1.1 ความแตกต่างสี ΔE^*_{ab} ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสง

D65



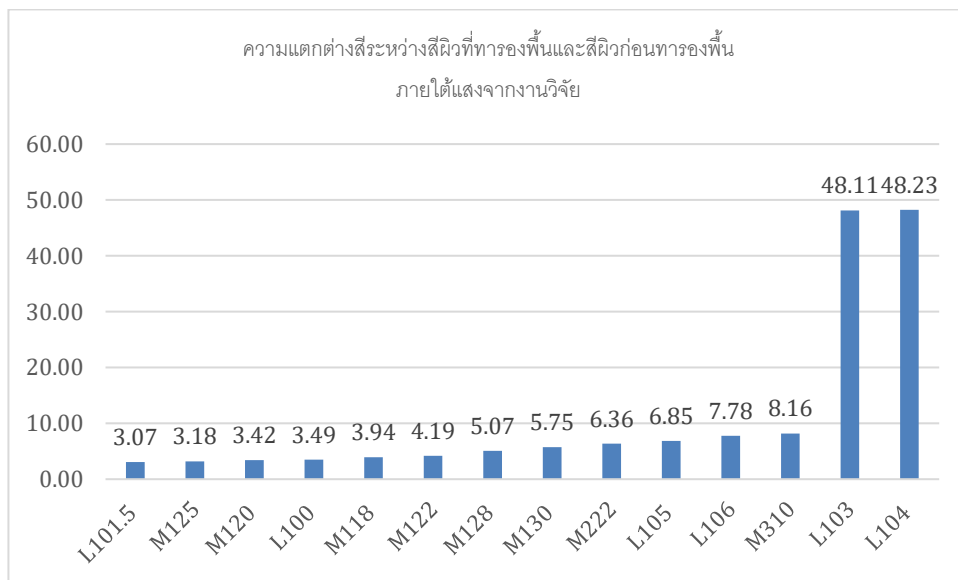
ภาพที่ 11 ความแตกต่างสีระหว่างสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แสง D65

4.1.2 ความแตกต่างสี ΔE^*_{ab} ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสง D65



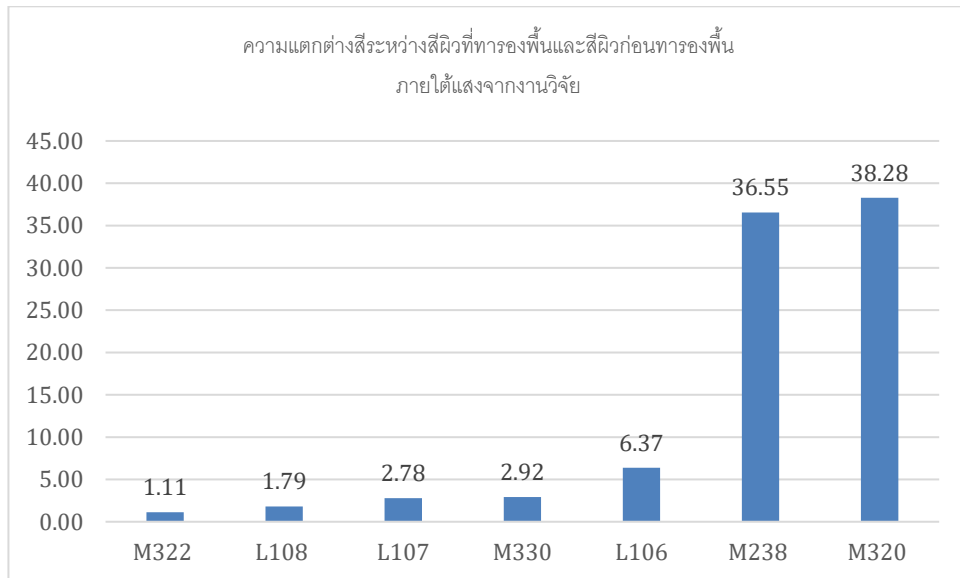
ภาพที่ 12 ความแตกต่างสีระหว่างสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แสง D65

4.1.3 ความแตกต่างสี ΔE^*_{ab} ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงจากงานวิจัย



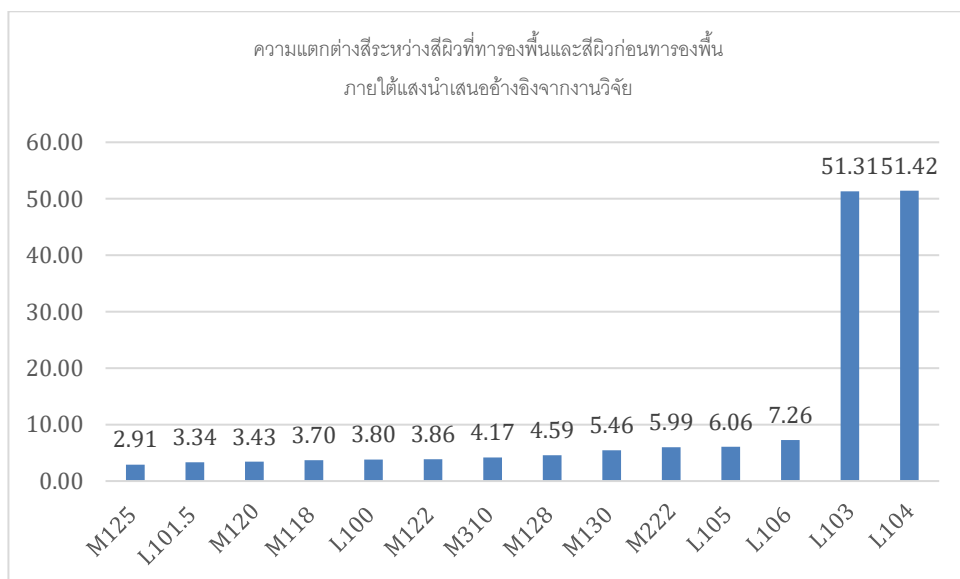
ภาพที่ 13 ความแตกต่างสีระหว่างสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แสงจากงานวิจัย

4.1.4 ความแตกต่างสี ΔE^*_{ab} ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงจากงานวิจัย



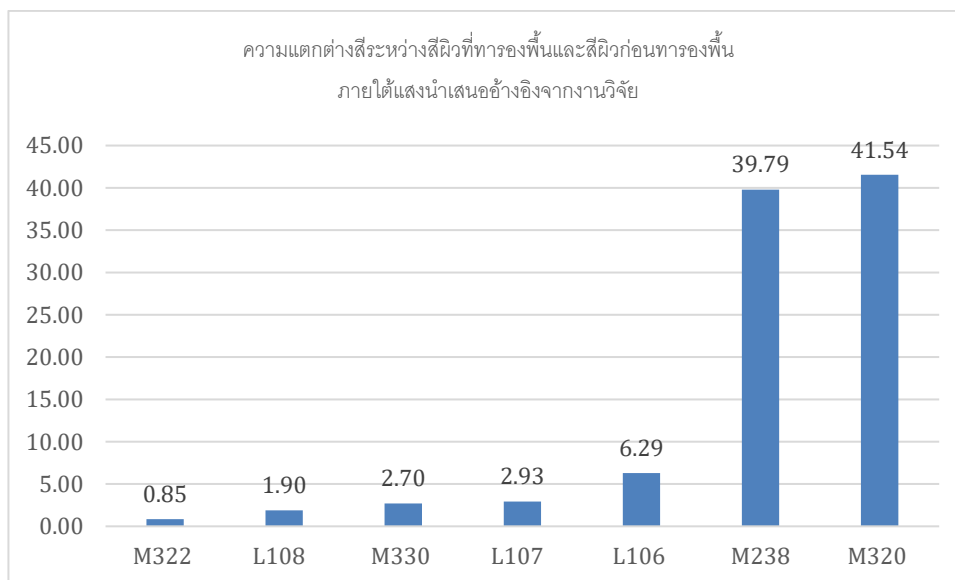
ภาพที่ 14 ความแตกต่างสีระหว่างสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แสงจากงานวิจัย

4.1.5 ความแตกต่างสี ΔE^*_{ab} ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย



ภาพที่ 15 ความแตกต่างสีระหว่างสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้น ภายใต้แหล่งแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย

4.1.6 ความแตกต่างสี ΔE^*_{ab} ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสง
นำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย

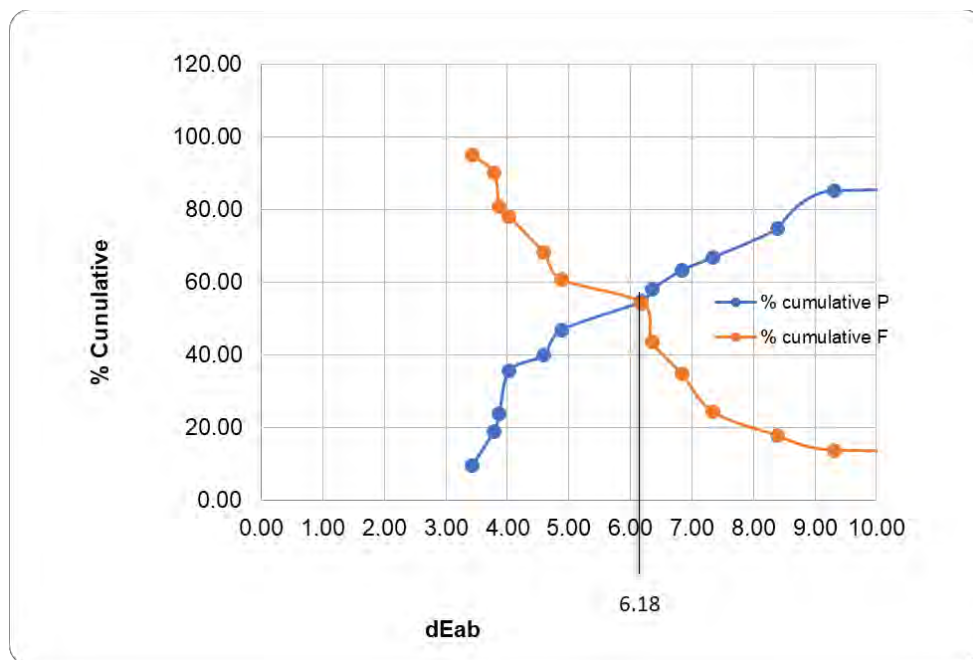


ภาพที่ 16 ความแตกต่างสีระหว่างสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวแทนก่อนทารองพื้น
ภายใต้แหล่งแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย

4.2 การวิเคราะห์เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสี

จากแบบสอบถามเกี่ยวกับการมองเห็นสีผิวก่อนและหลังทารองพื้นผิวหน้าเพื่อหาค่าการยอมรับของสี
รองพื้นผิวหน้า สามารถนำค่าความแตกต่างสีคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสีที่ยอมรับได้ของสีผิวก่อนและ
หลังทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงทั้ง 3 แหล่งได้ดังนี้

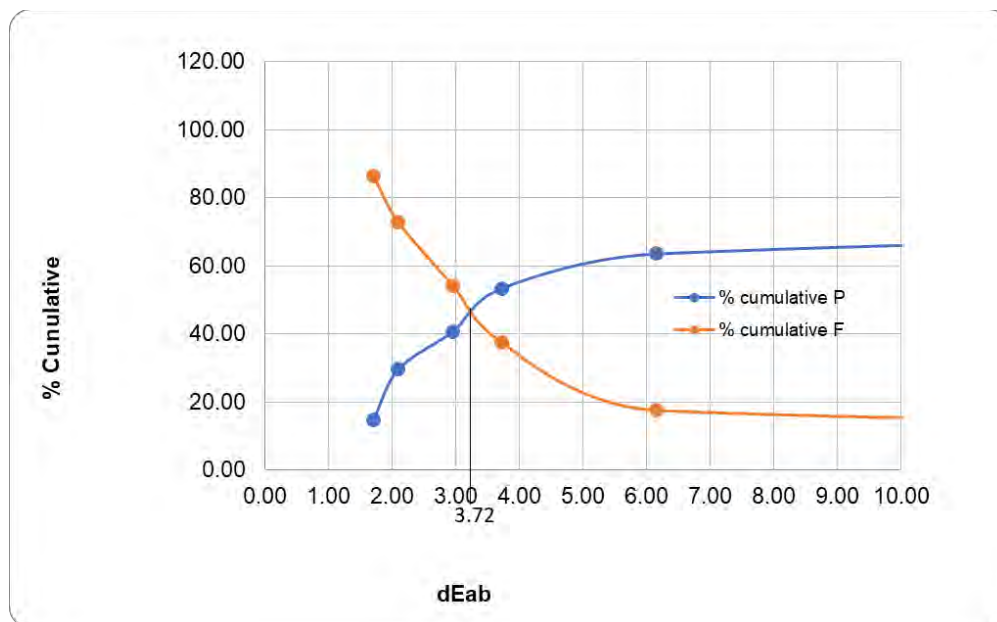
4.2.1 กราฟระหว่างค่าร้อยละความถี่สะสมกับความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้น และสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสง D65



ภาพที่ 17 ค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้ แหล่งแสง D65

จากภาพที่ 17 กราฟระหว่างค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี พบว่าจุดตัดของกราฟทั้งสองเส้นเมื่อลากเส้นลงมาที่แกน X จะได้จุดที่ใช้เกณฑ์ในการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนสี (color tolerance) จากกราฟจุดตัดอยู่ที่ 6.18 โดยค่าที่อยู่ด้านซ้ายของ 6.18 เป็นค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของสีผิวก่อนและหลังทารองพื้นที่สามารถยอมรับได้มีค่าความแตกต่างสีของผิวก่อนทาและหลังทารองพื้นผิวไม่เกินที่ 6.18 สำหรับสีผิวขาวเหลืองสามารถใช้รองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสง D65 ได้แก่ รองพื้นทาผิวหน้าแบรนด์ Maybelline New York เบอร์ light beige (M118), classic ivory (M120), creamy beige (M122), nude beige (M125), warm nude (M128) รองพื้นทาผิวหน้าแบรนด์ LO'Real Paris เบอร์ porce lain (L100) และ natural ivory (L101.5)

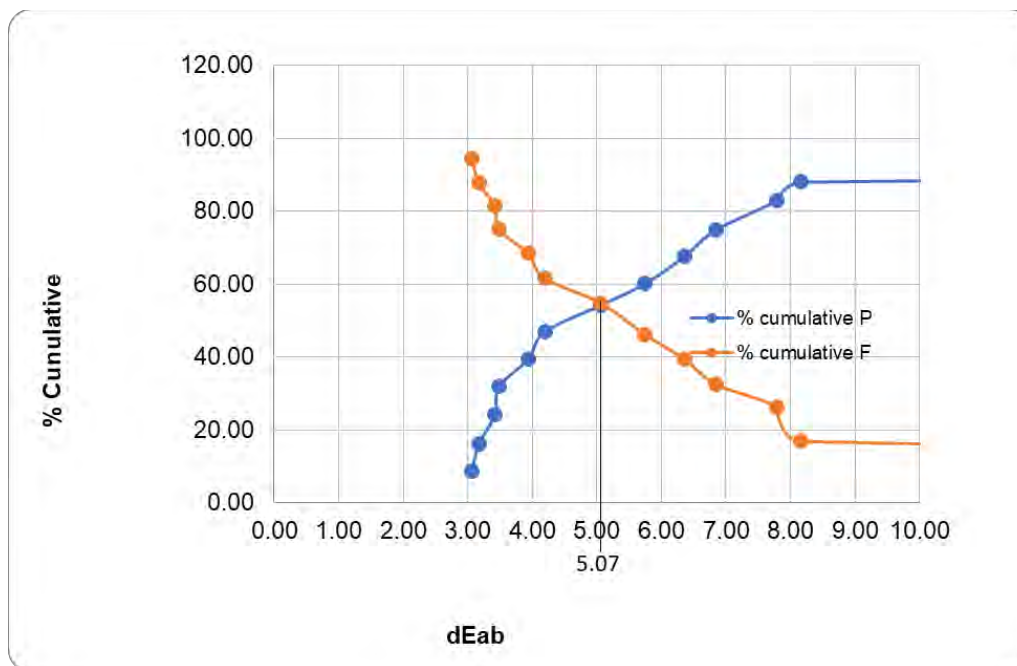
4.2.2 กราฟระหว่างค่าร้อยละความถี่สะสมกับความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสง D65



ภาพที่ 18 ค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสง D65

จากภาพที่ 18 กราฟระหว่างค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี พบว่าจุดตัดของกราฟทั้งสองเส้นเมื่อลากเส้นลงมาที่แกน X จะได้จุดที่ใช้เกณฑ์ในการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนสี (color tolerance) จากกราฟจุดตัดอยู่ที่ 3.72 โดยค่าที่อยู่ด้านซ้ายของ 3.72 เป็นค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของสีผิวก่อนและหลังทารองพื้นที่สามารถยอมรับได้มีค่าความแตกต่างสีของผิว ก่อนทาและหลังทารองพื้นผิวไม่เกินที่ 3.72 สำหรับสีผิวแทนสามารถใช้รองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสง D65 ได้แก่ รองพื้นทาผิวหน้าแบรนด์ Maybelline New York เบอร์ warm honey (M322) และ toffee (M330) รองพื้นทาผิวหน้าแบรนด์ LO'Real Paris เบอร์ fresh beige (L107) และ caramel beige (L108)

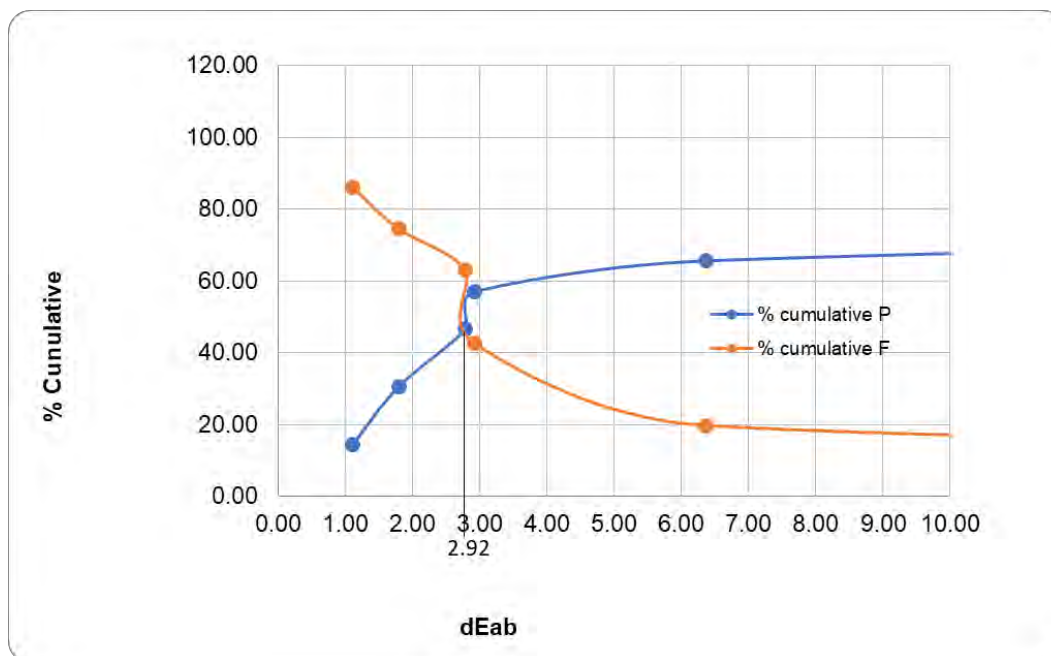
4.2.3 กราฟระหว่างค่าร้อยละความถี่สะสมกับความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้น และสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงจากงานวิจัย



ภาพที่ 19 ค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงจากงานวิจัย

จากภาพที่ 19 กราฟระหว่างค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี พบว่าจุดตัดของกราฟทั้งสองเส้นเมื่อลากเส้นลงมาที่แกน X จะได้จุดที่ใช้เกณฑ์ในการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนสี (color tolerance) จากกราฟจุดตัดอยู่ที่ 5.07 โดยค่าที่อยู่ด้านซ้ายของ 5.07 เป็นค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของสีผิวก่อนและหลังทารองพื้นที่สามารถยอมรับได้มีค่าความแตกต่างสีของสีผิวก่อนทาและหลังทารองพื้นผิวไม่เกินที่ 5.07 สำหรับสีผิวขาวเหลืองสามารถใช้รองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสงจากงานวิจัย ได้แก่ รองพื้นทาผิวหน้าแบรนด์ Maybelline New York เบอร์ light beige (M118), classic ivory (M120), creamy beige (M122), nude beige (M125) และ warm nude (M128) รองพื้นทาผิวหน้าแบรนด์ LO'Real Paris เบอร์ porce lain (L100) และ natural ivory (L101.5)

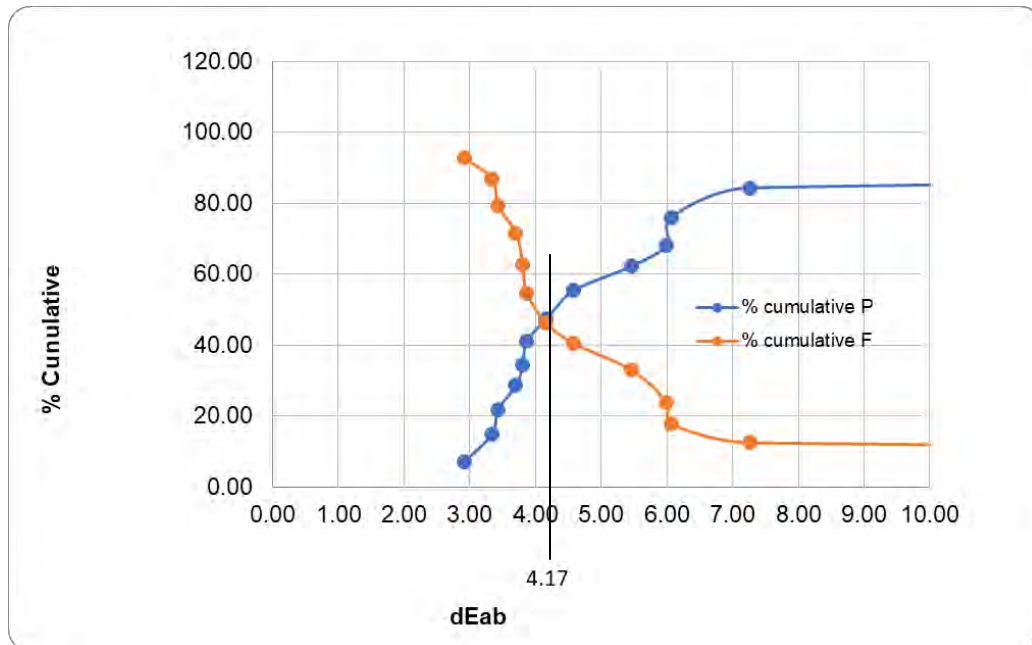
4.2.4 กราฟระหว่างค่าร้อยละความถี่สะสมกับความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้น และสีผิวขาวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงจากงานวิจัย



ภาพที่ 20 ค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงจากงานวิจัย

จากภาพที่ 20 กราฟระหว่างค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี พบว่าจุดตัดของกราฟทั้งสองเส้นเมื่อลากเส้นลงมาที่แกน X จะได้จุดที่ใช้เกณฑ์ในการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนสี (color tolerance) จากกราฟจุดตัดอยู่ที่ 2.92 โดยค่าที่อยู่ด้านซ้ายของ 2.92 เป็นค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนสีผิวก่อนและหลังทารองพื้นที่สามารถยอมรับได้มีค่าความแตกต่างสีผิวก่อนทาและหลังทารองพื้นไม่เกินที่ 2.92 สำหรับสีผิวแทนสามารถใช้รองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสงจากงานวิจัย ได้แก่ รองพื้นทาผิวหน้าแบรนด์ Maybelline New York เบอร์ warm honey (M322) และ toffee (M330) รองพื้นทาผิวหน้าแบรนด์ LO'Real Paris เบอร์ fresh beige (L107) และ caramel beige (L108)

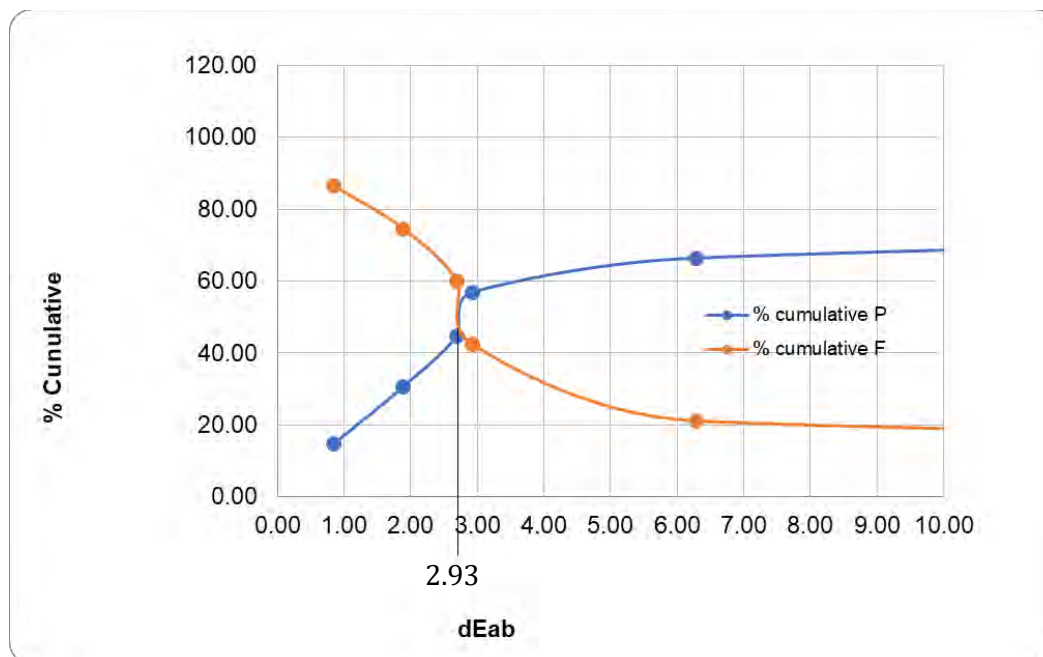
4.2.5 กราฟระหว่างค่าร้อยละความถี่สะสมกับความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย



ภาพที่ 21 ค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวขาวเหลืองก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย

จากภาพที่ 21 กราฟระหว่างค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี พบว่าจุดตัดของกราฟทั้งสองเส้นเมื่อลากเส้นลงมาที่แกน X จะได้จุดที่ใช้เกณฑ์ในการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนสี (color tolerance) จากกราฟจุดตัดอยู่ที่ 4.17 โดยค่าที่อยู่ด้านซ้ายของ 4.17 เป็นค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนสีผิวก่อนและหลังทารองพื้นที่สามารถยอมรับได้มีค่าความแตกต่างสีผิวก่อนทาและหลังทารองพื้นไม่เกินที่ 4.17 สำหรับสีผิวขาวเหลืองสามารถใช้รองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย ได้แก่ รองพื้นทาผิวหน้าแบรนด์ Maybelline New York York เบอร์ light beige (M118), classic ivory (M120), creamy beige (M122), nude beige (M125), sun beige (M310) รองพื้นทาผิวหน้าแบรนด์ LO'Real Paris เบอร์ porce lain (L100) และ natural ivory (L101.5)

4.2.6 กราฟระหว่างค่าร้อยละความถี่สะสมกับความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้น และสีผิวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย



ภาพที่ 22 ค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี ΔE^*ab ของสีผิวที่ทารองพื้นและสีผิวแทนก่อนทารองพื้นภายใต้แหล่งแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย

จากภาพที่ 22 กราฟระหว่างค่าร้อยละความถี่สะสมกับค่าความแตกต่างสี พบว่าจุดตัดของกราฟทั้งสองเส้นเมื่อลากเส้นลงมาที่แกน X จะได้จุดที่ใช้เกณฑ์ในการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนสี (color tolerance) จากกราฟจุดตัดอยู่ที่ 2.93 โดยค่าที่อยู่ด้านซ้ายของ 2.93 เป็นค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนสีผิวก่อนและหลังทารองพื้นที่สามารถยอมรับได้มีค่าความแตกต่างสีผิวก่อนทาและหลังทารองพื้นไม่เกินที่ 2.92 สำหรับสีผิวแทนสามารถใช้รองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสงนำเสนออ้างอิงจากงานวิจัย ได้แก่ รองพื้นทาผิวหน้าแบรนด์ Maybelline New York เบอร์ warm honey (M322) และ toffee (M330) รองพื้นทาผิวหน้าแบรนด์ LO'Real Paris เบอร์ fresh beige (L107) และ caramel beige (L108)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ขอบเขตสีรองพื้นผิวหน้า (foundation) สำหรับสีผิวคนไทย 2 ระดับของรองพื้นทาผิวหน้า แบรินด์ Maybelline New York รุ่น Fit Me Matte Poreless Foundation และรองพื้นทาผิวหน้า แบรินด์ L'OREAL PARIS รุ่น Infallible Pro-Matte Foundation ภายใต้แหล่งแสง 3 ชนิด ได้แก่ D65 แสงจากงานวิจัย และแสงนำเสนอโดยอ้างอิงจากงานวิจัย โดยระดับสีผิวขาวเหลือง มีค่าความแตกต่างสี 6.18, 5.07, 4.17 ตามลำดับ และระดับสีผิวแทน มีค่าความแตกต่างสี 3.72, 2.92, 2.93 ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ข้อกำหนดผู้ทำการทดสอบในแบบทดสอบเป็นผู้ไม่มีปัญหาทางด้านการมองเห็นสี ส่งผลให้ได้การทดลองที่น่าเชื่อถือมากขึ้น
2. การทำแบบทดสอบควรใช้อุปกรณ์เดียวกัน เพื่อควบคุมปัจจัยในการแสดงผลหน้าจอดีด้วยกัน
3. หากผู้ทำการทดสอบในการสังเกตมองเห็นสีผิวภายใต้แหล่งแสงในสภาวะจริง ทำให้ช่วงความคลาดเคลื่อนได้ค่าที่แม่นยำและความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ส่งผลให้ได้การทดลองที่น่าเชื่อถือมากขึ้นตัวแทน
4. สีผิวในการศึกษาแบ่งกลุ่มตามงานวิจัยอ้างอิง ควรมีช่วงสีผิวที่มากขึ้น
5. หากในอนาคตมีการศึกษาเพิ่มเติมจากงานวิจัยนี้ แนะนำการเลือกรองพื้นที่มีความหลากหลายของยี่ห้อเพื่อเปรียบเทียบช่วงความคลาดเคลื่อนสีของรองพื้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Team, M. (2018, May 9). ตลาดเมคอัพ. เข้าถึงได้จาก <https://marketeeronline.co/archives/25275>
- [2] Jost-Boissard, S., Avouac, P., & Fontoynt, M. (2015). Preferred Color Rendition of Skin under LED Sources. *Leukos*, 12(1-2), 79–93.
- [3] Visible Light. (n.d.). เข้าถึงได้จาก <https://kpmjps.weebly.com/visible-light.html>
- [4] Pakornsit. (2019, April 17). มาตรฐานสีธงชาติไทย จงเข้าใจในมาตรฐานสี CIELAB ของธงชาติ. Retrieved December 17, 2019, เข้าถึงได้จาก <https://socity.co/things/thai-flag-colors-standard/>
- [5] Color temperature black body 800-12200K.svg. (n.d.). Retrieved December 20, 2019, เข้าถึงได้จาก [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Color_temperature_black_body_800-12200 K.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Color_temperature_black_body_800-12200_K.svg)
- [6] (n.d.). Retrieved October 25, 2019, เข้าถึงได้จาก <http://www.rmutphysics.com/PHYSICS/oldfront/100/2/eye.htm>
- [7] What is CIE 1976 Lab Color Space? (2020, March 11). Retrieved January 25, 2019, เข้าถึงได้จาก <https://sensing.konicaminolta.asia/what-is-cie-1976-lab-color-space/>
- [8] Color Consistency with the CMC Tolerance System. (2020, February 7). Retrieved December 26, 2019, เข้าถึงได้จาก <https://sensing.konicaminolta.us/blog/color-consistency-with-the-cmc-tolerance-system/>
- [9] Your skin's structure. (n.d.). Retrieved December 26, 2019, เข้าถึงได้จาก <https://www.bepanthen.co.uk/en/understanding-your-skin/your-skins-structure/>
- [10] วรณรัตน์ วิรัชกุล, “ลักษณะเชิงสเปกตรัมของสีผิวคนไทย”, ภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2558.
- [11] Islam, M., Dangol, R., Hyvärinen, M., Bhusal, P., Puolakka, M., & Halonen, L. (2013). User preferences for LED lighting in terms of light spectrum. *Lighting Research & Technology*, 45(6), 641–665.

- [12] Quellman, E. M., & Boyce, P. R. (2002). The Light Source Color Preferences of People of Different Skin Tones. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 31(1), 109–118. doi: 10.1080/00994480.2002.10748376
- [13] Yano, T., & Hashimoto, K. (1997). Preference for Japanese complexion color under illumination. *Color Research & Application*, 22(4), 269–274.
- [14] Okuda, S., & Okajima, K. (2017). Effects of Spectral Component of Light on Appearance of Skin of Woman's Face with Make-up. *Journal of Light & Visual Environment*, 40(0), 20–27.
- [15] Wei, M., Houser, K. W., Allen, G. R., & Beers, W. W. (2014). Color Preference under LEDs with Diminished Yellow Emission. *Leukos*, 10(3), 119–131.
- [16] He, J., Lin, Y., Yano, T., Noguchi, H., Yamaguchi, S., & Matsubayashi, Y. (2016). Preference for appearance of Chinese complexion under different lighting. *Lighting Research & Technology*, 49(2), 228–242.
- [17] Wang, Y., Luo, M. R., Wang, M., Xiao, K., & Pointer, M. (2017). Spectrophotometric measurement of human skin colour. *Color Research & Application*, 42(6), 764–774.
- [18] Xiao, K., Yates, J. M., Zardawi, F., Sueeprasan, S., Liao, N., Gill, L., ... Wuerger, S. (2016). Characterising the variations in ethnic skin colours: a new calibrated data base for human skin. *Skin Research and Technology*, 23(1), 21–29. doi: 10.1111/srt.12295

ภาคผนวก ก
ชุดคำสั่งที่ใช้ในงานวิจัย

1. ชุดคำสั่งสำหรับสร้างภาพสีเพื่อเปรียบเทียบในแบบทดสอบ

```

clc, clear
%----- Color Inner
L1=66.72;
a1=11.23;
b2=21.24;
%----- Color Outer
L2=70.2790;
a2=10.16;
b3=20.45;
%----- XYZ
Xn=8.51E+01;
Yn=100;
Zn=4.34E+01;
%-----
XO=lab2rgb([L2 a2 b2],'WhitePoint',[Xn Yn Zn]);
XI=lab2rgb([L1 a1 b2],'WhitePoint',[Xn Yn Zn]);

xCenter = 10;
yCenter = 10;
xRadius = 5;
yRadius = 7;
theta = 0 : 0.01 : 2*pi;
x = xRadius * cos(theta) + xCenter;
y = yRadius * sin(theta) + yCenter;
fill(x, y,XO,'LineStyle','none'); %color

```



```
receipe=zeros(Channels,1);  
TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);
```

```
%1 Cool white      6 505    11 540  
%2 595            7 525    12 405  
%3 Warm White     8 450    13 670  
%4 475            9 425    14 700  
%5 660            10 635
```

```
C=1
```

```
P=5
```

```
I=P*10;
```

```
CC=2
```

```
PP=15
```

```
II=PP*10;
```

```
CCC=3
```

```
PPP=0
```

```
III=PPP*10;
```

```
CCCC=4
```

```
PPPP=1
```

```
IIII=PPPP*10;
```

```
CCCCC=5
```

```
PPPPP=2
```

```
IIIII=PPPPP*10
```

CCCCCC=6

PPPPPP=2

IIIIII=PPPPPP*10

CCCCCCC=7

PPPPPPP=1

IIIIIII=PPPPPPP*10

CCCCCCCC=8

PPPPPPPP=4

IIIIIIII=PPPPPPPP*10

CCCCCCCCC=9

PPPPPPPPP=2

IIIIIIIII=PPPPPPPPP*10

CCCCCCCCCC=10

PPPPPPPPPP=4

IIIIIIIIII=PPPPPPPPPP*10

CCCCCCCCCCC=11

PPPPPPPPPPP=2

IIIIIIIIIII=PPPPPPPPPPP*10

CCCCCCCCCCCC=12

PPPPPPPPPPPP=1

IIIIIIIIIIII=PPPPPPPPPPPP*10

CCCCCCCCCCCCC=13

PPPPPPPPPPPP=4

IIIIIIIIII=PPPPPPPPPP*10

CCCCCCCCCCCC=14

PPPPPPPPPPPP=10

IIIIIIIIII=PPPPPPPPPP*10

receipe(C)=I;

TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);

receipe(CC)=II;

TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);

receipe(CCC)=III;

TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);

receipe(CCCC)=IIII;

TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);

receipe(CCCCC)=IIIII;

TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);

receipe(CCCCCC)=IIIIII;

TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);

receipe(CCCCCC)=IIIIII;

TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);

receipe(CCCCCC)=IIIIII;


```
TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);
```

```
receipe(CCCCCCCCC)=IIIIIIIIII;
```

```
TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);
```

```
receipe(CCCCCCCCC)=IIIIIIIIII;
```

```
TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);
```

```
receipe(CCCCCCCCC)=IIIIIIIIII;
```

```
TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);
```

```
receipe(CCCCCCCCC)=IIIIIIIIII;
```

```
TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);
```

```
receipe(CCCCCCCCC)=IIIIIIIIII;
```

```
TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);
```

```
receipe(CCCCCCCCC)=IIIIIIIIII;
```

```
TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);
```

```
%for i=3:3 %Light all the channel successively,the recipe of each channel should between  
0~1023
```

```
    % pause(0.1);
```

```
    % receipe=zeros(Channels,1);
```

```
    % receipe(i)=1000 % the number i LED correspond to the spectrum in number i column  
in database file(.LED) file.
```

```
    % status=TL_lightRecipe(com,id,receipe,timeout,LEDLayout);
```

```
    % if(status==1)
```

```
    % disp('    succeed..')  
% end
```

```
%end  
pause(1)
```

```
%% here start the fast switch codes  
% fast_switch
```

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบสำหรับผู้ทำการทดลอง

ฟอร์มแบบทดสอบสำหรับผู้ทำการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไป

แบบสำรวจข้อมูล : ช่วงความคลาดสีของรองพื้น × ∷
(cosmetic foundation) สำหรับสีผิวคนไทย
และสีรองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสง

การศึกษาช่วงความคลาดสีของรองพื้น (cosmetic foundation) สำหรับสีผิวคนไทยและสีรองพื้นผิวหน้าภายใต้แหล่งแสง
ในรายวิชา 2313499 PROJECTS IN PHOTOGRAPHY AND PRINTING
ผู้จัดทำวิจัย นางสาวสุพัตรา สลามทร และ นางสาวปิยะนาถ นาดีลพร้อม
ภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เพศสภาพ (gender) *

- ชาย
- หญิง

อายุ *

Short answer text

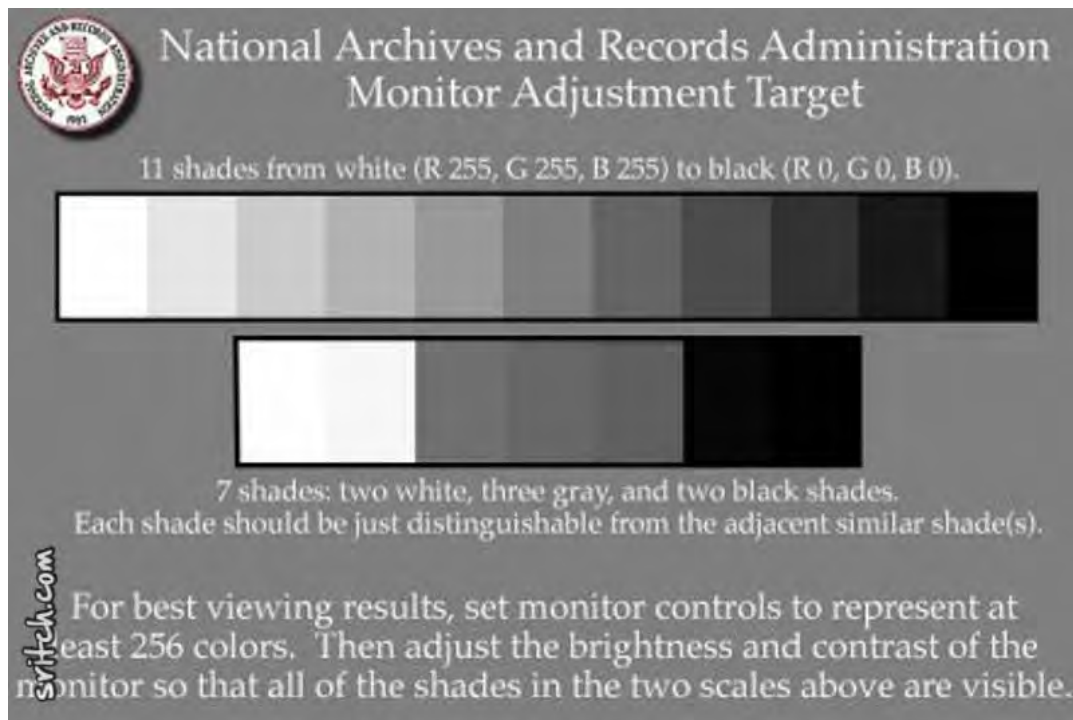
มีปัญหาด้านการมองเห็นสี *

- ไม่มี
- มี

ขณะนี้ท่านใช้จอบแบบใดในการทำแบบทดสอบ *

- smart phone
- iPad / Tablet
- Laptop / โน้ตบุ๊ก
- จอภาพคอมพิวเตอร์ / PC

2. ทำการ calibrate หน้าจอเบื้องต้นสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ทำแบบทดสอบโดยใช้ Grey Scale

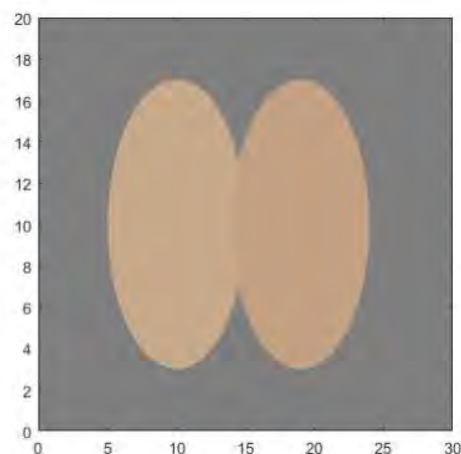


3. คำอธิบายสำหรับผู้ทดสอบ

ตัวอย่างรูป

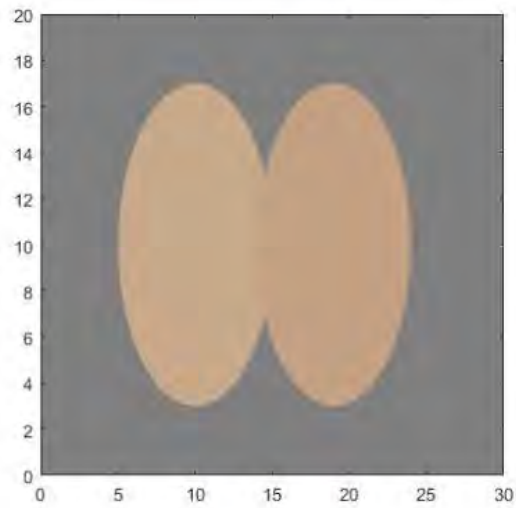
ในกรณีสีตัวด้านซ้ายเป็นสีตัวที่ทหารองพื้นและสีตัวด้านขวาเป็นสีตัวก่อนทหารองพื้น สามารถยอมรับได้หรือไม่
หมายเหตุ
ยอมรับ : สามารถยอมรับในความต่างสีของทั้งสองสี
ไม่ยอมรับ : ไม่สามารถยอมรับในความต่างสีของทั้งสองสี

Image title



4. แบบทดสอบ

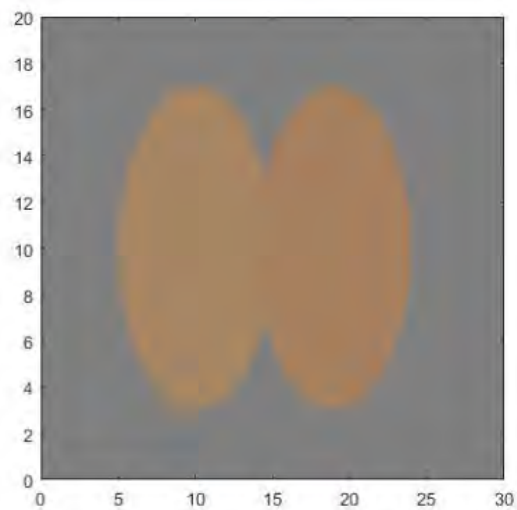
Colour appearance of L100 on skin1 under D65 *



ยอมรับ (PASS)

ไม่ยอมรับ (FAIL)

Colour appearance of L108 on skin2 under D65 *



ยอมรับ (PASS)

ไม่ยอมรับ (FAIL)

ภาคผนวก ค

ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้น

1. ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้นของผิวขาวเหลืองภายใต้แหล่งแสงกำเนิด D65

Colour appearance of cosmetic on skin ¹ under D65	DE_{ab}^* เรียงจากน้อยไปมาก	F	P	ความถี่สะสม F	ความถี่สะสม P	% cumulative P	% cumulative F
L101.5 on skin under D65	3.42	42	78	42	78	9.59	95.16
L100 on skin under D65	3.78	43	77	85	155	19.07	90.20
M120 on skin under D65	3.87	80	40	165	195	23.99	80.97
M125 on skin under D65	4.03	25	95	190	290	35.67	78.09
M118 on skin under D65	4.58	85	35	275	325	39.98	68.28
M122 on skin under D65	4.88	64	56	339	381	46.86	60.90
M128 on skin under D65	6.18	56	64	395	445	54.74	54.44
M310 on skin under D65	6.35	93	27	488	472	58.06	43.71
M130 on skin under D65	6.83	77	43	565	515	63.35	34.83
M222 on skin under D65	7.34	91	29	656	544	66.91	24.34
L105 on skin under D65	8.39	56	64	712	608	74.78	17.88
L106 on skin under D65	9.31	35	85	747	693	85.24	13.84
L103 on skin under D65	50.10	67	53	814	746	91.76	6.11
L104 on skin under D65	50.27	53	67	867	813	100.00	0.00
ผลรวม		867	813				

2. ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้นของผิวแทนภายใต้แหล่งแสงกำเนิด D65

Colour appearance of cosmetic on skin ² under D65	DE_{ab}^* เรียงจากน้อยไปมาก	F	P	ความถี่สะสม F	ความถี่สะสม P	% cumulative P	% cumulative F
M322 on skin under D65	1.71	48	72	48	72	14.66	86.25
L108 on skin under D65	2.10	47	73	95	145	29.53	72.78
L107 on skin under D65	2.95	65	55	160	200	40.73	54.15
M330 on skin under D65	3.72	58	62	218	262	53.36	37.54
L106 on skin under D65	6.16	70	50	288	312	63.54	17.48
M238 on skin under D65	37.28	32	88	320	400	81.47	8.31
M320 on skin under D65	39.32	29	91	349	491	100.00	0.00
ผลรวม		349	491				

3. ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้นของผิวขาวเหลืองภายใต้แหล่งแสงกำเนิดจากงานวิจัย

Colour appearance of cosmetic on skin1 under Ref. light	DE _{ab} * เรียงจากน้อยไปมาก	F	P	ความถี่สะสม F	ความถี่สะสม P	% cumulative P	% cumulative F
L101.5 on skin under RF	3.07	43	77	43	77	8.63	94.54
M125 on skin under RF	3.18	54	66	97	143	16.03	87.69
M120 on skin under RF	3.42	48	72	145	215	24.10	81.60
L100 on skin under RF	3.49	51	69	196	284	31.84	75.13
M118 on skin under RF	3.94	53	67	249	351	39.35	68.40
M122 on skin under RF	4.19	53	67	302	418	46.86	61.68
M128 on skin under RF	5.07	54	66	356	484	54.26	54.82
M130 on skin under RF	5.75	68	52	424	536	60.09	46.19
M222 on skin under RF	6.36	53	67	477	603	67.60	39.47
L105 on skin under RF	6.85	55	65	532	668	74.89	32.49
L106 on skin under RF	7.78	49	71	581	739	82.85	26.27
M310 on skin under RF	8.16	74	46	655	785	88.00	16.88
L103 on skin under RF	48.11	72	48	727	833	93.39	7.74
L104 on skin under RF	48.23	61	59	788	892	100.00	0.00
ผลรวม		788	892				

4. ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้นของผิวแทนภายใต้แหล่งแสงกำเนิดจากงานวิจัย

Colour appearance of cosmetic on skin2 under Ref. light	DE _{ab} * เรียงจากน้อยไปมาก	F	P	ความถี่สะสม F	ความถี่สะสม P	% cumulative P	% cumulative F
M322 on skin under RF	1.11	46	74	46	74	14.51	86.06
L108 on skin under RF	1.79	38	82	84	156	30.59	74.55
L107 on skin under RF	2.78	38	82	122	238	46.67	63.03
M330 on skin under RF	2.92	67	53	189	291	57.06	42.73
L106 on skin under RF	6.37	76	44	265	335	65.69	19.70
M238 on skin under RF	36.55	41	79	306	414	81.18	7.27
M320 on skin under RF	38.28	24	96	330	510	100.00	0.00
ผลรวม		330	510				

5. ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้นของผิวขาวเหลืองภายใต้แหล่งแสงกำเนิดนำเสนออ้างอิง
จากงานวิจัย

Colour appearance of cosmetic on skin1 under Purpose light	DE _{ab} * เรียงจาก น้อยไปมาก	F	P	ความถี่ สะสม F	ความถี่ สะสม P	% cumulative P	% cumulative F
M125 on skin1 under PPL	2.91	47	73	47	73	7.15	92.90
L101.5 on skin1 under PPL	3.34	40	80	87	153	14.99	86.86
M120 on skin1 under PPL	3.43	50	70	137	223	21.84	79.31
M118 on skin1 under PPL	3.70	51	69	188	292	28.60	71.60
L100 on skin1 under PPL	3.80	60	60	248	352	34.48	62.54
M122 on skin1 under PPL	3.86	52	68	300	420	41.14	54.68
M310 on skin1 under PPL	4.17	56	64	356	484	47.40	46.22
M128 on skin1 under PPL	4.59	38	82	394	566	55.44	40.48
M130 on skin1 under PPL	5.46	50	70	444	636	62.29	32.93
M222 on skin1 under PPL	5.99	60	60	504	696	68.17	23.87
L105 on skin1 under PPL	6.06	40	80	544	776	76.00	17.82
L106 on skin1 under PPL	7.26	35	85	579	861	84.33	12.54
L103 on skin1 under PPL	51.31	35	85	614	946	92.65	7.25
L104 on skin1 under PPL	51.42	48	75	662	1021	100.00	0.00
ผลรวม		662	1021				

6. ตารางคำนวณเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีรองพื้นของผิวแทนภายใต้แหล่งแสงกำเนิดนำเสนออ้างอิงจาก
งานวิจัย

Colour appearance of cosmetic on skin2 under Purpose light	DE _{ab} * เรียง จากน้อยไป มาก	F	P	ความถี่ สะสม F	ความถี่ สะสม P	% cumulative P	% cumulative F
M322 on skin2 under PPL	0.85	46	74	46	74	14.71	86.35
L108 on skin2 under PPL	1.90	40	80	86	154	30.62	74.48
M330 on skin2 under PPL	2.70	49	71	135	225	44.73	59.94
L107 on skin2 under PPL	2.93	59	61	194	286	56.86	42.43
L106 on skin2 under PPL	6.29	72	48	266	334	66.40	21.07
M238 on skin2 under PPL	39.79	34	86	300	420	83.50	10.98
M320 on skin2 under PPL	41.54	37	83	337	503	100.00	0.00
ผลรวม		337	503				