สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

การสร้างมาตรฐานสีของพลอยเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอัญมณี: ชุดทับทิม

Grading Color Kits for Gemstone Industry: Ruby Sets

อรุณี เทอดเทพพิทักษ์
ปริญญา ซินดุษฎีกุล
พิมพ์ทอง ทองนพคุณ

เริ่มบริการ
27 มี.ค. 2552
27 มี.ค. 2557
249284
BK 01 08401

มีนาคม พ.ศ 2550

วิทยาลัยอัญมณี

มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

การสร้างมาตรฐานสีของพลอยเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอัญมณี: ชุดทับทิม

Grading Color Kits for Gemstone Industry: Ruby Sets

อรุณี เทอดเทพพิทักษ์ , ปริญญา ชินดุษฎีกุล, พิมพ์ทอง ทองนพคุณ
วิทยาลัยอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

บทคัดย่อ

การสื่อสารเรื่องสีของอัญมณี ยังคงเป็นประเด็นปัญหาที่ยังถกกันมายาวนาน ด้วยเรื่องสีของอัญมณีสัมพันธ์กับราคา โดยเฉพาะพลอยตระกูลคอรันดัม ที่เป็นประเภทราคาสูง ในงานวิจัยนี้ ใช้สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดพกพา เส้นใยนำแสง วัดสีของตัวอย่างพลอยเจียระไนแหล่งพม่าจำนวน 16 ตัวอย่าง ขนาด 4 mm พลอยสังเคราะห์ 20 ตัวอย่าง พลอยธรรมชาติแหล่งมาดาร์กัสการ์ 20 ตัวอย่าง และวัดสีชุดพลอยเลียนแบบวัสดุทำด้วยพลาสติกซึ่งเป็นชุดมาตรฐานในการเทียบสีของสถาบัน GIA ในกลุ่มสีแดง จำนวนทั้งสิ้น 52 ตัวอย่าง ที่แบ่งเป็นเฉด ชุดสีแดง แดงอมม่วงอ่อน แดงอมม่วงแก่ แดง-ม่วง แดงอมส้ม นำข้อมูลที่วัดได้ในระบบ CIEL*a*b* คำนวณปริมาณความต่างของสีตัวอย่างพลอยในเทอมของ ΔE^*94 ประเมินเทียบกับการมองเห็นสีของสายตามนุษย์ พบว่าผลในการเทียบเคียงสีพลอยธรรมชาติกับวัสดุพลาสติกไม่เป็นที่น่าพอใจ ผลในการเทียบสีระหว่างพลอยธรรมชาติกับพลอยธรรมชาติและพลอยสังเคราะห์ ให้ผลที่สอดคล้องกับสายตามนุษย์ ให้ผลเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง

บทนำ

อุตสาหกรรมอัญมณีไทยในปัจจุบัน เป็นอุตสาหกรรมที่นับวันจะมีการแข่งขันที่รุนแรงมากขึ้นทั้งในตลาดภายในประเทศและตลาดต่างประเทศ และจากข้อมูลการส่งออก อุตสาหกรรมอัญมณีเป็นอุตสาหกรรมลำดับต้น ๆ ที่ทำรายได้ให้กับประเทศ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน ด้วยการพัฒนาคุณภาพให้สูงขึ้นและสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างถูกต้อง

สีของอัญมณีนับเป็นสิ่งสำคัญที่จะดึงดูดผู้บริโภคให้เกิดความสนใจ ตลอดจนตัดสินใจเลือกซื้อ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า สีของอัญมณีนับเป็นจุดขายที่สำคัญ อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจเลือกซื้ออัญมณียังคงต้องใช้สายตามนุษย์ในการประเมินสี ความชอบขึ้นอยู่กับอารมณ์ ดังนั้นในการเปรียบเทียบสีสายตามนุษย์จะสำคัญมาก ในตลาดการค้าอัญมณีขณะนี้ พ่อค้าพลอยจำนวนไม่น้อยจะใช้ชุดพลอยเปรียบเทียบสำหรับการประเมินสีในเวลาซื้อขายพลอย ชุดพลอยดังกล่าวประกอบด้วยพลอยจำนวนหนึ่งที่มีสีเป็นตัวอย่างสำหรับการเทียบสีของรัตนชาติแต่ละชนิด เนื่องจากพ่อค้าแต่ละคนจะใช้ชุด

เปรียบเทียบของตนเอง ดังนั้นจึงไม่มีมาตรฐานสำหรับการเปรียบเทียบสี หรือเกิดการสื่อสารจากพ่อค้าคนหนึ่งไปสู่อีกคนหนึ่ง จึงมักพบความขัดแย้งเกี่ยวกับการประเมินและเปรียบเทียบสีของอัญมณีเสมอ

ปัจจุบันยังไม่มีระบบที่ยอมรับร่วมกันในการประเมินสีอัญมณีที่ใช้กันเป็นมาตรฐานสากล อุปสรรคอย่างหนึ่งเกิดจากอัญมณีมีสีที่มากมายและใกล้เคียงกันมาก อัญมณีของแต่ละแหล่งให้สีที่ต่างกันและหรือสีคล้ายคลึงกันมาก และบางสีในธรรมชาติหาได้ยากยิ่ง ดังนั้นการใช้พลอยธรรมชาติแทนสีของพลอยตัวอย่างสำหรับอ้างอิง โดยให้ครบทุกสี จึงเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยุ่งยาก จันทบุรีเป็นต้นน้ำในอุตสาหกรรมการผลิตพลอยเนื้อแข็ง โดยเฉพาะทับทิมมานานนับปี ดังนั้นจึงเป็นการสมควรอย่างยิ่งที่จันทบุรีควรจะมีส่วนร่วมในการกำหนดมาตรฐานและหรือการนำไปใช้ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่สามารถกำหนดราคากลางได้ และเป็นส่วนหนึ่งในการส่งเสริมการขาย

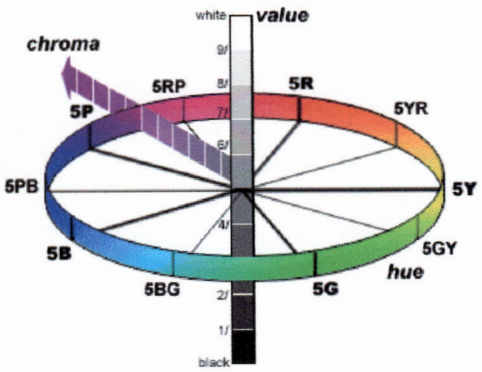
ในงานวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างชุดเปรียบเทียบสีจากพลอยสังเคราะห์ สำหรับการประเมินสีทับทิม สำหรับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอัญมณี และตลาดการค้าอัญมณี โดยขอบเขตของการศึกษา ทำการวัดสีพลอยชนิดต่าง ๆ ได้แก่พลอยเลียนแบบที่ทำด้วยพลาสติก พลอยสังเคราะห์ และพลอยธรรมชาติ โดยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ในระบบ ระบบ CIEL*a*b เปรียบเทียบ หาความสัมพันธ์ของตัวอย่างพลอยเลียนแบบที่ทำด้วยวัสดุพลาสติกของสถาบัน GIA กับ ระบบ CIEL*a*b เปรียบเทียบสีระหว่างพลอยธรรมชาติกับพลอยเลียนแบบของ GIA เปรียบเทียบสีระหว่างพลอยธรรมชาติกับพลอยธรรมชาติ เปรียบเทียบสีระหว่างพลอยธรรมชาติกับพลอยสังเคราะห์ หาความสัมพันธ์ระหว่างการเห็นสีด้วยสายตามนุษย์ และค่าคำนวณผลต่างสีในเทอมของ ΔE_{CMC} และ ΔE^*94

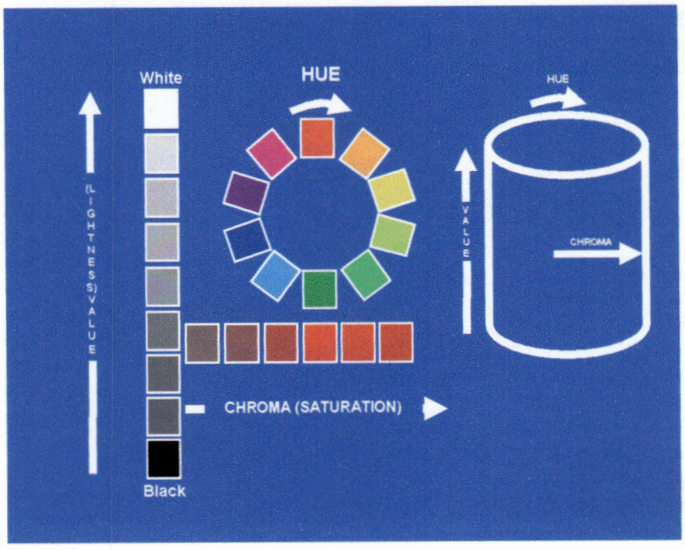
การมองเห็นสีของมนุษย์เกิดจากตาและสมองเป็นผู้บงการ รวมทั้งการตัดสินใจของมนุษย์จะมีความแตกต่างกัน และไม่เหมือนเดิมทุกครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ เพศ อายุ อารมณ์ และประสบการณ์ของมนุษย์

สีแทนด้วย colour space models ซึ่งแต่ละสีถูกระบุโดยจุดใน space models มีหลายวิธีที่เราสามารถวัดสีได้ ได้มีความพยายามในการวัดสีหรือสื่อสารเรื่องสีเป็นตัวเลข โดยลักษณะเดียวกับการบอกค่าความยาวหรือน้ำหนักเป็นตัวเลข ในปี ค.ศ 1905 นักศิลปิน A. H. Munsell ได้สร้างวิธีแสดงสีใช้ color chips จำแนกตาม hue (Munsell Hue), lightness (Munsell Value) และ saturation (Munsell Chroma) สำหรับการเปรียบเทียบด้วยสายตา ต่อมา Munsell Renotation System ซึ่งเป็นระบบ Munsell ที่ใช้กันปัจจุบัน ในระบบนี้ สีใด ๆ แสดงเป็นอักษร/ตัวเลข (H V/C) ในเทอมของ hue (H), value (V) และ chroma (C) ที่เทียบสีโดยสายตาโดยใช้ Munsell Color Charts สีสัน Hue แทนด้วยอักษรย่อของสี red (R), yellow-red (YR), yellow (Y) นำหน้าด้วยตัวเลขจาก 0 - 10 ที่แทนการเป็นสีเหลืองมากขึ้น แดงน้อยลง เมื่อตัวเลขเพิ่มขึ้น. Value ถูกกำหนดเป็นตัวเลขสเกลจาก 0 (absolute black) ถึง 10 (absolute white). Chroma บอกเป็นตัวเลขเริ่มที่ 0 สำหรับ เทา (จุดไม่มีสี ,achromatic point) ถึงค่าสูงสุด 20, ระบบถูกออกแบบเรียงลำดับสีตามช่วงเท่า ๆ กันของการมองเห็น ในระบบ

Munsell แกนตั้งแทน tone สว่างสุดอยู่บน มืดสุดอยู่ล่าง แกนกลางไม่มีสี (neutral) ความอิ่มตัว (saturation) จะแผ่ออกจากศูนย์กลางไปยังขอบ ซึ่งจะอิ่มมากที่สุด สี(hue) จะแสดงรอบ ๆ วงกลม แต่ละจุดของวงกลมแทนด้วยสีนั้น ๆ ระบบสี Munsell ดังแสดงในรูป 1

ดังนั้นข้อประโยชน์ปฐมภูมิของระบบ Munsell คือความง่ายของการนำเสนอ **แต่ระบบนี้ยังคงมีข้อบกพร่อง เนื่องจากการบอกลักษณะสี หรือการจัดลำดับสียังคงต้องใช้ความนึกคิดและประสบการณ์ของผู้มองแต่ละคน ดังนั้นจึงอาจทำให้มีการบอกลักษณะของสีแตกต่างกันได้**

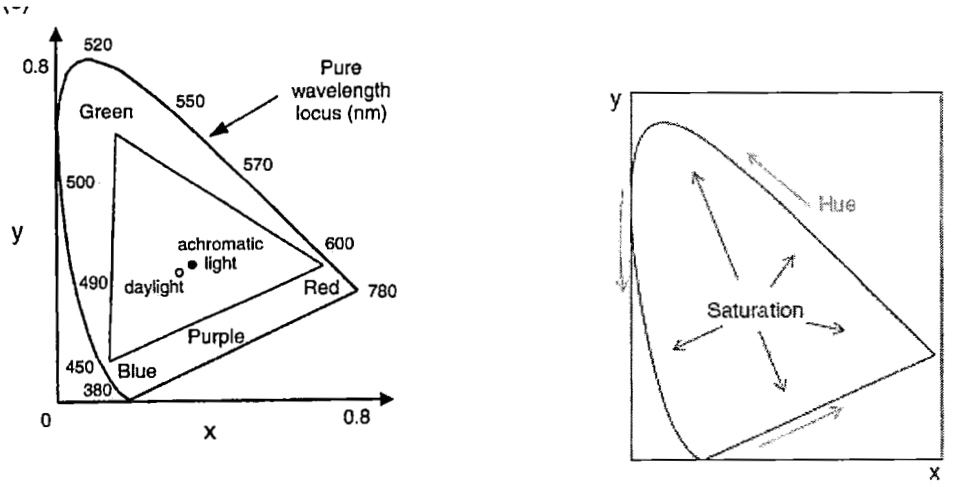




รูป 1 Munsell color model

พัฒนาการในการวัดและเทียบสีโดยอาศัยเครื่องมือวัดสี (Colorimeter หรือ Spectrophotometer) ได้รับการพัฒนาจนเป็นที่ยอมรับ ในปี ค.ศ 1931 สร้างเป็นระบบที่เรียกว่า (CIE) เป็นองค์กรเกี่ยวกับแสงและสี Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) ได้ทำมาตรฐานระบบสีโดยการกำหนด แหล่งแสง (light source) ผู้ดู (observer) และวิธี (methodology) ใช้ในการบอกค่าสำหรับอธิบาย**สี ในระบบสี** XYZ พิกัด Y แทนความสว่าง (หรือ luminance) ของสี ขณะที่ X และ Z เป็นองค์ประกอบเสมือน (virtual) ของ primary spectra

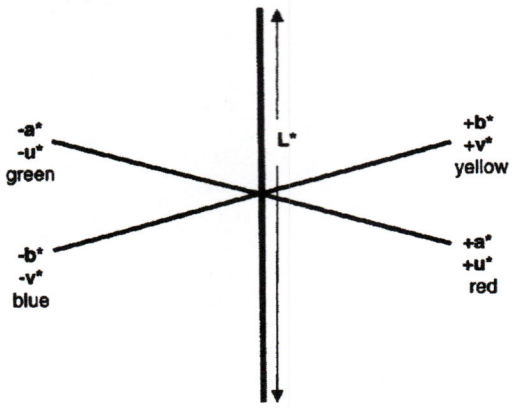
ค่า XYZ tristimulus เป็นประโยชน์ในการนิยามสี แต่ผลไม่ง่ายต่อการมอง ดังนั้น CIE จึงได้นิยาม โดยการพลอตสีเป็นสองมิติ ไม่ขึ้นกับความสว่าง lightness คือ Yxy color space ซึ่ง Yเป็นความสว่าง (เหมือนค่า tristimulus value Y) และ x และ y เป็น chromaticity coordinates ที่คำนวณจาก tristimulus values XYZ รูป 2 แสดงไดอะแกรมโครมาติซิตี CIE x, y ซึ่งไม่มีสีเข้าสู่ศูนย์กลางของไดอะแกรม และโครมาติซิตี เพิ่มขึ้นไปหาขอบ chromaticity co-ordinates x และ y เป็นอิสระกับ luminance, Y, และ บอกการแปลงสีจาก น้ำเงินเป็นแดง และน้ำเงินเป็นเขียวตามลำดับ



รูป 2 1931 x, y chromaticity diagram

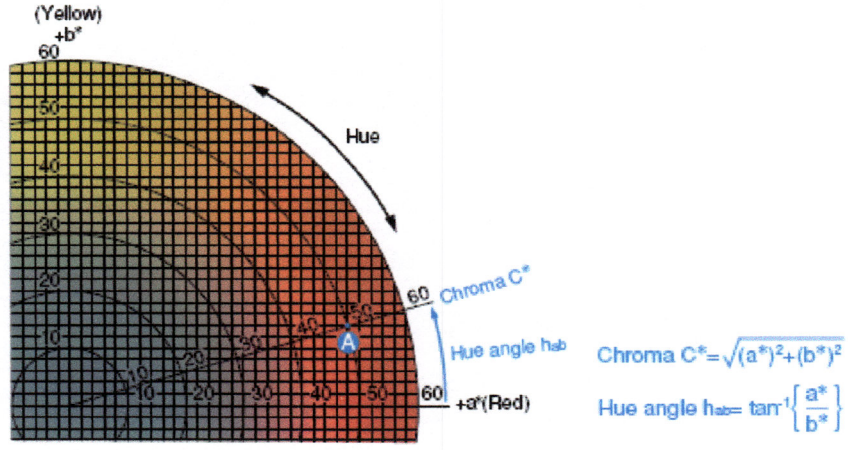
การระบุลักษณะสีของวัตถุชนิดเดียวกันที่มนุษย์มองเห็น จะมีความแตกต่าง ซึ่งไม่สามารถสื่อความหมายให้ตรงกันได้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาการจัดลำดับสีหรือการวัดสีให้สามารถสื่อความหมายให้เกิดความเข้าใจได้ตรงกันในระดับสากล โดยระบบสีที่นิยมใช้ได้แก่ ระบบ Munsell และระบบ CIE L*a*b* ระบบ Munsell จะมีพื้นฐานในการจัดลำดับสีที่ง่าย โดยอาศัยการมองเห็นสี 3 ประการดังที่กล่าวมา แต่ระบบนี้ยังคงมีข้อบกพร่อง เนื่องจากการบอกลักษณะสี หรือการจัดลำดับสียังคงต้องใช้ความนึกคิดและประสบการณ์ของผู้มองแต่ละคน ดังนั้นจึงอาจทำให้มีการบอกลักษณะของสีแตกต่างกันได้ สำหรับระบบ CIE L*a*b* มีข้อดีกว่าระบบ Munsell คือการจัดลำดับสีหรือการวัดสี ไม่จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์หรือความคิดของมนุษย์ โดยค่าสีที่วัดได้จะมีค่าออกมาเป็นตัวเลข จึงทำให้สามารถลดความขัดแย้งลงได้ นอกจากนี้ระบบ CIE L*a*b* ยังสามารถบอกถึงความแตกต่างระหว่างสีของวัตถุที่นำมาเปรียบเทียบกันได้เป็นอย่างดี

L*a*b* color space พัฒนาขึ้นปี ค.ศ 1976 ให้ผลต่างของสีที่สัมพัทธกับสายตาสม่ำเสมอมากขึ้น ซึ่งปัจจุบันทั่วโลกนิยมใช้ในการสื่อสารเรื่องสีด้วยระบบนี้ ในการวัดสีของวัตถุ ในระบบนี้ L* คือความสว่าง (lightness) , a* และ b* เป็น chromaticity coordinates. (รูป 3) ซึ่ง a* และ b*แสดงทิศทางสี: +a* คือทิศสีแดง –a* คือทิศสีเขียว +b* คือทิศสีเหลือง และ - b* คือทิศสีน้ำเงิน สำหรับศูนย์กลาง เป็นบริเวณไม่มีสี (achromatic) ขณะที่ค่า a* และ b* เพิ่มขึ้น จุดเคลื่อนห่างจากศูนย์กลาง ความอิ่มตัวของสีเพิ่มขึ้น



รูป 3. CIEL*a*b* color space model

L*C*h color space ใช้ไดอะแกรมเดียวกับ L*a*b* color space, C* เป็น โครมา และ h เป็น hue angle. ค่าของ chroma C* เป็น 0 ที่ศูนย์กลาง และเพิ่มขึ้น ตามระยะทางจากศูนย์กลาง Hue angle h นิยาม เริ่มต้นที่แกน +a* และแสดงเป็นองศา 0 °C จะเป็น +a* (red),90 °C จะเป็น +b* (yellow), 180°C จะเป็น –a* (green), และ 270°C จะเป็น b* (blue). ดังรูป 4



รูป 4 ส่วนหนึ่งของ a*, b* chromaticity diagram

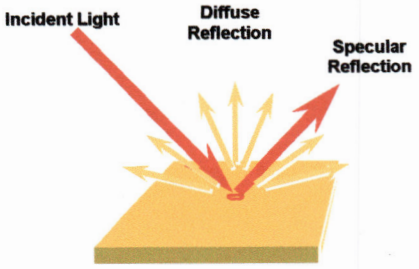
การมองเห็นสีและการวัด

สภาวะการมองเห็นสีด้วยตา ประกอบด้วย 3 สิ่งที่จำเป็นรับรู้การมองเห็นสี คือ แหล่งกำเนิดแสง วัตถุ และผู้มอง เพื่อที่จะสร้างอุปกรณ์ที่สามารถวัดปริมาณการมองเห็นสีของมนุษย์ แต่ละสิ่งที่กล่าวข้างต้น ในระบบต้องแสดงซึ่งแทนด้วยตารางของตัวเลข

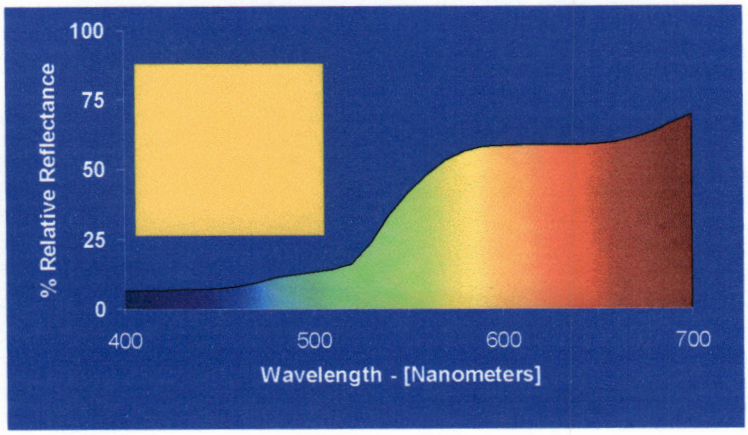
1. แหล่งกำเนิดแสง โดยปกติคายแสงสีขาว เมื่อแสงขาวกระจายโดยปริซึม จะประกอบ ด้วยความยาวคลื่นในช่วงวิซิเบิ้ล ซึ่งเป็นบริเวณส่วนน้อยของสเปคตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic spectrum) ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 400 - 700 nm. Illuminant เป็นกราฟหรือตารางพลังงาน

สัมพัทธ์กับความยาวคลื่นที่แทนคุณสมบัติสเปคตราของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่าง ๆ เช่น A แทน Incandescent , C แทน Average Daylight , D65 Noon Daylight และ F2 แทน Cool White Fluorescent เป็นต้น การแทนแหล่งกำเนิดแสงเป็น illuminant, ทำให้สามารถหาปริมาณและเทียบมาตรฐานคุณสมบัติสเปคตรา

2. วัตถุได้ดัดแปลงแสง ด้วยสิ่งที่ให้สีเช่น รงค์วัตถุหรือสีย้อมในวัตถุ จะดูดกลืนความยาวคลื่นบางความยาวคลื่นของแสงตกสีขาว ขณะเดียวกันจะสะท้อนหรือส่งผ่าน (reflecting หรือ transmitting) ความยาวคลื่นอื่น ๆ (รูป 5)ตัวอย่าง เช่น แสงเกิดอันตรกิริยากับสีของรถ ปริมาณของสะท้อนหรือส่งผ่าน ที่แต่ละความยาวคลื่นสามารถหาปริมาณ เป็นกราฟสเปคตราของคุณสมบัติของสีของวัตถุ(รูป 6) ดังนั้นโดยการวัด relative reflectance หรือ transmission ของวัตถุ เป็นการหาปริมาณเป็นตัวเลข ของวัตถุ

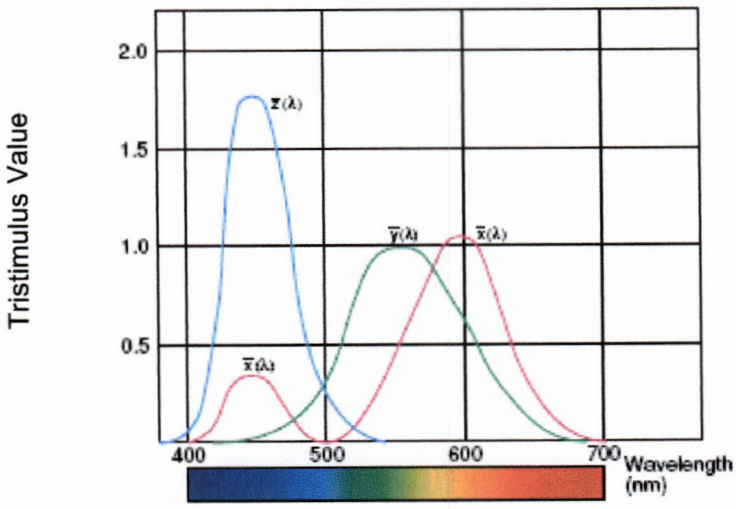


รูป 5 การสะท้อนแสงของวัตถุ



รูป 6 สเปคตรัมของวัตถุสีเหลือง พลอตการสะท้อนสัมพัทธ์กับความยาวคลื่น

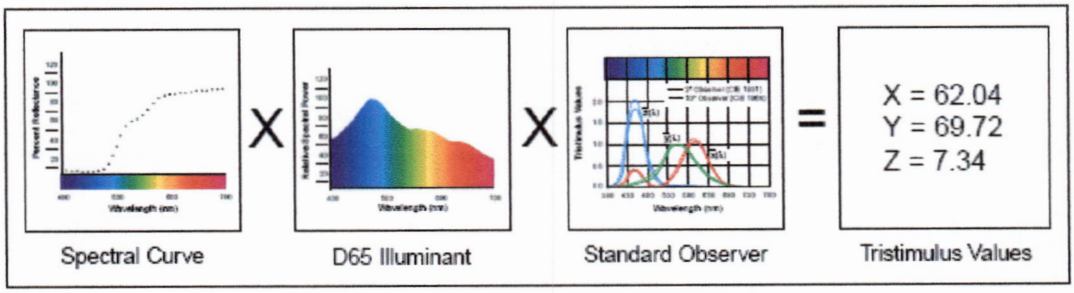
3. ผู้มอง การกำหนด CIE 1931 2° Standard Observer คือฟังก์ชัน x, y, และ z เป็นการบอกปริมาณเฉลี่ยของสี แดง เขียว และน้ำเงิน ที่สภาพไวของส่วน cone ของสายตามนุษย์สัมผัส (รูป 7)



รูป 7 spectral sensitivity ที่สมนัยกับสายตามนุษย์ (color matching function ของ standard observer คศ 1931

สภาวะการมองเห็นสี มีองค์ประกอบคือ แหล่งกำเนิดแสง วัตถุ และผู้มอง แต่ถ้าเป็นการวัดสีที่แสดงเป็นตัวเลข จะประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสงถูกวัดเป็นเชิงปริมาณโดยค่า illuminant ที่กำหนด สำหรับวัตถุคือ ค่า reflectance หรือ transmission curve ของตัวอย่าง และ ผู้มองคือสเปคโตรมิเตอร์ วัดเป็นเชิงปริมาณโดย CIE Standard Observer Functions ที่ได้เลือก

การวัดปริมาณสีเป็นตัวเลขกระทำได้โดยอาศัยอุปกรณ์ วัดสี colorimeter และ spectropho tometer อุปกรณ์ Colorimeter ที่ใช้ในการวัดสี ใช้ฟิลเตอร์ แดง เขียว และน้ำเงิน , illuminant ส่วนใหญ่เป็นชนิด C(average daylight) โฟโตดีเทคเตอร์ เป็นตัววัดปริมาณแสงที่ผ่านฟิลเตอร์ออกมา สัญญาณที่ได้แสดงเป็น ค่า X, Y และ Z สำหรับสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ใช้แหล่งกำเนิดแสงส่องไปยังตัวอย่าง แสงที่สะท้อนออกจากวัตถุ ผ่านไปยังเกรตติ้ง แยกเป็นสเปคตรัม ที่ตกไปยังดีเทคเตอร์ diode array ที่วัดปริมาณแสงที่แต่ละความยาวคลื่น ข้อมูลถูกส่งต่อไปยังระบบประมวลผลซึ่งจะคูณกับค่าข้อมูลตาราง CIE illuminant และ standard observer functions 2° หรือ 10° ได้ค่า X, Y, Z ดังรูป 8



รูป 8 Tristimulus Values

การมองเห็นสีและค่า Tolerancing

สายตามนุษย์ที่เมื่อยล้า ความจำสี ย่อมส่งผลต่อความสามารถการเห็นความแตกต่างของสี ซึ่ง CIELAB และ CIELCH สามารถใช้เพื่อการบอกแตกต่างของสี ขนาดสีที่ต่างกันแสดงด้วยสมการ

$$\Delta E^* ab = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

และสีสันที่ต่างกัน แสดงด้วยสมการ

$$\Delta H^* = \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2}$$
$$= \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 - (\Delta C^*)^2}$$

สมการ tolerancing ที่รู้จักกันดี เป็น CMC (Colour Measurement Committee) และ CIE94 ทั้งสองสมการ ให้ ellipsoidal tolerances ระบบ tolerancing CMC ตั้งบนพื้นฐานของระบบ CIELCH และให้ความสอดคล้อง ระหว่าง การประเมินด้วยสายตาและวัดความต่างของสี ซึ่งระบบ CMC tolerancing ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยองค์กร Colour Measurement Committee of the Society of Dyers and Colourists ในสหราชอาณาจักร Great Britain และเริ่มสู่สาธารณชนปี ค. ศ 1988 ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ การคำนวณ CMC เชิงคณิตศาสตร์ ได้นิยาม วงรี (ellipsoid) รอบ ๆ สีมาตรฐาน(รูป 9,10) ที่สมนัยกับ hue, chroma และ lightness วงรีแทนปริมาตรของสีที่ยอมรับ และจะแปรโดยอัตโนมัติ ตามขนาดและรูปร่าง ขึ้นกับตำแหน่งสีใน Color space โดยการแปร commercial factor (cf) วงรีสามารถถูกทำให้ใหญ่หรือเล็ก ตามความต้องการที่จะเทียบกับการประเมินด้วยสายตา ค่า cf เป็นค่า tolerance ซึ่งหมายความว่าถ้า cf =1.0 ดังนั้น $\Delta E_{CMC} < 1.0$ จะผ่านการทดสอบ แต่ถ้ามากกว่า 1.0 จะไม่ผ่าน เนื่องจากว่าสายตาโดยทั่วไปจะ ยอมรับผลต่างความสว่าง(L) ที่มาก มากกว่า chroma (C) ระบบ**CIE94 Tolerancing** ใช้ในอุตสาหกรรมสีและเคลือบ ร้อยละความสอดคล้อง วิธี Tolerance กับสายตา เป็นดังนี้ ระบบ **CIELAB , CIELCH, CMC** หรือ **CIE94** เท่ากับ 75%, 85% และ 95% ตามลำดับ

สมการผลต่างสี CMC เป็นดังนี้

$$\boxed{\Delta E_{cmc} = \left[(\Delta L^* / lS_L)^2 + (\Delta C^*_{ab} / cS_C)^2 + (\Delta H^*_{ab} / S_H)^2\right]^{1/2}}$$

ซึ่ง $l = 2$, $\mathbf{c} = 1$, และ

$$C^*_{ab} = \left(a^{*2} + b^{*2}\right)^{1/2}$$

$$\Delta H^* = \left[(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 - \Delta C^*)^2\right]^{1/2}$$

$$S_L = \frac{0.040975L^*}{1+0.1765L^*}$$

ถ้า $L^* < 16$ ให้ $S_L = 0.511$

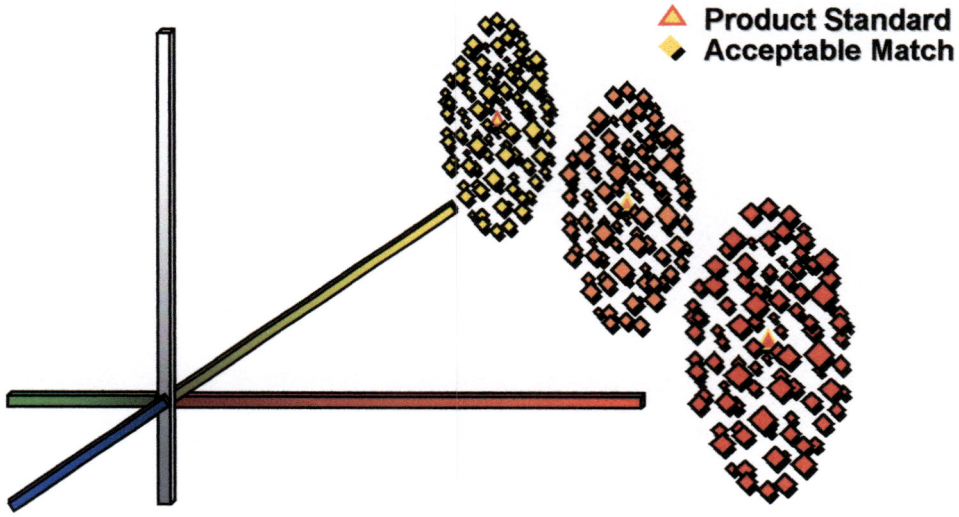
$$S_C = \frac{0.0638\Delta C^*_{ab}}{1+0.131\Delta C^*_{ab}} + 0.638$$

$$S_H = S_C(FT + 1 - F)$$

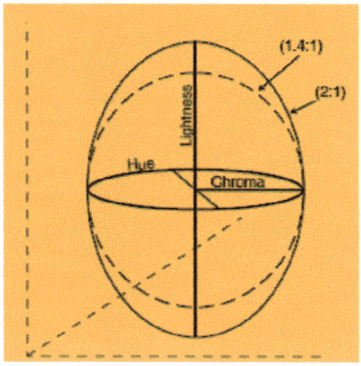
$$F = \left[\frac{(\Delta C^*_{ab})^4}{(\Delta C^*_{ab})^4 + 1900}\right]^{1/2}$$

และ $T = 0.36 + \left|0.4\cos(h_{ab} + 35)\right|$

ถ้า $164^\circ \le h_{ab} \le 345^\circ$ ดังนั้น $T = 0.56 + \left|0.2\cos(h_{ab} + 168)\right|$



รูป 9 รูปร่างของการยอมรับการการจับคู่ของสี



รูป 10 CMC tolerance ellipsoids

CIE94 คำนวณในเทอมของ ΔE^*94

$$\Delta E*94 = \left([\Delta L*/(k_L S_L)]^2 + [\Delta C*/k_C S_C)]^2 + [\Delta H/k_H S_H]^2\right)^{1/2}$$

$$S_L = 1,\quad S_C = 1 + 0.045C*,\quad S_H = 1 + 0.015C*$$

$$k_L = k_C = k_H$$

$$\Delta H* = \left[(\Delta a*)^2 + (\Delta b*)^2 - \Delta C^*)^2\right]^{1/2}$$

การวัดสีของอัญมณี

เป็นที่ทราบกันว่า ราคาของพลอย ขึ้นกับความสวยงามและความหายาก สำหรับพลอยสี สีจะเป็นตัวกำหนดที่สำคัญที่สุด พลอยทุกชนิดมีสีที่คนชอบ หรือเป็นช่วงสีแคบ ๆ ที่คนชอบ สีที่ต่างจากสีที่กล่าว ไม่ว่าจะมีสีที่มืดกว่า จางกว่า ความสดน้อยกว่าหรือมากกว่า คุณค่าราคาพลอยจะลดลง ความหายาก เช่นพลอยชนิดนั้น ๆ น้ำหนักกะรัตบางขนาดหายาก ทำให้ราคาพลอยสูงมากขึ้น ดังนั้นโดยทั่วไปในการประเมินราคา หลัก 4Cs กล่าวคือ สี(color) , ความสะอาด(clarity), การเจียระไน(cut), น้ำหนักกะรัต (carat weight) ซึ่งคุณสมบัติ 3 ประการแรกเป็นคุณสมบัติที่สัมพันธ์กันของพลอยที่ทำให้พลอยดูสวยงาม

การวัดสีของอัญมณี เป็นงานยุ่งยาก สีที่ปรากฏบนหน้าพลอยของอัญมณีเจียระไนอาจไม่สม่ำเสมอ และอัญมณีปกติโปร่งแสง(transparency) การประเมินพลอยสี สถาบัน GIA ได้สร้างระบบและใช้กับพลอยสีธรรมชาติที่เจียระไนแล้ว และโปร่งใส และมีขายในท้องตลาด สีอธิบายในเทอม 3 มิติ hue, tone และ saturation ซึ่งสร้างเป็นโลกของสีหรือ color space สีที่เด่นของพลอย (มากกว่า 50%) เป็นสีหลัก อื่น ๆ เป็นสีที่เพิ่มเติม การประเมินสีสันของพลอยที่เป็นประโยชน์ พลอยควรมี tone และ saturation คล้ายคลึงกัน

ความสว่างสี (tone or lightness) GIA แบ่งเป็น 11 ระดับ จากไม่มีสี (transparent) หรือขาว (opaque) กำหนดเป็น 0 ถึงดำ กำหนดเป็น 10 ในทางปฏิบัติ ระดับ 2 (very light) ถึง 8 (very dark) ประยุกต์ใช้กับพลอยสี ที่สว่างกว่าและมืดกว่านี้สายตามนุษย์ไม่สามารถตรวจสอบได้ ในทางปฏิบัติจึงจัดเป็น 7 ระดับ ความอิ่มตัวสี (saturation) เป็นความแรงหรือความเข้มสี ระดับความอิ่มตัวจัดเป็น 6 ระดับ (1 ถึง 6) ถ้าออกน้ำตาลหรือเทา ปรากฏชัด ระดับความอิ่มตัวสีเท่ากับ 1 หรือถ้าสีสันมีองค์ประกอบ ออกน้ำตาลหรือเทาใด ๆ ระดับความอิ่มตัวสีเท่ากับ 3 หรือ ต่ำกว่า ถ้ามีองค์ประกอบ ออกน้ำตาลหรือเทาเล็กน้อยสุด ความอิ่มตัวสีอยู่ที่บริเวณ 3 และถ้าไม่มีร่องรอยของน้ำตาลหรือเทาเล็กน้อยสุด ความอิ่มตัวสีเท่ากับ 4 หรือสูงกว่า สเกลที่จัดดังแสดง

Tone

2	3	4	5	6	7	8
V light	light	Medium light	Medium	Medium dark	Dark	V dark

Saturation

1	2	3	4	5	6
Grayish(brownish)	Slightly grayish(brownish)	V Slightly grayish(brownish)	Moderately strong	strong	vivid

สำหรับแต่ละตัวอย่าง ค่า tone และ saturation จะถูกกำหนดให้สำหรับแต่ละสี (hue) GIA ได้ผลิต GIA GemSet' s 324 ตัวอย่าง ทำด้วยพลาสติก ซึ่งครอบคลุม 31 สี แต่ละสีมี tone และ saturation ต่าง ๆ กัน ใช้สำหรับเป็นสีมาตรฐานในการเทียบสีของพลอย

วัสดุอุปกรณ์และการทดลอง

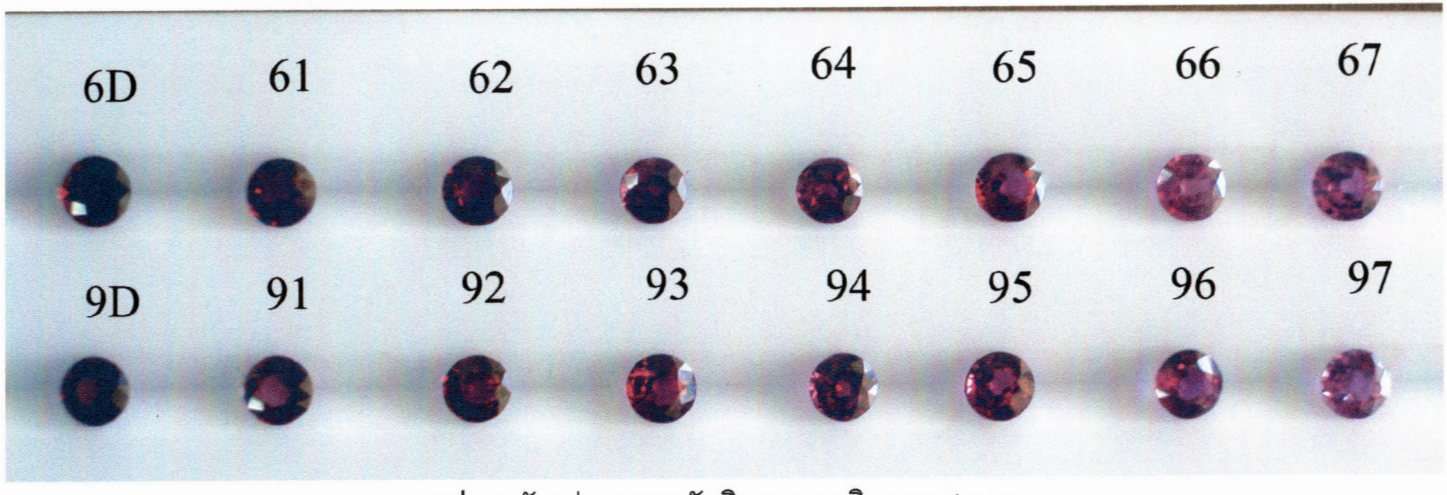
1. ชุดทับทิมธรรมชาติ จำนวน 2 ชุด ชุด 6 และ 9 ชุดละ 8 เม็ด เป็นทับทิมธรรมชาติแหล่งพม่าที่มีความอิ่มตัวสีต่าง ๆ กัน การเจียระไนเป็นแบบ Mixed cut รูปกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 mm น้ำหนัก 0.3 กะรัต ซึ่งสมาคมผู้ค้าอัญมณี จังหวัดจันทบุรี ได้จัดเรียงสีไว้ เข้มสุด D และความเข้มลดลงตามเลขที่มากขึ้นของแต่ละชุด ดังแสดงในรูป 11

2. ตัวอย่างทับทิมธรรมชาติ ขนาดประมาณ 1 กะรัต จำนวน 20 เม็ด เป็นทับทิมมาดากัสการ์จากห้องปฏิบัติการวิทยาลัยอัญมณีดังแสดงในรูป 12

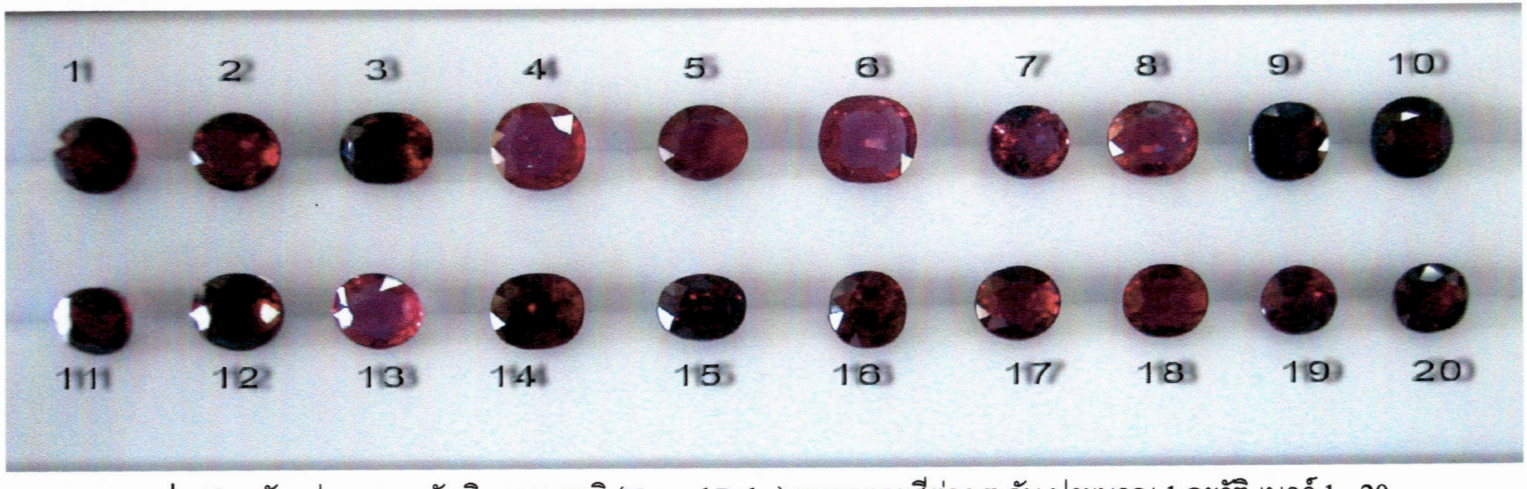
3. ตัวอย่างทับทิมสังเคราะห์ ขนาดประมาณ 0.85 – 4.4 กะรัต เป็นแบบ Mixed cut รูปร่างไข่และกลม จำนวน 10 เม็ด และเป็นแบบ princess cut ขนาด 4x4 mm จำนวน 10 เม็ด จากห้องปฏิบัติการวิทยาลัยอัญมณีดังแสดงในรูป 13

4. ชุดพลอยเลียนแบบ ที่ใช้เป็นชุดมาตรฐานสี ของสถาบัน GIA ในชุดสีแดง จำนวน 5 ชุด ประกอบด้วยชุดสีแดง สีแดงอมม่วงอ่อน แดงอมม่วงแก แดง-ม่วง แดงอมส้ม จำนวน 52 ตัวอย่าง ดังแสดงในรูป 14 ซึ่งในแต่ละชุดได้จาการจัดเรียงตาม tone และ saturation การอ่านค่าของ Standard color (รูป 15, 16)ของสถาบัน GIA นั้นจะเรียงตาม Hue, Tone และ Saturation ตัวอักษรที่อยู่ทางมุมบนด้านขวาแสดงถึง Hue เช่น R หมายถึง สีแดง ตัวเลขแนวนอนด้านบน แสดงถึงความอิ่มตัวของสีที่เพิ่มขึ้นตามตัวเลข ตัวเลขแนวตั้งด้านซ้าย แสดงถึงค่าความสว่างที่ลดลงเมื่อตัวเลขที่เพิ่มขึ้น คือ ความสว่างน้อยตัวเลขจะเพิ่มขึ้น ตัวอย่างการเรียกชื่อสี เช่น R 3/2 หมายถึง สีแดงที่ตำแหน่ง Tone = 3 และ Saturation = 2

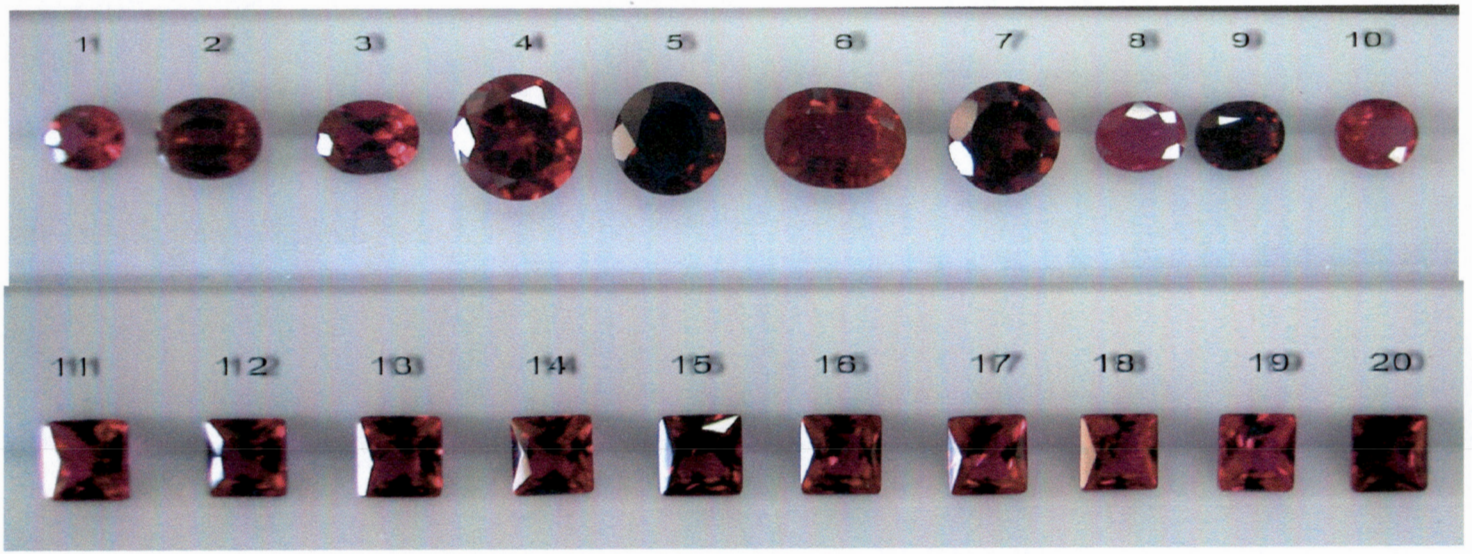
5. วัดสีโดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์โดยเทคนิค Reflection โดยเครื่อง Portable UV-VIS Spectrophotometer รุ่น DH – 2000 Ocean Optics เส้นใยนำแสง(fiber optics) R400-7 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 400 μm ควบคุมสภาวะแวดล้อมของแสงโดยทำการวัดใน Light box ที่พื้นเป็นสีขาวทุกด้าน สภาวะการให้แสง Illuminent D65 , มุมมองของผู้สังเกตุ 2 องศา ช่วงความยาวคลื่น 400 – 700 nm ในการวัดแต่ละครั้งต้องเทียบมาตรฐานด้วย Diffuse reflectance standard (WS-3_Gem-Rio, Micropack) คอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่เก็บข้อมูล ในการทดลอง จะวางตัวอย่างบนถาดขาวซึ่งวางในกล่องแสง การวัดจัดให้เป็น normal reflection โดยให้เหลี่ยมหน้ากระดาน (table) ของพลอย ตั้งตรงจัดให้ตำแหน่งเส้นใยนำแสงอยู่เหนือตัวอย่าง โดยให้หน้าตัดไฟเบอร์แนบตัวอย่าง การจัดวางเครื่องมือดังแสดงในรูป 17



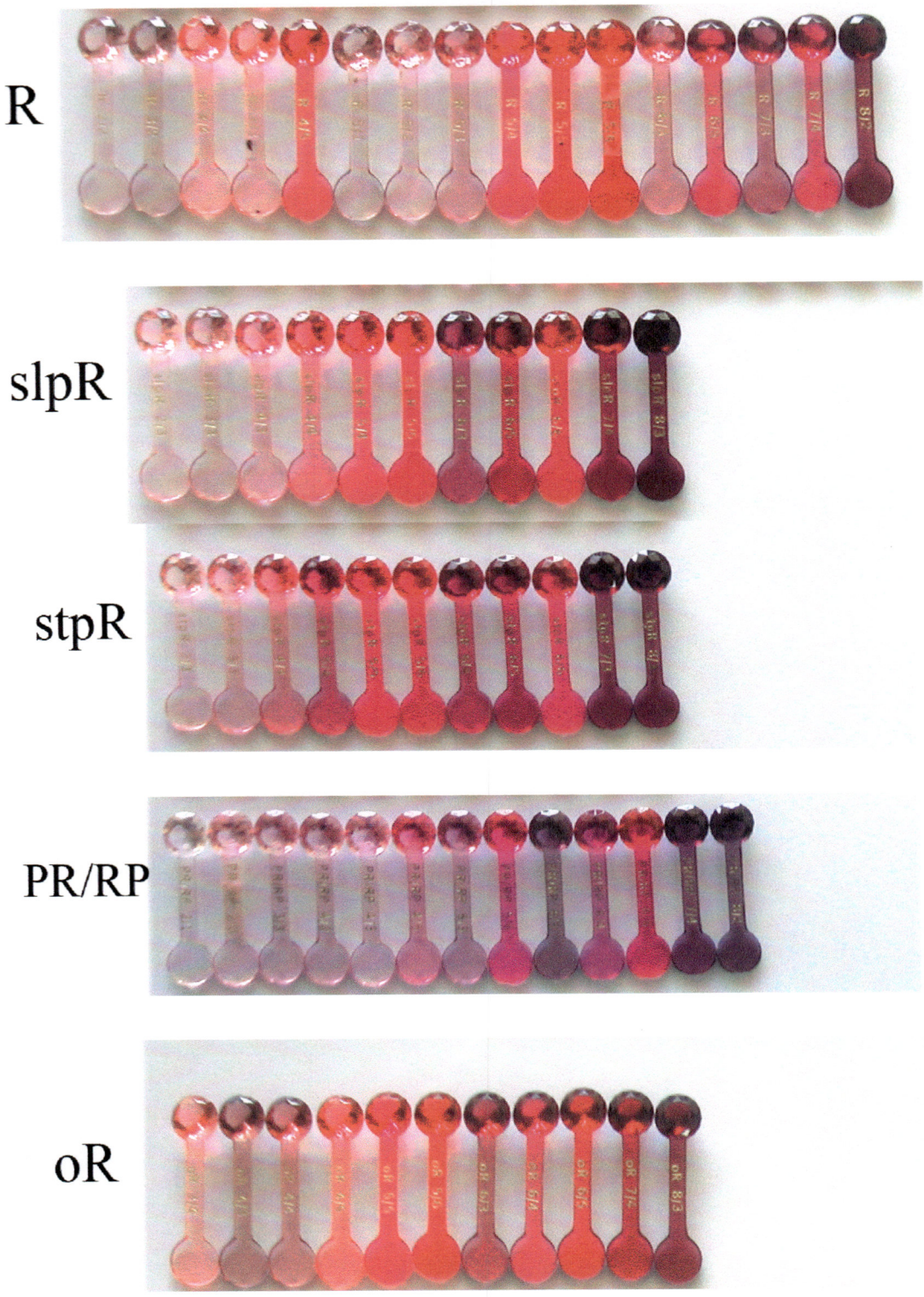
รูป 11 ตัวอย่างพลอยทับทิมธรรมชาติ ขนาด 4 mm



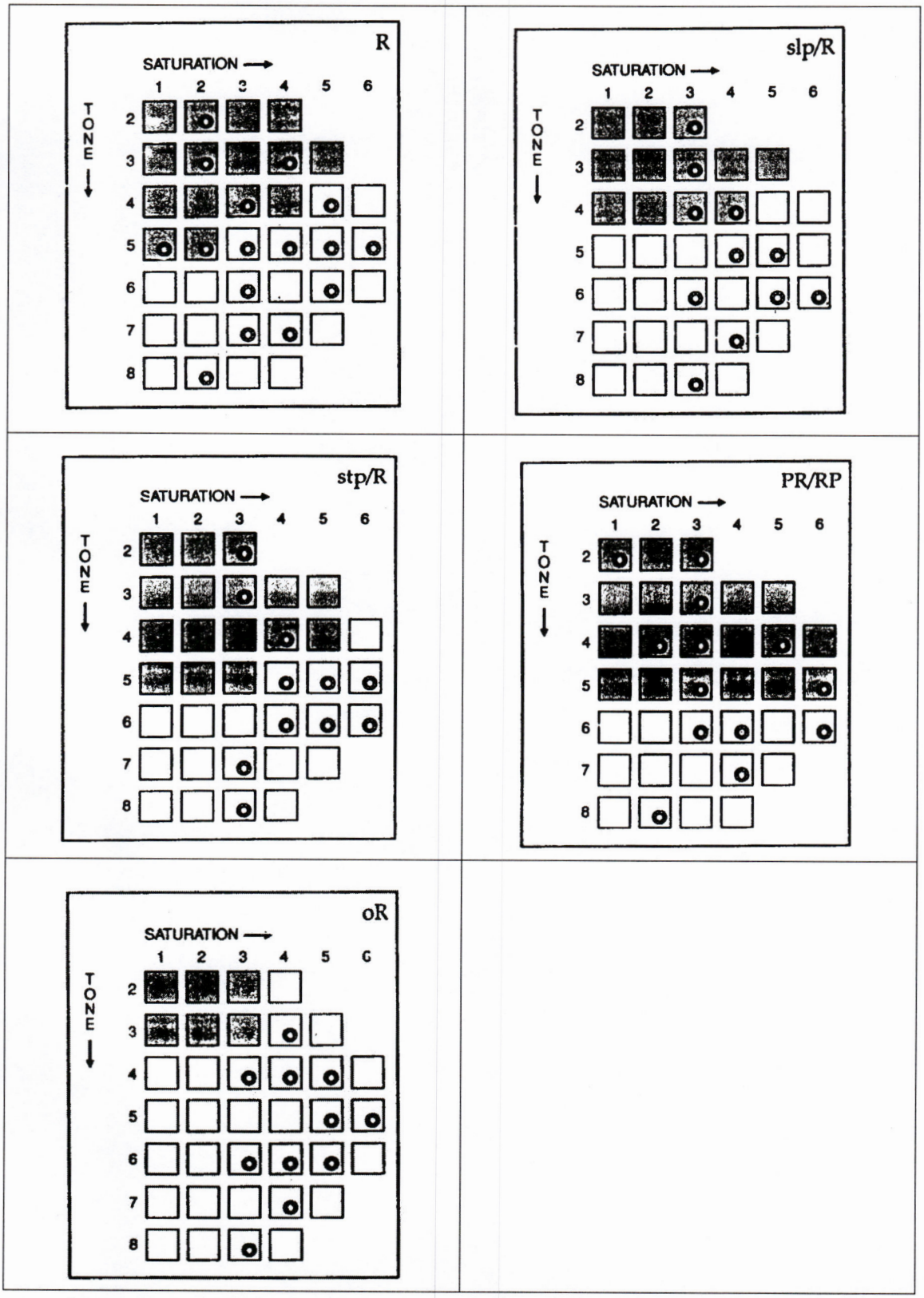
รูป 12 ตัวอย่างพลอยทับทิมธรรมชาติ (Natural Ruby) ขนาดและสีต่าง ๆ กัน ประมาณ 1 กะรัต เบอร์ 1 - 20



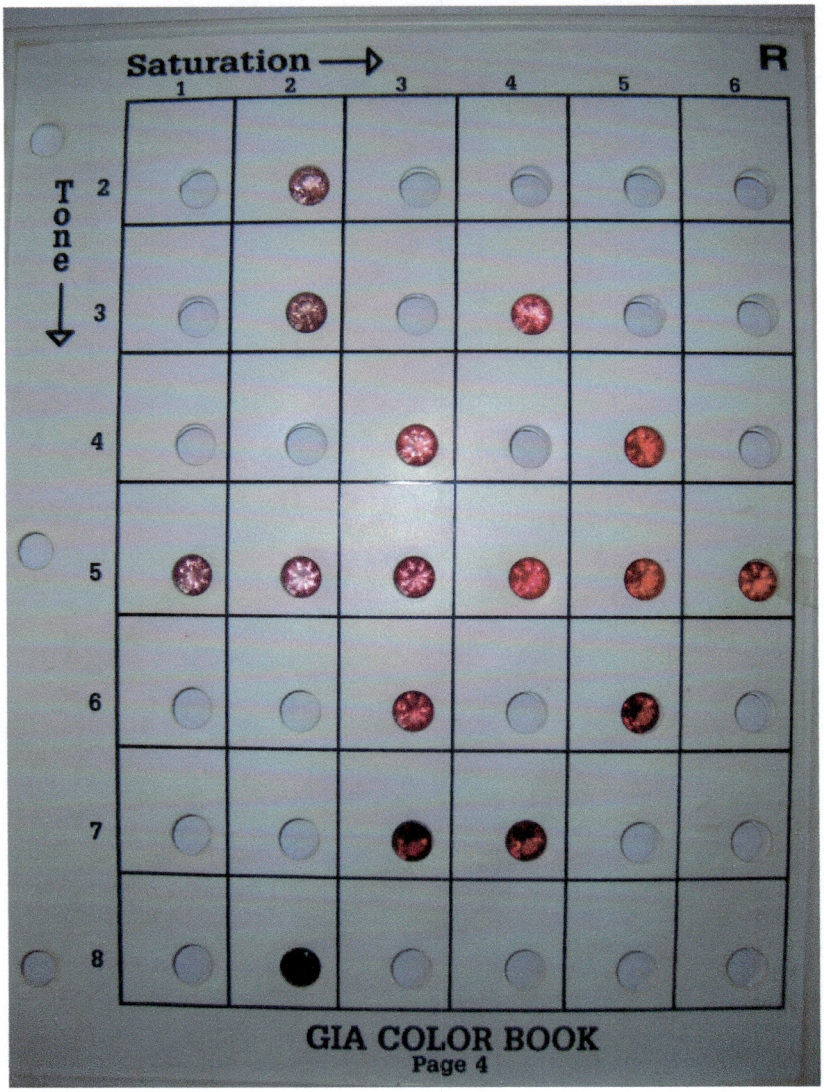
รูป 13 พลอยทับทิมสังเคราะห์ (**Synthetic Ruby**) ขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กันเบอร์ 1 - 20



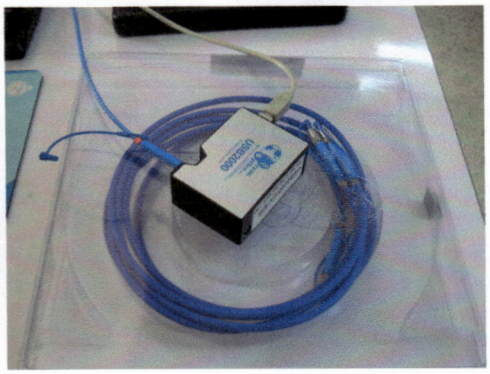
รูป 14 แผงสีพลอยเลียนแบบที่ทำด้วยพลาสติกสำหรับเทียบมาตรฐานสีของสถาบัน GIA



รูป 15 แสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่าง GIA GemSet ชุดสีแดง สีแดงอมม่วงอ่อน แดงอมม่วงแก่ แดง-ม่วง แดงอมส้ม

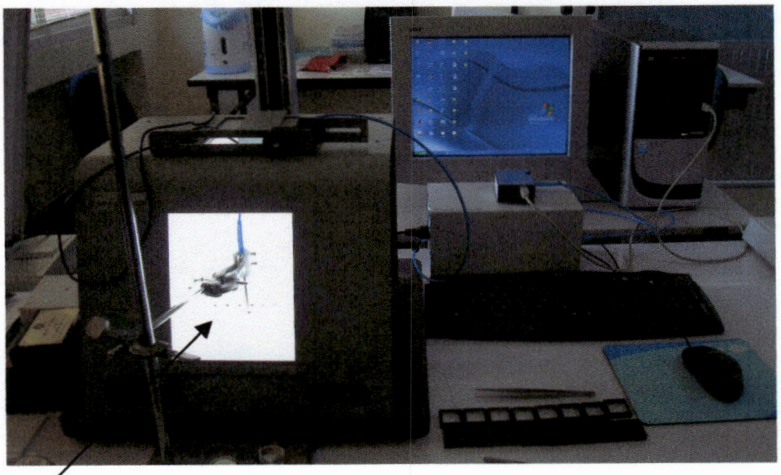


รูป 16 ตัวอย่างแผงสีพลอยเลียนแบบที่ทำด้วยพลาสติก ของสถาบัน GIA



Detector ของเครื่อง Portable UV-VIS-NIR

Diffuse reflectance standard



กล่องแสงสำหรับวัดสีของพลอย

รูป 17 การจัดวางเครื่องมือสำหรับวัด

6. ทำการวัดสี โดยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับ เม็ดพลาสติกตัวอย่างสีทั้ง 52 ตัวอย่าง

7. ในทำนองเดียวกัน วัดตัวอย่างพลอยทับทิมธรรมชาติชุด 6 และชุด 9 พลอยสังเคราะห์ และพลอยธรรมชาติ

8. นำข้อมูลที่ได้จากการวัดโดยสเปตโตรโฟโตมิเตอร์ มาคำนวณ และวิเคราะห์

9. ทำการเปรียบเทียบสีกับพลอยพลาสติก โดยใช้สายตา กระทำใน Light box และ ใต้แสง Day light 90 สำหรับตัวอย่าง 62, 65, 66, 93, 95,96 และ 97

10. ทำการเปรียบเทียบสีของพลอยสังเคราะห์ พลอยธรรมชาติ กับตัวอย่างชุด 6 และชุด 9

ผลการทดลอง

การวัดสีของพลอยเม็ดพลาสติก ซึ่งเป็นชุดสีมาตรฐานของสถาบัน GIA ในชุดสีแดง (R) สีแดงอมม่วงอ่อน (slpR) สีแดงอมม่วงแก่(stpR) สีแดงม่วง(PR/RP) และสีแดงอมส้ม (oR) วัดเฉพาะเหลี่ยมหน้ากระดานของพลอย ด้วยเทคนิคการสะท้อน ผลดังตาราง 4.1 – 4.5 ตามลำดับ และผลการวัดสีตัวอย่างพลอยชุด 6 และ 9 ของสมาคมผู้ค้าอัญมณี จังหวัดจันทบุรี ดังตาราง 6 – 7 และสีของพลอยสังเคราะห์และพลอยธรรมชาติแหล่งมาดาร์กัสการ์ ดังตาราง 8 - 9

ตาราง 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดแบบสะท้อนของด้านเหลี่ยมหน้ากระดานเม็ดพลอยพลาสติกจากชุดสีมาตรฐาน สีแดง (R)

Rtone/sat	L*	a*	b*	C*
R2/2	15.1	9.8	2.2	10.0
R3/2	10.5	8.3	2.3	8.6
R3/4	12.7	18.3	2.8	18.5
R4/3	12.9	17.3	2.5	17.5
R4/5	6.8	22.3	4.6	22.8
R5/1	11.7	9.3	0.9	9.3
R5/2	12.3	13.2	-0.3	13.2
R5/3	8.5	15.4	1.0	15.4
R5/4	7.6	26.3	3.4	26.5
R5/5	5.1	22.7	4.9	23.2
R5/6	4.4	19.1	4.5	19.6
R6/3	7.8	15.8	0.9	15.8
R6/5	4.2	14.5	0.6	14.5
R7/3	3.8	8.6	0.3	8.6
R7/4	3.5	11.8	0.6	11.8
R8/2	1.9	2.3	0.2	2.3

ตาราง 2 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดแบบสะท้อนของด้านเหลี่ยมหน้ากระดานเม็ดพลอยพลาสติก จากชุดสีมาตรฐาน สีแดงอมม่วงอ่อน (slpR)

slpR tone/sat	L*	a*	b*	C*
slpR2/3	15.5	13.6	0.3	13.6
slpR3/3	10.9	10.5	2.5	10.8
slpR4/3	11.2	17.3	0.1	17.3
slpR4/4	8.8	20.6	2.6	20.7
slpR5/4	6.1	19.9	1.9	20.0
slpR5/5	5.8	23.5	2.8	23.7
slpR6/3	3.7	8.3	-0.5	8.8
slpR6/5	3.2	11.0	1.5	11.1
slpR6/6	5.0	20.4	3.3	20.6
slpR7/4	2.5	5.5	0.4	5.5
slpR8/3	1.9	2.4	0.3	2.4

ตาราง 3 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดแบบสะท้อนของด้านเหลี่ยมหน้ากระดานเม็ดพลอยเม็ดพลอยพลาสติกจากชุดสีมาตรฐาน สีแดงอมม่วงเข้ม (stpR)

stpR tone/sat	L*	a*	b*	C*
stpR2/3	17.6	11.4	1.3	11.5
stpR3/3	13.3	15.8	-0.2	15.8
stpR4/4	8.6	18.2	1.0	18.2
stpR5/4	4.7	14.3	0.1	14.3
stpR5/5	5.8	24.9	2.1	25.0
stpR5/6	5.4	23.8	1.5	23.8
stpR6/4	3.6	10.2	0.2	10.2
stpR6/5	3.3	10.3	0.1	10.3
stpR6/6	5.0	20.6	0.2	20.6
stpR7/3	2.5	4.1	0.2	4.1
stpR8/3	2.5	3.4	-0.3	3.4

ตาราง 4 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดแบบสะท้อนของด้านเหลี่ยมหน้ากระดานเม็ดพลอยพลาสติก จากชุดสีมาตรฐาน สีแดง-ม่วง (PR-RP)

PR/RP tone/sat	L*	a*	b*	C*
PR/RP 2/1	17.7	6.1	-0.4	6.2
PR/RP 2/3	15.0	13.3	-2.6	13.5
PR/RP 3/3	12.5	12.2	-2.2	12.4
PR/RP 4/2	11.1	13.4	-3.1	13.8
PR/RP 4/3	13.7	15.0	-4.1	15.5
PR/RP 4/5	9.1	21.8	-5.5	22.5
PR/RP 5/3	7.8	13.3	-2.9	13.6
PR/RP 5/6	5.4	22.1	-3.9	22.4
PR/RP 6/3	4.3	5.3	-1.0	5.4
PR/RP 6/4	5.0	16.0	-3.9	16.5
PR/RP 6/6	4.6	18.6	0.1	18.6
PR/RP 7/4	3.1	4.0	-0.9	4.1
PR/RP 8/2	3.1	3.5	-0.9	3.6

ตาราง 5 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดแบบสะท้อนของด้านเหลี่ยมหน้ากระดานเม็ดพลอยพลาสติก จากชุดสีมาตรฐาน ของสีแดงอมส้ม (oR)

oRtone/sat	L*	a*	b*	C*
oR3/4	12.5	17.6	6.5	18.7
oR4/3	6.5	8.9	2.5	9.2
oR4/4	7.6	14.0	3.0	14.3
oR4/5	10.9	22.1	6.3	23.0
oR5/5	6.8	21.7	3.8	22.0
oR5/6	5.4	17.6	4.9	18.2
oR6/3	4.5	8.4	1.6	8.6
oR6/4	3.7	9.4	0.5	9.4
oR6/5	3.3	7.2	1.3	7.3
oR7/4	3.6	6.7	1.5	6.9
oR8/3	3.0	4.0	0.6	4.1

ตาราง 6 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดแบบสะท้อนของด้านเหลี่ยมหน้ากระดานพลอยสมาคมผู้ค้าอัญมณี ชุด 6 และชุด 9 (การทดลองที่ 1)

ตัวอย่าง	L*	a*	b*	C*
6D	3.8	7.7	0.9	7.8
61	4.7	12.7	0.7	12.8
62	5.1	14.0	1.1	14.0
63	5.7	15.2	1.3	15.3
64	6.9	15.0	1.2	15.1
65	7.7	18.4	-0.4	18.4
66	9.3	17.4	0.3	17.4
67	10.7	15.0	-1.2	15.0
9D	4.2	8.8	1.3	8.9
91	5.8	14.7	2.2	14.9
92	5.5	15.7	1.1	15.7
93	6.4	16.4	1.8	16.5
94	6.6	19.1	3.5	19.5
95	6.8	16.1	1.6	16.2
96	7.0	18.7	-1.3	18.7
97	6.7	20.9	2.3	21.1

ตาราง 7 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดแบบสะท้อนด้านเหลี่ยมหน้ากระดานพลอยสมาคมผู้ค้าอัญมณี ชุด 6 และชุด 9 (การทดลองที่ 2)

ตัวอย่าง	L*	a*	b*	C*
6D	7.8	8.3	-1.1	8.4
61	9.5	13.2	-2.5	13.4
62	9.5	13.8	-1.9	13.9
63	10.3	15.2	-2.3	15.4
64	11.4	13.7	-2.4	-9.8
65	12.6	16.0	-4.3	16.6
66	13.9	15.2	-3.5	15.5
67	15.5	14.3	-4.8	15.0
9D	8.9	10.5	-1.1	10.5
91	10.8	16.0	-0.8	16.0
92	10.5	14.7	-1.6	14.8
93	10.9	15.4	-2.6	15.6
94	11.2	14.2	-2.2	14.4
95	13.0	17.2	-1.6	17.3
96	11.2	15.8	-4.9	16.6
97	13.6	15.7	-6.2	16.9

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

ตาราง 8 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดแบบสะท้อนด้านเหลี่ยมหน้ากระดานของพลอยสังเคราะห์

ตัวอย่าง	L*	a*	b*	C*
s1	3.7	21.0	3.3	21.2
s2	2.3	16.4	2.6	16.6
s2	2.3	36.5	9.4	37.7
s1	2.3	21.1	4.3	21.2
s2	0.9	7.8	2.2	8.1
s6	2.1	16.4	3.3	16.5
s7	1.6	12.6	2.2	12.9
s6	4.8	22.5	0	22.5
s6	0.7	4.5	1.5	4.7
s10	4.9	23.3	2.8	23.5
s11	5.7	26.7	2.8	27.0
s12	3.7	22.6	4.3	22.6
s12	4.1	24.7	1.5	24.7
s14	3.7	22.4	2.2	22.6
s15	2.3	20.1	2.2	20.2
s16	4.1	24.3	2.2	24.3
s11	4.8	23.0	1.5	23.0
s18	4.9	23.5	-0.2	23.5
s19	2.3	25.5	-0.1	23.5
s20	4.8	18.7	0.8	18.7

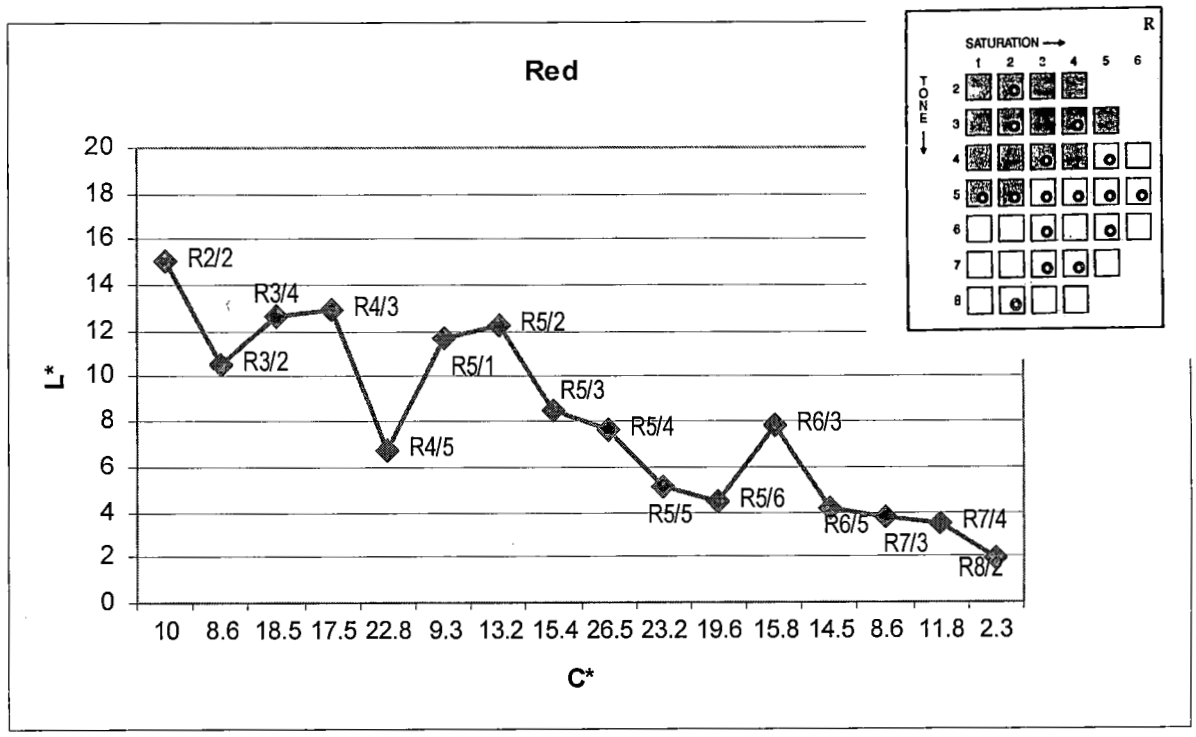
553.84
อ4187
ฉ.3

249284

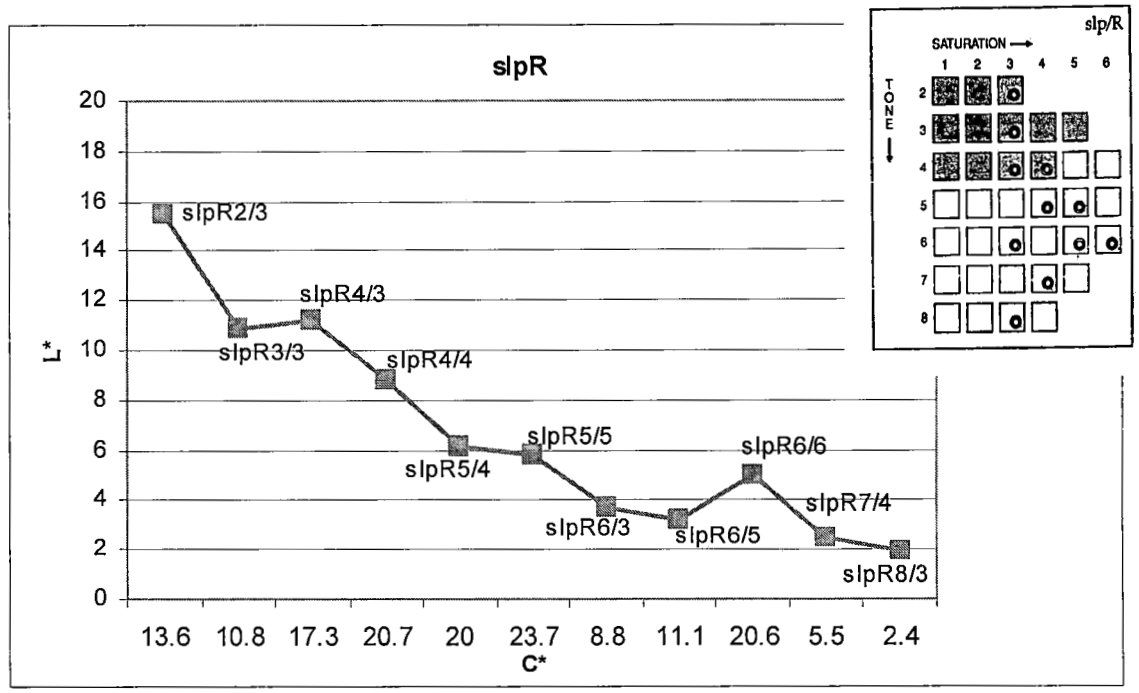
ตาราง 9 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดแบบสะท้อนด้านเหลี่ยมหน้ากระดานพลอยธรรมชาติ

sample	L*	a*	b*	C*
N1	2.0	12.1	2.0	12.2
N2	2.0	13.2	1.1	12.2
N3	1.2	6.3	1.2	6.4
N4	4.1	19.5	-1.6	19.5
N3	2.4	11.7	1.0	11.7
N4	6.6	18.7	-1.6	19.5
N3	2.8	13.0	-0.5	13.0
N8	6.7	20.1	3.7	20.5
N8	1.4	6.1	0.5	6.1
N10	1.4	8.0	1.2	8.0
N11	1.2	7.8	1.2	7.9
N12	1.0	7.1	1.0	7.9
N13	6.6	21.1	-2.4	21.2
N10	.01	6.5	1.9	6.4
N15	0.9	4.7	0.8	4.7
N16	1.2	7.8	1.8	8.0
N17	1.9	11.5	1.2	13.6
N18	2.8	14.2	1.1	14.2
N15	1.2	5.8	1.0	5.9
N20	1.6	8.0	1.2	9.1

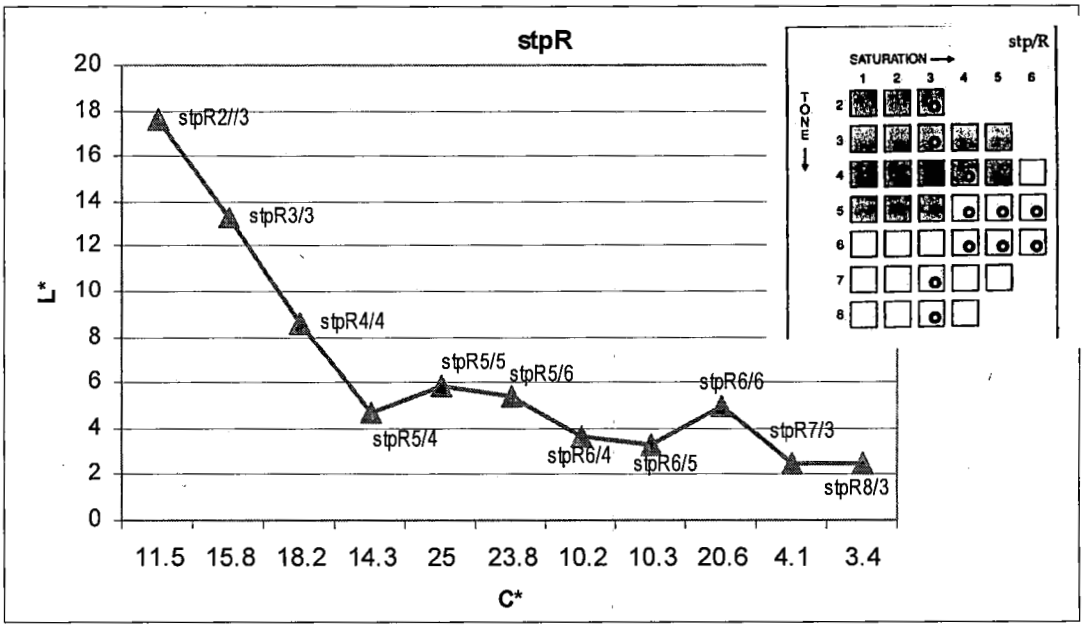
เมื่อนำมาพลอตความสัมพันธของความสว่างกับความอิ่มตัวของพลอยพลาสติก ดังรูป 18 – 25



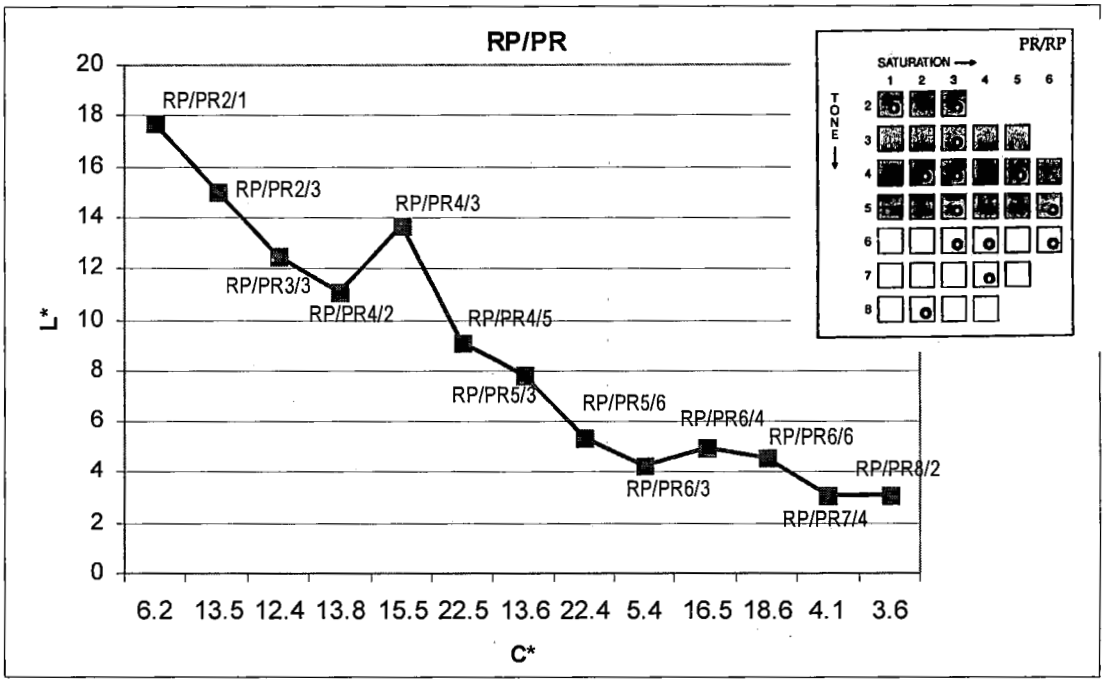
รูป 18 พลอตค่า L* กับ C* ของชุดสีแดงเรียงตามลำดับ



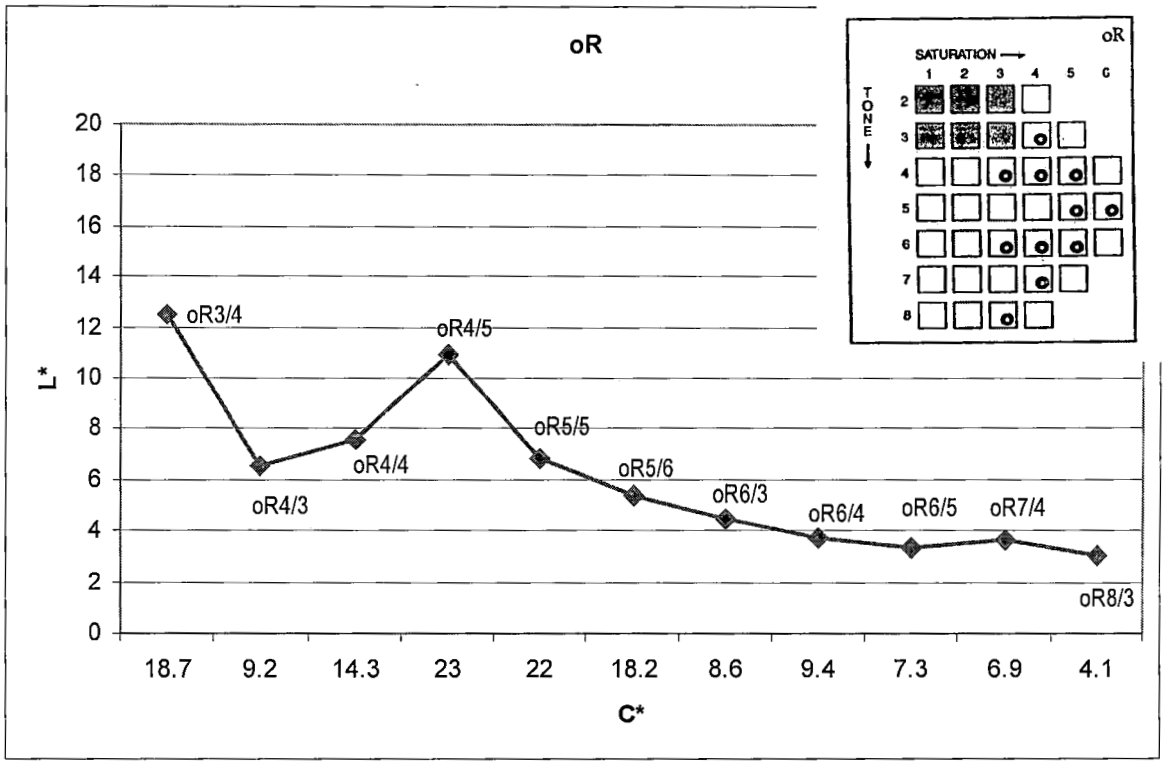
รูป 19 พลอตค่า L* กับ C* ของชุดสีแดงอมม่วงอ่อนเรียงตามลำดับ



รูป 20 พลอตค่า L* กับ C* ของชุดสีแดงอมม่วงแก่เรียงตามลำดับ

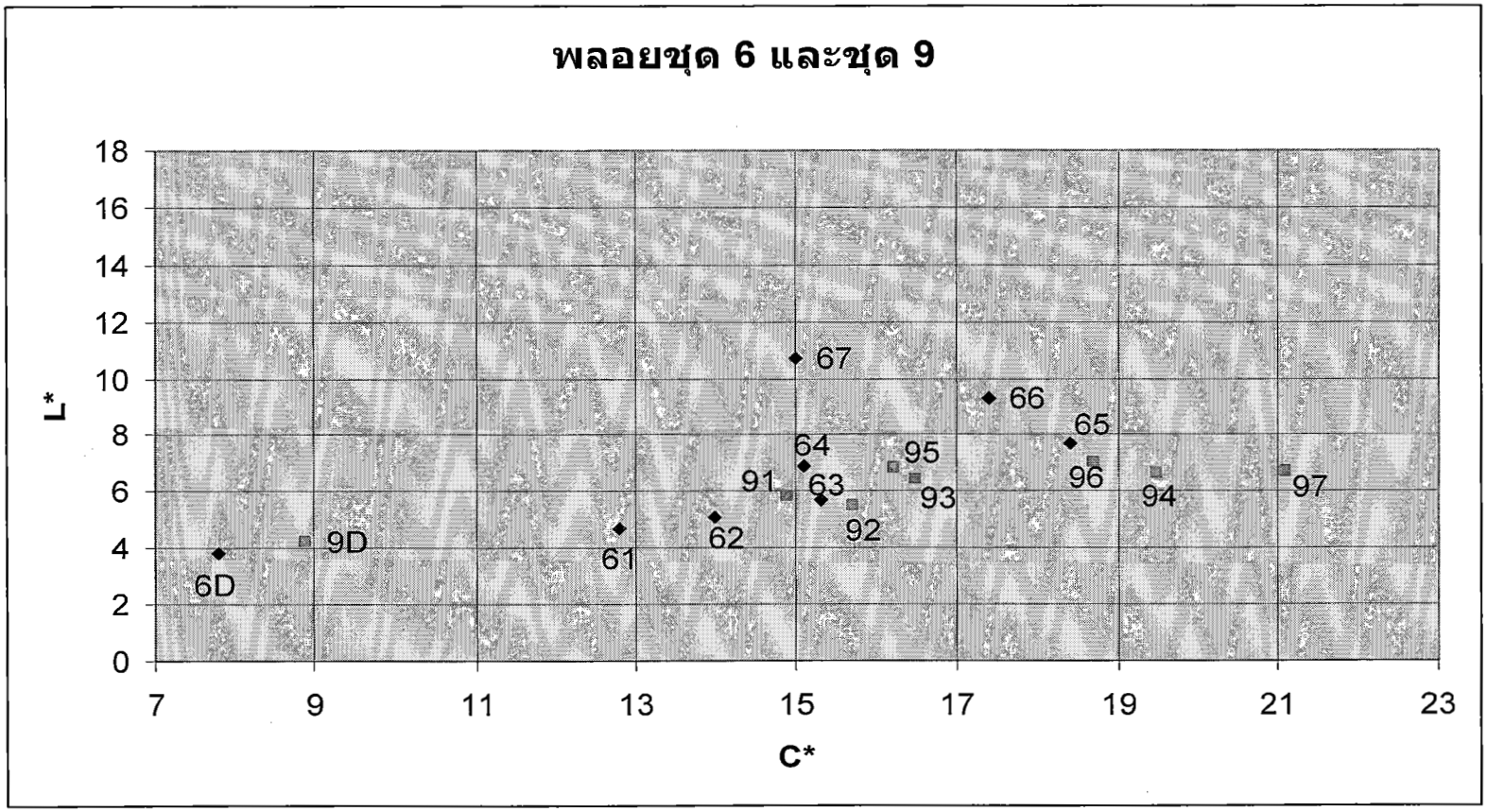


รูป 21 พลอตค่า L* กับ C* ของชุดสีแดง - ม่วงเรียงตามลำดับ

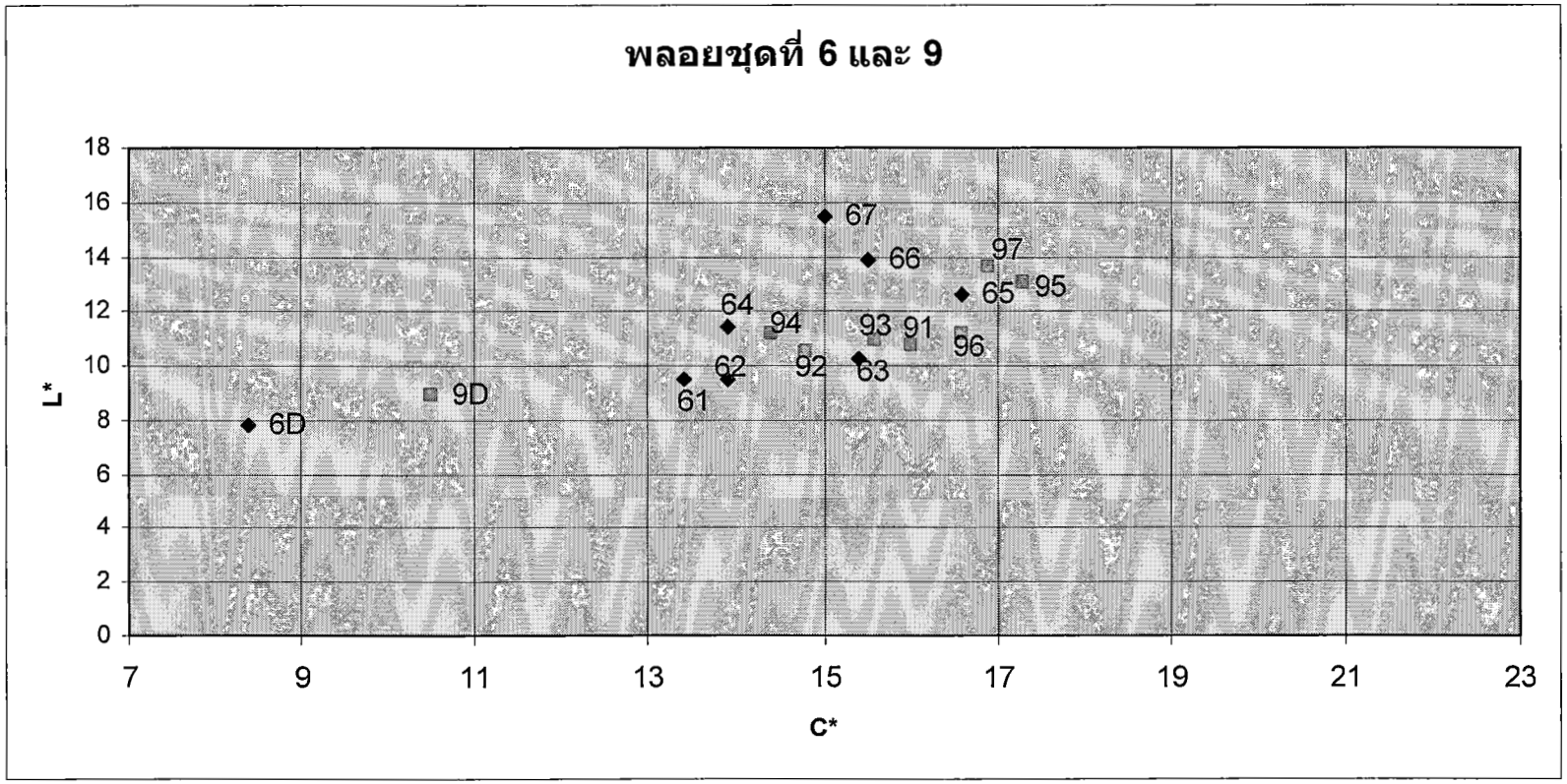


รูป 22 พลอตค่า L* กับ C* ของชุดสีแดงอมส้ม เรียงตามลำดับ

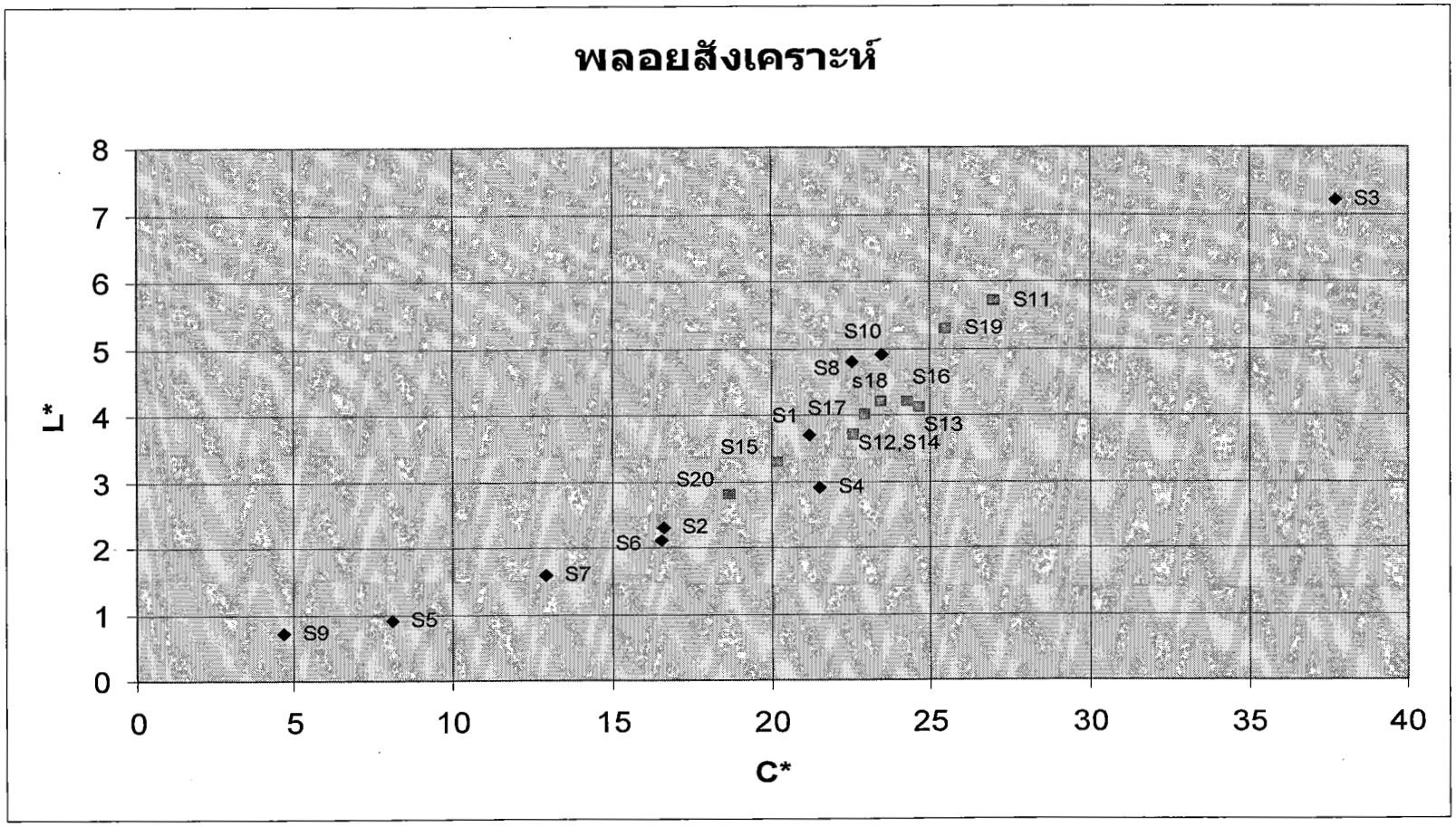
เมื่อนำมาพลอตความสัมพันธของความสว่างกับความอิ่มตัวของพลอยชุด 6 และ 9 พลอยสังเคราะห์ และพลอยธรรมชาติ ดังรูป 23 - 26



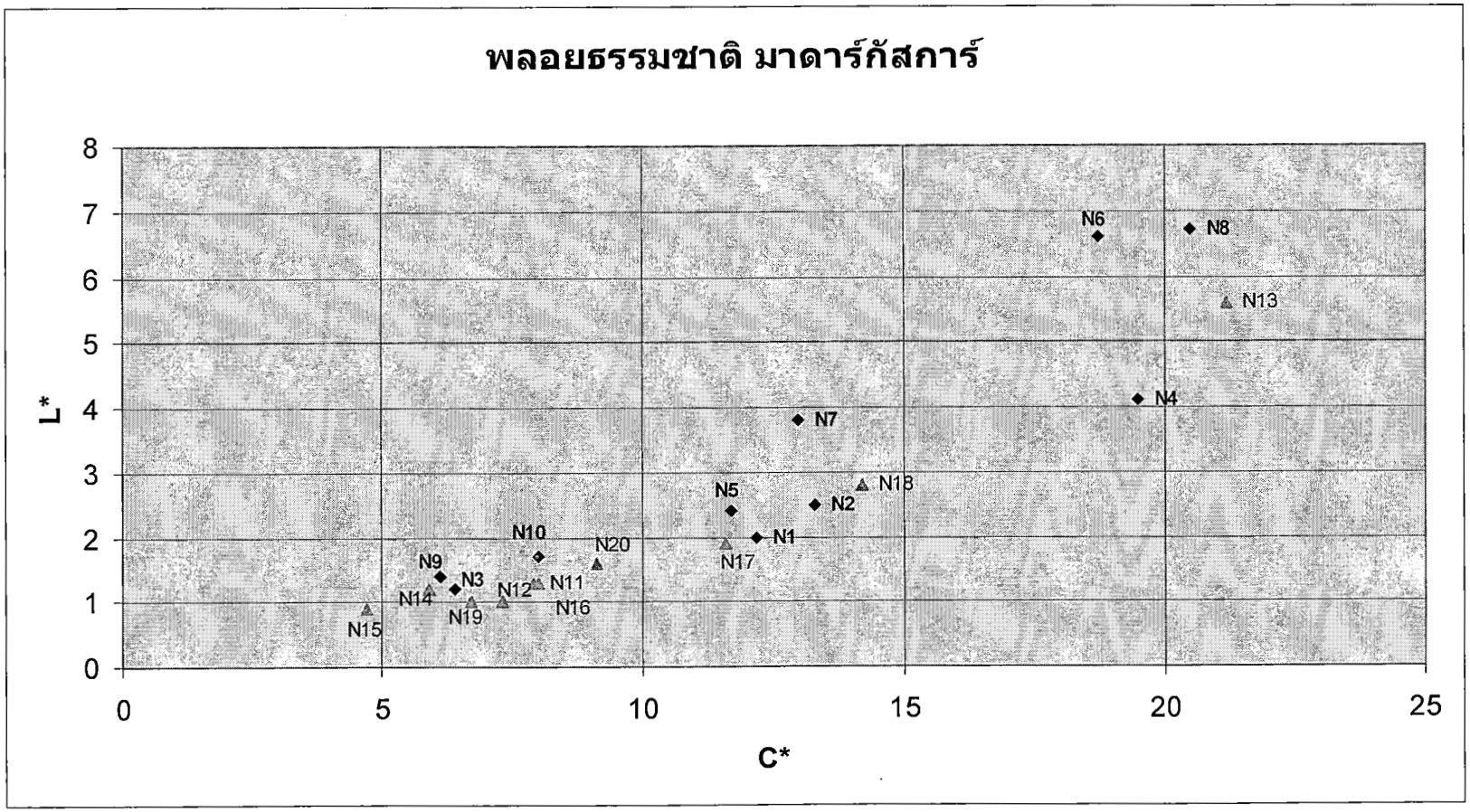
รูป 23 พลอต L* กับ C* ของข้อมูลพลอยชุด 6 และ ชุด 9 (การทดลองครั้งที่ 1)



รูป 24 พลอต L* กับ C* ของข้อมูลพลอยชุด 6 และ ชุด 9 (การทดลองครั้งที่ 2)

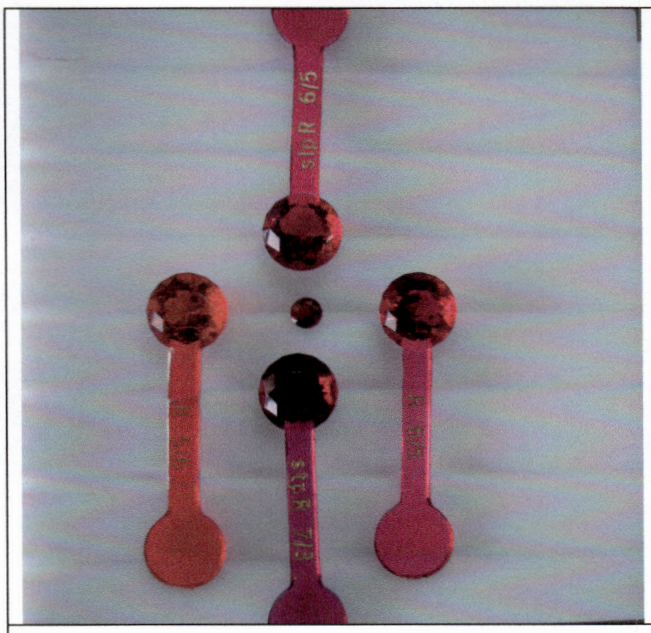


รูป 25 พลอต L* กับ C* ของข้อมูลพลอยสังเคราะห์



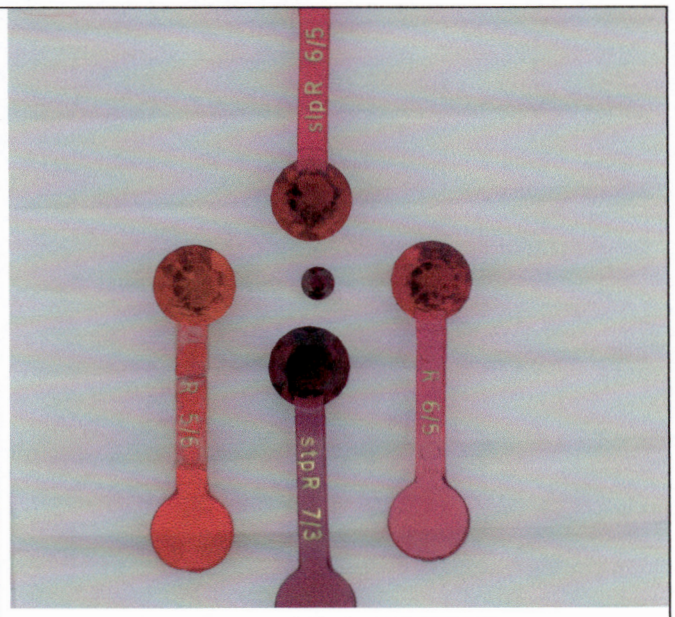
รูป 26 พลอต L* กับ C* ของข้อมูลพลอยธรรมชาติ

ผลของแสงที่มีต่อสีของพลอย ผลการเปรียบเทียบสีของพลอยชุด 6 และชุด 9 บางตัว กับชุดพลาสติกสีมาตรฐาน GIA ด้วยสายตา ในกล่องแสง(Box light) และแสงไฟ Day Light ดังรูป 27 และผลทดลองสรุปดังตาราง 10



Day Light

No62 **slpR6/5**

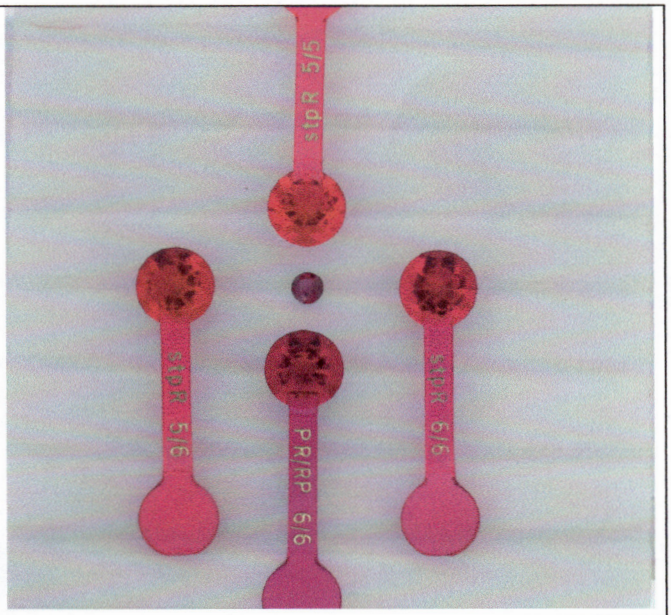


Box light

No62 **stpR7/3**

Day Light

No65 **stpR6/6**



Box light

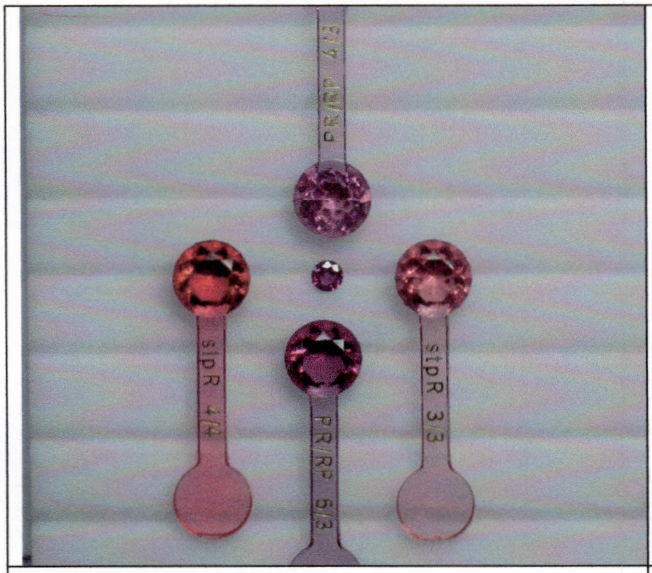
No65 **PR/RP6/6**

Day Light

No.66 **PR/RP4/5**

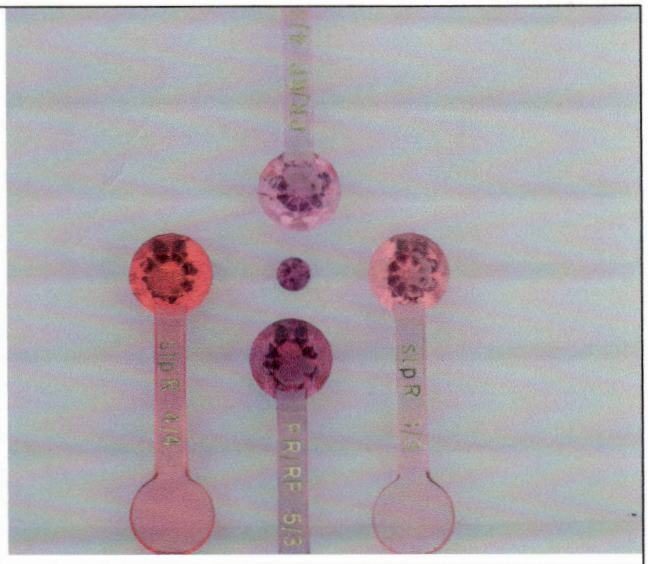
Box light

No.66 **PR/RP6/6**



Day Light

No.67 **PR/RP5/3**



Box light

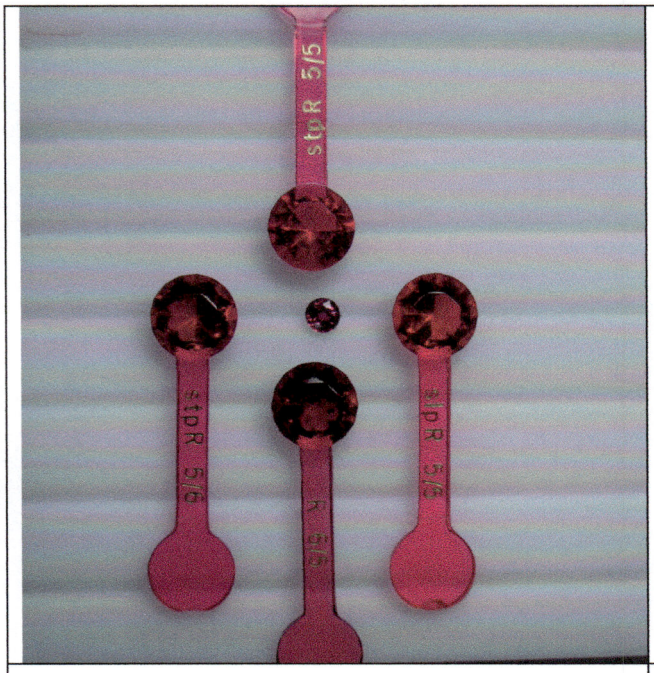
No.67 **PR/RP5/3**

Day Light

No. 93 **slpR6/5**

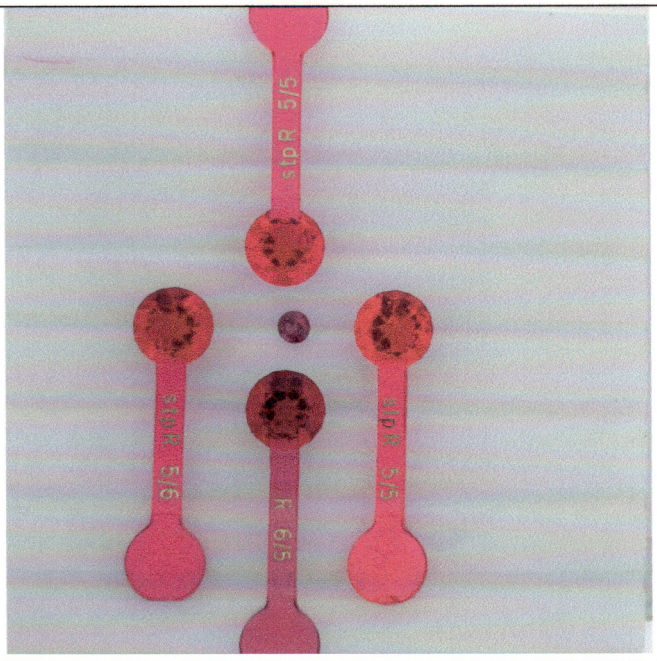
Box Light

No.93 **stpR7/3**



Day Light

No 95 **stpR5/6**

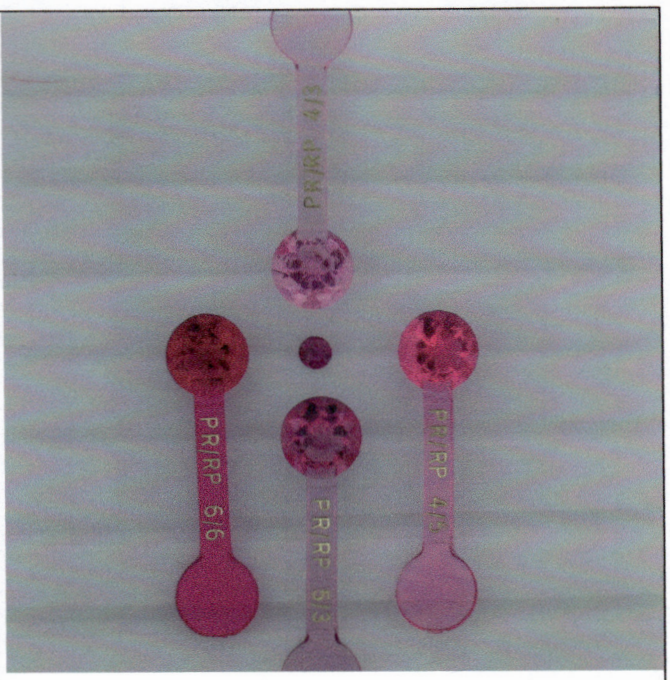


Box Light

No.95 **R6/5**

Day Light

No96 **PR/RP5/3**

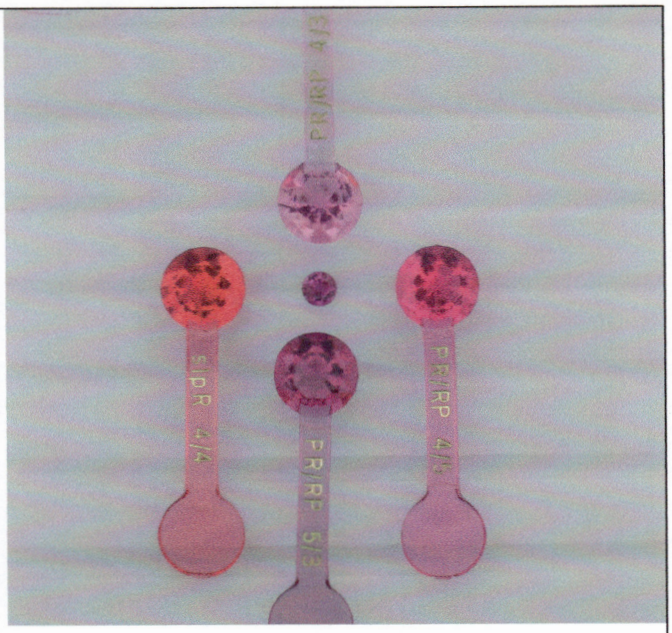


Box Light

No.96 **PR/RP6/6**

Day Light

No.97 **PR/RP5/3**



Box Light

No.97 **PR/RP5/3**

รูป 27 การเปรียบเทียบสีของพลอยสมาคมบางเม็ดกับเม็ดพลาสติกภายใต้กล่องแสง (box light) และแสงไฟ (Day light) ด้วยสายตา

ตาราง 10 การเทียบสีของพลอยตัวอย่างพลอยชุด 6 และ 9 กับพลอยเม็ดพลาสติกของสถาบัน GIA โดยสายตาภายใต้กล่องแสงและใต้แสงไฟ Daylight

	สีที่ใกล้เคียงกับตัวอย่าง		
ตัวอย่าง	Box Light (ΔE*94)	Day light (ΔE*94)	ตัวอย่างพลอยเม็ดพลาสติกที่นำมาเทียบเคียงสี
62	stpR7/3(8.8)	slpR6/5(2.8)	R5/6, R6/5,slpR6/5, stpR7/3
62	PR/RP6/6(3.1)	stpR6/6(3.0)	stpR5/5, stpR5/6, stpR6/6, PR/RP6/6
66	PR/RP6/6(4.7)	PR/RP4/5(4.6)	PR/RP4/5, PR/RP5/3, PR/RP6/6, PR/RP4/3
67	PR/RP5/3(3.4)	PR/RP5/3(3.4)	slpR4/4, PR/RP5/3, PR/RP4/3, stpR3/3
93	stpR7/3(11.2)	slpR6/5(4.8)	R5/6, R6/5, stpR7/3, slpR6/5
93	R6/5(2.9)	stpR5/6(4.0)	R6/5,slpR5/5, stpR5/6, stpR5/5
96	PR/RP6/6(2.6)	PR/RP5/3(3.8)	PR/RP4/5, PR/RP5/3, PR/RP6/6, PR/RP4/3
97	PR/RP5/3(6.5)	PR/RP5/3(6.5)	slpR4/4, PR/RP5/3 ,PR/RP4/3 , PR/RP4/5

ตัวอย่างการคำนวณ ความต่างของสีโดยใช้ ค่า ΔE_{CMC} และค่า ΔE^* 94 เพื่อทดสอบ ความเหมือนของสีพลอย ดังภาคผนวก ตาราง 1 และ 2 ตามลำดับ

ผลการคำนวณ ΔE_{CMC} และ ΔE^*94 ของพลอยพลาสติกชุดสีมาตรฐาน GIA จำนวน 52 ตัวอย่างโดยให้แต่ละตัวอย่างเปรียบเทียบสีกับทุกตัวอย่าง ดังภาคผนวก ตาราง 3 และ 4 ตามลำดับ

ผลการคำนวณ ΔE^*94 โดยการเปรียบเทียบสีแต่ละตัวอย่างกับทุกตัวอย่างของพลอยสมาคมชุด 6 และ ชุด 9 จากการทดลองที่ 1และ 2 ผลการคำนวณดังแสดงในภาคผนวก ตาราง 5 และ 6 ตามลำดับ

ผลการคำนวณ ΔE^*94 โดยการเปรียบเทียบสีแต่ละตัวอย่างของพลอยสมาคมชุด 6 และ ชุด 9 กับชุดพลาสติกสีมาตรฐาน GIA จำนวน 52 ตัวอย่าง ดังภาคผนวกตาราง 7

ผลการคำนวณ ΔE^*94 โดยการเปรียบเทียบสีแต่ละตัวอย่างกับทุกตัวอย่างของตัวอย่างพลอยสังเคราะห์ และการเปรียบเทียบสีของตัวอย่างพลอยสังเคราะห์กับพลอยสมาคมชุด 6 และ ชุด 9 ดังภาคผนวกตาราง 8 และ 9

ผลการคำนวณ ΔE^*94 โดยการเปรียบเทียบสีแต่ละตัวอย่างกับทุกตัวอย่างของตัวอย่างพลอยธรรมชาติแหล่งมาดากัสการ์ และการเปรียบเทียบสีของตัวอย่างพลอยธรรมชาติแหล่งมาดากัสการ์กับพลอยสมาคมชุด 6 และ ชุด 9 ดังภาคผนวก ตาราง 10 และ 11

อภิปรายผล

เมื่อพิจารณาการพลอตโดยให้ L* แทน tone และ C* แทน saturation ตัวเลขหน้าแทน tone เลขหลังแทน saturation เปรียบเทียบกับแผ่น chart ของ GIA (รูป 18 – 22) ข้อสังเกตุ ที่ tone เดียวกัน เมื่อ saturation เพิ่มขึ้น ค่า L* ที่วัดได้ลดลง ในทำนองเดียวกัน tone เพิ่มขึ้น หรือพลอยที่สีมืดมากขึ้น ค่า C* ที่วัดได้ลดลง ซึ่งจะปรากฏชัดสำหรับสีแดง Red

ในการเปรียบเทียบสีของตัวอย่างพลอยธรรมชาติ ชุด 6 และ 9 กับพลอยพลาสติกของ GIA ในสิ่งแวดล้อมของแสงที่ต่างกัน พบว่า ในการดูสีพลอยด้วยสายตา ควรดูภายใต้แสง Daylight การมองในกล่องแสงทำให้สีพลอยเพี้ยนไป ซึ่งการเปรียบเทียบในการทดลองต่อ ๆ ไปการมองพลอยด้วยสายตาจะใช้สีที่เห็นภายใต้แสงไฟ daylight การเปรียบเทียบสีที่ทำด้วยวัสดุต่างกัน แม้จะใช้สายตามนุษย์ค่อนข้างยากในการเทียบสี

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทดสอบความเป็นไปได้ในการเปรียบเทียบสีดังเช่นในอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่อาศัยการวัดตัวอย่างด้วยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และอาศัยตัวเลขที่คำนวณความต่างสี ด้วยสมการ ที่ผ่านการทดสอบกับสายตามนุษย์ ว่าใกล้เคียงกันเพียงไร สมการที่ใช้จะพัฒนามาเป็นลำดับ และดัดแปลงแก้ไขด้วยแฟคเตอร์ เพื่อให้เหมะสมกับวัสดุนั้น ๆ

เมื่อวิเคราะห์ผลจากการคำนวณดังในภาคผนวกตาราง 6,9 เมื่อใช้สายตาเป็นเกณฑ์ ค่าที่สมนัยกันของความต่างของสีในเทอมของ ΔE^*94 ปรากฏว่าผลเป็นที่น่าพอใจในความสอดคล้องกับสายตามนุษย์ในกรณีที่เฉดสีเดียวกันดังตาราง 11 ค่าที่น้อยกว่า 3 ของ ΔE^*94 ซึ่งในการกำหนดค่าลิมิตขึ้นอยู่กับวัสดุ และได้จาก trial and error ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการดูแนวโน้มของตัวเลข ข้อคลาดเคลื่อนที่พบดังสรุปในตาราง 11 ก ซึ่งเป็นกรณีที่เป็นการเปลี่ยนผ่านของเฉดสี อาจเป็นไปได้จากการวัดด้วยไฟเบอร์ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก บริเวณที่วัดอาจไม่ใช่เป็นตัวแทนของสีตัวอย่าง

เมื่อนำไปทดสอบเปรียบเทียบสีกับพลอยสังเคราะห์ พลอยธรรมชาติแหล่งมาดากัสการ์ ผล สรุปการเทียบสีกับสายตาดังสรุปใน ตาราง 12 และ13 และที่น่าสังเกตชัดเกิดกับพลอยสังเคราะห์เม็ดที่ 3 ซึ่งตัวเลขค้านกับสายตา ทั้งนี้อาจเกิดจากความไม่สม่ำเสมอของสีพลอย เนื่องจากเส้นผ่าศูนย์กลางไฟเบอร์มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับหน้ากระดานพลอย ตำแหน่งที่วัด อาจไม่เป็นตัวแทนของพลอย

ในการทดลองครั้งนี้ได้ผลในระดับหนึ่ง แฟคเตอร์ที่ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัด ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติกายภาพของพลอย เช่น พลอยต้องไม่เนื้อขุ่น พื้นผิวที่ไม่มีรอยขีดข่วนลึก หรือรอยร้าวในเนื้อพลอย เหล่านี้จะส่งผลกับการวัดความต่างของสี ความสม่ำเสมอของสีในพลอยจะสำคัญมากถ้าพลอยนั้นมีเฉดสีที่ต่างออกไป พลอยที่เจียระไนแล้ว สีจะมองเห็นผ่านหน้ากระดานพลอย(table) และสันเหลี่ยมพลอย ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ วัดด้วยเส้นใยนำแสง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมีขนาดเล็ก เมื่อนำไปวัดพลอยซึ่งขนาดใหญ่กว่ามาก มีโอกาสที่จะได้ข้อมูลบริเวณที่ไม่เป็นตัวแทนของพลอย นอกจากนั้นเส้นใย นำแสงวัดเฉพาะหน้ากระดานพลอยเท่านั้น จึงน่าจะมีการทดสอบวัดตัวอย่างภายใน integrating sphere ซึ่งน่าจะให้ค่าที่เป็นตัวแทนของตัวอย่างได้ดีกว่า นอกจากนั้นอาจต้องมีการ

ดัดแปลงสมการที่ใช้ให้เหมาะกับวัสดุพลอย การศึกษาครั้งนี้เป็นการแสดงถึงความเป็นได้ในการจับคู่สีของพลอย โดยระบบ CIEL*a*b* และค่าคำนวณ tolerance ΔE^* 94 สรุปได้ว่า พลอยชุด 6 และชุด 9 จัดเป็นเฉดสี เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

6D,	[9D]	dark Red
61,62,63	[91,92,93]	slightly purplish Red
64,65	[94, 95]	strongly purplish Red
66,67	[96, 97]	Purplish Red

สำหรับพลอยสังเคราะห์ จะจับคู่ได้กับพลอยชุด 9 ได้ดี แต่ค่า tolerance ΔE^* 94 ค่อนข้างสูง พลอยธรรมชาติแหล่งมาดาร์กัสการ์ จับคู่กับชุด 6 และ 9 ไม่ดีนัก ด้วยพลอยที่นำมาวัด เป็นพลอยที่คุณสมบัติไม่ค่อยดี กล่าวคือ หน้าพลอยจะเห็นเป็นรอยขุ่นขาวที่เกิดจากร่องรอยการเจียระไน

ตาราง 11 ผลการเปรียบเทียบสีของตัวอย่างพลอยชุด 6 และชุด 9 ด้วยสายตาและด้วยค่า ΔE^*94

ตัวอย่าง	สีเหมือนตัวอย่าง	ΔE^* 94
6D	9D	1.0(2.0)
61	91,92,93	2.1(2.7), 2.1(1.6), 3.0(2.0)
	62,63	1.0 (0.6), 1.9 (1.4)
62	62,63	1.0 (0.6), 1.0 (1.4)
	91,92,93	1.2(2.1), 1.1(1.2) , 2.0(1.8)
63	91,92,93	0.8(1.4), 0.4(0.6) , 1.1(0.7)
64	65	1.0(2.0)
64	94, 95	3.0(0.4), 0.7(2.7)
63	94	3.2(2.4)
	94	1.0(2.0)
66	67	1.0(2.0)
66	96,97	2.7(2.9), 3.6(2.1)
67	97	6.0(2.2)
91	92,93	1.0(2.0)
92	94, 95	1.0(2.0)
94	65	1.0(2.0)
96	94	6.0(2.2)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บเป็นการทดลองครั้งที่ 2

ตาราง 11 ก ผลการเปรียบเทียบสีของตัวอย่างพลอยชุด 6 และชุด 9 ด้วยสายตาและด้วยค่า ΔE^*94 ที่ค้านกับสายตา

63	64	1.2* (1.5)* ค่าน้อยแต่สีไม่เหมือนกัน เพราะ 64 แดง เริ่มอมม่วง
93	64	1.9* (0.8*) ค่าน้อยแต่สีไม่เหมือนกัน เพราะ 94 แดง เริ่มอมม่วง
65	64	1.8* (1.5)* ค่าน้อยแต่สีไม่เหมือนกัน เพราะ 66 เป็นม่วงแล้ว
	96	1.0 (1.5) ค่าน้อยแต่สีไม่เหมือนกัน เพราะ 96 สีแดงม่วง
	64	2.6 (1.8) ค่าน้อยแต่สีไม่เหมือนกัน เพราะ 97 เป็นสีแดงม่วง
95	96	2.7* (2.2*) ค่าน้อยแต่สีไม่เหมือนกัน เพราะ 96 เป็นม่วงแล้ว
64	96	1.1* (0.1*)ค่าน้อยแต่สีไม่เหมือนกัน เพราะ 64 แดง เริ่มอมม่วง
66	96	2.8 (2.1) ค่าน้อยแต่สีไม่เหมือนกัน เพราะ 95 แดง เริ่มอมม่วง
67	96	4.3 (4.4) ค่าสูงแต่สีเหมือนกัน เพราะ96 สีอิ่มตัวสูง

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บเป็นการทดลองครั้งที่ 2

ตาราง 12 ผลการเปรียบเทียบสีของตัวอย่างพลอยสังเคราะห์กับพลอยชุด 6 และชุด 9 ด้วยสายตาและด้วยค่า ΔE^*94

ตัวอย่าง	สีเหมือนตัวอย่าง	ΔE^* 94
s1	s3, s6	(7.2,9.3), (3.1,2.9)
s1	s4	3.0,2.7
s1	s7, s9	(3.6,3.1), (2.5,2.8)
s8	s10	3.0,2.7
s1, s3	94,95	(3.6,3.1), (2.5,2.8)
s2, s4	91,92,93	(3.6,3.4,4.1), (4.5,4.3,4.5)
s5, s7,s9	9D	3.0,2.7
s8, s10	96,97	(3.1,2.7), (4.2,2.2)
s11, s12, s13	96,97	(5.1,2.9), (4.3,3.2), (4.5,3.3)
s14, s15, s16	96,97	(4.5,3.1), (4.6,3.4), (4.3,3.2)
s17,s18,s19,s20	96,97	(4.2,3.0), (3.7,3.4), (3.7,3.2), (4.5,4.2)

ตาราง 13 ผลการเปรียบเทียบสีของตัวอย่างพลอยธรรมชาติกับพลอยชุด 6 และชุด 9 ด้วยสายตาและด้วยค่า ΔE^*94

sample	สีเหมือนตัวอย่าง	ΔE^* 94
N1	62,92	3.4,4.3
N1	61, 91	3.4,4.3
N1	N6, N5	3.4,4.3
N3, N9, N10, N11,	6D, 9D	(2.8,3.6), (2.8,3.6), (2.1,2.6), (2.5,3.0)
N12, N14, N16, N20	6D, 9D	(2.9,3.5), (3.1,3.7), (2.6,3.0), (2.4,2.6)
N1	N2	3.4,4.3
N1	N20	3.4,4.3
N1	N18	3.4,4.3
N1	66, 96,97	7.9, 6.8,7.6
N7,N8	*	3.4,4.3
N6, N13	66, 96,97	(3.1, 0.4) (4.6, 2.0)
N1	61,62,91,92	3.0,3.6, 4.5, 4.6

บทสรุป

การค้าขายพลอยสีประสบอุปสรรคการสื่อสารเรื่องสีเป็นสิบ ๆ ปี เชื่อว่าถ้าอุตสาหรรมอัญมณียอมรับระบบการประเมินสีสากล ดังเช่นระบบเพชร การค้าพลอยสีจะขยายตัวทวีคูณ อุตสาหกรรมได้แบ่งเป็นสองค่าย กลุ่มหนึ่งยืนยันว่าการประเมินพลอยสีไม่สามารถกระทำได้ อีกกลุ่มใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เชื่อว่าถูกต้องและซ้ำได้(reproducible)

โดยประวัติ การประเมินสีอัญมณีกลุ่มพลอยสีไม่เคยเป็นที่ตกลงร่วมกันได้ในวงการค้า มีข้อท้วงติงต่าง ๆ กัน เช่น ผู้ที่ใช้ ColorMaster ของสถาบัน GIA กล่าวถึงชุดพลอยเลียนแบบทำด้วยพลาสติก 324 เม็ด ว่าสีที่ผลิตออกมาไม่เหมือนสีของอัญมณี เมื่อเร็ว ๆ นี้ GIA ได้ยุติทำการตลาดชุดพลอยเลียนแบบที่ทำด้วยพลาสติก จากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าได้มีการประเมินและจัดลำดับสีของทับทิมจากแหล่งต่าง ๆ ในระบบ Munsell โดยงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบสีของทับทิมจากแหล่งต่าง ๆ เทียบกับแผ่น Munsell color chip ซึ่งมีข้อท้วงติงการใช้แผ่น Munsell color chip เพื่อประเมินสีของทับทิมว่ายังไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากแผ่น Munsell color chip ยังขาดคุณสมบัติบางประการเมื่อเทียบกับอัญมณี เนื่องจากทับทิมนั้นประกอบด้วยอะตอมที่มีโครงสร้าง เป็นวัตถุสามมิติ โปร่งใส และมีการเจียระไน ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อค่า การส่องผ่านแสง การหักเหของแสง และการสะท้อนแสง ซึ่งส่งผลต่อสีของทับทิมทั้งสิ้น ในขณะที่แสงที่มองเห็นจากแผ่น Munsell color chip เป็นการสะท้อนของ

แสงโดยตรงจากผิวที่ทึบและราบแบน จึงทำให้ลักษณะของสีทับทิมอาจจะแตกต่างอย่างมากกับสี Munsell color chip ที่ใช้เปรียบเทียบ เช่นเดียวกัน การใช้วัสดุสิ่งพิมพ์ในการเทียบสี สีไม่เหมือนจริง

GemEwizard GemSquare software เป็นระบบล่าสุด เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาเมื่อ สี่ปีที่แล้ว โปรแกรมได้พัฒนาร่วมกับสถาบัน GIA โปรแกรมสามารถเปรียบเทียบภาพพลอยบนจอ LCD คอมพิเตอร์ แต่ละสีได้ถูกสร้างขึ้นมาใหม่ ใน 6 tone และ saturation 6 ระดับ ใช้กับรูปร่างพลอย 15 แบบ ซึ่งสามารถเลือกได้ถึง 16,740 ภาพของพลอย ซอฟแวร์ได้พัฒนาจากการบันทึกสีของพลอย ทำการสเกนพลอยในกล่องแสงที่กำหนดสภาวะแวดล้อม ใช้ซอฟแวร์ในการ splits ภาพออกเป็น pixels และวัด hue , darkness, และความเข้มสีพลอย แล้วสร้างโปรแกรมบอกสีของพลอย คนขายสามารถสเกนพลอย และอีเมล์ภาพพลอยไปยังผู้ซื้อ ซึ่งสามารถใช้ฐานข้อมูล 150,000 fingerprinted gem images ที่จะแสดงการจับคู่ของสีบนจอ ซึ่งวิธีการนี้ จะเห็นสีที่เหมือนกันในทุกแห่งทั่วโลก ผู้ทดลองใช้ได้ชี้ปัญหาเรื่องสีบนจอคอมพิวเตอร์ที่เพี้ยน จุดอ่อนของ GemEwizard คือถ้ามีการใช้กับพลอยราคาสูง ซึ่งสีต่างกันเล็กน้อยหมายถึงราคาที่ต่างกันมาก

ในการศึกษาครั้งนี้มีความน่าจะเป็นไปได้ที่ใช้เครื่องมือสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ วัดโดยเส้นใยนำแสง สำหรับคัดสรรเฉดสีของพลอยกลุ่มที่ใกล้เคียงกัน โดยกำหนดค่า optimum colour tolerance limits สำหรับ ΔE^*94 ซึ่งเป็นประโยชน์ในการทำเครื่องประดับ ที่ต้องการสีเฉดเดียวกัน หรือเฉดสีที่ไล่เรียงกันไป

สำหรับข้อประโยชน์ในการสร้างมาตรฐานสีของพลอย กรณีชุดทับทิม หรือกลุ่มสีแดง ในธรรมชาติมีเฉดสีที่มากมาย การจะครอบคลุมสีทั้งหมดคงจะยุ่งยาก ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้ครอบคลุมพลอยแหล่งซองเจีย ซึ่งสีจะเป็นเฉดแดงอมส้ม ผู้วิจัยมีความเห็นว่า ทับทิมที่นิยมมักเป็นแหล่งพม่า เป็นพลอยมีราคาสูง ควรสร้างมาตรฐานสีพลอยจากแหล่งพม่า ซึ่งในท้องตลาดส่วนมากเป็นสีพลอยแหล่งพม่า สำหรับพลอยสังเคราะห์ที่มีเฉดสีตามความต้องการใกล้ธรรมชาติ ความหลากหลายเฉดสีนั้นหาซื้อได้ยากในท้องตลาด จึงไม่เหมาะสมในการใช้เป็นชุดมาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานที่ให้ทุนสนับสนุน ขอบคุณสมาคมผู้ค้าอัญมณีและเครื่องประดับจันทบุรีที่ได้เอื้อเฟื้อให้ยืมพลอยสำหรับวัด

เอกสารอ้างอิง

1. สถาบันอัญมณีศาสตร์แห่งเอเชีย *เอกสารประกอบการสอนการประเมินคุณภาพและตีราคาพลอย,* 2545

2. เพ็ญศรี ทองนพคุณ, ธนญา ตรึงตราจิตกุล, วินา คุณานุวัฒน์, *ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีการวัดสี* ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2540

3. Clulow F.W., *Colour Its Principles and Their Applications*, Fountain Press, London, 1972.

4. http://www.git.or.th/eng/eng_lab_news/eng_ruby_grading/eng_ruby_grading_p01.htm

5. Nassua, K. *The Physics and Chemistry of Colour.* Wiley, New York, 1983.

6. .A Guide to Understanding Color Communication
http://www.lischke-online.de/files/L10-001.pdf

7. Color Tolerances for Consistent Pass/Fail Decisions by Ken Butts, Datacolor, Charlotte, NC
http://www.techexchange.com/thelibrary/colortolerances.html

8. The CIE 1994 Colour Difference Model
http://www.colorpro.com/info/data/cie94.html

ภาคผนวก

ตาราง 1 ตัวอย่างการคำนวณของความต่างสีตัวอย่างในเทอม ΔEcmc

Input	L*	7.8
Input	a*	8.3
Input	b*	-1.1
Input	C*	8.4

sample	L*	a*	b*	C*	ΔC*	ΔL*	Δa*	Δb*	ΔH*	h	F	T	SL	SC	SH	ΔEcmc
6D	7.8	8.3	-1.1	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	-7.55	0.00	0.63	0.511	0.64	0.64	0.0
61	9.5	13.2	-2.5	13.4	5.0	1.7	4.9	-1.4	0.98	-10.72	0.80	0.63	0.511	0.83	0.67	4.2
62	9.5	13.8	-1.9	13.9	5.5	1.7	5.5	-0.8	0.80	-7.84	0.57	0.54	0.511	0.84	0.62	4.7
63	10.3	15.2	-2.3	15.4	7.0	2.5	6.9	-1.2	0.22	-8.60	0.75	0.48	0.511	0.87	0.53	6.1
64	11.4	13.7	-2.4	13.9	5.5	3.6	5.4	-1.3	0.77	-9.94	0.57	0.76	0.511	0.84	0.73	4.8
65	12.6	16.0	-4.3	16.6	8.2	4.8	7.7	-3.2	1.51	-15.04	0.84	0.54	0.511	0.89	0.55	7.4
66	13.9	15.2	-3.5	15.5	7.1	6.1	6.9	-2.4	1.72	-12.97	0.76	0.76	0.511	0.87	0.71	6.5
67	15.5	14.3	-4.8	15	6.6	7.7	6.0	-3.7	2.48	-18.56	0.71	0.66	0.511	0.86	0.65	6.2
9D	8.9	10.5	-1.1	10.5	2.1	1.1	2.2	0.0	0.66	-5.98	0.10	0.65	0.511	0.74	0.72	1.7
91	10.8	16.0	-0.8	16.0	7.6	3.0	7.7	0.3	1.27	-2.86	0.80	0.66	0.511	0.88	0.64	6.8
92	10.5	14.7	-1.6	14.8	6.4	2.7	6.4	-0.5	0.50	-6.21	0.68	0.71	0.511	0.86	0.69	5.6
93	10.9	15.4	-2.6	15.6	7.2	3.1	7.1	-1.5	0.91	-9.58	0.77	0.74	0.511	0.87	0.70	6.4
94	11.2	14.2	-2.2	14.4	6.0	3.4	5.9	-1.1	0.14	-8.81	0.64	0.56	0.511	0.85	0.61	5.2
95	13.0	17.2	-1.6	17.3	8.9	5.2	8.9	-0.5	0.50	-5.31	0.88	0.42	0.511	0.90	0.45	8.1
96	11.2	15.8	-4.9	16.6	8.2	3.4	7.5	-3.8	1.86	-17.23	0.84	0.55	0.511	0.89	0.55	7.4
97	13.6	15.7	-6.2	16.9	8.5	5.8	7.4	-5.1	2.92	-21.55	0.86	0.61	0.511	0.89	0.60	7.9

$$\Delta E_{cmc} = \left[(\Delta L^* / lS_L)^2 + (\Delta C^*_{ab} / cS_C)^2 + (\Delta H^*_{ab} / S_H)^2\right]^{1/2}$$

$$\Delta H^* = \left[(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 - \Delta C^*)^2\right]^{1/2}$$

$$S_L = 0.040975L^*/(1+0.1765L^*) \qquad \text{ถ้า } L^* < 16 \text{ ให้ } S_L = 0.511$$

$$S_C = 0.0638\Delta C^*_{ab}/(1+0.131\Delta C^*_{ab})+0.638 \qquad S_H = S_C(FT+1-F) \quad ; \quad F = \left[(\Delta C^*_{ab})^4/(\Delta C^*_{ab})^4+1900\right]^{1/2}$$

และ $T = 0.36+\left|0.4\cos(h_{ab}+35)\right|$ ถ้า $164^0 \le h_{ab} \le 345^o$ ดังนั้น $T = 0.56+\left|0.2\cos(h_{ab}+168)\right|$

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

ตาราง 2 ตัวอย่างการคำนวณของความต่างสีตัวอย่างในเทอม ΔE*94

Input	L*	7.8
Input	a*	8.3
Input	b*	-1.1
Input	C*	8.4

sample	L*	a*	b*	C*	ΔC*	ΔL*	Δa*	Δb*	ΔH*	S_L	S_C	S_H	ΔE*94
6D	7.8	8.3	-1.1	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	1	1.38	1.13	0.0
61	9.5	13.2	-2.5	13.4	5.0	1.7	4.9	-1.4	0.00	1	1.60	1.20	3.6
62	9.5	13.8	-1.9	13.9	5.5	1.7	5.5	-0.8	0.80	1	1.63	1.21	3.8
63	10.3	15.2	-2.3	15.4	7.0	2.5	6.9	-1.2	0.22	1	1.69	1.23	4.8
64	11.4	13.7	-2.4	13.9	5.5	3.6	5.4	-1.3	0.77	1	1.63	1.21	5.0
65	12.6	16.0	-4.3	16.6	8.2	4.8	7.7	-3.2	1.51	1	1.75	1.25	6.8
66	13.9	15.2	-3.5	15.5	7.1	6.1	6.9	-2.4	1.72	1	1.70	1.23	7.5
67	15.5	14.3	-4.8	15	6.6	7.7	6.0	-3.7	2.48	1	1.69	1.23	8.9
9D	8.9	10.5	-1.1	10.5	2.1	1.1	2.2	0.0	0.66	1	1.47	1.16	1.9
91	10.8	16.0	-0.8	16.0	7.6	3.0	7.7	0.3	1.27	1	1.72	1.24	5.4
92	10.5	14.7	-1.6	14.8	6.4	2.7	6.4	-0.5	0.50	1	1.67	1.22	4.7
93	10.9	15.4	-2.6	15.6	7.2	3.1	7.1	-1.5	0.91	1	1.70	1.23	5.3
94	11.2	14.2	-2.2	14.4	6.0	3.4	5.9	-1.1	0.14	1	1.65	1.22	5.0
95	13.0	17.2	-1.6	17.3	8.9	5.2	8.9	-0.5	0.50	1	1.78	1.26	7.2
96	11.2	15.8	-4.9	16.6	8.2	3.4	7.5	-3.8	1.86	1	1.75	1.25	6.0
97	13.6	15.7	-6.2	16.9	8.5	5.8	7.4	-5.1	2.92	1	1.76	1.25	7.9

สมการที่ใช้ในการคำนวณความต่างของสี

CIE94

$$\Delta E = \left([\Delta L^* / (k_L S_L)]^2 + [\Delta C^* / k_C S_C)]^2 + [\Delta H / k_H S_H]^2 \right)^{1/2}$$

$$S_L = 1, \quad S_C = 1 + 0.045C^*, \quad S_H = 1 + 0.015C^*$$

$$k_L = k_C = k_H$$

$$\Delta H^* = \left[(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 - \Delta C^*)^2 \right]^{1/2}$$

ตาราง 3 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกในเทอม ΔEcmc

					ΔEcmc						
					Input						
sample	L*	a*	b*	C*	R2/2	R3/2	R3/4	R4/5	R4/5	R5/1	R5/2
R2/2	15.1	9.8	2.2	10	0	1.6	46.1	200.4	23.8	1.3	1.4
R3/2	10.5	8.3	2.3	8.6	1.4	0.0	27.6	36.4	24.0	1.1	0.7
R3/4	12.7	18.3	2.8	18.5	7.6	9.1	0.0	0.7	1.5	8.3	4.9
R4/3	12.9	17.3	2.5	17.5	6.6	8.1	0.8	0.0	3.0	7.3	3.9
R4/5	6.8	22.3	4.6	22.8	12.3	13.6	3.9	4.8	0.0	12.9	9.2
R5/1	11.7	9.3	0.9	9.3	1.2	1.2	32.2	63.2	23.8	0.0	0.5
R5/2	12.3	13.2	-0.3	13.2	3.3	4.4	2.7	0.2	30.0	3.2	0.0
R5/3	8.5	15.4	1	15.4	5.0	6.1	1.5	1.6	112.0	5.3	2.1
R5/4	7.6	26.3	3.4	26.5	16.1	17.6	7.2	8.2	3.2	16.8	12.7
R5/5	5.1	22.7	4.9	23.2	12.8	14.1	4.4	5.3	0.5	13.4	9.8
R5/6	4.4	19.1	4.5	19.6	9.2	10.3	2.5	2.9	1.1	9.7	6.3
R6/3	7.6	15.8	0.9	15.8	5.4	6.6	1.7	1.7	34.6	5.7	2.5
R6/5	4.2	14.5	0.8	14.5	4.9	5.6	2.2	2.5	57.6	4.8	2.4
R7/3	3.8	8.6	0.3	8.6	3.1	2.1	27.6	36.4	24.1	2.1	2.2
R7/4	3.8	11.8	0.6	11.8	3.5	3.5	19.6	5.2	24.8	2.8	2.4
R8/2	1.9	2.3	0.2	2.3	441.4	10.8	25.4	24.7	29.0	33.4	24.8
slpR2/3	15.5	13.6	0.3	13.6	3.2	4.6	1.4	0.9	32.7	3.6	0.9
slpR3/3	10.9	10.5	2.5	10.8	1.2	1.7	441.7	19.3	23.7	1.4	1.6
slpR4/3	11.2	17.3	0.1	17.3	6.7	6.1	1.6	1.6	4.1	7.1	3.3
slpR4/4	8.8	20.6	2.6	20.7	10.0	11.4	2.0	2.8	1.5	10.6	6.8
slpR5/4	6.1	19.9	1.9	20	9.5	10.8	2.1	2.7	1.3	10.0	6.2
slpR5/5	5.8	23.5	2.8	23.7	13.2	14.6	4.7	5.6	1.5	13.9	9.0
slpR6/3	3.7	8.3	-0.5	8.6	3.4	2.5	29.9	42.5	24.8	2.3	2.2
slpR6/5	3.2	11	1.5	11.1	3.2	2.8	109.6	12.4	23.9	2.5	2.6
slpR6/6	5	20.4	3.3	20.6	10.1	11.4	2.5	3.2	1.1	10.7	7.1
slpR7/4	2.5	5.5	0.4	5.5	3.2	3.3	23.8	23.9	26.1	2.4	440.2
slpR8/3	1.9	2.4	0.3	2.4	834.2	9.4	25.3	24.7	28.9	27.4	25.0
stpR2/3	17.6	11.4	1.3	11.5	1.5	3.1	33.4	7.0	24.4	2.3	1.8
stpR2/3	13.3	15.8	-0.2	15.8	5.3	6.7	1.4	1.5	36.7	5.7	2.0
stpR4/4	8.6	18.2	1	18.2	7.6	8.9	1.5	1.6	0.7	8.1	4.4
stpR5/4	4.7	14.3	0.1	14.3	4.7	5.4	2.1	2.4	47.8	4.6	2.1
stpR5/5	5.6	24.9	2.1	25	14.6	16.0	5.9	6.9	2.6	15.3	11.2
stpR5/6	5.4	23.8	1.5	23.8	13.4	14.8	5.0	5.9	2.4	14.0	10.0
stpR6/4	3.6	10.2	0.2	10.2	3.2	2.7	56.0	73.6	23.7	2.2	2.4
stpR6/5	5.3	10.3	0.1	10.3	3.3	2.8	63.9	54.4	23.8	2.3	2.5
stpR6/4	5	20.6	0.2	20.6	10.2	11.5	3.2	3.6	2.1	10.6	6.8
stpR7/3	2.5	4.1	0.2	4.1	6.9	2.1	24.3	23.9	27.4	3.2	33.4
stpR8/3	2.5	3.4	-0.5	3.4	16.8	3.0	24.7	24.1	28.0	6.5	28.0
RP/PR2/1	17.7	6.1	-0.4	6.2	1.0	2.5	24.0	24.5	26.0	1.9	33.5
RP/PR2/3	15	13.3	-2.6	13.3	4.3	5.3	1.9	0.8	33.8	4.1	1.7
RP/PR3/3	12.5	12.2	-2.2	12.4	3.7	4.6	0.6	2.2	28.3	3.2	1.2
RP/PR4/2	11.1	13.4	-3.1	13.8	5.0	5.8	1.1	1.3	41.6	4.5	1.9
RP/PR4/3	13.7	15	-4.1	15.5	6.8	7.2	2.3	3.2	95.6	6.0	3.1
RP/PR4/5	9.1	21.8	-5.5	22.5	12.4	13.7	6.4	6.5	6.3	12.7	8.7
RP/PR5/3	7.8	13.3	-2.9	13.6	5.0	5.5	3.0	1.5	30.8	4.4	2.1
RP/PR5/6	5.4	22.1	-3.9	22.4	12.6	13.9	6.1	6.4	5.2	12.8	8.7
RP/PR6/3	4.3	5.9	-1	5.4	2.8	2.0	24.1	24.1	26.5	2.0	184.6
RP/PR6/4	5	16	-3.9	16.5	7.3	6.1	3.8	4.2	15.2	7.0	3.9
RP/PR6/6	4.6	18.6	0.1	13.6	8.3	9.5	2.7	2.8	0.6	8.8	5.0
RP/PR7/4	3.1	4	-0.9	4.1	7.2	1.9	24.6	24.2	27.7	3.1	33.6
RP/PR8/2	3.1	3.5	-0.9	3.8	12.9	2.4	24.6	24.1	27.9	5.2	29.1
oR3/4	12.5	17.6	6.5	18.7	7.9	5.3	2.4	2.8	1.9	8.7	6.8
oR4/3	6.9	8.6	2.5	9.2	2.3	1.1	31.5	56.1	23.8	1.7	1.6
oR4/4	7.6	14	3	14.3	4.0	4.9	1.3	1.7	46.2	4.6	2.6
oR4/5	10.9	22.1	6.5	23	12.3	13.8	4.1	5.0	1.5	13.1	9.5
oR5/5	6.8	21.7	3.8	22	11.4	12.8	3.2	4.0	0.6	12.0	8.3
oR5/6	5.4	17.6	4.9	18.2	7.7	8.9	2.3	2.5	0.6	8.8	5.6
oR6/3	4.5	8.4	1.6	8.6	2.8	1.6	27.5	36.3	24.0	2.0	2.1
oR6/4	3.7	6.4	0.9	9.4	3.1	2.3	33.6	74.0	23.9	2.1	2.3
oR6/3	3.3	7.2	1.5	7.3	3.2	2.0	24.4	26.4	24.8	2.4	8.8
oR7/4	3.8	6.7	1.5	6.9	3.1	2.0	24.1	25.4	25.1	2.3	11.2
oR8/3	3	4	0.6	4.1	6.8	4.9	24.3	23.9	27.4	3.1	33.7

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red, Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 3 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกในเทอม ΔEcmc (ต่อ)

	ΔEcmc										
	Input										
sample	R5/3	R5/4	R5/5	R5/6	R6/3	R6/5	R7/3	R7/4	R8/2	slpR2/3	slpR3/3
R2/2	3.5	25.6	23.8	29.1	5.8	2.8	3.3	3.2	7.6	0.9	1.2
R3/2	23.6	26.7	24.3	24.6	55.8	6.6	2.1	2.1	5.9	2.0	1.0
R3/4	2.8	90.3	2.1	2.4	2.7	4.1	9.4	6.3	15.9	4.4	6.9
R4/3	2.1	34.7	5.1	2.5	2.0	3.4	8.4	5.4	14.9	3.5	5.9
R4/5	6.7	0.8	0.5	2.6	6.4	7.7	13.7	10.3	20.4	8.9	11.3
R5/1	8.0	26.1	24.0	26.2	14.0	2.8	2.1	2.3	6.6	1.0	1.1
R5/2	1.5	23.9	28.0	13.5	1.6	2.2	4.4	2.5	10.4	0.9	2.9
R5/3	0.0	24.4	187.9	1.1	0.3	1.3	6.0	3.1	12.5	2.3	4.1
R5/4	10.3	0.0	3.0	6.2	3.9	11.3	17.6	14.1	24.4	12.4	15.2
R5/5	7.2	1.2	0.0	2.9	6.9	8.1	14.1	10.8	20.8	9.4	11.8
R5/6	3.0	27.9	0.8	0.0	3.8	4.7	10.3	7.1	16.9	6.2	8.1
R6/3	0.3	25.1	114.5	1.1	0.0	1.3	6.4	3.4	12.9	2.6	4.5
R6/5	1.2	23.9	41.7	2.0	1.2	0.0	5.0	2.1	11.5	3.0	3.8
R7/3	22.8	26.7	24.4	24.8	53.7	6.0	0.0	0.9	5.4	3.3	2.2
R7/4	1.5	24.4	24.5	190.2	1.2	1.0	2.5	0.0	6.6	3.2	2.5
R8/2	23.7	32.7	29.4	26.1	23.8	23.7	10.5	29.6	0.0	24.4	46.1
slpR2/3	2.0	23.8	29.5	7.9	2.2	2.9	5.1	3.34	11.1	0.0	3.0
slpR3/3	0.8	25.0	23.7	38.0	1.7	1.9	2.8	2.29	7.9	1.8	0
slpR4/3	1.7	32.8	7.0	2.6	1.5	2.8	8.0	5.04	14.6	3.2	6.0
slpR4/4	4.5	5.3	1.5	2.0	4.2	5.5	11.4	8.15	18.2	6.9	9.1
slpR5/4	3.8	14.1	1.2	1.9	3.4	4.7	10.6	7.33	17.4	6.1	8.5
slpR5/5	7.4	1.1	1.5	3.7	7.0	6.4	14.5	11.14	21.4	9.6	12.3
slpR6/3	17.5	27.1	25.1	26.4	35.2	4.9	0.6	1.17	5.9	3.2	2.5
slpR6/5	1.4	24.7	23.7	46.3	1.4	0.9	2.0	0.71	7.9	3.5	2.1
slpR6/6	4.6	6.1	1.1	1.2	4.3	5.5	11.3	8.04	18.0	6.9	9.1
slpR7/4	27.4	29.5	26.5	24.0	26.0	34.6	1.0	10.48	2.5	73.8	3.3
slpR8/3	23.7	32.6	29.3	26.0	23.8	23.7	9.1	30.37	0.1	24.5	50.3
stpR2/3	2.4	24.6	24.2	74.9	2.5	2.6	4.2	3.64	9.2	1.2	2.9
stpR3/3	1.5	25.6	120.9	2.4	1.6	2.6	6.8	4.12	13.1	1.8	4.8
stpR4/4	2.2	56.2	1.9	2.2	1.8	3.2	6.8	5.66	15.5	4.2	6.8
stpR5/4	1.2	23.9	37.6	2.9	1.2	0.4	4.8	1.95	11.3	2.8	3.8
stpR5/5	8.6	1.1	2.5	5.0	6.3	9.7	15.9	12.51	22.8	10.9	13.7
stpR5/6	7.6	1.3	2.4	4.3	7.1	6.4	14.6	11.25	21.5	9.7	12.5
stpR6/4	2.4	25.4	23.7	30.7	4.1	0.2	1.2	0.84	7.0	3.2	2.3
stpR6/5	2.2	25.4	23.9	31.9	3.6	0.3	1.2	0.82	7.1	3.2	2.4
stpR6/6	4.5	6.4	1.9	3.1	4.1	5.2	11.2	7.92	18.0	6.7	9.3
stpR7/3	24.3	30.9	27.8	24.9	23.9	25.7	0.4	440.09	1.3	29.8	19.5
stpR8/3	23.8	31.6	28.4	25.3	23.7	24.4	2.1	50.27	0.9	26.5	110.5
RP/PR2/1	32.7	29.1	26.4	24.5	29.4	56.4	3.7	5.43	5.1	110.7	1.8
RP/PR2/3	2.5	24.4	30.7	10.3	2.5	3.4	5.2	3.86	11.0	1.8	4.3
RP/PR3/3	1.7	25.0	27.4	65.7	1.7	2.7	4.1	2.98	9.7	1.7	3.6
RP/PR4/2	2.4	25.6	36.4	8.0	2.3	2.5	5.1	3.52	11.0	3.5	4.7
RP/PR4/3	3.6	27.1	566.1	2.5	3.5	4.1	6.9	4.98	12.9	3.3	5.9
RP/PR4/5	7.0	1.0	6.2	7.4	6.6	7.7	13.4	10.26	20.1	8.5	11.6
RP/PR5/3	2.1	24.9	33.0	9.6	1.9	2.3	4.7	2.94	10.7	2.8	4.5
RP/PR5/6	6.9	0.8	5.1	6.6	6.5	7.5	13.3	10.13	20.0	8.7	11.8
RP/PR6/3	27.3	29.8	26.9	24.5	26.0	33.7	1.0	12.40	2.6	63.9	3.6
RP/PR6/4	3.5	30.6	27.1	2.6	3.3	3.4	7.3	4.78	13.6	4.5	6.6
RP/PR6/6	2.8	122.9	0.6	2.5	3.4	3.3	9.1	5.91	15.8	5.0	7.4
RP/PR7/4	24.5	31.1	28.1	25.2	24.2	26.0	0.3	448.40	1.5	30.1	20.5
RP/PR8/2	23.9	31.4	28.3	25.3	23.8	24.8	1.5	63.53	1.2	27.2	55.1
oR3/4	4.4	194.8	1.9	2.5	4.4	5.2	9.7	6.87	16.2	5.4	7.1
oR4/3	9.6	26.2	23.9	25.7	17.1	2.8	1.6	1.52	6.2	2.3	1.0
oR4/4	1.4	23.8	36.2	9.6	1.8	1.8	9.1	2.65	11.3	2.7	2.9
oR4/5	7.2	1.4	1.8	3.2	6.9	8.3	14.1	10.82	20.7	9.1	11.4
oR5/5	5.8	0.3	0.9	2.1	5.5	6.9	12.8	9.46	19.5	3.0	10.5
oR5/6	3.4	57.8	1.5	0.9	3.3	4.1	8.0	6.01	15.5	5.4	6.7
oR6/3	23.0	26.7	24.2	24.6	54.2	6.1	0.9	1.03	5.5	3.2	1.9
oR6/4	7.0	26.0	24.0	26.7	12.1	1.9	0.6	1.00	6.2	5.0	2.2
oR6/5	74.0	23.8	25.0	23.7	46.2	54.0	0.9	0.29	4.2	11.1	2.1
oR7/4	46.7	28.2	25.4	23.7	36.7	849.1	1.1	1.20	3.8	10.9	1.9
oR8/3	24.3	30.9	27.8	24.6	24.0	25.8	0.3	443.14	1.4	30.0	19.4

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red, Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 3 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกในเทอม ΔEcmc (ต่อ)

	Input										
	Input										
sample	slpR4/3	slpR4/4	slpR5/4	slpR5/5	slpR6/3	slpR6/5	slpR6/6	slpR7/4	slpR8/3	stpR2/3	stpR3/3
R2/2	76.1	25	27.2	23.9	3.6	3.1	25.4	5.0	7.5	1.1	5.7
R3/2	41.7	24	24.4	24.6	2.5	2.2	23.9	3.3	5.8	2.1	57.1
R3/4	2.0	1	1.9	2.7	9.6	6.9	2.2	12.6	15.8	6.3	2.9
R4/3	1.6	1	2.0	9.3	8.5	6.0	2.3	11.5	14.8	5.3	2.2
R4/5	5.5	2	2.7	1.3	13.8	11.0	1.8	16.9	20.3	10.9	6.9
R5/1	90.4	24	25.1	24.2	2.3	2.3	24.3	3.9	6.5	1.8	14.1
R5/2	0.4	206	23.2	25.7	4.5	3.1	114.3	7.3	10.3	2.2	1.0
R5/3	1.2	3	0.8	55.7	6.1	3.6	2.3	9.2	12.4	4.0	1.4
R5/4	8.4	5	5.6	2.2	17.4	14.9	5.1	20.9	24.3	14.6	10.0
R5/5	6.1	3	3.2	1.4	14.3	11.4	2.1	17.4	20.7	11.5	7.5
R5/6	3.8	2	1.7	0.5	10.3	7.7	1.0	13.5	16.8	8.0	4.8
R6/3	1.2	1	0.5	119.4	6.5	4.1	1.2	9.6	12.8	4.4	1.6
R6/5	2.1	9	3.5	32.3	5.2	2.8	8.3	8.1	11.4	4.2	2.5
R7/3	40.2	24	24.1	24.5	0.5	1.1	23.9	2.4	5.3	3.7	53.8
R7/4	3.9	36	63.1	23.8	2.8	0.8	38.5	5.4	8.9	3.6	2.3
R8/2	24.6	27	26.5	29.9	14.5	38.0	27.0	0.9	0.1	32.5	23.9
slpR2/3	1.3	42	12.4	26.8	5.2	3.8	34.0	7.9	11.0	1.8	1.1
slpR3/3	14.6	28	32.4	23.7	3.2	2.1	28.0	5.0	7.8	1.9	1.7
slpR4/3	0.0	1	1.7	12.6	8.1	5.8	2.0	11.2	14.5	5.3	1.2
slpR4/4	3.2	0	1	1.3	11.4	8.9	1.1	14.7	18.1	8.6	4.5
slpR5/4	2.7	1	0	0.7	10.7	5.1	0.9	13.9	17.3	8.2	4.1
slpR5/5	5.8	2	3.0	0.0	14.5	11.9	2.4	17.9	21.3	11.9	7.4
slpR6/3	47.9	25	25.1	25.0	0.0	1.4	24.9	2.8	5.8	3.8	34.9
slpR6/5	9.5	29	36.2	23.6	2.4	0.0	29.7	4.7	7.8	3.7	2.7
slpR6/6	3.8	1	1.0	1.0	11.5	8.7	0.0	14.6	17.9	8.9	5.1
slpR7/4	23.9	25	24.2	26.9	1.0	3.9	24.5	0.0	2.4	7.9	26.1
slpR8/3	24.5	27	26.4	29.8	12.4	40.1	26.9	1.0	0.0	33.6	23.9
stpR2/3	5.8	32	46.2	23.9	4.4	3.7	33.7	6.4	9.2	0.0	1.1
stpR3/3	1.0	2	1.8	122.6	6.8	4.9	2.4	9.9	13.0	3.9	0.0
stpR4/4	1.1	1	1.1	3.5	8.9	6.4	1.6	12.1	15.4	6.3	2.3
stpR5/4	1.9	13	4.6	30.6	4.5	2.8	11.0	7.9	11.1	4.1	2.3
stpR5/5	7.0	4	4.2	1.1	15.9	13.3	3.7	19.3	22.7	13.2	8.6
stpR5/6	5.9	3	3.1	0.9	14.6	12.0	2.9	18.0	21.4	12.0	7.4
stpR6/4	41.5	36	27.9	23.8	1.4	0.9	25.8	3.9	6.9	3.7	4.7
stpR6/5	33.3	26	28.4	23.8	1.5	0.5	26.2	4.0	7.0	3.8	4.5
stpR6/6	3.0	2	1.3	1.2	11.2	8.7	2.0	14.5	17.9	8.9	4.5
stpR7/3	23.8	26	25.1	28.2	0.8	33.3	25.6	0.7	1.2	109.7	24.0
stpR8/3	24.0	26	25.6	28.8	3.0	441.4	26.1	1.0	0.9	73.9	23.8
RP/PR2/1	24.6	25	24.2	26.6	3.8	3.9	24.7	3.9	5.1	2.6	29.2
RP/PR2/3	1.2	59	15.6	27.4	5.1	4.5	46.8	7.9	10.9	3.2	1.5
RP/PR3/3	1.3	61	911	25.5	4.0	3.8	71.1	6.7	9.8	2.6	1.0
RP/PR4/2	1.1	34	11	30.5	5.0	4.4	29.1	7.9	10.9	3.9	1.8
RP/PR4/3	2.4	2	2	73.6	6.7	5.8	3.5	9.8	12.8	4.9	2.5
RP/PR4/5	5.4	6	5	4.6	13.3	11.1	6.4	16.7	20.0	10.8	6.4
RP/PR5/3	1.2	48	14	28.7	4.5	3.8	40.1	7.5	10.6	4.2	2.1
RP/PR5/6	5.2	5	5	2.7	13.3	11.1	5.3	16.6	19.9	11.1	6.4
RP/PR6/3	23.9	25	24	27.1	0.9	4.8	24.9	1.0	3.5	8.9	25.9
RP/PR6/4	2.9	1	1	66.3	7.2	5.7	0.6	10.4	13.5	6.2	3.3
RP/PR6/6	1.9	2	1	1.9	9.2	6.7	1.7	12.4	15.7	7.1	3.1
RP/PR7/4	23.9	26	25	28.3	0.7	34.4	25.9	1.1	1.5	112.5	24.1
RP/PR8/2	23.9	26	25	28.7	2.2	203.3	26.0	1.1	1.2	120.5	23.8
oR3/4	4.5	2	3	2.5	9.6	7.3	2.7	12.8	16.1	6.7	4.9
oR4/3	77.2	24	25	24.3	2.1	1.4	24.2	3.3	6.0	3.1	17.7
oR4/4	1.7	12	5	30.6	5.5	2.8	10.6	8.1	11.2	3.5	2.4
oR4/5	6.1	3	4	2.6	14.2	11.4	3.0	17.3	20.6	11.0	7.3
oR5/5	4.6	1	2	1.0	12.8	10.1	1.1	16.1	19.4	10.1	6.0
oR5/6	3.8	2	3	3.7	9.3	6.4	1.3	12.1	15.3	6.8	4.5
oR6/3	40.6	24	24	24.5	1.3	1.1	23.8	2.5	5.4	3.5	54.7
oR6/4	119.2	24	25	24.1	1.0	0.9	24.5	3.1	6.1	3.7	12.4
oR6/5	27.2	24	24	25.4	1.1	0.6	23.7	1.4	4.1	3.7	46.5
oR7/4	26.1	24	24	25.8	1.2	0.2	23.9	1.2	3.7	8.6	37.0
oR6/3	23.9	26	25	28.2	0.7	33.4	25.6	0.8	1.3	109.8	24.1

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red, Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 3 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกในเทอม ΔEcmc (ต่อ)

	ΔEcmc										
	▲Ecmc										
sample	stpR4/4	stpR5/4	stpR5/5	stpR5/6	stpR6/4	stpR6/5	stpR6/6	stpR7/3	stpR8/3	RP/PR2/1	RP/PR2/3
R2/2	64.3	2.7	24.6	24.2	3.2	3.3	25.8	6.0	6.7	3.6	1.3
R3/2	29.7	5.2	25.6	24.9	2.3	2.4	24.3	4.3	5.0	3.2	1.9
R3/4	1.6	4.3	14.3	3.2	7.9	7.8	2.5	14.0	14.8	11.8	5.7
R4/3	1.5	3.6	201.8	10.9	6.9	6.8	2.3	13.0	13.7	10.7	4.9
R4/5	4.4	8.0	1.6	2.0	12.0	11.9	3.5	18.4	19.3	16.5	9.8
R5/1	36.1	2.3	25.0	24.2	2.2	2.3	24.3	5.0	5.6	3.1	0.9
R5/2	1.7	2.0	24.0	25.4	3.2	3.2	109.6	8.6	9.3	6.3	1.6
R5/3	1.0	1.4	29.0	50.2	4.6	4.5	2.3	10.6	11.4	8.7	3.4
R5/4	7.4	11.5	1.4	2.4	15.9	15.8	5.3	22.5	23.2	20.3	12.6
R5/5	4.9	8.5	1.7	2.1	12.5	12.4	3.8	18.9	19.7	17.1	10.5
R5/6	2.8	5.0	3.2	0.3	8.7	8.6	2.5	15.0	15.8	13.3	7.1
R5/3	1.0	1.5	32.2	90.3	4.9	4.8	1.2	11.0	11.8	9.2	3.6
R6/5	1.3	0.4	25.4	31.3	3.5	3.4	7.9	9.6	10.3	8.2	3.6
R7/3	29.0	4.6	25.4	24.6	0.9	0.9	23.7	3.7	4.4	4.0	3.1
R7/4	12.2	1.1	23.7	23.8	1.2	1.1	38.0	6.6	7.9	6.1	3.4
R8/2	25.1	23.7	31.2	30.0	119.1	90.2	27.0	0.9	0.7	4.1	24.6
slpR2/3	1.8	2.6	24.2	26.4	4.1	4.1	33.3	9.2	9.9	6.6	1.9
slpR3/3	111.8	1.9	24.1	23.8	2.4	2.5	28.3	6.2	6.9	4.5	2.3
slpR4/3	1.0	2.9	444.4	14.3	6.9	6.4	1.8	12.7	13.4	10.5	3.6
slpR4/4	2.1	5.7	0.9	1.3	9.8	9.7	1.8	16.2	17.0	14.1	7.0
slpR5/4	1.5	4.9	1.4	0.5	9.0	8.6	1.1	15.4	16.2	13.6	6.9
slpR5/5	4.7	8.8	0.8	0.8	12.8	12.7	2.9	19.4	20.2	17.4	10.1
slpR6/3	31.6	3.7	25.6	25.0	1.1	1.1	24.4	4.1	4.8	4.2	3.0
slpR6/5	41.8	1.1	23.9	23.7	1.1	1.1	29.8	6.1	6.8	5.6	3.5
slpR6/6	2.5	5.6	0.2	1.1	9.7	9.6	2.0	16.1	16.9	14.3	7.9
slpR7/4	23.7	38.0	28.1	27.0	0.7	0.9	24.5	1.0	1.6	3.9	91.3
slpR8/3	25.0	23.8	31.1	29.9	183.0	119.1	26.9	0.9	0.7	4.1	24.7
stpR2/3	19.5	3.5	24.0	23.9	2.8	3.8	33.8	7.6	8.2	6.6	2.1
stpR3/3	1.6	2.5	32.6	91.4	5.3	5.3	2.3	11.3	12.0	8.9	2.6
stpR4/4	0.0	3.4	22.7	4.0	7.2	7.2	1.4	13.6	14.3	11.6	5.0
stpR5/4	1.1	0.0	25.1	29.8	3.3	3.2	10.5	9.4	10.1	8.0	3.3
stpR5/5	5.9	9.9	0.0	0.0	14.2	14.1	3.8	20.8	21.6	18.8	11.6
stpR5/6	4.9	8.7	0.7	0.0	12.9	12.9	2.7	19.5	20.3	17.6	10.1
stpR6/4	90.3	0.4	24.3	23.8	0.0	0.1	25.7	5.2	5.9	4.9	3.1
stpR6/5	119.5	0.5	24.3	23.8	0.1	0.0	26.0	5.3	6.0	5.0	3.2
stpR6/6	2.1	5.4	0.2	1.0	9.6	9.5	0.0	16.0	16.8	14.2	7.0
stpR7/3	24.0	26.3	29.4	28.3	7.9	8.1	25.5	0.0	0.6	4.0	31.0
stpR8/3	24.4	24.7	30.1	28.9	22.7	27.2	26.0	0.5	0.0	4.0	26.8
RP/PR2/1	24.0	74.4	27.7	26.7	3.6	3.7	24.4	4.2	4.5	0.0	74.7
RP/PR2/3	1.8	3.1	24.7	26.6	4.3	4.3	43.3	9.2	9.8	6.5	0.0
RP/PR3/3	6.0	2.5	24.5	25.1	3.2	3.2	65.6	7.9	8.5	5.6	0.9
RP/PR4/2	0.7	2.6	26.2	29.3	4.0	4.0	25.3	9.2	9.8	7.0	1.1
RP/PR4/3	2.5	3.8	32.8	62.7	5.7	5.6	3.1	11.1	11.7	8.6	1.7
RP/PR4/5	5.3	7.8	3.2	4.0	11.8	11.7	4.3	18.2	18.9	16.0	8.9
RP/PR3/3	0.6	2.0	25.3	27.6	3.5	3.4	35.7	8.8	9.5	7.1	1.6
RP/PR5/6	4.6	7.6	2.5	5.0	11.7	11.5	3.1	18.1	18.9	16.1	8.4
RP/PR6/3	23.8	36.5	28.3	27.2	0.9	1.2	24.7	1.3	1.6	3.5	74.0
RP/PR6/4	2.6	3.2	52.6	85.9	3.8	5.7	0.4	11.7	12.4	10.1	3.3
RP/PR6/6	1.2	3.5	12.3	2.2	7.5	7.4	0.9	13.9	14.6	12.2	3.4
RP/PR7/4	24.2	26.5	29.5	28.4	8.1	9.3	25.6	0.7	0.6	3.9	30.6
RP/PR8/2	24.3	25.1	26.9	28.9	16.5	19.3	25.9	0.8	0.4	3.9	27.6
oR3/4	3.8	5.5	12.3	2.9	8.3	8.2	3.7	14.3	15.1	12.0	6.8
oR4/3	35.6	2.0	25.1	24.5	1.7	1.7	24.7	4.5	5.2	4.2	2.2
oR4/4	0.6	2.0	25.3	30.4	3.9	3.9	11.5	9.5	10.5	7.9	4.3
oR4/5	5.1	8.9	2.6	3.3	12.5	12.4	4.8	18.8	19.6	16.7	10.2
oR5/5	3.5	7.0	1.2	1.5	11.1	11.0	2.7	17.6	18.4	15.6	8.7
oR5/6	2.6	4.5	25.0	4.7	7.5	7.5	2.3	13.6	14.4	12.0	7.0
oR6/3	29.1	4.7	25.4	24.6	1.2	1.2	23.8	3.7	4.4	4.0	3.0
oR6/4	38.0	1.2	24.9	24.1	0.9	0.6	24.3	4.5	3.2	4.5	2.9
oR6/5	24.6	33.6	26.5	25.5	1.1	1.1	23.9	2.6	3.5	3.9	10.2
oR7/4	24.4	112.4	26.9	26.0	1.0	0.9	24.0	2.2	3.0	3.9	18.4
oR8/3	24.1	29.4	29.4	28.3	6.0	9.2	25.6	0.3	0.7	3.9	31.3

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red, Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 3 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกในเทอม ΔEcmc (ต่อ)

	ΔEcmc										
	▲Ecmc										
sample	RP/PR3/3	RP/PR4/2	RP/PR4/3	RP/PR4/5	RP/PR5/3	RP/PR5/6	RP/PR6/3	RP/PR6/4	RP/PR6/6	RP/PR7/4	RP/PR8/2
R2/2	2.1	1.4	4.6	25.4	2.2	25.1	5.2	17.3	44.1	6.2	6.6
R3/2	1.0	2.8	33.7	25.6	2.1	25.2	3.7	138.8	27.9	4.7	5.0
R3/4	6.3	5.9	5.7	1.3	6.0	2.1	12.8	5.5	2.7	14.2	14.7
R4/3	5.3	5.1	5.0	2.5	5.2	2.6	11.7	4.9	2.6	13.1	13.6
R4/5	10.6	9.7	8.9	6.7	9.7	5.6	17.3	8.0	4.5	18.6	19.2
R5/1	1.3	0.4	10.6	24.5	1.0	24.3	4.0	58.8	31.3	5.1	5.5
R5/2	1.5	1.7	1.8	32.3	2.0	32.9	7.2	2.2	3.5	8.6	9.1
R5/3	3.5	3.3	3.5	47.2	3.2	36.2	9.3	2.9	1.4	10.7	11.2
R5/4	13.7	12.3	10.7	6.6	12.4	5.7	21.1	9.7	7.1	22.5	23.0
R5/5	11.2	10.3	9.6	7.1	10.3	6.0	17.8	8.6	4.9	19.1	19.6
R5/6	7.5	6.9	7.1	3.4	6.8	2.9	13.7	6.4	3.0	15.1	15.6
R6/3	6.8	3.5	3.6	23.0	3.3	18.4	9.7	2.9	1.3	11.1	11.6
R6/5	3.4	3.2	3.6	101.0	2.7	128.0	8.3	2.2	0.3	9.7	10.2
R7/3	2.3	2.9	29.3	24.3	1.9	24.1	2.7	124.1	27.0	3.8	4.3
R7/4	2.9	2.7	2.8	26.5	2.1	26.1	5.7	0.9	22.7	6.9	7.4
R8/2	26.8	24.2	24.0	28.8	24.3	28.7	1.2	24.1	25.3	1.0	0.9
slpR2/3	2.1	2.4	2.2	37.3	2.8	38.8	7.9	3.1	3.1	9.2	9.7
slpR3/3	2.5	1.9	1.2	25.0	2.2	24.9	5.2	5.9	188.2	6.3	6.8
slpR4/3	4.5	3.8	3.5	2.7	3.9	2.5	11.3	3.3	1.8	12.7	13.2
slpR4/4	7.8	6.8	6.1	3.8	6.9	3.3	14.9	5.6	2.5	16.3	16.8
slpR5/4	7.5	6.6	6.2	3.1	6.6	2.5	14.1	5.2	1.6	15.5	16.1
slpR5/5	11.0	9.8	8.7	5.9	9.8	4.8	18.1	7.6	4.5	19.5	20.0
slpR6/3	2.4	2.5	21.1	24.6	1.5	24.4	2.9	466.6	28.7	4.1	4.6
slpR6/5	3.1	2.7	2.7	25.0	2.2	24.8	5.1	3.5	202.5	6.2	6.7
slpR6/6	8.5	7.7	7.3	4.3	7.6	3.5	14.9	0.4	2.7	16.3	16.8
slpR7/4	27.7	56.3	27.4	26.0	74.6	25.9	1.0	24.7	23.7	1.4	1.7
slpR8/3	27.2	24.3	23.9	28.7	24.4	28.6	1.2	24.0	25.3	1.0	0.9
stpR2/3	2.4	2.6	1.2	26.2	3.2	26.0	6.4	3.7	42.3	7.6	6.0
stpR3/3	3.2	2.8	2.6	21.7	3.0	17.6	9.9	3.0	2.4	11.3	11.6
stpR4/4	5.6	4.9	4.6	0.1	4.9	0.9	12.2	3.9	1.2	13.6	14.2
stpR5/4	3.0	2.8	3.3	67.4	2.3	76.6	8.1	1.9	0.05	9.4	9.9
stpR5/5	12.2	11.0	9.6	5.9	11.0	4.8	19.5	8.5	5.6	20.9	21.4
stpR5/6	11.0	9.8	8.6	5.2	9.8	4.0	18.2	7.4	4.4	19.6	20.1
stpR6/4	2.6	2.1	3.8	23.9	1.5	23.8	4.1	10.9	50.2	5.3	5.8
stpR6/5	2.7	2.2	3.6	24.1	1.6	23.9	4.2	9.7	55.6	5.4	5.9
stpR6/6	7.7	6.6	5.8	2.9	6.5	2.1	14.7	4.6	1.5	16.1	16.6
stpR7/3	56.3	28.7	24.6	27.3	30.0	27.1	1.0	23.8	24.2	0.7	0.8
stpR8/3	34.7	25.8	23.9	27.7	26.3	27.6	1.0	23.7	24.6	0.5	0.4
RP/PR2/1	9.4	845.7	31.9	25.0	111.6	25.0	3.5	26.5	24.0	4.1	4.2
RP/PR2/3	1.0	1.0	1.1	34.7	1.8	36.2	7.7	2.7	3.3	9.1	9.5
RP/PR3/3	0.0	0.9	1.1	26.7	1.4	27.1	6.4	1.9	9.9	7.8	8.3
RP/PR4/2	1.1	0.0	1.1	40.2	0.9	43.2	7.7	1.9	2.0	9.1	9.6
RP/PR4/3	2.6	1.5	0.0	33.4	2.1	27.7	9.6	2.3	2.8	11.0	11.5
RP/PR4/5	9.3	7.8	6.2	0.0	8.0	1.4	16.7	5.2	4.8	18.1	18.7
RP/PR5/3	1.5	0.9	1.8	36.2	0.0	38.1	7.4	1.2	1.8	8.7	9.2
RP/PR5/6	9.3	7.9	6.5	1.4	8.0	0.0	16.6	5.1	4.1	18.0	18.5
RP/PR6/3	33.3	50.3	26.8	26.0	63.1	25.9	0.0	24.4	23.8	1.0	1.4
RP/PR6/4	3.9	2.8	2.3	7.0	2.4	6.1	10.3	0.0	2.1	11.7	12.2
RP/PR6/6	8.0	5.0	4.7	1.4	4.9	0.8	12.6	3.4	0.0	13.9	14.5
RP/PR7/4	55.7	28.5	24.3	27.1	29.7	27.0	0.8	23.7	24.3	0.0	0.3
RP/PR8/2	38.0	26.4	23.9	27.6	27.0	27.4	0.9	23.6	24.5	0.3	0.0
oR3/4	7.0	7.0	7.6	1.9	7.0	2.5	13.0	7.7	4.6	14.4	14.9
oR4/3	2.2	1.4	13.7	25.5	0.4	25.1	3.9	87.8	31.5	4.9	5.3
oR4/4	4.2	4.2	4.2	80.4	4.0	89.2	8.4	3.2	0.8	9.7	10.2
oR4/5	10.9	10.1	9.4	7.9	10.2	7.0	17.6	6.8	5.8	19.0	19.5
oR5/5	9.5	6.4	7.7	5.6	8.5	4.7	16.3	6.9	3.7	17.7	18.2
oR5/6	7.1	6.9	7.2	1.0	6.7	0.8	12.5	6.4	3.0	13.8	14.3
oR6/3	2.2	3.0	30.0	24.4	1.9	24.2	3.0	126.3	27.2	4.0	4.4
oR6/4	2.6	1.9	9.3	24.4	1.1	24.1	3.5	44.7	32.2	4.6	5.1
oR6/5	3.0	15.2	66.5	25.0	11.4	24.8	2.2	33.3	24.3	2.9	3.3
oR7/4	4.5	30.4	46.9	25.7	21.5	25.4	2.0	30.9	24.2	2.7	3.1
oR8/3	57.1	29.1	24.9	27.4	30.4	27.2	1.2	24.1	24.3	1.0	1.1

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red ,Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 3 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกในเทอม ΔEcmc (ต่อ)

	ΔEcmc										
	▲Ecmc										
sample	oR3/4	oR4/3	oR4/4	oR4/5	oR5/5	oR5/6	oR6/3	oR6/4	oR6/5	oR7/4	oR8/3
R2/2	40.7	2.3	1.9	23.7	23.8	63.3	2.9	3.1	3.7	3.8	5.9
R3/2	26.8	1.1	4.6	24.1	23.8	29.1	1.6	2.1	2.1	2.2	4.2
R3/4	2.4	8.6	3.7	0.6	1.7	2.4	9.3	8.6	10.7	11.1	14.0
R4/3	2.2	7.6	2.9	3.7	1.6	2.4	8.3	7.6	9.7	10.1	13.0
R4/5	4.2	12.9	7.6	1.5	0.7	3.9	13.6	12.8	15.0	15.4	18.4
R5/1	31.5	1.7	1.8	24.0	23.7	36.9	2.0	2.1	2.7	2.9	4.9
R5/2	4.5	4.2	2.2	29.5	39.2	2.5	4.6	3.8	5.7	6.0	8.6
R5/3	1.8	5.5	1.7	878.8	16.7	1.7	6.1	5.3	7.4	7.8	10.6
R3/4	7.3	16.9	11.5	3.8	3.7	7.5	17.6	16.7	15.0	19.4	22.5
R5/5	4.7	13.4	8.0	1.8	1.1	4.2	14.0	13.3	15.4	15.8	18.9
R5/6	2.7	9.6	4.5	1.9	1.3	1.1	10.2	9.4	11.6	12.0	15.0
R6/3	2.3	6.0	2.0	58.6	9.5	1.9	6.5	5.6	7.7	8.2	11.0
R6/5	2.1	4.9	1.8	49.4	206.7	1.0	5.2	4.3	6.4	6.8	9.6
R7/3	27.7	1.5	4.8	24.5	23.9	29.7	0.9	0.5	1.2	1.8	3.8
R3/4	31.0	2.7	1.7	25.1	26.6	13.2	2.8	1.8	3.8	4.2	6.9
R8/2	25.6	27.4	23.8	29.3	28.3	25.1	10.5	41.5	1.5	0.6	0.9
slpR2/3	2.3	4.6	2.6	31.1	50.9	2.6	5.1	4.6	6.3	6.6	9.2
slpR3/3	120.4	1.6	1.2	23.7	24.3	110.0	2.4	2.4	3.4	3.7	6.2
slpR4/3	3.4	7.6	3.4	5.7	1.4	3.1	8.1	7.3	9.4	9.9	12.7
slpR4/4	3.6	10.6	5.6	1.7	1.0	2.9	11.4	10.6	12.8	13.2	16.2
slpR5/4	4.0	10.1	5.0	2.0	1.2	2.7	10.7	9.8	12.0	12.5	15.4
slpR5/5	5.5	13.9	8.8	2.9	1.5	5.0	14.5	13.7	15.9	16.4	19.4
slpR6/3	30.5	2.0	4.1	25.3	24.6	33.1	1.4	0.9	1.5	1.9	4.0
slpR6/5	860.2	1.9	1.5	23.9	24.7	42.2	2.0	1.4	3.0	3.5	6.1
slpR6/6	3.6	10.7	5.5	2.1	0.9	2.4	11.3	10.5	12.8	13.1	16.1
slpR7/4	23.9	1.2	38.1	26.4	25.5	23.7	1.1	0.6	1.0	0.9	1.1
slpR8/3	25.5	22.8	23.8	29.2	28.2	25.0	9.2	33.2	1.2	0.5	0.9
stpR2/3	57.5	3.5	2.8	24.4	25.7	20.2	4.1	3.9	5.0	5.2	7.5
stpR3/3	2.3	6.4	3.0	62.9	10.2	3.0	6.9	6.0	8.1	8.6	11.3
stpR4/4	3.5	8.3	3.6	1.9	0.8	2.6	8.9	8.0	10.2	10.7	13.6
stpR5/4	3.0	4.7	2.0	42.9	456.0	0.7	5.0	4.1	6.2	6.6	9.4
stpR5/5	6.7	15.3	10.0	3.8	2.7	6.3	16.0	15.1	17.3	17.8	20.8
stpR5/6	6.2	14.1	8.8	3.7	2.3	5.5	14.7	13.8	16.1	16.5	19.5
stpR6/4	47.5	2.0	1.1	23.9	23.9	92.2	1.6	0.6	2.4	2.8	5.2
stpR6/5	53.6	2.1	1.2	24.1	24.1	124.7	1.8	0.7	2.5	3.0	5.4
stpR6/6	5.3	10.8	5.8	2.9	2.0	4.0	11.3	10.4	12.7	13.1	16.1
stpR7/3	24.6	2.1	26.4	27.7	26.7	24.2	0.6	2.5	1.0	1.1	0.3
stpR8/3	24.9	5.5	24.8	28.3	27.3	24.4	2.2	6.9	0.6	0.9	0.6
RP/PR2/1	24.7	2.1	76.6	26.3	25.4	24.7	3.6	3.7	3.8	3.8	4.1
RP/PR2/3	3.4	5.3	3.8	32.8	50.1	2.7	5.5	4.6	6.5	6.8	9.2
RP/PR3/3	15.2	4.6	2.9	28.7	31.9	7.5	4.6	3.7	5.4	3.8	8.0
RP/PR4/2	2.3	5.7	3.8	40.5	76.4	1.5	5.7	4.7	6.6	7.0	9.3
RP/PR4/3	2.9	7.0	5.2	275.4	19.0	5.9	7.3	6.3	8.3	6.7	11.2
RP/PR4/5	6.8	13.2	8.5	7.1	6.2	7.8	13.6	12.7	15.0	15.4	18.9
RP/PR5/3	3.3	5.2	3.5	36.0	57.8	1.0	5.2	4.2	6.1	6.5	8.9
RP/PR5/6	8.6	13.3	8.7	6.2	5.1	7.4	13.7	12.5	14.9	15.4	18.2
RP/PR6/3	24.6	0.9	37.4	26.9	25.9	24.3	1.1	0.5	1.4	1.5	1.5
RP/PR6/4	4.9	7.6	5.2	21.7	5.2	4.4	7.7	6.6	8.8	9.3	11.8
RP/PR6/6	4.6	6.9	4.3	1.6	1.3	3.2	9.3	8.3	10.6	11.0	13.9
RP/PR7/4	25.2	2.2	27.1	28.0	27.0	24.6	0.5	2.6	1.1	1.3	1.0
RP/PR8/2	24.9	4.3	25.3	28.2	27.2	24.4	1.5	5.3	0.7	1.0	1.0
oR3/4	0.0	8.6	4.1	0.4	1.9	2.1	9.5	8.9	10.9	11.3	14.2
oR4/3	29.8	0.0	1.8	23.9	23.7	34.7	0.9	1.5	1.7	2.0	4.4
oR4/4	1.3	4.3	0.0	40.3	441.2	0.8	4.6	4.4	6.2	6.6	9.5
oR4/3	3.6	13.2	7.9	0.0	2.0	4.3	13.9	13.2	15.3	15.7	18.8
oR5/5	3.0	12.1	6.8	1.8	0.0	3.3	12.7	11.9	14.1	14.6	17.6
oR5/6	2.1	8.1	3.3	1.7	0.7	0.0	8.8	8.2	10.1	10.6	13.6
oR6/3	26.9	0.6	4.6	24.2	23.8	29.1	0.0	0.9	1.0	1.3	3.7
oR6/4	33.0	1.5	1.6	24.2	23.8	39.3	1.0	0.0	1.7	2.2	4.0
oR6/3	24.3	1.3	33.2	25.0	24.3	24.7	0.9	1.1	0.0	0.4	2.5
oR7/4	24.1	1.3	109.9	25.3	24.6	24.3	0.9	1.1	0.3	0.0	2.2
oR8/3	24.5	2.0	26.4	27.6	26.7	24.1	0.9	2.5	0.9	1.0	0.0

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red, Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 4 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกในเทอม ΔE*94

					ΔE*94 Input						
std	L*	a*	b*	C	R2/2	R3/2	R3/4	R4/3	R4/5	R5/1	R5/2
R2/2	15.1	9.8	2.2	10.0	0.0	4.7	6.4	5.6	12.2	3.6	4.3
R3/2	10.5	8.3	2.3	8.6	4.7	0.0	7.6	7.0	10.9	1.9	4.7
R3/4	12.7	18.3	2.8	18.3	5.2	5.9	0.0	0.6	6.4	5.1	3.6
R4/3	12.9	17.3	2.5	17.5	4.7	5.6	0.6	0.0	6.8	4.8	3.2
R4/5	6.8	22.3	4.6	22.8	10.5	7.9	6.3	6.7	0.0	8.3	7.8
R5/1	11.7	9.3	0.9	9.3	3.6	1.9	6.6	5.9	10.7	0.0	3.0
R5/2	12.3	13.2	-0.3	13.2	4.1	4.3	4.1	3.5	6.8	2.7	0.0
R5/3	8.5	15.4	1	15.4	7.5	4.9	4.7	4.7	5.1	4.8	4.2
R5/4	7.6	26.3	3.4	26.5	10.7	8.6	6.3	6.7	2.3	8.9	7.9
R5/3	5.1	22.7	4.9	23.2	11.9	9.0	8.0	8.4	1.7	9.5	9.2
R5/6	4.4	19.1	4.5	19.6	11.9	8.5	8.4	8.7	2.9	9.2	9.2
R6/3	7.8	15.8	0.9	15.8	8.2	5.4	5.3	5.3	4.7	5.4	4.8
R6/5	4.2	14.5	0.6	14.5	11.4	7.5	9.0	9.0	6.1	8.1	8.2
R7/3	3.8	8.6	0.3	8.6	11.5	6.9	11.5	11.2	10.8	7.9	9.1
R7/4	3.5	11.8	0.6	11.8	11.8	7.5	10.3	10.2	6.1	8.4	8.9
R8/2	1.9	2.3	0.2	2.3	15.0	10.4	18.2	17.6	19.2	11.7	14.4
slpR2/3	15.5	13.6	0.3	13.6	2.9	8.5	4.5	3.9	10.7	4.7	3.2
slpR3/3	10.9	10.5	2.5	10.8	4.2	1.9	5.6	5.0	9.1	1.7	3.4
slpR4/3	11.2	17.3	0.1	17.3	6.1	5.6	2.7	2.6	6.2	4.6	2.6
slpR4/4	8.8	20.6	2.6	20.7	8.5	6.7	4.1	4.5	2.6	6.6	5.0
slpR5/4	6.1	19.9	1.9	20	10.5	7.6	6.7	7.0	2.4	8.0	7.3
slpR5/5	5.8	23.5	2.8	23.7	11.8	8.8	7.3	7.7	1.8	9.2	8.4
slpR6/3	3.7	8.3	-0.5	8.8	11.7	7.2	11.9	11.6	11.4	8.1	9.4
slpR6/5	3.2	11	1.5	11.1	11.9	7.9	10.7	10.6	8.8	8.6	9.4
slpR6/6	5	20.4	3.3	20.6	11.5	8.4	7.8	8.1	2.2	8.9	8.9
slpR7/4	2.5	5.5	0.4	5.5	13.2	8.5	14.6	14.2	14.5	9.7	11.6
slpR8/3	1.9	2.4	0.3	2.4	14.9	10.3	18.1	17.5	19.1	11.6	14.3
stpR2/3	17.6	11.4	1.3	11.5	2.8	7.5	6.8	6.2	13.2	6.1	5.6
stpR3/3	13.3	15.8	-0.2	15.8	4.5	5.7	2.8	2.3	8.3	4.2	1.8
stpR4/4	8.6	18.2	1	18.2	8.1	8.0	4.3	4.5	2.9	5.8	4.7
stpR5/4	4.7	14.3	0.1	14.3	10.9	7.2	8.6	8.6	6.3	7.7	7.6
stpR5/5	5.8	24.9	2.1	25	11.7	9.2	7.8	8.0	2.5	9.5	8.7
stpR5/6	5.4	23.8	1.5	23.8	11.9	9.2	7.9	8.2	2.8	9.4	8.7
stpR6/4	8.6	10.2	0.2	10.2	11.6	7.3	10.9	10.6	9.5	8.1	9.0
stpR6/5	3.3	10.3	0.1	10.3	11.9	7.6	11.1	10.9	9.6	8.8	9.2
stpR6/6	5	20.6	0.2	20.6	11.7	8.7	6.1	8.3	3.8	8.9	8.3
stpR7/3	2.5	4.1	0.2	4.1	13.6	6.9	15.9	15.4	16.4	10.2	12.5
stpR8/3	2.5	3.4	-0.3	3.4	14.0	8.4	16.7	16.1	17.5	10.6	13.0
RP/PR2/1	17.7	6.1	-0.4	6.2	4.5	7.8	11.1	10.3	17.2	6.8	7.8
RP/PR2/3	15	13.3	-2.6	13.5	4.5	6.8	5.9	5.3	11.5	5.0	3.3
RP/PR3/3	12.5	12.2	-2.2	12.4	4.8	5.0	3.8	5.2	10.3	3.5	1.8
RP/PR4/2	11.1	13.4	-3.1	13.8	6.3	5.5	6.0	5.6	9.4	4.1	2.6
RP/PR4/3	13.7	15	-4.1	15.5	6.0	7.2	8.1	5.6	10.8	5.5	3.5
RP/PR4/5	9.1	21.8	-5.5	22.5	10.0	8.8	7.5	7.3	7.9	7.9	6.3
RP/PR5/3	7.8	13.3	-2.9	13.6	8.7	6.0	7.3	7.7	6.4	5.5	5.0
RP/PR5/6	5.4	22.1	-3.9	22.4	12.3	9.7	9.0	9.2	6.5	9.5	8.3
RP/PR6/3	4.3	5.3	-1	5.4	11.6	7.3	13.8	13.3	14.7	8.3	10.3
RP/PR6/4	5	16	-3.9	16.5	11.7	8.6	9.5	9.5	7.9	8.5	8.0
RP/PR6/6	4.6	18.6	0.1	18.6	11.7	8.4	8.4	8.5	4.5	8.7	8.2
RP/PR7/4	3.1	4	-0.9	4.1	13.2	8.8	15.8	15.2	16.6	9.9	12.1
RP/PR8/2	3.1	3.5	-0.9	3.6	13.5	9.0	16.3	15.7	17.3	10.1	12.4
oR3/4	12.5	17.6	6.5	18.7	5.6	5.9	2.9	3.1	6.5	5.8	5.5
oR4/3	6.5	8.9	2.5	9.2	8.6	4.0	9.1	8.8	9.7	5.4	7.0
oR4/4	7.6	14	3	14.3	8.0	4.6	5.9	5.7	5.3	5.2	5.4
oR4/5	10.9	22.1	6.3	23	7.7	7.1	3.4	3.9	4.3	7.0	6.3
oR5/5	6.8	21.7	3.8	22	10.3	7.8	6.2	6.5	0.6	8.1	7.5
oR5/6	5.4	17.6	4.9	18.2	10.7	7.4	7.5	7.7	3.0	8.2	6.3
oR6/3	4.5	8.4	1.6	8.6	10.7	8.0	10.9	10.6	10.3	7.3	8.7
oR6/4	3.7	9.4	0.5	9.4	11.5	7.0	11.1	10.8	10.1	8.0	9.0
oR6/5	3.3	7.2	1.3	7.3	12.0	7.3	12.6	12.3	12.2	8.9	10.2
oR7/4	3.6	6.7	1.5	6.9	11.8	7.0	12.7	12.4	12.6	9.4	10.2
oR8/3	3	4	0.6	4.1	13.1	8.5	15.6	15.1	16.3	9.8	12.2

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red ,Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 4 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกในเทอม ΔE*94(ต่อ)

	ΔE*94										
	▲E*94										
sample	R5/3	R5/4	R5/5	R5/6	R6/3	R6/5	R7/3	R7/4	R8/2	slpR2/3	slpR3/3
R2/2	7.8	13.7	13.5	12.6	8.5	11.5	11.4	11.8	14.3	3.2	4.2
R3/2	5.7	13.4	11.9	10.0	6.6	7.9	6.9	7.6	9.8	6.6	1.6
R3/4	4.7	6.7	8.1	8.4	5.3	8.9	10.5	10.0	14.0	4.2	4.7
R4/3	4.7	7.3	8.5	8.7	5.3	8.9	10.4	10.0	13.9	3.7	4.3
R4/5	4.4	2.5	1.7	2.9	4.1	5.3	7.8	6.6	11.3	10.1	7.2
R5/1	5.4	12.8	11.9	10.4	6.0	8.4	7.9	8.4	11.0	4.9	1.8
R5/2	4.2	9.9	10.2	9.5	4.9	8.2	9.0	8.9	12.5	3.2	3.3
R5/3	0.0	6.7	6.2	5.3	0.7	4.3	6.2	5.4	10.2	7.1	4.1
R5/4	5.2	0.0	3.3	4.8	5.0	6.6	9.1	7.9	12.4	10.0	8.0
R5/5	5.3	3.4	0.0	1.9	5.0	4.9	7.5	6.1	10.8	11.7	8.4
R5/6	5.2	5.2	2.1	0.0	4.6	3.7	6.2	4.7	9.6	11.9	8.0
R6/3	0.7	6.4	5.6	4.8	0.0	3.7	5.0	4.9	9.9	7.8	4.7
R6/5	4.3	8.1	5.9	4.1	3.7	0.0	3.6	1.8	7.7	11.3	7.3
R7/3	6.0	13.5	10.9	8.3	6.6	4.3	0.0	2.3	4.9	12.2	7.5
R7/4	5.5	10.5	8.0	5.7	5.0	1.9	2.1	0.0	6.4	12.1	7.6
R8/2	13.6	22.7	19.2	15.9	13.6	11.3	0.0	0.0	0.0	17.0	11.9
slpR2/3	7.1	11.4	12.3	12.1	7.8	11.3	12.1	12.05	15.3	0.0	5.4
slpR3/3	4.4	11.2	10.2	8.8	5.0	7.4	7.4	7.64	10.7	5.4	0
slpR4/3	3.0	6.7	7.7	7.7	3.6	7.2	8.9	8.31	12.6	4.8	4.4
slpR4/4	2.9	3.3	4.2	4.7	2.9	5.8	8.1	7.11	11.8	7.8	5.7
slpR5/4	3.4	3.8	2.8	2.7	2.8	3.5	6.4	5.04	10.2	10.0	7.0
slpR5/5	4.8	2.3	1.8	3.0	4.3	4.8	7.6	6.21	11.1	10.0	8.2
slpR6/3	7.2	14.0	11.5	8.9	7.0	4.7	0.8	2.85	5.4	12.5	7.8
slpR6/5	6.1	11.2	8.4	5.9	5.7	2.7	2.0	1.01	6.0	12.5	7.8
slpR6/6	4.6	4.0	1.6	1.4	4.0	3.7	6.5	5.03	10.1	11.3	7.9
slpR7/4	10.0	17.6	14.5	11.6	9.8	7.4	2.8	5.15	2.6	14.5	9.5
slpR8/3	13.5	22.5	19.1	15.7	13.5	11.2	5.9	8.64	0.1	16.9	11.8
stpR2/3	9.5	14.1	14.0	14.3	10.2	13.6	13.9	14.12	16.8	2.7	6.6
stpR3/3	4.9	8.8	9.9	9.9	5.6	9.2	10.4	10.10	13.9	2.6	4.6
stpR4/4	1.5	4.8	5.1	5.0	1.0	4.9	7.2	6.20	11.0	7.4	5.1
stpR5/4	3.9	8.2	6.3	4.5	3.3	0.7	3.6	1.98	7.0	10.8	7.0
stpR5/5	5.5	2.1	2.5	3.7	4.8	5.2	0.0	6.64	11.4	11.1	8.6
stpR5/6	5.1	2.8	2.6	3.5	4.6	4.7	7.6	6.13	11.0	11.3	8.6
stpR6/4	6.1	12.0	9.4	7.0	5.7	3.0	1.1	1.15	5.7	12.1	7.6
stpR6/5	6.3	12.0	9.4	7.0	5.9	3.0	1.3	1.13	5.6	12.4	7.8
stpR6/6	4.5	4.6	3.7	3.5	3.8	3.3	6.5	4.82	10.0	11.1	8.2
stpR7/3	11.3	19.6	16.4	13.3	11.2	9.0	4.0	6.59	1.6	15.3	10.2
stpR8/3	12.1	20.8	17.6	14.4	12.0	9.8	4.7	7.40	1.2	16.7	10.7
RP/PR2/1	11.8	19.0	18.6	17.3	12.5	15.1	14.1	14.92	16.1	6.3	8.0
RP/PR2/3	7.3	12.0	13.0	12.6	7.9	11.2	11.8	11.83	14.9	2.5	6.2
RP/PR3/3	5.3	11.3	11.6	10.8	5.9	8.8	9.2	9.30	12.5	3.8	4.4
RP/PR4/2	4.5	10.3	10.6	9.8	5.0	7.6	8.3	8.23	11.7	5.2	5.0
RP/PR4/3	6.7	11.0	12.2	11.9	7.2	10.2	11.1	11.00	14.3	4.0	6.6
RP/PR4/5	5.0	7.3	8.8	8.9	5.5	7.4	9.2	8.50	12.5	8.5	8.2
RP/PR5/3	3.6	9.7	9.1	7.8	3.6	4.7	5.5	5.24	9.3	8.1	5.7
RP/PR5/6	5.7	6.3	6.6	6.6	5.2	5.1	7.4	6.27	10.7	11.3	9.3
RP/PR6/3	9.4	17.7	14.9	12.1	9.3	7.6	3.0	5.52	3.6	13.1	8.4
RP/PR6/4	5.2	8.8	8.0	7.0	4.7	3.7	5.3	4.44	8.8	11.1	8.4
RP/PR6/6	4.3	5.7	4.2	3.4	3.6	2.3	5.5	3.88	9.3	11.2	8.0
RP/PR7/4	11.2	19.8	16.7	13.7	11.2	9.1	4.1	6.77	2.1	14.9	10.0
RP/PR8/2	11.7	20.5	17.5	14.4	11.7	9.7	4.6	7.31	1.9	15.2	10.3
oR3/4	5.8	7.5	8.1	8.3	6.4	9.5	10.0	10.38	14.0	5.0	4.8
oR4/3	5.3	12.4	10.0	7.7	5.3	5.0	3.3	4.05	6.0	5.0	4.5
oR4/4	2.1	7.5	6.0	4.6	2.1	4.0	5.4	4.70	9.0	8.2	3.9
oR4/5	5.3	4.0	5.9	6.7	5.6	8.5	10.3	9.61	13.6	7.3	6.0
oR5/5	4.0	2.5	1.9	2.8	3.7	4.9	7.5	6.20	11.1	9.9	7.0
oR5/6	4.4	5.6	2.9	1.4	4.0	3.8	6.0	4.78	9.5	10.9	6.9
oR6/3	6.3	12.4	10.6	8.0	6.4	4.6	1.4	2.85	5.3	11.7	6.6
oR6/4	6.4	12.7	10.0	7.5	6.1	3.6	0.6	1.70	5.3	12.2	7.4
oR6/5	8.1	15.1	12.1	9.3	7.9	5.0	1.5	3.56	4.0	13.2	8.0
oR7/4	5.3	15.6	12.6	9.8	8.2	6.1	1.9	4.04	3.9	13.1	7.9
oR8/3	11.1	19.5	16.4	13.3	11.1	9.0	4.0	6.62	1.9	14.9	9.8

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red ,Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 4 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกในเทอม ΔE*94(ต่อ)

	Input										
	Input										
sample	slpR4/3	slpR4/4	slpR5/4	slpR5/5	slpR6/3	slpR6/5	slpR6/6	slpR7/4	slpR8/3	stpR2/3	stpR3/3
R2/2	6.8	9.8	11.4	13.3	11.7	11.9	12.5	13.0	14.2	2.9	5.0
R3/2	6.9	9.1	9.5	12.0	7.2	7.6	10.4	8.4	9.7	7.5	6.8
R3/4	2.6	4.1	6.7	7.5	10.9	10.3	7.8	12.4	13.9	6.3	2.7
R4/3	2.5	4.5	7.0	7.9	10.8	10.3	8.1	12.4	13.9	5.9	12.3
R4/5	5.9	2.5	2.3	1.8	8.5	6.8	2.2	9.6	11.2	12.2	8.0
R5/1	5.7	8.6	9.4	11.8	8.1	8.6	10.5	9.6	11.0	6.1	4.9
R5/2	2.8	6.3	7.7	9.5	9.2	9.3	9.0	10.9	12.4	5.6	1.9
R5/3	3.0	3.3	3.8	5.6	6.7	5.9	4.9	6.4	10.1	9.4	4.9
R3/4	5.9	2.9	3.4	2.2	9.7	8.3	3.7	0.9	12.4	12.1	7.8
R5/5	7.4	4.1	2.7	1.8	8.2	6.3	1.5	9.1	10.7	13.8	9.5
R5/6	7.6	4.7	2.7	3.2	7.0	4.8	1.4	7.8	9.5	14.0	9.7
R6/3	3.6	3.2	3.0	5.1	6.3	5.4	4.3	8.0	9.8	10.2	5.6
R6/5	7.2	6.1	3.9	5.9	4.1	2.5	4.2	5.7	7.7	13.5	9.3
R7/3	9.7	10.2	9.5	11.1	0.8	2.1	8.9	2.6	4.9	14.0	10.8
R7/4	8.5	8.0	6.0	8.1	2.7	1.0	6.2	4.2	6.3	14.1	10.2
R8/2	16.5	18.1	16.6	19.8	6.6	9.1	16.9	3.0	0.1	17.8	16.7
slpR2/3	4.9	8.2	10.2	11.6	12.3	12.5	11.6	13.9	15.3	2.7	2.6
slpR3/3	5.1	7.2	8.0	10.2	7.8	7.6	9.0	9.2	10.6	0.8	5.0
slpR4/3	0.0	3.6	5.5	6.7	9.2	8.8	8.9	10.9	12.5	7.3	2.3
slpR4/4	3.5	0.0	3	3.4	8.7	7.5	3.8	10.1	11.6	10.1	3.5
slpR5/4	5.4	2.8	0	2.0	7.0	5.5	1.6	8.5	10.2	12.3	7.7
slpR5/5	6.4	3.4	1.8	0.0	8.2	6.7	1.7	9.4	11.1	13.2	8.8
slpR6/3	10.0	10.7	9.0	11.8	0.0	2.8	9.5	3.0	5.3	14.2	11.1
slpR6/5	9.1	8.6	6.6	8.8	2.6	0.0	6.7	13.8	6.0	14.4	10.7
slpR6/6	6.8	3.8	1.5	1.8	7.2	5.3	0.0	8.3	10.0	13.5	9.0
slpR7/4	12.9	13.8	12.2	15.0	3.2	4.6	12.4	0.0	2.9	15.9	13.6
slpR8/3	16.4	17.9	16.5	19.7	6.5	8.0	16.8	2.9	10.0	17.7	16.6
stpR2/3	7.6	10.7	12.8	14.3	14.2	14.4	14.0	15.6	18.8	0.0	5.4
stpR3/3	2.5	5.7	7.8	9.0	10.7	10.8	8.1	12.4	13.8	5.2	10.0
stpR4/4	2.7	1.8	2.7	4.2	7.6	6.7	4.2	9.3	11.0	9.8	5.0
stpR5/4	6.8	5.9	3.9	6.0	4.0	2.8	4.5	5.8	7.8	13.1	8.7
stpR5/5	6.6	3.6	2.4	0.9	8.5	7.1	2.5	9.8	11.4	13.4	6.8
stpR5/6	6.7	3.8	2.1	1.1	8.1	6.6	2.2	9.3	10.9	13.6	8.9
stpR6/4	9.0	6.0	7.2	9.6	1.6	1.3	7.5	3.4	5.6	14.1	10.4
stpR6/5	9.2	9.2	7.3	9.6	1.7	1.3	7.6	3.4	5.6	14.4	10.7
stpR6/6	6.4	4.2	1.8	2.5	6.8	5.4	2.4	8.2	9.9	13.5	8.7
stpR7/3	14.1	15.4	13.9	16.9	4.5	6.0	14.2	1.2	1.6	16.3	14.6
stpR8/3	14.9	16.4	14.9	18.0	5.3	6.9	15.3	1.9	1.2	16.7	15.2
RP/PR2/1	10.9	14.7	16.0	18.3	14.2	15.1	17.2	15.2	16.1	4.4	8.8
RP/PR2/3	5.1	8.8	10.5	12.0	11.9	12.4	12.0	13.6	14.9	4.3	3.1
RP/PR3/3	4.1	7.7	8.8	10.7	9.3	9.8	10.3	11.1	12.5	5.9	3.0
RP/PR4/2	3.7	7.0	7.7	9.6	8.3	8.6	9.2	10.2	11.7	7.5	3.7
RP/PR4/3	4.5	8.1	9.5	11.0	11.1	11.8	11.1	12.9	14.3	6.3	3.3
RP/PR4/5	5.0	8.0	6.3	7.1	9.3	9.3	7.8	11.0	12.4	11.0	6.3
RP/PR5/3	5.0	6.6	8.0	8.2	5.6	6.0	7.4	2.6	9.3	10.9	6.2
RP/PR5/6	6.9	6.0	4.5	5.1	7.6	7.1	5.5	9.2	10.7	13.8	8.9
RP/PR6/3	11.9	13.5	12.2	15.1	3.1	5.3	12.8	2.2	3.5	14.3	12.4
RP/PR6/4	7.0	7.0	5.4	7.0	5.4	5.4	6.4	7.1	8.8	13.5	8.8
RP/PR6/6	6.6	4.7	2.2	3.5	6.0	4.6	2.7	7.4	9.2	13.6	8.9
RP/PR7/4	13.9	15.5	14.0	17.0	4.4	6.3	14.5	1.9	2.1	15.9	14.3
RP/PR8/2	14.4	16.1	14.7	17.8	4.9	6.8	15.2	2.2	1.9	16.2	14.7
oR3/4	5.1	5.2	7.5	8.2	11.4	10.5	8.1	12.5	13.9	7.0	5.2
oR4/3	7.9	8.7	7.9	10.4	3.9	3.8	8.3	5.0	6.7	11.3	9.8
oR4/4	4.8	4.3	4.1	6.1	6.0	4.9	4.7	7.5	9.2	10.2	6.4
oR4/3	4.9	3.4	5.8	5.9	10.9	9.8	6.3	12.1	13.6	9.0	5.9
oR5/5	5.6	2.2	1.8	1.8	8.2	6.6	1.9	9.4	11.0	12.1	7.7
oR5/6	6.9	4.3	3.9	3.9	6.8	4.8	2.2	7.8	9.4	12.9	8.9
oR6/3	9.4	9.9	8.5	11.0	2.0	2.3	8.8	3.0	5.2	13.3	10.5
oR6/4	9.3	9.5	7.8	10.3	1.3	1.5	8.1	3.0	5.2	14.0	10.6
oR6/5	11.0	11.5	10.0	12.6	1.8	2.0	10.2	1.7	3.9	14.6	12.0
oR7/4	11.2	11.9	10.4	13.1	2.1	3.3	10.7	1.7	3.9	14.3	12.1
oR8/3	13.9	15.3	13.8	16.8	4.3	6.0	14.2	1.4	1.9	15.9	14.4

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 4 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกในเทอม ΔE*94(ต่อ)

	ΔE*94										
	ΔE*94										
sample	stpR4/4	stpR5/4	stpR5/5	stpR5/6	stpR6/4	stpR6/5	stpR6/6	stpR7/3	stpR8/3	RP/PR2/1	RP/PR2/3
R2/2	8.8	11.0	14.0	13.8	11.6	11.9	12.7	13.5	13.5	4.3	4.8
R2/2	7.6	7.6	12.9	12.4	7.3	7.6	10.7	8.7	9.0	7.7	7.2
R3/4	4.3	8.5	7.8	8.0	10.5	10.5	8.1	12.9	13.2	8.7	5.5
R4/3	4.5	8.6	8.3	8.4	10.2	10.5	8.3	12.8	13.1	8.2	5.1
R4/5	3.6	5.4	2.6	2.9	7.3	7.4	3.8	10.2	10.6	13.9	10.7
R5/1	7.0	7.9	12.6	12.0	8.1	8.5	10.4	9.9	10.2	6.5	5.3
R5/2	5.0	7.6	10.0	9.7	8.9	9.2	8.7	11.3	11.6	7.0	3.3
R5/3	1.7	5.9	6.3	5.9	5.8	6.1	4.7	9.0	9.3	10.8	7.3
R5/4	4.1	6.5	2.1	2.8	8.6	8.7	4.2	11.4	11.8	13.9	10.4
R5/5	4.5	5.2	2.5	2.6	6.9	7.0	3.5	9.8	10.2	15.4	12.2
R5/6	5.0	4.1	4.0	3.7	5.6	5.6	3.5	8.6	9.1	15.3	12.3
R6/3	1.6	3.3	5.8	5.3	5.4	5.8	4.0	8.7	9.0	11.5	7.9
R6/5	4.9	0.7	6.6	3.8	2.7	2.7	3.8	6.5	7.0	14.5	11.1
R7/3	8.4	4.2	12.0	11.1	1.2	1.3	8.7	3.5	4.0	14.0	12.0
R7/4	6.6	2.1	8.6	8.1	1.1	1.1	6.0	5.1	5.6	14.7	11.8
R8/2	15.9	11.2	21.0	19.8	7.4	7.4	16.9	1.7	1.3	16.2	16.7
slpR2/3	7.5	10.6	12.0	12.0	12.1	12.4	11.4	14.3	14.5	5.2	2.5
slpR3/3	5.9	7.1	11.0	10.8	7.6	7.9	9.3	9.6	9.9	7.8	6.3
slpR4/3	2.7	6.7	7.0	6.9	8.6	8.8	8.5	11.4	11.7	9.1	5.0
slpR4/4	1.7	5.5	3.8	3.8	7.7	7.9	4.2	10.7	11.1	11.9	6.3
slpR5/4	2.7	3.5	2.7	2.2	5.9	5.9	1.8	9.1	9.3	13.8	10.2
slpR5/5	3.9	4.9	0.9	1.1	6.9	7.0	2.4	10.1	10.4	14.7	11.2
slpR6/3	8.9	4.6	12.4	11.5	1.6	1.7	9.1	4.0	4.5	14.2	12.0
slpR6/5	7.3	3.0	9.6	8.9	1.3	1.3	3.8	4.7	5.3	15.0	12.4
slpR6/6	4.1	3.9	2.7	2.4	5.9	5.9	2.4	9.0	9.3	14.9	11.6
slpR7/4	11.9	7.4	16.0	13.0	3.9	3.9	12.4	1.1	1.8	15.2	14.2
slpR8/3	15.8	11.1	20.8	19.7	7.3	7.3	16.7	1.7	1.2	16.2	16.6
stpR2/3	10.1	13.1	14.8	14.7	14.4	14.4	14.0	15.9	16.0	3.8	4.4
stpR3/3	5.0	8.6	9.4	5.3	10.2	10.5	8.8	12.8	13.0	7.2	3.0
stpR4/4	0.0	4.5	4.7	4.5	6.7	6.9	3.8	9.9	10.2	11.8	7.5
stpR5/4	4.6	0.0	6.7	5.9	2.7	2.8	5.8	8.6	7.0	13.9	10.6
stpR5/5	4.3	5.2	0.0	0.7	7.3	7.4	2.5	10.4	10.7	14.9	11.3
stpR5/6	4.2	4.8	0.8	0.0	6.9	6.9	1.9	10.0	10.4	15.1	11.3
stpR6/4	7.5	3.0	10.4	9.6	0.0	0.3	7.3	4.3	4.8	14.0	11.8
stpR6/5	7.6	3.1	10.4	9.5	0.3	0.0	7.2	4.3	4.8	14.7	12.1
stpR6/6	3.9	3.3	2.7	3.0	5.6	5.6	0.0	8.9	9.3	14.8	10.9
stpR7/3	13.4	6.9	16.0	16.9	5.3	5.3	14.2	0.0	0.8	15.3	14.9
stpR8/3	14.3	9.7	19.1	16.0	6.0	6.0	15.1	0.8	0.0	15.4	15.3
RP/PR2/1	13.2	14.5	19.0	18.6	14.5	14.8	17.1	15.3	15.4	0.0	6.5
RP/PR2/3	7.7	10.6	12.4	12.2	11.8	12.0	11.3	13.9	14.0	5.5	0.0
RP/PR3/3	6.2	9.2	11.2	10.6	9.2	9.5	9.5	11.4	11.6	6.7	2.6
RP/PR4/2	5.3	7.0	10.0	9.3	8.2	8.4	8.1	10.6	10.7	8.2	3.9
RP/PR4/3	6.9	9.6	11.1	10.9	11.0	11.2	10.0	13.2	13.3	7.1	2.0
RP/PR4/5	5.0	6.9	6.8	6.5	8.7	6.9	3.9	11.6	11.6	12.0	7.4
RP/PR5/3	4.6	4.0	8.6	8.0	5.2	5.4	6.0	8.1	8.3	11.0	7.2
RP/PR5/6	5.2	4.8	4.8	4.2	6.7	6.8	3.1	9.7	9.9	14.8	10.6
RP/PR6/3	11.4	7.3	16.1	15.1	4.2	4.3	12.4	2.3	2.4	13.4	12.6
RP/PR6/4	5.5	3.3	7.2	6.4	4.7	4.7	4.4	7.7	7.9	14.1	10.1
RP/PR6/6	4.1	2.3	3.9	5.1	3.7	4.7	1.2	8.3	8.3	14.9	11.0
RP/PR7/4	13.3	8.9	18.1	17.0	5.4	5.4	14.2	1.2	1.0	14.7	14.3
RP/PR8/2	13.9	9.5	18.8	17.8	5.9	5.9	14.9	1.3	0.8	16.8	14.7
oR3/4	5.9	9.3	8.8	3.0	10.7	10.9	9.2	13.0	13.3	9.4	7.7
oR4/3	7.1	4.6	11.4	10.7	3.7	4.0	8.8	3.5	6.0	11.6	10.1
oR4/4	3.3	3.8	7.0	6.6	5.1	5.3	5.4	8.1	6.5	11.5	6.7
oR4/3	4.7	8.4	6.3	6.7	10.1	10.5	7.4	12.6	13.0	11.2	8.7
oR5/5	3.2	3.0	2.4	2.5	7.0	7.1	5.3	10.0	10.4	13.7	10.4
oR5/6	4.5	4.1	0.8	4.6	5.6	5.6	4.2	6.5	9.0	14.3	11.5
oR6/3	8.2	4.5	12.0	11.2	2.1	2.3	9.0	3.8	4.4	13.4	11.7
oR6/4	7.9	3.6	11.2	10.3	0.6	0.8	8.0	3.9	4.4	14.2	11.9
oR6/3	9.9	5.7	13.6	12.7	2.5	2.6	10.3	2.6	3.3	14.3	13.0
oR7/4	10.2	6.1	14.1	13.2	3.0	3.1	10.6	2.5	3.1	14.3	12.0
oR8/3	13.3	8.9	17.9	16.9	5.3	5.4	14.2	0.6	1.1	14.8	14.6

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red ,Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 4 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกในเทอม ΔE*94(ต่อ)

	Input										
	Input										
sample	RP/PR3/3	RP/PR4/2	RP/PR4/3	RP/PR4/5	RP/PR5/3	RP/PR5/6	RP/PR6/3	RP/PR6/4	RP/PR6/6	RP/PR7/4	RP/PR8/2
R2/2	4.9	6.6	6.6	12.1	8.9	13.9	11.6	12.1	12.3	12.9	13.0
R3/2	5.3	6.0	8.1	11.9	6.4	12.5	7.2	9.5	8.8	8.5	8.6
R3/4	5.1	5.6	5.6	7.6	7.2	9.2	11.4	9.4	8.4	12.7	12.8
R4/3	4.7	5.3	5.5	7.7	7.0	9.4	11.2	9.4	8.6	12.6	12.7
R4/5	9.0	8.4	10.1	7.9	7.1	6.5	8.5	7.3	4.3	10.4	10.8
R5/1	3.4	4.5	6.1	10.5	5.8	11.7	8.1	9.1	9.7	9.5	9.7
R5/2	1.7	2.6	3.6	7.4	5.0	9.3	9.5	8.0	8.4	10.9	11.1
R5/3	5.2	4.4	6.7	6.3	3.5	6.3	7.5	5.3	4.4	9.8	9.0
R5/4	9.0	8.4	9.7	7.0	7.5	6.0	10.5	7.6	5.1	11.5	11.7
R5/5	10.3	9.6	11.5	8.7	7.8	6.5	9.4	7.3	3.9	10.1	10.3
R5/6	10.2	9.4	11.6	9.1	7.3	6.8	8.3	6.7	5.4	8.9	9.2
R6/3	5.8	4.9	7.2	6.2	3.5	5.8	7.3	4.9	3.7	8.5	6.6
R6/5	8.7	7.6	10.2	8.1	4.7	5.9	5.8	3.8	2.5	6.6	6.9
R7/3	9.3	8.6	11.5	11.8	5.9	10.4	2.7	6.5	7.3	3.6	3.9
R7/4	9.3	8.3	11.1	9.8	5.3	7.9	4.6	4.8	4.6	5.3	5.6
R8/2	14.1	14.0	17.0	19.8	11.9	18.7	3.8	13.3	15.0	2.2	1.9
slpR2/3	3.8	5.2	4.1	9.3	8.1	11.8	12.4	11.1	11.3	13.8	14.0
slpR3/3	4.5	5.2	7.0	10.3	5.9	11.0	8.0	8.6	8.7	9.4	9.5
slpR4/3	3.7	3.5	4.4	5.3	4.8	7.1	9.7	7.0	6.6	11.1	11.3
slpR4/4	6.8	6.3	7.7	6.2	5.8	6.0	9.5	6.8	4.7	10.7	10.9
slpR5/4	8.2	7.3	9.3	6.4	5.4	4.6	8.2	5.1	2.1	9.1	9.4
slpR5/5	9.4	8.5	10.3	7.0	6.8	5.0	9.3	6.3	3.2	10.1	10.4
slpR6/3	9.4	6.8	11.5	11.9	5.9	10.5	2.8	6.4	7.6	6.8	4.2
slpR6/5	9.9	8.9	11.8	10.9	6.1	8.9	3.5	5.9	5.4	5.1	5.4
slpR6/6	9.6	8.7	10.8	7.9	6.7	5.8	8.5	6.0	2.6	9.2	9.5
slpR7/4	11.6	11.1	14.1	15.5	8.7	14.1	2.2	9.5	10.7	1.8	2.1
slpR8/3	14.0	13.9	16.9	19.7	11.9	18.5	3.8	13.2	14.9	2.2	1.9
stpR2/3	5.9	7.6	6.4	12.2	10.5	14.7	14.0	13.7	13.9	15.4	15.5
stpR3/3	2.8	3.6	5.2	6.7	6.1	9.1	10.9	8.6	8.9	12.4	12.5
stpR4/4	3.8	5.0	6.8	5.2	4.3	5.4	8.5	5.5	4.1	9.7	9.9
stpR5/4	8.1	7.0	9.6	7.8	4.0	5.7	5.6	3.4	2.62	6.6	6.8
stpR5/5	9.5	8.6	10.3	6.7	7.0	4.6	9.6	8.3	3.5	10.4	10.7
stpR5/6	9.5	8.5	10.3	6.3	6.6	4.1	9.2	5.7	2.6	10.1	10.3
stpR6/4	9.2	8.3	11.2	10.6	5.4	9.0	3.6	5.4	5.8	4.4	4.8
stpR6/5	9.5	8.5	11.4	10.7	5.5	8.9	3.7	5.3	5.8	4.4	4.9
stpR6/6	8.9	7.7	9.8	6.0	5.4	3.2	8.1	4.1	1.1	9.9	9.2
stpR7/3	12.3	12.0	15.0	17.1	9.8	15.9	2.3	11.0	12.4	1.2	1.3
stpR8/3	12.7	12.5	15.4	17.9	10.3	6.8	2.5	11.6	13.4	1.0	0.8
RP/PR2/1	7.2	9.0	8.6	15.6	11.6	17.8	12.4	15.2	16.4	14.7	14.7
RP/PR2/3	2.6	3.9	2.0	8.1	7.2	11.1	11.9	10.2	11.2	13.3	15.4
RP/PR3/3	0.0	1.7	2.6	7.4	4.8	9.8	9.4	8.0	9.2	10.8	11.0
RP/PR4/2	1.7	0.0	2.9	5.8	3.3	7.9	8.8	6.3	7.8	10.0	10.2
RP/PR4/3	2.4	2.9	0.0	6.2	6.0	9.3	11.2	6.7	10.0	12.8	12.7
RP/PR4/5	6.1	4.8	5.8	0.0	4.6	3.9	19.8	5.1	6.2	11.0	11.2
RP/PR5/3	4.8	3.3	6.1	5.7	0.0	6.0	8.2	3.3	5.3	7.5	7.8
RP/PR5/6	8.7	7.2	9.1	3.9	5.1	0.0	8.6	3.2	3.5	9.5	9.7
RP/PR6/3	9.9	9.6	12.5	14.6	7.5	13.8	0.0	9.0	10.8	1.8	1.9
RP/PR6/4	7.9	6.3	8.7	5.4	3.3	3.6	6.4	0.0	3.7	7.4	7.7
RP/PR5/6	8.9	7.6	9.9	6.4	5.0	3.7	7.4	3.6	0.0	8.2	8.4
RP/PR7/4	11.7	11.5	14.4	16.7	9.3	15.7	1.6	10.7	12.5	0.0	0.4
RP/PR8/2	12.1	11.9	14.8	17.4	9.8	16.4	2.0	11.3	13.1	0.4	0.0
oR3/4	7.2	7.8	8.4	10.3	8.9	11.2	11.8	11.1	9.4	12.9	13.1
oR4/3	7.7	7.4	10.2	11.7	5.8	11.0	4.5	7.8	7.5	5.7	5.9
oR4/4	6.6	6.1	8.5	8.5	4.9	7.8	7.0	6.3	4.9	9.1	9.4
oR4/3	7.9	8.0	8.6	9.0	8.5	9.4	11.5	10.0	7.8	12.6	12.6
oR5/5	8.7	8.0	9.7	7.4	6.6	6.0	9.2	6.8	3.8	10.2	10.4
oR5/6	9.4	8.8	11.0	9.2	6.9	7.4	8.0	7.0	3.9	9.8	9.0
oR6/3	9.1	8.6	11.5	12.3	6.2	11.0	3.2	7.3	7.5	4.1	4.4
oR6/4	9.3	8.5	11.4	11.3	5.7	9.8	3.3	5.0	6.5	4.1	4.4
oR6/5	10.4	9.9	12.8	13.7	7.4	12.3	2.7	8.2	9.8	3.1	3.4
oR7/4	10.4	10.0	12.9	14.1	7.7	12.8	2.6	8.7	9.3	3.0	3.3
oR8/3	12.0	11.8	14.8	17.1	9.7	16.0	2.3	11.1	12.5	1.4	1.9

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red ,Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 4 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกในเทอม ΔE*94(ต่อ)

	ΔE*94										
	Input										
sample	oR3/4	oR4/3	oR4/4	oR4/5	oR5/5	oR5/6	oR6/3	oR6/4	oR6/5	oR7/4	oR8/3
R2/2	6.7	8.6	8.1	9.9	11.7	11.3	10.7	11.5	12.0	11.7	12.8
R3/2	7.7	4.0	5.1	10.4	10.4	8.6	6.0	7.0	7.3	7.0	8.2
R3/4	3.0	8.1	5.6	3.6	6.2	7.5	9.9	10.3	11.2	11.1	12.5
R4/3	3.1	8.0	5.6	4.2	6.6	7.7	9.9	10.3	11.2	11.1	12.4
R4/5	6.4	6.8	4.3	4.3	0.6	2.8	7.4	7.4	8.5	8.5	10.0
R5/1	7.3	5.4	5.5	9.9	10.2	9.1	7.3	8.0	8.5	8.2	9.5
R5/2	6.0	6.9	5.5	7.6	8.3	8.5	8.5	8.9	9.9	9.8	11.0
R5/3	6.0	4.6	2.1	6.0	4.6	4.5	5.9	6.0	7.1	7.2	8.7
R5/4	7.0	8.1	5.7	4.5	2.3	4.9	6.8	6.6	9.8	9.9	11.3
R5/5	6.0	7.0	5.0	5.9	1.9	2.6	7.3	7.1	8.0	8.2	9.7
R5/6	8.3	5.9	4.3	6.8	2.9	1.3	5.9	5.6	6.7	6.9	6.5
R6/3	6.5	4.6	2.1	6.2	4.2	4.1	5.6	5.6	6.8	6.9	8.4
R6/5	9.7	4.5	3.9	9.1	5.6	4.0	3.9	3.1	4.6	4.9	6.5
R7/3	11.9	3.3	5.9	12.9	10.3	7.6	1.4	0.6	1.5	1.8	3.5
R7/4	10.8	4.0	4.6	10.9	7.6	5.4	2.7	1.6	3.1	3.5	5.2
R8/2	18.4	7.8	12.3	20.8	18.5	14.9	6.3	6.7	4.8	4.5	2.0
slpR2/3	6.2	9.7	8.2	8.3	10.4	11.0	11.5	12.1	12.9	12.7	13.9
slpR3/3	5.8	4.5	4.1	8.2	8.7	7.5	6.6	7.4	8.0	7.8	9.1
slpR4/3	5.2	7.0	4.7	5.4	5.8	6.9	8.5	8.7	9.8	9.8	11.1
slpR4/4	5.2	6.6	3.7	3.5	2.2	4.2	7.7	7.8	8.9	9.0	10.5
slpR5/4	7.5	5.9	3.7	5.9	1.8	2.8	6.3	6.1	7.3	7.4	9.0
slpR5/5	8.0	7.2	5.0	5.8	1.6	3.5	7.5	7.2	8.4	8.5	9.9
slpR6/3	12.5	3.9	6.5	13.5	10.8	8.3	2.0	1.3	1.7	2.0	3.7
slpR6/5	11.0	3.7	5.0	11.2	8.2	5.5	2.2	1.4	2.5	2.9	4.7
slpR6/6	8.1	6.2	4.3	6.3	1.9	2.1	6.4	6.1	7.2	7.4	8.9
slpR7/4	14.8	5.2	8.8	16.5	14.0	10.8	3.2	3.3	1.8	1.7	1.3
slpR8/3	18.2	7.7	12.2	20.7	18.4	14.8	6.2	6.6	4.6	4.4	1.9
stpR2/3	7.6	11.3	10.2	10.4	12.9	13.2	13.3	14.0	14.6	14.3	15.4
stpR3/3	5.4	8.3	6.4	6.6	8.0	8.9	10.0	10.3	11.3	11.2	12.4
stpR4/4	5.8	5.8	3.1	5.0	3.3	4.5	6.9	6.9	8.1	8.2	9.7
stpR5/4	6.5	4.3	3.8	9.1	5.7	4.3	3.9	3.2	4.7	5.0	6.6
stpR5/5	8.4	7.7	5.6	6.2	2.3	4.3	7.9	7.7	8.7	8.9	10.3
stpR5/6	6.6	7.5	5.5	6.6	2.5	4.2	7.6	7.2	8.3	6.6	9.9
stpR6/4	11.4	3.7	5.3	11.9	9.0	6.6	2.0	0.6	2.3	2.7	4.3
stpR6/5	11.6	4.0	5.5	12.1	9.0	6.6	2.2	0.6	2.4	2.8	4.4
stpR6/6	9.1	6.7	4.9	7.5	3.3	4.1	6.6	6.0	7.3	7.5	8.9
stpR7/3	16.1	6.0	10.1	18.1	15.8	12.5	4.3	4.6	2.9	2.7	0.6
stpR8/3	17.0	6.7	10.9	19.2	16.8	13.5	5.1	5.4	3.7	3.5	1.1
RP/PR2/1	11.9	11.7	12.2	15.3	16.8	15.9	13.4	14.3	14.5	14.2	14.8
RP/PR2/3	8.3	9.9	8.8	9.9	11.1	11.7	11.5	11.8	12.7	12.6	13.6
RP/PR3/3	7.9	7.5	6.7	9.5	9.7	9.8	9.0	9.2	10.2	10.1	11.1
RP/PR4/2	8.4	7.1	6.2	9.3	8.8	9.1	8.2	8.3	9.4	9.3	10.3
RP/PR4/3	8.8	9.6	8.4	9.7	10.3	11.2	10.9	11.1	12.1	12.0	13.0
RP/PR4/5	9.9	9.0	7.5	9.0	7.3	8.8	9.5	9.0	10.3	10.4	11.4
RP/PR5/3	9.4	5.4	4.9	9.7	7.7	7.4	5.8	5.5	6.8	6.9	8.0
RP/PR5/6	10.9	8.2	6.9	9.4	5.9	7.0	8.0	7.2	8.5	8.8	9.8
RP/PR6/3	14.4	4.8	8.5	16.3	14.1	11.2	3.5	3.7	2.8	2.7	2.2
RP/PR6/4	11.2	6.7	6.2	10.6	7.3	7.1	6.1	5.1	6.6	6.9	7.8
RP/PR6/6	9.4	6.1	4.6	8.0	3.9	3.9	5.8	5.1	6.5	6.8	8.2
RP/PR7/4	16.2	6.2	10.2	18.3	16.0	12.8	4.6	4.8	3.4	3.2	1.4
RP/PR8/2	16.7	6.6	10.7	18.9	16.7	13.4	5.0	5.3	3.8	3.6	1.5
oR3/4	0.0	8.0	5.6	3.0	6.6	7.2	9.9	10.6	11.2	11.1	12.5
oR4/5	9.1	0.0	3.8	10.8	9.1	6.5	2.2	3.3	3.5	3.4	5.1
oR4/4	5.9	3.3	0.0	6.3	4.6	3.4	4.7	5.1	6.1	6.1	7.8
oR4/5	2.8	8.1	5.4	0.0	4.5	6.0	9.6	10.1	10.8	10.8	12.3
oR5/5	6.5	6.5	4.0	4.5	0.0	2.8	7.2	7.2	8.2	8.3	9.9
oR5/6	7.2	5.1	3.2	6.1	2.9	0.0	5.5	5.7	6.5	6.6	8.3
oR6/5	11.1	2.2	5.2	12.3	10.0	7.2	0.0	1.5	1.6	1.5	3.6
oR6/4	11.5	3.3	5.4	12.3	9.5	6.9	1.5	0.0	1.8	2.2	3.9
oR6/5	12.7	3.6	6.8	14.1	11.6	8.6	1.6	1.9	0.0	0.5	2.5
oR7/4	12.8	3.5	7.0	14.3	12.0	8.9	1.6	2.3	0.5	0.0	2.3
oR8/3	15.7	5.7	9.8	17.9	15.7	12.3	4.1	4.6	2.8	2.5	0.0

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red ,Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 5 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกกับพลอยชุด 6 และชุด 9 ในเทอม ΔE*94

					ΔE*94						
					Input						
sample	L*	a*	b*	C*	6D	61	62	63	64	65	66
R2/2	15.1	9.8	2.2	10.0	11.4	10.7	10.5	10.2	9.0	9.8	8.0
R3/2	10.5	8.3	2.3	8.6	6.9	6.8	6.9	7.0	6.2	8.3	7.0
R3/4	12.7	18.3	2.8	18.5	10.7	8.7	9.0	7.3	6.2	5.8	5.9
R4/3	12.9	17.5	2.5	17.5	10.6	8.7	8.1	7.3	6.2	5.7	4.0
R4/5	6.8	22.3	4.5	22.8	8.1	5.7	4.9	4.2	4.2	4.1	4.6
R5/1	11.7	9.3	0.9	9.3	8.0	7.5	7.4	7.4	6.4	7.8	6.2
R5/2	12.3	13.2	-0.3	13.2	6.2	7.7	7.3	6.8	5.6	5.8	4.0
R5/3	8.5	15.4	1	15.4	6.6	4.1	3.5	2.8	1.6	2.3	1.5
R5/4	7.6	26.3	3.4	26.5	9.4	7.1	6.2	5.6	5.4	4.4	4.8
R5/5	5.1	22.7	4.9	23.2	7.8	5.6	4.8	4.4	4.8	3.0	5.9
R5/6	4.4	19.1	4.5	19.6	6.5	4.3	3.6	3.3	4.1	5.0	5.9
R6/3	7.8	15.8	0.9	15.8	6.2	3.6	2.9	2.2	1.1	1.9	1.8
R6/5	4.2	14.5	0.6	14.5	4.2	1.2	1.0	1.6	2.8	4.3	5.4
R7/3	3.8	8.6	0.3	8.6	0.9	3.2	4.2	5.2	5.7	8.1	8.4
R7/4	3.5	11.8	0.6	11.8	2.8	1.4	2.2	3.2	4.1	6.1	6.9
R8/2	1.9	2.3	0.2	2.3	5.4	10.0	11.1	12.4	12.7	15.7	15.6
slpR2/3	15.5	13.6	0.3	13.6	12.3	10.8	10.4	9.9	8.7	8.4	6.6
slpR3/3	10.9	10.5	2.5	10.8	7.5	6.6	6.4	6.2	5.2	6.8	5.4
slpR4/3	11.2	17.3	0.1	17.3	9.2	7.0	6.4	5.7	4.6	3.6	1.9
slpR4/4	8.8	20.6	2.6	20.7	8.4	6.0	5.1	4.3	3.6	2.8	2.4
slpR5/4	6.1	19.9	1.9	20	6.9	4.1	3.4	2.5	2.8	2.5	3.7
slpR5/5	5.8	23.5	2.8	23.7	8.0	5.5	4.8	4.1	4.4	3.8	4.9
slpR6/3	3.7	8.3	-0.5	8.8	1.2	3.6	4.7	5.7	6.1	8.4	8.8
slpR6/5	3.2	11	1.5	11.1	2.3	2.0	2.8	3.8	4.6	6.9	7.5
slpR6/6	5	20.4	3.3	20.6	6.9	4.4	3.6	3.1	3.7	4.0	5.1
slpR7/4	2.5	5.5	0.4	5.5	2.3	6.3	7.3	8.5	8.9	11.6	11.7
slpR8/3	1.9	2.4	0.3	2.4	5.3	9.9	11.0	12.3	12.6	15.6	15.4
stpR2/3	17.6	11.4	1.3	11.5	14.0	12.9	12.6	12.2	11.0	11.0	9.3
stpR3/3	13.3	15.8	-0.2	15.8	10.7	8.8	8.3	7.7	6.5	5.8	4.1
stpR4/4	8.8	18.2	1	18.2	7.8	5.0	4.2	3.4	2.5	1.4	1.0
stpR5/4	4.7	14.3	0.1	14.3	4.2	1.1	0.9	1.5	2.4	3.9	5.0
stpR5/5	5.9	24.9	2.1	25	8.4	5.9	5.3	4.6	4.8	4.0	5.1
stpR5/6	5.4	23.8	1.5	23.8	8.0	5.5	4.9	4.2	4.6	3.7	5.1
stpR6/4	3.6	10.2	0.2	10.2	1.9	2.1	3.1	4.1	4.7	7.0	7.5
stpR6/5	3.3	10.3	0.1	10.3	2.0	2.2	3.2	4.2	4.9	7.1	7.7
stpR6/6	5	20.6	0.2	20.6	6.9	4.2	3.5	3.1	3.6	3.0	4.6
stpR7/3	2.5	4.1	0.2	4.1	3.4	7.8	8.8	10.0	10.3	13.2	13.1
stpR8/3	2.5	3.4	-0.3	3.4	4.1	6.5	9.6	10.8	11.1	14.0	13.9
RP/PR2/1	17.7	6.1	-0.4	6.2	14.0	14.0	14.1	14.0	12.9	13.9	12.2
RP/PR2/3	15	13.3	-2.6	13.5	12.1	10.7	10.4	9.9	8.8	8.2	6.7
RP/PR3/3	12.5	12.2	-2.2	12.4	9.5	8.2	8.0	7.7	6.6	6.5	5.1
RP/PR4/2	11.1	13.4	-3.1	13.8	8.7	7.1	7.0	6.6	5.6	5.2	4.3
RP/PR4/3	13.7	15	-4.1	15.5	11.4	9.9	9.6	9.1	8.0	7.1	5.9
RP/PR4/5	9.1	21.8	-5.5	22.5	9.7	7.6	7.2	6.8	6.2	4.2	4.6
RP/PR5/3	7.8	13.3	-2.9	13.6	6.1	4.3	4.3	4.3	3.7	3.9	4.1
RP/PR5/6	5.4	22.1	-3.9	22.4	8.1	5.8	5.4	5.1	5.3	3.9	5.4
RP/PR6/3	4.3	5.3	-1	5.4	2.7	6.2	7.3	8.4	8.5	11.1	11.0
RP/PR6/4	5	16	-3.9	16.5	6.1	4.0	4.1	4.2	4.5	4.2	5.6
RP/PR6/6	4.6	18.6	0.1	18.6	6.1	3.3	2.7	2.4	3.2	3.1	4.7
RP/PR7/4	3.1	4	-0.9	4.1	3.6	7.7	8.9	10.0	10.2	13.0	13.0
RP/PR8/2	3.1	3.5	-0.9	3.6	4.1	8.2	9.5	10.6	10.8	13.6	13.5

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red ,Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 5 ค่าคำนวณของความต่างของสีของตัวอย่างพลาสติกกับพลอยชุด 6 และชุด 9 มาตรฐานในเทอม ΔE*94 (ต่อ)

	Input								
	Input								
sample	**67**	**9D**	**91**	**92**	**93**	**94**	**95**	**95**	**97**
R2/2	6.4	10.9	9.9	10.5	9.8	10.8	9.4	10.7	11.4
R3/2	3.8	6.4	6.6	7.5	7.2	8.8	6.8	9.0	9.9
R3/4	4.1	10.0	7.2	7.4	6.4	6.1	6.1	6.5	6.2
R4/3	3.8	10.0	7.3	7.5	6.5	6.4	6.2	6.7	6.5
R4/5	6.7	7.3	4.1	4.1	3.4	1.7	3.6	4.6	1.8
R5/1	4.5	7.5	7.1	7.7	7.4	8.9	7.0	8.4	9.8
R5/2	2.1	8.7	6.9	7.1	6.5	7.4	6.0	6.4	7.6
R5/3	2.8	5.8	2.9	3.0	2.3	3.4	1.8	3.1	3.9
R5/4	6.8	8.7	5.7	5.4	4.7	3.6	4.8	4.9	2.7
R5/5	8.0	7.1	4.5	4.2	3.9	2.5	4.2	5.2	2.6
R5/6	7.9	5.8	3.1	3.2	3.1	2.3	3.5	5.2	3.1
R6/3	3.4	5.5	2.4	2.3	1.6	3.0	1.2	2.6	3.3
R6/5	6.7	3.5	2.1	1.5	2.6	4.2	2.9	4.1	4.7
R7/3	8.4	1.0	5.1	5.4	6.3	8.4	6.3	8.1	9.5
R7/4	7.7	2.2	3.2	3.3	4.3	6.1	4.4	5.9	6.9
R8/2	14.6	6.4	12.1	12.7	13.6	16.4	13.5	15.8	17.8
slpR2/3	5.0	11.7	9.8	10.1	9.3	9.8	8.9	9.2	10.0
slpR3/3	4.5	6.9	5.9	6.6	6.1	7.3	5.7	7.6	8.2
slpR4/3	1.7	8.6	5.9	5.8	5.0	5.4	4.6	4.4	5.2
slpR4/4	4.5	7.7	4.3	4.3	3.3	2.5	3.2	3.6	2.1
slpR5/4	5.8	6.2	2.8	2.4	1.9	1.4	2.1	2.7	0.9
slpR5/5	7.0	7.4	4.3	3.9	3.6	2.4	3.8	3.9	1.6
slpR6/3	8.6	1.7	5.7	5.9	6.8	9.0	6.8	8.3	9.9
slpR6/5	8.3	1.8	3.7	3.9	4.8	6.6	5.0	6.9	7.6
slpR6/6	7.2	6.2	3.2	2.9	2.7	1.8	3.1	4.1	1.9
slpR7/4	11.3	3.2	8.3	8.7	9.7	12.0	9.6	11.6	13.3
slpR8/3	14.5	6.3	12.0	12.6	13.5	16.2	13.4	15.6	17.6
stpR2/3	7.6	13.5	12.0	12.4	11.7	12.2	11.2	11.9	12.6
stpR3/3	2.8	10.1	7.8	7.9	7.1	7.5	6.7	6.6	7.5
stpR4/4	3.2	6.8	3.6	3.4	2.5	2.8	2.2	2.4	2.6
stpR5/4	6.1	3.6	2.0	1.4	2.5	4.3	2.6	3.7	4.8
stpR5/5	7.1	7.8	4.9	4.4	4.1	3.2	4.3	4.0	2.1
stpR5/6	7.1	7.4	4.6	3.9	3.9	3.1	4.0	3.6	2.1
stpR6/4	7.9	1.5	4.1	4.3	5.2	7.2	5.3	6.9	8.1
stpR6/5	8.1	1.7	4.3	4.4	5.4	7.3	5.4	6.9	8.2
stpR6/6	6.5	6.3	3.6	2.7	2.9	3.1	3.2	2.5	2.3
stpR7/3	12.4	4.4	9.7	10.5	11.2	13.7	11.1	13.2	15.0
stpR8/3	13.0	5.2	10.6	11.2	12.1	14.6	11.9	14.0	15.9
RP/PR2/1	9.9	13.8	13.9	14.4	14.0	15.4	13.5	14.6	16.1
RP/PR2/3	4.6	11.6	10.1	10.1	9.6	10.4	9.1	8.8	10.4
RP/PR3/3	2.7	9.1	7.8	7.9	7.5	8.8	7.0	7.0	8.9
RP/PR4/2	2.0	8.3	6.9	6.8	6.5	7.9	6.1	5.6	7.9
RP/PR4/3	3.8	11.0	9.4	9.2	8.8	9.7	8.3	7.5	9.4
RP/PR4/5	4.6	9.3	7.4	6.6	6.5	7.3	6.3	3.9	6.3
RP/PR5/3	3.4	5.7	4.8	4.4	4.6	6.5	4.3	3.8	6.5
RP/PR5/6	6.6	7.7	5.8	4.8	5.2	5.9	5.2	2.9	4.8
RP/PR6/3	10.1	3.5	8.2	8.7	9.5	12.0	9.4	11.1	13.1
RP/PR6/4	6.1	5.8	5.0	4.0	4.8	6.4	4.8	3.4	6.0
RP/PR6/6	6.5	5.5	3.0	2.0	2.6	3.3	2.9	2.6	2.9
RP/PR7/4	12.0	4.7	9.9	10.4	11.3	13.8	11.1	13.0	15.0
RP/PR8/2	12.5	5.1	10.4	11.0	11.9	14.4	11.7	13.7	15.7

R, slpR, stpR ,RP/PR, oR (Red, slightly purplish Red, strongly purplish Red ,Red purple/Purple red ; 2/2(tone/saturation)

ตาราง 6 ค่าคำนวณของความต่างของสีตัวอย่างของพลอยชุด 6 และชุด 9 ในเทอม ΔE*94(การทดลองที่ 1)

					ΔE*94													
					ΔE*94													
sample	L*	a*	b*	C*	6D	61	62	63	64	65	66	67	6D	61	92	63	64	95	96	97
6D	3.8	7.7	0.9	7.8	0	3.8	4.9	5.9	6.2	8.9	9.1	9.0	1.0	5.6	6.2	7.0	9.1	6.9	9.0	10.3
61	4.7	12.7	0.7	12.8	3.3	0.0	1.0	1.9	2.7	4.8	5.5	6.4	2.6	2.1	2.1	3.0	4.9	3.1	4.8	5.7
62	5.1	14	1.1	14	4.1	1.0	0.0	1.1	2.0	3.9	4.7	5.9	3.4	1.2	1.1	2.0	3.8	2.2	4.0	4.7
63	5.7	15.2	1.3	15.3	4.8	1.9	1.0	0.0	1.2	3.1	3.9	5.4	4.1	0.8	0.4	1.1	2.9	1.2	3.3	3.6
64	6.9	15	1.2	15.1	5.3	2.6	1.9	1.2	0.0	2.6	2.9	4.3	4.6	1.4	1.5	1.1	3.0	0.7	3.0	3.6
65	7.7	18.4	-0.4	18.4	7.2	4.5	3.7	3.0	2.4	0.0	1.8	3.6	6.5	3.5	2.9	2.4	3.2	2.2	1.0	2.6
66	9.3	17.4	0.3	17.4	7.8	5.3	4.7	3.9	2.9	1.8	0.0	2.3	7.1	4.1	4.0	3.2	3.8	2.8	2.7	3.6
67	10.7	15	-1.2	15	8.4	6.4	5.9	5.4	4.3	3.7	2.3	0.0	7.8	5.6	5.5	5.0	6.0	4.6	4.3	6.0
9D	4.2	8.8	1.3	8.9	0.9	2.9	3.9	4.8	5.2	7.9	8.1	8.2	0.0	4.6	5.1	5.9	8.0	5.8	8.0	9.1
91	5.8	14.7	2.2	14.9	4.7	2.0	1.2	0.8	1.4	3.7	4.2	5.6	4.0	0.0	1.2	1.3	2.9	1.4	4.0	3.8
92	5.5	15.7	1.1	15.7	5.0	2.0	1.1	0.4	1.5	3.0	4.0	5.5	4.3	1.2	0.0	1.1	2.8	1.4	3.0	3.4
93	6.4	16.4	1.8	16.5	5.7	2.9	1.9	1.1	1.1	2.5	3.2	5.0	4.9	1.2	1.1	0.0	1.9	0.5	2.9	2.7
94	6.6	19.1	3.5	19.5	6.8	4.3	3.4	2.7	2.7	3.2	3.7	5.8	6.2	2.6	2.7	1.8	0.0	2.0	3.7	1.4
95	6.8	16.1	1.6	16.2	5.7	3.0	2.2	1.2	0.7	2.3	2.8	4.5	5.0	1.4	1.4	0.5	2.2	0.0	2.8	2.9
96	7	18.7	-1.3	18.7	7.0	4.3	3.7	3.1	2.8	1.0	2.7	4.2	6.4	3.8	2.9	2.8	3.8	2.7	0.0	3.0
97	6.7	20.9	2.3	21.1	7.4	4.8	4.1	3.2	3.1	2.6	3.4	5.6	6.8	3.3	3.1	2.5	1.4	2.6	2.9	0.0

ตาราง 7 ค่าคำนวณความต่างของสีตัวอย่างของพลอยชุด 6 และชุด 9 ในเทอม ΔE*94 (การทดลองที่ 2)

					Input														
					Input														
sample	L*	a*	b*	C	6D	61	62	63	64	63	66	67	9D	91	92	93	94	95	96	97
6D	7.8	8.3	-1.1	8.4	0.0	4.1	4.4	5.7	5.4	7.8	8.1	9.3	2.0	6.4	5.4	6.1	5.5	8.3	7.0	8.9
61	9.5	13.2	-2.5	13.4	3.6	0.0	0.7	1.5	1.9	3.8	4.6	6.3	2.1	2.7	1.6	2.0	1.8	4.4	2.9	5.2
62	9.5	13.8	-1.9	13.9	3.8	0.8	0.0	1.3	1.9	3.8	4.7	6.4	2.2	2.1	1.2	1.8	1.7	4.1	3.1	5.4
63	10.3	15.2	-2.3	15.4	4.8	1.4	1.2	0.0	1.4	2.8	3.7	5.6	3.3	1.4	0.6	0.7	1.1	3.0	2.2	4.5
64	11.4	13.7	-2.4	-9.8	5.0	4.4	1.9	1.4	0.0	2.3	2.8	4.5	3.3	2.1	1.3	1.2	0.4	2.8	2.3	3.8
66	12.6	16	-4.3	16.6	6.8	3.7	3.8	2.8	2.2	0.0	1.5	3.1	5.3	3.3	3.0	2.2	2.3	2.4	1.5	1.8
66	13.9	15.2	-3.5	15.5	7.5	4.6	4.6	3.7	2.8	1.5	0.0	2.0	6.0	3.8	5.7	3.1	2.9	2.2	2.9	2.1
67	15.5	14.3	-4.8	15	8.9	6.3	6.4	5.6	4.5	3.1	2.0	0.0	7.5	5.9	5.6	5.0	4.8	4.1	4.4	2.3
6D	8.9	10.5	-1.1	10.5	1.9	2.2	2.4	3.7	3.4	5.8	6.2	7.7	0.0	4.2	3.4	4.0	3.5	6.2	5.1	7.1
91	10.8	16	-0.8	16	5.4	2.6	2.1	1.4	2.0	3.3	3.8	5.8	3.7	0.0	1.1	1.5	1.7	2.4	3.3	5.2
92	10.5	14.7	-1.6	14.8	4.7	1.6	1.2	0.7	1.3	3.1	3.7	5.7	3.1	1.1	0.0	1.0	0.9	2.9	2.8	4.8
93	10.8	15.4	-2.6	15.6	5.3	1.9	1.8	0.7	1.1	2.2	3.1	5.0	3.6	1.5	1.0	0.0	0.8	2.5	1.8	3.9
94	11.2	14.2	-2.2	14.4	5.0	1.8	1.7	1.1	0.4	2.4	3.0	4.8	3.3	1.7	0.9	0.9	0.0	2.6	2.3	4.0
95	13	17.2	-1.6	17.3	7.2	4.3	4.0	3.0	2.7	2.3	2.1	4.0	5.7	2.4	2.9	2.5	2.5	0.0	3.3	3.9
92	11.2	15.8	-4.9	16.6	6.0	2.6	3.0	2.2	2.1	1.5	2.9	4.4	4.6	3.3	2.7	1.8	2.2	3.4	0.0	2.6
97	13.6	15.7	-6.2	16.9	7.9	5.1	5.3	4.5	3.7	1.8	2.1	2.2	6.6	5.1	4.7	3.9	3.9	3.9	2.6	0.0

ตาราง 8 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลอยสังเคราะห์ในเทอม ΔE*94

					ΔE*94																		
					ΔE*94																		
sample	L*	a*	b*	C*	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11	s12	s13	s14	s15	s16	s17	s18	s19	s20
s1	3.7	21.0	3.3	21.2	0.0	2.8	9.3	1.1	7.4	2.8	4.9	2.9	9.1	1.7	3.7	1.8	2.6	1.1	1.0	2.5	1.8	3.0	3.9	2.3
s2	2.3	16.4	2.6	16.6	3.0	0.0	13.2	3.0	5.2	0.3	2.3	4.9	7.1	4.7	6.9	4.1	5.3	3.7	2.4	5.1	4.3	5.1	6.5	2.1
s2	7.2	36.5	9.4	37.7	7.2	9.3	0.0	7.4	12.7	9.5	10.8	7.7	13.9	6.3	4.8	7.5	6.9	7.3	8.0	7.0	7.2	7.9	7.0	9.0
s4	2.9	21.1	4.3	21.5	1.1	2.7	9.3	0.0	7.2	2.8	4.6	3.9	8.9	2.6	4.1	2.6	3.3	1.9	1.7	3.3	2.7	3.9	4.8	2.8
s5	0.9	7.8	2.2	8.1	10.2	6.5	22.6	10.1	0.0	6.5	3.6	11.7	2.5	12.1	14.7	11.3	12.9	11.1	9.4	12.7	11.7	12.3	13.9	8.4
s6	2.1	16.4	2.3	16.5	3.1	0.3	13.3	3.1	5.2	0.0	2.4	4.8	7.1	5.0	7.1	4.0	5.3	3.9	2.4	5.1	4.3	5.0	6.5	2.0
s7	1.6	12.6	2.6	12.9	5.8	2.3	16.7	5.7	8.1	2.6	0.0	7.5	5.3	7.6	9.9	6.9	8.3	6.6	5.1	8.1	7.2	7.9	9.4	4.4
s8	4.8	22.5	0	22.5	2.8	4.5	9.8	3.9	8.6	4.5	6.3	0.0	10.0	2.1	3.5	1.3	1.6	2.0	2.8	1.4	1.4	0.8	1.6	2.8
s9	0.7	4.5	1.5	4.7	14.0	10.0	28.0	14.1	2.8	10.0	6.9	15.5	0.0	16.1	19.1	15.3	17.1	15.1	13.2	16.8	15.7	16.2	18.0	12.0
s10	4.9	23.3	2.8	23.5	1.7	4.2	7.9	2.6	8.6	4.5	6.2	2.1	10.1	0.0	1.9	1.6	1.6	1.4	2.3	1.5	1.3	2.3	2.5	3.3
s11	5.7	26.7	3.8	27	3.4	5.8	5.7	3.8	9.9	6.0	7.6	3.3	11.3	1.8	0.0	3.1	2.5	3.0	3.9	2.5	2.8	3.4	2.8	5.0
s12	3.7	22.6	1.3	22.6	1.7	3.8	9.2	2.6	8.1	3.6	5.6	1.5	6.6	1.6	3.3	0.0	1.1	0.7	1.5	1.0	0.4	1.3	2.4	2.2
s18	4.1	24.7	1.2	24.7	2.5	4.6	8.2	3.2	8.8	4.5	6.5	1.5	10.3	1.6	2.6	1.1	0.0	1.5	2.5	0.2	0.8	1.2	1.6	3.1
s14	3.7	22.4	2.2	22.6	1.1	3.3	9.0	1.9	7.8	3.5	5.4	2.0	9.4	1.4	3.1	0.7	1.6	0.0	1.4	1.4	0.7	2.0	2.9	2.2
s19	3.3	20.1	2.2	20.2	1.0	2.3	10.4	1.7	7.0	2.3	4.4	2.8	8.6	2.4	4.3	1.8	2.7	1.4	0.0	2.5	1.8	2.8	3.9	1.4
s16	4.2	24.3	1.2	24.3	2.3	4.5	8.3	3.2	8.8	4.4	6.4	1.4	10.2	1.5	2.6	1.0	0.2	1.4	2.4	0.0	0.7	1.1	1.6	3.0
s17	4.0	23	1.5	23	1.8	3.9	8.8	2.6	8.3	3.9	5.9	1.4	9.8	1.3	2.9	0.4	0.9	0.7	1.7	0.7	0.0	1.3	2.1	2.5
s18	4.2	23.5	-0.2	23.5	3.0	4.5	9.4	3.8	8.7	4.5	6.4	0.8	10.1	2.3	3.6	1.3	1.2	2.0	2.6	1.1	1.3	0.0	1.5	2.8
s19	5.3	25.5	-0.1	25.5	3.7	5.6	8.3	4.6	9.7	5.6	7.5	1.5	11.0	2.4	2.9	2.3	1.6	2.8	3.7	1.6	2.1	1.4	0.0	4.1
s20	2.8	18.7	0.8	18.7	2.4	2.0	12.0	2.9	6.5	1.9	3.9	2.9	8.1	3.5	5.6	2.3	3.5	2.4	1.4	3.4	2.7	3.1	4.5	0.0

ตาราง 9 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลอยสังเคราะห์กับพลอยชุด 6 และชุด 9 ในเทอม ΔE*94

					ΔE*94															
					Input															
sample	L*	a*	b*	C*	6D	61	62	63	64	63	66	67	9D	91	92	93	94	93	96	97
s1	3.7	21	3.3	21.2	7.0	4.7	4.1	3.8	4.7	5.0	6.3	6.3	6.4	3.9	3.6	3.7	3.1	4.2	3.9	5.1
s2	2.3	16.4	2.6	16.6	5.3	3.5	5.3	3.6	4.8	6.0	7.3	9.0	4.8	3.6	3.4	3.1	4.6	4.0	5.0	5.1
s3	7.2	36.5	9.4	37.7	11.7	10.0	5.3	8.9	8.8	8.9	8.7	10.4	11.2	8.7	6.0	8.2	7.0	8.4	8.9	6.8
s4	2.9	21.1	4.3	21.5	7.2	5.2	4.7	4.6	5.5	6.1	7.3	9.3	6.6	4.5	4.3	4.5	3.9	5.0	6.0	4.1
s5	0.9	7.8	2.2	8.1	3.1	5.4	6.3	7.3	8.1	10.7	11.2	11.6	3.5	7.1	7.3	8.4	10.1	8.5	10.0	11.2
s6	2.1	16.4	2.3	16.5	5.4	3.6	3.4	3.8	4.9	6.1	7.4	9.1	4.9	3.8	3.5	4.3	4.8	4.7	5.0	5.4
s7	1.6	12.6	2.6	12.9	4.0	3.5	3.9	4.6	5.7	7.6	8.5	9.0	3.6	4.4	4.6	5.5	6.5	5.7	7.5	7.4
s8	4.8	22.5	0	22.5	7.5	5.0	4.3	3.9	4.4	3.6	5.2	7.0	7.0	4.4	3.5	3.7	3.7	4.0	3.1	2.7
s9	0.7	4.5	1.5	4.7	4.1	7.9	9.0	10.2	10.7	13.6	13.8	13.5	5.0	3.9	10.5	11.4	13.6	11.4	13.6	14.8
s10	4.9	23.3	2.8	23.5	7.7	5.3	4.7	4.1	4.6	4.3	5.5	7.6	7.2	4.3	3.9	3.7	3.8	4.0	4.2	2.2
s11	5.7	26.7	3.8	27	8.9	6.6	5.9	5.4	5.6	5.0	5.9	8.0	8.3	5.5	5.1	4.0	3.6	5.0	3.1	2.9
s12	3.7	22.6	1.3	22.6	7.5	5.1	4.5	4.2	5.0	4.7	6.2	8.2	6.9	4.6	3.9	4.2	3.9	4.5	4.2	3.2
s13	4.1	24.7	1.2	24.7	8.1	5.8	5.2	4.6	5.4	4.8	6.3	8.2	7.0	5.2	4.5	4.0	4.2	4.0	4.5	3.3
s14	3.7	22.4	2.2	22.6	7.4	5.0	4.0	4.2	4.9	4.8	6.2	8.2	6.9	4.4	4.0	4.1	3.5	4.5	4.5	3.1
s15	3.3	20.1	2.2	20.2	6.6	4.3	3.7	3.6	4.5	3.9	6.3	6.3	6.0	3.9	3.5	3.7	3.5	4.1	4.6	3.4
s16	4.2	24.3	1.2	24.3	4.0	5.0	5.0	4.7	5.3	4.6	6.1	8.1	7.5	5.0	4.3	4.4	4.0	4.0	4.5	3.2
s17	4	23	1.5	23	7.6	5.2	4.0	4.3	4.0	4.6	6.0	6.0	7.0	4.6	3.9	4.1	3.7	4.0	4.2	3.0
s18	4.2	23.5	-0.2	23.5	7.8	5.4	4.8	4.5	5.1	4.3	5.9	7.7	7.3	5.0	4.1	4.4	4.3	4.7	3.7	5.4
s19	5.3	25.5	-0.1	25.5	8.5	6.1	5.4	5.0	5.5	4.1	5.5	7.3	8.0	5.4	4.6	4.6	4.3	4.0	3.7	3.2
s20	2.8	18.7	0.8	18.7	6.1	3.8	3.4	3.5	4.6	5.0	6.5	8.3	5.6	3.9	3.2	3.9	4.3	4.3	4.5	4.2

ตาราง 10 ค่าคำนวณความต่างของสีตัวอย่างธรรมชาติในเทอม ΔE*94

					Input																	
	L*	a*	b*	C*	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20
N1	2	12.1	2	12.2	0.0	1.2	3.9	6.1	1.0	6.9	2.8	7.2	4.1	2.8	2.9	3.4	7.8	3.8	5.0	2.9	0.7	1.7	4.2	2.1
N2	2.5	13.2	1.1	13.3	1.1	0.0	4.5	4.9	1.1	5.7	1.9	6.3	4.7	3.5	3.6	4.2	6.5	4.5	5.7	3.7	1.2	0.8	4.8	2.8
N3	1.2	6.3	1.2	6.4	4.6	5.5	0.0	11.0	4.4	11.3	6.0	12.3	0.7	1.4	1.2	0.8	12.7	0.7	1.4	1.3	4.1	6.4	0.4	2.2
N4	4.1	19.5	-1.6	19.5	5.3	4.3	8.0	0.0	4.9	2.5	3.6	4.6	7.8	6.9	7.2	7.8	1.8	8.2	8.7	7.4	5.3	3.9	8.2	6.6
N5	2.4	11.7	1	11.7	1.0	1.2	3.9	5.8	0.0	6.9	2.1	7.2	3.8	2.8	2.8	3.4	7.5	3.8	4.8	2.9	0.6	1.7	4.1	2.0
N6	6.6	18.7	-1.3	18.7	6.4	5.4	8.9	2.5	5.9	0.0	4.2	3.9	6.7	7.8	8.2	8.8	1.8	9.1	9.6	8.4	6.5	5.0	9.1	7.6
N7	3.8	13	-0.5	13	2.8	1.9	5.2	4.2	2.1	4.6	0.0	6.3	5.0	4.0	4.4	5.0	5.6	5.4	6.1	4.6	2.6	2.1	5.4	3.8
N8	6.7	20.1	3.7	20.5	6.5	5.8	9.2	4.8	6.3	3.8	5.5	0.0	9.2	8.3	8.6	8.9	4.8	9.2	10.2	8.5	6.7	5.1	9.4	7.9
N9	1.4	6.1	0.5	6.1	4.9	5.8	0.7	11.0	4.5	11.3	6.0	12.5	0.0	1.7	1.5	1.2	12.7	1.4	1.2	1.7	4.4	6.6	0.6	2.4
N10	1.7	8.0	1.2	8	3.1	4.1	1.4	9.1	2.8	9.5	4.5	10.6	1.6	0.0	0.4	1.0	10.8	1.5	2.6	0.7	2.8	4.7	1.7	0.9
N11	1.3	7.8	1.3	7.9	3.3	4.2	1.1	9.5	3.1	9.9	4.9	10.8	1.4	0.4	0.0	0.8	11.2	1.2	2.5	0.4	2.8	5.0	1.5	1.0
N12	1.0	7.1	1.5	7.3	4.0	4.9	0.8	10.3	3.8	10.7	5.6	11.5	1.2	1.0	0.7	0.0	12.1	0.6	2.1	0.7	5.5	5.7	1.1	1.6
N13	5.6	21.1	-2.4	21.2	6.7	5.7	9.2	1.8	6.3	1.7	4.7	4.8	9.0	8.2	8.5	9.1	0.0	9.4	9.9	8.7	6.8	5.4	9.3	7.9
N14	.01	6.5	1.9	6.7	4.4	5.4	0.7	11.0	4.4	11.3	6.2	12.1	1.4	1.5	1.2	0.8	12.8	0.0	1.7	1.0	4.0	6.3	1.0	2.1
N15	0.9	4.7	0.8	4.7	6.3	7.4	1.5	12.8	6.0	13.0	7.5	14.4	1.3	2.6	2.7	2.2	14.6	1.8	0.0	2.8	5.9	8.1	1.1	3.7
N16	1.3	7.8	1.8	8	3.3	4.2	1.2	9.6	3.2	10.1	5.1	10.7	1.7	0.7	0.4	0.7	11.4	1.0	2.5	0.0	2.9	5.0	1.6	1.0
N17	1.9	11.5	1.3	11.6	0.7	1.3	3.5	6.2	0.6	7.1	2.6	7.6	3.7	3.5	2.5	3.1	8.0	3.5	4.7	2.6	0.0	2.0	3.8	1.7
N18	2.8	14.2	1.5	14.2	1.6	0.8	5.1	4.3	1.6	5.2	2.1	5.5	5.2	3.9	4.2	4.8	6.0	5.1	6.1	4.3	1.9	0.0	5.4	3.4
N19	1.2	5.8	1	5.9	5.1	6.0	0.4	11.5	4.8	11.8	6.4	12.8	0.6	1.6	1.6	1.1	13.2	1.0	1.1	1.7	4.6	6.9	0.0	2.6
N20	1.6	9.0	1.5	9.1	2.3	3.1	2.0	8.4	2.2	9.9	4.0	9.6	2.2	0.8	0.9	1.5	10.1	1.9	3.2	1.0	1.8	3.9	2.3	0.0

ตาราง 11 ค่าคำนวณความต่างของสีของตัวอย่างพลอยธรรมชาติกับพลอยชุด 6 และชุด 9 ในเทอม ΔE*94

					ΔE*94I														
					▲E*94I														
sample	L*	a*	b*	C	9D	61	62	63	64	65	66	67	9D	91	92	93	94	95	96	97
N1	2	12.1	2	12.2	3.5	2.9	3.4	4.2	5.3	7.3	8.2	9.3	3.1	4.2	4.3	5.2	6.7	5.5	7.2	7.5
N2	2.5	13.2	1.1	13.3	3.7	2.2	2.7	3.4	4.5	6.3	7.3	8.5	3.2	3.5	3.4	4.4	5.8	4.7	6.0	6.4
N3	1.2	6.3	1.2	6.4	2.6	6.1	7.2	8.2	8.8	11.5	11.9	11.9	3.8	8.1	8.5	9.4	11.6	9.5	11.5	12.7
N4	4.1	19.5	-1.6	19.5	6.8	4.1	3.7	3.6	4.3	3.8	5.5	7.0	6.2	4.3	3.2	3.9	4.7	4.1	2.9	4.0
N3	2.4	11.7	1	11.7	3.0	2.4	3.1	4.1	5.1	7.0	7.9	8.8	2.7	4.0	4.1	5.1	6.6	5.3	6.8	7.6
N6	6.6	18.7	-1.3	18.7	6.9	4.1	3.5	3.0	2.9	1.3	3.1	4.6	6.3	3.8	2.7	2.8	3.7	2.7	0.4	3.0
N7	3.8	13	-0.5	13	3.6	1.4	2.0	2.8	3.6	5.2	6.2	7.0	3.1	3.2	3.8	3.9	5.7	4.0	4.9	6.1
N8	6.7	20.1	3.7	20.5	7.2	4.6	3.9	3.1	3.1	3.3	3.9	6.0	6.6	3.1	3.1	2.3	0.6	2.5	3.9	1.2
N9	1.4	6.1	0.5	6.1	2.8	6.3	7.2	8.5	9.0	11.8	11.9	11.7	3.6	8.2	8.6	9.6	11.8	9.6	11.5	13.0
N10	1.7	8	1.2	8	2.1	4.7	5.6	6.8	7.4	9.8	10.3	10.6	2.6	6.6	6.8	7.9	9.9	8.0	9.7	11.0
N11	1.3	7.8	1.3	7.9	2.5	5.0	6.0	7.0	7.7	10.2	10.7	11.0	3.0	6.9	7.2	8.2	10.1	8.2	10.2	11.2
N12	1	7.1	1.5	7.3	2.9	5.7	6.7	7.7	8.4	11.0	11.5	11.7	3.5	7.5	7.9	8.9	10.8	8.9	10.3	11.9
N15	5.6	21.1	-2.4	21.2	7.5	5.0	4.5	4.1	4.3	2.9	4.6	6.0	7.0	4.8	3.8	4.1	4.7	4.1	2.0	3.7
N14	1	6.5	1.9	6.7	3.1	8.2	7.2	8.2	6.8	11.6	11.8	12.1	3.7	7.9	8.5	9.4	11.4	9.4	11.6	12.5
N15	0.9	4.7	0.8	4.7	3.8	7.8	8.8	10.1	10.8	13.2	13.4	13.1	4.8	9.8	10.2	11.2	13.6	11.2	13.2	14.9
N16	1.3	7.8	1.8	8	2.6	5.1	6.0	7.0	7.7	10.3	10.8	11.1	3.0	6.8	7.3	8.2	10.0	8.2	10.3	11.1
N17	1.9	11.5	1.3	11.6	3.2	3.0	3.6	4.5	5.5	7.5	9.4	9.4	2.9	4.5	4.6	5.5	7.0	5.8	7.3	7.9
N18	2.8	14.2	1.5	14.2	4.2	2.2	2.3	3.0	4.1	5.7	6.9	8.2	3.6	3.1	2.9	3.9	5.0	4.2	5.5	5.9
N19	1.2	5.8	1	5.9	3.0	8.5	7.6	8.7	9.2	12.0	12.3	12.1	3.8	8.5	9.0	9.9	12.1	9.9	11.9	13.3
N20	1.6	9	1.5	9.1	2.4	4.1	5.0	6.0	6.8	9.2	9.8	10.3	2.6	5.9	6.2	7.1	9.0	7.2	9.1	10.0