การประเมินค่าสีของหมึกพิมพ์และการผลิตภาพสี ในกระบวนการพิมพ์ออฟเซต*

COLORIMETRIC EVALUATION OF PROCESS INKS AND COLOR REPRODUCTION BY AN OFFSET PRINTING PROCESS

ศักดา ศิริพันธุ์
Sakda Siripant

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Faculty of Science, Chulalongkorn University

บทคัดย่อ

หมึกที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์สองชนิดของสองบริษัท (เอ และ บี) ได้ถูกนำมาวิเคราะห์สีโดยใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แล้วนำค่าโครมาติซิตีของแม่สีของหมึกพิมพ์ไปลงจุดเป็นรูปหกเหลี่ยมของสีในไดอะแกรมของ ซีไออี การประเมินค่าสีของหมึกพิมพ์สองชนิดนี้ ใช้พิจารณาดูจากรูปหกเหลี่ยมของสีและเปรียบเทียบกับรูปหกเหลี่ยมของสีของหมึกพิมพ์มาตรฐานที่ผลิตในยุโรป และได้มีการวิจารณ์ถึงประโยชน์ของการนำเอาหมึกพิมพ์แต่ละชนิดไปใช้ในการพิมพ์ภาพสีต่าง ๆ กัน

กราฟแสดงการดูดกลืนแสงสีในสเปกตรัมของหมึกพิมพ์ต่าง ๆ ชี้ให้เห็นว่าหมึกพิมพ์แต่ละสีมีการดูดกลืนแสงสีไม่ถูกต้อง การหาปริมาณการดูดกลืนแสงสีที่ไม่ถูกต้องของหมึกแต่ละสีนั้น ได้คำนวณมาจากค่าความดำที่ปรากฏในฟิล์มแยกสีเนกาติฟ ที่ได้ถ่ายแยกสีจากต้นฉบับซึ่งเป็นรูปสีและแผ่นสีของหมึกที่ใช้พิมพ์ การแก้ความบกพร่องในการดูดกลืนแสงสีของหมึกพิมพ์นี้ใช้วิธีมาสก์โพซิติฟ ต้นฉบับและแผ่นสีของหมึกพิมพ์ได้ถูกนำไปผลิตเป็นภาพพิมพ์สีสี โดยกระบวนการพิมพ์แบบออฟเซตและเมื่อพิจารณาภาพพิมพ์สีสีที่ได้ พบว่าสีในภาพมีการผลิตถูกต้องเหมือนกับสีของต้นฉบับมาก และแสดงว่าระบบการแก้ความบกพร่องในการดูดกลืนแสงสีของหมึกพิมพ์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ให้ผลถูกต้องดี

*โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ABSTRACT

Process inks of two companies (A and B) were analyzed colorimetrically with the aid of a spectrophotometer. Color hexagons were obtained by plotting chromaticities of ink primaries in a CIE (x,y) chromaticity diagram in order to be evaluated and compared with the European standard ink hexagon. Application of each ink is discussed.

Spectrophotometric curves show the effects of incorrect color absorption of ink. The amount of unwanted color absorption of the three primaries was calculated from color separation negative photographed from an original color reflection copy and color patches of that ink. Color correction was made by means of the positive masking method. The analysis and evaluation of a color reproduction process, in which the original and color patches were reproduced by offset lithography, were described. It has been found by visual evaluation that color reproduction of a 4-color proof is satisfactory and the color correction method is valid.

คำนำ

หมึกพิมพ์ภาพสีสีที่ผลิตจากบริษัทต่าง ๆ กันหรือผลิตจากบริษัทเดียวกันแต่ละครั้งอาจมีสี (hue) ผิดเพี้ยนกันหรือมีความอิ่มตัวของสี (color saturation) และความสว่าง – มืด (lightness - darkness) ไม่เท่ากัน ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากผงหรือสารสี (pigment) ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของหมึกพิมพ์นั้นมีคุณภาพแตกต่างกันและอาจขึ้นกับปริมาณผงหรือสารสีที่มีอยู่ในหมึกพิมพ์นั้นด้วย

การนำเอาหมึกพิมพ์จากแต่ละบริษัทหรือหมึกพิมพ์จากบริษัทเดียวกันแต่ผลิตต่างเวลากันมาเปรียบเทียบ เพื่อหาความแตกต่างของสีและความอิ่มตัวของสีจะช่วยให้ผู้ใช้ทราบถึงคุณสมบัติของหมึกพิมพ์ของแต่ละบริษัทว่าหมึกพิมพ์นั้น ๆ เหมาะกับงานชนิดใด ทั้งยังทราบด้วยว่าหมึกพิมพ์ที่ผลิตจากบริษัทเดียวกันแต่ต่างวาระกันนั้นมีคุณสมบัติคงที่หรือไม่

การวิเคราะห์เปรียบเทียบสีของหมึกพิมพ์อาจใช้วิธีง่าย ๆ ที่เรียกว่า "Draw-down test" โดยปาดหมึกพิมพ์ตัวอย่างและหมึกพิมพ์มาตรฐานอย่างละประมาณ ๐.๒ ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงบนกระดาษสีขาวที่ใช้ทดสอบให้ตำแหน่งของหมึกทั้งสองห่างกันประมาณ ๒.๕ เซนติเมตร แล้วใช้เกรียงขูดสีขนาดใหญ่หรือใบมีดทาบบนหมึกทั้งสองและลากหมึกลงมายังส่วนล่างของแผ่นกระดาษ หมึกจะติดเป็นแถบบนกระดาษ ถ้าหมึก

ทั้งสองสีเหมือนกันทุกประการ แถบของหมึกทั้งสองจะปรากฏแก่ตา เห็นผสมกลมกลืนเป็นเนื้อเดียวและจะไม่เห็นรอยต่อของแถบหมึก แต่ถ้าหมึกทั้งสองมีสีต่างกันจะมองเห็นรอยต่อของแถบของหมึกทั้งสองนั้นได้ ผลของการเปรียบเทียบสีดังกล่าวจะถูกต้องแน่นอนก็ต่อเมื่อผู้ทำการทดลองเปรียบเทียบนั้นได้รับการฝึกฝนมาอย่างดีแล้วเท่านั้น และถึงแม้จะทราบว่าสีของหมึกตัวอย่างผิดเพี้ยนไปจากสีของหมึกมาตรฐาน แต่ก็ไม่อาจที่จะกำหนดขอบเขตได้ว่าสีของหมึกตัวอย่างผิดไปจากสีของหมึกมาตรฐานมากน้อยเท่าใด

ในการเปรียบเทียบความเข้มของสี (color strength) ของหมึกพิมพ์สองชนิดอาจทดสอบโดยใช้วิธี "Drawdown test" ได้เช่นกัน แต่เป็นการลำบากที่จะประเมินค่าความแตกต่างเป็นปริมาณตัวเลขจากสิ่งที่ปรากฏแก่ตา ดังนั้นจึงใช้วิธีที่เรียกว่า "Reduction test" โดยใช้หมึกพิมพ์ทึบแสงสีขาวที่ทำด้วย Zinc oxide ๑๐ หน่วยปริมาตรผสมกับหมึกพิมพ์ตัวอย่าง ๑ หน่วยปริมาตรและทำเช่นเดียวกันกับหมึกพิมพ์มาตรฐาน จากนั้นนำหมึกพิมพ์ตัวอย่างและหมึกพิมพ์มาตรฐานที่มีส่วนผสมของหมึกสีขาวแล้วไปเปรียบเทียบกันโดยใช้วิธี Drawdown test ถ้าหากว่าความเข้มของสีของหมึกทั้งสองไม่เท่ากัน หมึกที่มีความเข้มของสีมากกว่าจะต้องถูกเติมด้วยหมึกสีขาวอีกเพื่อลดความเข้มลง ไม่ว่าหมึกตัวอย่างหรือหมึกมาตรฐานเมื่อถูกลดความเข้มลงโดยการเติมหมึกขาวนั้นลงไปอีกไม่เกิน ๕% ของหมึกขาวที่ใส่ลงไปครั้งแรก แล้วมีผลทำให้ความเข้มสีของหมึกตัวอย่างและของหมึกมาตรฐานที่ปรากฏแก่ตาเท่ากันแล้ว อาจกล่าวได้ว่าความเข้มของสีของหมึกทั้งสองชนิดนี้ไม่แตกต่างกัน

การเปรียบเทียบสีและความเข้มของสีของหมึกพิมพ์ตัวอย่างกับหมึกพิมพ์มาตรฐานโดยวิธีการดังกล่าวแล้วข้างต้น เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกอีกทั้งไม่ต้องการอุปกรณ์ที่มีราคาแพง แต่ผลการเปรียบเทียบที่ได้ไม่สู้ดีนัก เพราะการฉาบหมึกลงบนกระดาษโดยวิธีดังกล่าวเพื่อให้มีความหนาเท่ากันนั้นทำได้ยากมาก เมื่อหมึกพิมพ์ตัวอย่างและของมาตรฐานมีความหนาไม่เท่ากัน การเปรียบเทียบความเข้มของสีจึงเชื่อถือไม่ได้ เพราะความเข้มของสีขึ้นอยู่กับความหนาของหมึกพิมพ์ อีกทั้งตามนุษย์ใช้เป็นเครื่องวัดสีไม่สู้ดีนัก ยกเว้นเสียแต่ว่าผู้นั้นได้รับการฝึกฝนมาแล้วเป็นอย่างดี

เพื่อให้ผลการเปรียบเทียบสีและความเข้มของสีมีความถูกต้องแน่นอน ในการวิจัยนี้จะใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อวัดค่าการสะท้อนแสงเป็นเปอร์เซ็นต์ (% Reflectance, % R) ของหมึกแต่ละสีคือสีฟ้า (Cyan, C) สีม่วงแดง (Magenta, M) และสีเหลือง (Yellow, Y) ตลอดจนหาค่า % R ของสีแดง (M + Y) สีเขียว (C + Y) และสีน้ำเงิน (C + M) ด้วย จากนั้นนำค่า % R ของแต่ละสีไปคำนวณหาค่า

๑. Tristimulus values X, Y และ Z ของสีของหมึกพิมพ์แต่ละสีจากสมการ

$$X = \Sigma\ R_\lambda\ H_\lambda\ \bar{X}\lambda$$

$$Y = \Sigma\ R_\lambda\ H_\lambda\ \bar{Y}\lambda$$

$$Z = \Sigma\ R_\lambda\ H_\lambda\ \bar{Z}\lambda$$

R_λ = ค่าการสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์สีต่าง ๆ

H_λ = ค่าการแพร่กระจายพลังงานของกำเนิดแสง Illuminant C

$\bar{X}\lambda$, $\bar{Y}\lambda$ และ $\bar{Z}\lambda$ = Tristimulus value ของสีของสเปกตรัม

๒. Trichromatic coefficient (x,y) ของสีทั้ง ๖ สี จากสมการ

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

จากนี้ นำค่า x, y ของทั้ง ๖ สีที่ได้ไปลงจุดใน CIE chromaticity diagram จะได้รูปหกเหลี่ยมของสีของหมึกพิมพ์แต่ละชนิดซึ่งใช้เปรียบเทียบสีและความอิ่มตัวของสีได้อย่างถูกต้อง หมึกที่มีความเข้มของสีมากจะมีความอิ่มตัวของสีมากด้วย

การวิเคราะห์หา % R ของหมึกพิมพ์สี C, M และ Y โดยใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำให้ทราบจากกราฟแสดงการสะท้อนแสงสีของหมึกพิมพ์ว่า หมึกพิมพ์แต่ละสีมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงสีที่ไม่ถูกต้อง ในการที่จะทราบค่าปริมาณตัวเลขที่หมึกพิมพ์แต่ละสีมีการดูดกลืนแสงสีที่ไม่ถูกต้องนั้นจะต้องทำการถ่ายรูปต้นฉบับ ซึ่งเป็นแถบสีของหมึกพิมพ์โดยใช้ฟิล์มแยกสีขาวดำและถ่ายผ่านฟิลเตอร์ ที่ใช้ในกระบวนการแยกสีแดง เขียว และน้ำเงิน จากนั้นวัดค่าความดำ (density) บนฟิล์มเนกาทิฟ

แยกสีบริเวณที่ตรงกับแถบสีของต้นฉบับ ก็จะทราบค่าปริมาณตัวเลขที่หมึกพิมพ์แต่ละสีมีการดูดกลืนแสงสีที่ไม่ถูกต้องนั้นได้ และข้อมูลตัวเลขที่ได้นี้มีประโยชน์ในการนำไปใช้คำนวณหาค่าความดำและค่าแกมมา (gamma) ซึ่งใช้แสดงคอนทราสต์ของฟิล์มมาสก์ (mask) เพื่อใช้สำหรับแก้ความบกพร่องในการดูดกลืนแสงสีของหมึกพิมพ์ดังกล่าวข้างต้นได้

ภาพพิมพ์สีสีที่ดีควรจะมีสี ความอิ่มตัวของสี และความสว่างเหมือนต้นฉบับเดิม และจะต้องดูดกลืนแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน เหมือนกันกับของต้นฉบับเดิม ถ้านำหมึกพิมพ์ที่มีอยู่ในปัจจุบันไปพิมพ์ภาพสีสีโดยไม่ได้มีการแก้ความบกพร่องในการดูดกลืนแสงสีของหมึกพิมพ์เลย ผลก็คือภาพพิมพ์สีสีที่ได้ จะไม่มีคุณสมบัติที่ดีดังกล่าวข้างต้น ถึงแม้ว่ากระบวนการแยกสี การทำภาพฮาล์ฟโทนและแม่พิมพ์จะได้ทำอย่างถูกต้องแล้วก็ตาม ความบกพร่องในภาพพิมพ์ที่ปรากฏอาจสรุปได้ดังตารางที่ ๑

เหตุที่การผลิตภาพพิมพ์สีสีได้ผลไม่ถูกต้องดังกล่าวข้างต้น เป็นเพราะว่าหมึกพิมพ์สีฟ้านั้นควรจะดูดกลืนแสงสีแดงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ความเป็นจริงแล้วหมึกพิมพ์สีฟ้าที่ใช้ในการพิมพ์ปัจจุบันยังดูดกลืนแสงสีเขียวได้มากพอสมควร และยังดูดกลืนแสงสีน้ำเงินได้อีกนิดหน่อยด้วย ดังนั้นหมึกพิมพ์สีฟ้าจึงกระทำตัวเปรียบเสมือนว่ามีหมึกพิมพ์สีม่วงแดง และสีเหลืองปนอยู่ด้วย การแก้ความบกพร่องดังกล่าวข้างต้นคือจะต้องพิมพ์สีม่วงแดงให้น้อยลง ณ ที่ใดก็ตามที่จะพิมพ์ทับด้วยสีฟ้า (นั่นคือบริเวณที่มี สีฟ้า น้ำเงิน เขียว และเทา ในภาพพิมพ์) การที่จะพิมพ์สีม่วงแดงให้น้อยลงนั้นทำได้โดยเพิ่มความดำให้แก่ฟิล์มเนกาติฟแยกสีเขียว (Green Separation Negative, GSN) และการเพิ่มความดำให้แก่เนกาติฟสีเขียวนั้น จะต้องเพิ่มในอัตราส่วนที่เท่ากับปริมาณหมึกสีม่วงแดง ที่ปนอยู่ในหมึกพิมพ์สีฟ้า วิธีการปฏิบัติในการแก้ความบกพร่องของสีดังกล่าวทำได้โดยผลิตโพซิติฟมาสก์ (positive mask) จากฟิล์มเนกาติฟแยกสีแดง (Red Separation Negative, RSN) และโพซิติฟมาสก์ที่ได้เรียกว่าฟิล์มโพซิติฟแยกสีแดง (Red Separation Positive, RSP) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่ามาสก์สำหรับแม่พิมพ์สีม่วงแดง (magenta mask) จากนั้นนำ RSP ที่ได้ประกบเข้ากับ GSN เมื่อจะทำการผลิตภาพฮาล์ฟโทน มาสก์ (RSP) นี้จะทำหน้าที่ลดขนาดหรือพื้นที่ของจุดดำ (dot area)

ในภาพฮาล์ฟโทน หรือในแม่พิมพ์สีม่วงแดง ผลก็คือปริมาณหมึกพิมพ์บนแม่พิมพ์สีม่วงแดงจะลดลงเฉพาะบริเวณที่พิมพ์ทับด้วยหมึกสีฟ้า

ความบกพร่องที่เกิดจากหมึกพิมพ์สีฟ้าดูดกลืนแสงสีน้ำเงินได้เล็กน้อยนั้น อาจถือว่าเป็นความบกพร่องซึ่งอาจจะละเว้นที่จะทำการแก้สีได้ แต่ถ้าหากว่าความบกพร่องนี้มีมากก็อาจจะแก้ไขได้โดยลดปริมาณหมึกในแม่พิมพ์สีเหลืองเฉพาะบริเวณที่จะพิมพ์ทับด้วยหมึกสีฟ้า

หมึกพิมพ์สีม่วงแดงนั้นควรดูดกลืนแสงสีเขียวเพียงอย่างเดียว แต่ความเป็นจริงแล้วหมึกพิมพ์สีม่วงแดงนี้ยังดูดกลืนแสงสีน้ำเงินได้มากพอสมควร ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า หมึกพิมพ์สีม่วงแดงเหมือนกับมีหมึกสีเหลืองปนอยู่ การแก้ความบกพร่องดังกล่าวทำได้โดยจะต้องพิมพ์หมึกสีเหลืองให้มีปริมาณน้อยลง ณ บริเวณที่จะพิมพ์ทับด้วยหมึกสีม่วงแดง วิธีการปฏิบัติทำได้โดยผลิตโพซิติฟมาสก์จากพีล์มเนกาติฟแยกสีเขียว มาสก์ที่ได้เรียกโพซิติฟแยกสีเขียว (Green Separation Positive, GSP) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า มาสก์สำหรับแม่พิมพ์สีเหลือง (yellow mask) และจะต้องนำ GSP นี้ไปประกบกับ พีล์มเนกาติฟแยกสีน้ำเงิน (Blue Separation Negative, BSN) เพื่อจะผลิตภาพฮาล์ฟโทนต่อไป มาสก์ GSP นี้จะช่วยเพิ่มความดำบน BSN หรือลดขนาดหรือพื้นที่ของจุดดำในภาพฮาล์ฟโทน หรือในแม่พิมพ์สีเหลือง เพื่อลดปริมาณหมึกพิมพ์สีเหลืองเฉพาะบริเวณที่จะพิมพ์ทับด้วยสีม่วงแดง

ในการวิจัยนี้จะได้ทำการแยกสีจากต้นฉบับซึ่งเป็นภาพสี (dye transfer picture) และผลิตโพซิติฟมาสก์ RSP และ GSP โดยการคำนวณจากกราฟแสดงคุณสมบัติของฟีล์มมาสก์เพื่อหาค่าความดำ แกมมา ค่าเวลาฉายแสงและเวลาล้างฟีล์มมาสก์ การที่จะทดสอบว่ากระบวนการแก้ความบกพร่องของสีดังกล่าวข้างต้นจะถูกต้องหรือไม่นั้น จะได้นำเอาฟีล์มแยกสีเนกาติฟที่ประกบกับมาสก์ดังกล่าวแล้ว ไปผลิตเป็นภาพฮาล์ฟโทนและแม่พิมพ์ จากนั้นจึงนำแม่พิมพ์ไปพิมพ์โดยกระบวนการพิมพ์ออฟเซต และใช้หมึกและกระดาษชนิดเดียวกันกับที่ใช้ทดสอบแต่แรก ส่วนการประเมินค่าภาพพิมพ์สีสีว่าถูกต้องเหมือนต้นฉบับเดิมหรือไม่นั้น ใช้การวิเคราะห์ด้วยตาและด้วยกราฟผลิตโทนของภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

๑. การทดลองเพื่อวิเคราะห์และประเมินค่าสีของหมึกพิมพ์

๑.๑ บรรจุหมึกพิมพ์ลงไปในเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาตรของหมึก (Ink pipette)

๑.๒ ใช้แผ่นโลหะบางปาดหมึกจำนวน ๐.๕ ลูกบาศก์เซนติเมตรออกจากปลายสุดของ Ink pipette แล้วป้ายหมึกลงบนลูกกลิ้งยางของลูกกลิ้งหมึกของ IGT inking unit เกลี่ยหมึกให้เท่า ๆ กันตลอดแนว

๑.๓ เปิดสวิตช์เดินเครื่องเพื่อให้ลูกกลิ้งยางแตะสัมผัสกับลูกกลิ้งโลหะ ปล่อยให้ลูกกลิ้งทั้งสองเคลื่อนที่สัมผัสกันตลอดเวลาที่มันเคลื่อนที่กลับไปกลับมา เพื่อกระจายหมึกไปเท่า ๆ กันทุกบริเวณเป็นเวลา ๔ นาที แล้วจ่ายหมึกให้แก่แม่พิมพ์ ซึ่งต้องใช้เวลาอย่างน้อยอีก ๑.๕ นาที

๑.๔ นำแม่พิมพ์ที่รับหมึกแล้วมาพิมพ์ลงบนกระดาษอาร์ตมันสีขาว (coated white paper) ๑๖๐ กรัมต่อตารางเมตร โดยใช้เครื่องพิมพ์ขนาดเล็กของ ไอจีที (IGT printing unit) ก็จะได้แถบสีของหมึกสีต่าง ๆ เช่น C, M, Y, (C + M = B) (C + Y = G) และ (M + Y = R) โดยวิธีการทดลองดังกล่าวข้างต้น ชั้นของหมึกแต่ละชั้นจะมีความหนา ๑ ไมโครเมตร (μm) (รูปที่ ๑)

๑.๕ นำแผ่นกระดาษที่มีแถบหมึกที่ได้จากการทำการทดลองหลาย ๆ ครั้งไปวัดความดำของสี โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Densitometer ทั้งนี้ เพื่อตรวจสอบว่าหมึกพิมพ์ที่ฉาบบนกระดาษมีความหนาคงที่ทุกการทดลองหรือไม่

๑.๖ นำเอาแถบสี C, M, Y, B, G และ R ของหมึกทั้งสองบริษัท A และ B ไปวัดหาค่าการสะท้อนแสง (reflectance) และค่า Trichromatic coefficient (x, y) โดยใช้เครื่องวัดแสงสีในสเปกตรัมที่ตามองเห็นได้ (Spectrophotometer)

๑.๗ นำค่า x, y ของ C, M, Y, B, G และ R ของหมึกพิมพ์ทั้งสองบริษัทและของหมึกพิมพ์มาตรฐานของยุโรปไปลงจุดใน CIE chromaticity diagram และเมื่อลากเส้นโยงจุดโคออดิเนตทั้ง ๖ จุด จะได้รูป ๖ เหลี่ยมของสี (color hexagon) (รูปที่ ๓)

๑.๘ ลงจุดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนแสงเป็นเปอร์เซ็นต์กับค่าความยาวคลื่นเป็นนาโนมิเตอร์ (Nanometer, nm) (รูปที่ ๔)

๒. การแยกสี การแก้ความบกพร่องของหมึกพิมพ์ในการดูดกลืนแสงสีและการตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการแก้สี

๒.๑ ผลิตแถบสี C, M และ Y โดยใช้หมึกพิมพ์กระดาษและแท่นพิมพ์ Offset proof press (Fag) ชนิดเดียวกันกับที่จะใช้เพื่อผลิตภาพพิมพ์สีสี และความดำของสี C, M และ Y จะต้องมีค่า ๑.๔, ๑.๓ และ ๑.๐ ตามลำดับ

๒.๒ นำแถบสีทั้งสามไปติดไว้ข้าง ๆ ต้นฉบับสี (รูปผลไม้) พร้อมทั้งสเกลสีเทา (gray scale) ใน copy board ของกล้องแยกสี (Repro-camera) แล้วโฟคัสภาพให้คมชัดที่กำลังขยาย ๕๐ % ของต้นฉบับ

๒.๓ ทำการแยกสีโดยถ่ายรูปต้นฉบับสี่ครั้ง ผ่านแผ่นกรองแสงสี (color filters) สีแดงเบอร์ ๒๕ สีเขียวเบอร์ ๕๘ และสีน้ำเงินเบอร์ ๔๗ B โดยใช้ฟิล์มแยกสีชนิดที่ ๒ (separation negative type II) เปิดหน้ากล้องที่ f/45 และเวลาฉายแสง ๒๕, ๔๕ และ ๒๗ วินาที ตามลำดับ สำหรับแผ่นที่สี่สีดำได้ทำการฉายแสงผ่านแผ่นกรองแสงสีแดง (๒๕) เขียว (๕๘) และน้ำเงิน (๔๗ B) โดยใช้เวลา ๓๒, ๗๒ และ ๒๔ วินาที ตามลำดับ และใช้ f/45 คงที่ตลอดเวลา

๒.๔ นำฟิล์มที่ถูกฉายแสงแล้วในหัวข้อ ๒.๓ ไปล้างในน้ำยาสร้างภาพดีเค ๕๐ (DK 50) ซึ่งเติมน้ำในอัตราส่วน (๑ : ๑) ใช้เวลาล้างฟิล์ม ๓$\frac{1}{2}$, ๔, ๔$\frac{1}{2}$ และ ๕ นาที สำหรับฟิล์มเนกาติฟแยกสีแดง

(RSN) ฟิล์มเนกาติฟแยกสีเขียว (GSN) ฟิล์มเนกาติฟแยกสีน้ำเงิน (BSN) และฟิล์มเนกาติฟแยกสีดำตามลำดับ

๒.๕ วัดความดำของฟิล์มเนกาติฟแยกสี RSN, GSN และ BSN เฉพาะบริเวณที่ตรงกับ C, M และ Y ของแถบสีต้นฉบับ และวัดความดำตรงบริเวณที่ตรงกับสีขาวและสีดำของต้นฉบับด้วย จากนั้นนำค่าความดำที่ได้ไปลงจุดกราฟแสดงการดูดกลืนแสงสีของหมึกพิมพ์ (รูปที่ ๕)

๒.๖ คำนวณหาค่าแกมมาของมาสก์ที่จะใช้แก้ความบกพร่องในการดูดกลืนแสงสีของหมึกพิมพ์ แล้วผลิตมาสก์สามแผ่นโดยคำนวณเวลาฉายแสงและเวลาล้างฟิล์มจากกราฟของฟิล์มมาสก์ (pan masking film) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแกมมากับเวลาล้างฟิล์ม (ดูภาคผนวก)

๒.๗ นำมาสก์ทั้งสองไปประกบกับเนกาติฟแยกสี เพื่อผลิตภาพฮาล์ฟโทนต่อไป ดูวิธีการในไดอะแกรม (รูปที่ ๖) โดยใช้เครื่องอัดภาพ (contact copier) Z

๒.๘ นำฟิล์มฮาล์ฟโทนไปอัดลงบนเพลต โดยใช้เครื่องอัดเพลต (Printing down frame)

๒.๙ นำเพลตทั้ง ๔ ไปขึ้นแท่นพิมพ์ (offset proof press) ของ Fag เพื่อพิมพ์ภาพ ๔ สี โดยใช้หมึกและกระดาษเหมือนกับที่ใช้ผลิตแถบสีในหัวข้อ ๒ (รูปที่ ๒)

๒.๑๐ ประเมินค่าการผลิตสีในภาพพิมพ์สี่สีด้วยตา ภายใต้แสงจากดวงไฟที่มีอุณหภูมิสีเท่ากับของแสงตอนกลางวัน (๖๕๐๐° K) และมีค่าความเข้มของการส่องสว่างบนภาพพิมพ์เท่ากับ ๒๐๐๐ ลักซ์

๒.๑๑ ประเมินค่าการผลิตโทนของภาพพิมพ์สี่สีด้วยกราฟแสดงการผลิตโทนของภาพซึ่งเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดำของสเตปเวจบนภาพพิมพ์กับความดำของสเตปเวจต้นฉบับ (รูปที่ ๗)

ผล

๑. ผลของการวิเคราะห์เปรียบเทียบสี (hue) และความอิ่มตัวของสีของหมึกพิมพ์ชนิด A และ B กับหมึกพิมพ์มาตรฐานของยุโรปได้แสดงไว้ในรูป

หกเหลี่ยมของสี ๓ รูป ซึ่งบรรจุอยู่ในไดอะแกรมของ ซีไออี (รูปที่ ๓ และตารางที่ ๒) (ส่วนข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้แสดงไว้ในภาคผนวก)

๒. ผลของการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องในการสะท้อนแสงสีของหมึกพิมพ์สี **C, M** และ **Y** ได้แสดงโดย ชักราฟแสดงการสะท้อนแสงสีของหมึกพิมพ์ (รูปที่ ๔) ข้อมูลนี้ได้จากเครื่อง **Spectrophotometer** และอธิบายความหมายของกราฟในตารางที่ ๓

๓. ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องในการดูดกลืนแสงสีของหมึกพิมพ์สี **C, M** และ **Y** จากเนกาติฟแยกสีแดง เขียว และน้ำเงิน ได้แสดงไว้ในตารางที่ ๔

การวิเคราะห์หาข้อบกพร่องในการดูดกลืนแสงสีของหมึกพิมพ์อาจอธิบายได้อีกวิธีหนึ่งโดยนำเอาข้อมูลตัวเลขในตารางที่ ๔ ไปลงจุดเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำในฟิล์มแยกสีเนกาติฟกับค่าความยาวคลื่นแสงสีต่าง ๆ ในหน่วยนาโนมิเตอร์ (รูปที่ ๕)

๔. ผลของการคำนวณหาค่าแกมมาของมาสก์จากข้อมูล และการวิเคราะห์หาค่า Δ D ของมาสก์ที่ผลิตได้

๔.๑ ผลของการคำนวณหาค่าแกมมาของมาสก์จากข้อมูล (รูปที่ ๕)

มาสก์ ๑ $\gamma = \frac{D_{RSP}}{D_{RSN}} = \frac{0.83}{1.8} = 0.46$

มาสก์ ๒ : (ตรงบริเวณ C) γ 2.1 $= \frac{D_{GSP}}{D_{GSN}} = \frac{0.28}{0.83} = 0.337$

: (ตรงบริเวณ M) γ 2.2 $= \frac{D_{GSP}}{D_{GSN}} = \frac{0.98}{1.73} = 0.566$

γ เฉลี่ย $= \frac{0.337 + 0.566}{2} = 0.45$

มาสก์ ๓ (ตรงบริเวณ C) $\gamma = \frac{D_{RSP}}{D_{RSN}} = \frac{0.28}{1.8} = 0.15$

๔.๒ การวิเคราะห์หาค่า ΔD ของมาสก์ที่ผลิตได้ (ตารางที่ ๕)

๕. ผลการวิเคราะห์ภาพพิมพ์ ๔ สี

๕.๑ การวิเคราะห์สีด้วยตา การเปรียบเทียบการผลิตสี ความอิ่มตัวของสี และความสว่างของสี ระหว่างภาพพิมพ์ที่ได้ (รูปที่ ๒) กับต้นฉบับเดิมได้ผลดังปรากฏในตารางที่ ๖

๕.๒ การวิเคราะห์การผลิตโทนของภาพ

๕.๒.๑. การวิเคราะห์ด้วยตา ถ้าพิจารณาคอนทราสต์ ภาพพิมพ์บริเวณไฮไลต์ทั้งที่สเกลสีเทา และที่บริเวณหยดน้ำบนผลองุ่น ผลแอปเปิล และผลแพร์ พบว่ามีคอนทราสต์น้อยกว่าต้นฉบับ คอนทราสต์ของภาพบริเวณมิดโทนดี ส่วนคอนทราสต์ที่บริเวณแชโดว์น้อยกว่าต้นฉบับ รายละเอียดทั้งที่บริเวณไฮไลต์และแชโดว์น้อยกว่าต้นฉบับ แต่บริเวณมิดโทนดี

๕.๒.๒. การวิเคราะห์ด้วยกราฟการผลิตโทนของภาพ จากการวิเคราะห์การผลิตโทนของภาพโดยใช้กราฟการผลิตโทนของภาพ (รูปที่ ๗) พบว่าคอนทราสต์บริเวณระหว่างไฮไลต์และมิดโทน (ที่ช่วงค่าความดำของภาพพิมพ์ระหว่าง ๐.๒—๐.๘) มีค่าประมาณ ๑.๒ ซึ่งสูงกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งมีผลทำให้สูญเสียรายละเอียดของภาพบริเวณระหว่างไฮไลต์และมิดโทนไปบ้าง คอนทราสต์ที่แชโดว์ก็สูงเช่นกัน ส่วนการผลิตโทนของภาพบริเวณมิดโทนใกล้เคียงกับต้นฉบับมากที่สุด

วิจารณ์และสรุป

จากผลการวิจัยพบว่าหมึกพิมพ์สีฟ้า ม่วงแดง และเหลืองของบริษัท A และ B มีสีเหมือนกันกับสีของหมึกมาตรฐานของยุโรป แต่หมึกของทั้งสองบริษัทมีความอิ่มตัวน้อยกว่าของหมึกมาตรฐานของยุโรป ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุมาจาก

หมึกพิมพ์ของยุโรปใช้สารสีที่มีคุณสมบัติดีกว่า หรือมีจำนวนสารสีในหมึกพิมพ์มากกว่า หรืออาจเกิดจากหมึกที่นำมาเปรียบเทียบกันมีความหนาไม่เท่ากันทีเดียว ประโยชน์จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบสีและความอิ่มตัวของสีโดยใช้รูปหกเหลี่ยมของสีนั้น อาจนำไปใช้ควบคุมการผลิตหมึกพิมพ์แต่ละครั้งให้มีมาตรฐานคงที่ และสามารถใช้เปรียบเทียบสีและความอิ่มตัวของสีของหมึกพิมพ์จากหลาย ๆ บริษัท เพื่อจะได้ทราบว่าหมึกของบริษัทใดเหมาะสมกับงานพิมพ์สีชนิดใดมากกว่ากัน ถ้าพิจารณาจากรูปหกเหลี่ยมของสีของหมึกพิมพ์บริษัท A และ B พบว่าหมึกพิมพ์ของบริษัท B มีความอิ่มตัวของสีมากกว่า ดังนั้นถ้าจะพิมพ์ภาพสีที่สีเขียวเป็นสีที่มีความสำคัญที่สุด เช่นภาพของผักผลไม้ ก็ควรเลือกใช้หมึกพิมพ์ของบริษัท B หรือถ้าจะพิมพ์ภาพสีที่สีเหลืองมีความสำคัญมาก เช่น พระพุทธรูปทองคำ จีวรพระ ก็ควรเลือกใช้หมึกพิมพ์ของบริษัท B เพราะมีความอิ่มตัวของสีมากกว่า แต่ถ้าต้องการพิมพ์ภาพสีที่สีแดงเป็นสีที่สำคัญ เช่น ภาพของลูกเชอรี ลูกสตรอเบอรี ก็ควรใช้หมึกพิมพ์ของบริษัท A เพราะมีสีแดงสดและบริสุทธิ์มากกว่า เป็นต้น นอกจากนั้น เส้นรอบรูปของรูปหกเหลี่ยมของสียังใช้แสดง **Ink gamut** ซึ่งใช้สำหรับกำหนดขอบเขตของความอิ่มตัวของสีทุกสีที่เกิดจากการพิมพ์หมึกแม่สีทับกันบนกระดาษที่ใช้ทดสอบอีกด้วย

การวิเคราะห์และประเมินผลภาพพิมพ์สีสี เพื่อทดสอบกระบวนการแก้ความบกพร่องในการดูดกลืนแสงสีว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่นั้นพบว่า ภาพพิมพ์สีสีที่ได้มีการผลิตสีถูกต้องเหมือนกับต้นฉบับมาก โดยเฉพาะการผลิตสีของแถบสีของหมึกที่ใช้ทดสอบมีการผลิตสีถูกต้องมากที่สุด ยกเว้นสีม่วงแดงในภาพพิมพ์ซึ่งมีสีกระเดียดไปทางสีแดงมากกว่าของต้นฉบับ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าหมึกที่ใช้ในการพิมพ์นั้นสะท้อนแสงสีแดงได้ถึง ๗๘ % และในขณะเดียวกันสะท้อนแสงสีน้ำเงินได้เพียง ๒๐ % เท่านั้น นอกจากนั้นในการพิมพ์ภาพสีสีได้มีการพิมพ์สีดำทับบนแถบสีม่วงแดงด้วย จึงทำให้มองเห็นสีแดงเข้มมากกว่าต้นฉบับเล็กน้อย

ส่วนการผลิตสีของภาพพิมพ์บริเวณผลไม้นั้น สีแดงผลิตเหมือนต้นฉบับที่สุด ส่วนสีเขียวปรากฏเข้มมากกว่าต้นฉบับ และสีเหลืองปรากฏเหลืองอุ่น (warm yellow) ส่วนต้นฉบับเป็นสีเหลืองเย็น (cold yellow) การผิดเพี้ยนในการผลิตสีของภาพพิมพ์บริเวณที่เป็นผลไม้นั้น เป็นเพราะว่าสารที่ทำให้เกิดสีในรูปผลไม้ต้นฉบับนั้น

เป็นสีอินทรีย์ (organic dye) ส่วนสีของหมึกพิมพ์เป็นทั้งสีอินทรีย์และสีอนินทรีย์ผสมกัน ดังนั้นสีซึ่งอยู่ในภาพผลไม้และที่อยู่แถบสีของหมึกต้นฉบับ จึงมีคุณสมบัติในการดูดกลืนและสะท้อนแสงสีในสเปกตรัมไม่เหมือนกัน ส่วนการที่ภาพมีคอนทราสต์สูงเกินไปนั้น สามารถแก้ไขได้โดยผลิตภาพฮาล์ฟโทนให้มีคอนทราสต์ต่ำลง สำหรับการที่มีคอนทราสต์ต่ำบริเวณไฮไลต์ส่วนที่ตรงกับค่าความดำของต้นฉบับระหว่าง ๐.๑๕ — ๐.๓๕ นั้น อาจแก้ไขได้โดยการฉายแสงบั๊ม (bump exposure) เฉพาะภาพฮาล์ฟโทนโพซิติฟของสีฟ้าเท่านั้น

การที่ภาพพิมพ์ ๔ สี มีการผลิตสีเหมือนต้นฉบับที่สุดโดยเฉพาะบริเวณแถบสีของหมึกพิมพ์ต้นฉบับ จึงเป็นเครื่องแสดงว่ากระบวนการแก้สีแบบมาสก์โพซิติฟนั้นให้ผลดี ทั้งวิธีการดังกล่าวยังง่ายแก่การศึกษาและเข้าใจ จึงเหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการพิมพ์ออฟเซตสี่สีในประเทศไทยได้อย่างดี ส่วนการผิดเพี้ยนของสีเพียงเล็กน้อยเนื่องจากต้นฉบับใช้สารสีที่มีคุณภาพในการสะท้อนและดูดกลืนแสงสีไม่เหมือนกับหมึกพิมพ์นั้น อาจต้องแก้ไขปรับปรุงโดยพยายามเลือกหาต้นฉบับภาพสีที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนและดูดกลืนแสงสีเหมือนของหมึกพิมพ์มากที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ Dr. F. Tomamichel และ Dr. K. Schlapfer ที่ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยนี้ และขอขอบคุณ อาจารย์จารีย์ คีรีโต นายเทวัญ กิจดำรงชัย น.ส. ธิดา จีนาพันธ์ และนายสุรพรรณ ชมจันทร์ ที่มีส่วนช่วยให้การวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Schlapfer, K. Farbmetrik Eine Einfuhrung fur die Graphische Industrie. Werner Blattlers Erben, Luzern, 1974.
2. Wyszecki, G. and Still, W.S. Color Science. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1967.
3. Wright, W.D. The Measurement of Colour. Adam Hilger Ltd., London, 1969.
4. Hunt, R.W.G. The Reproduction of Colour. Fountain Press, London, 1967.
5. Tomamichel, F. Grundlagen der Farbmaskierung. Photographisches Institut der ETH Zurich, 1967.
6. Yule, J.A.C. Principles of Color Reproduction. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1967.

ภาคผนวก

๑. ข้อมูลการวัดสีโดยใช้ Spectrophotometer

(Sample A)

λ (nm)	C	M	Y	C + M	C + Y	M + Y
WL	% R/T	% R/T	% R/T	% R/T	% R/T	% R/T
720	9.55	87.62	87.76	12.48	14.75	87.28
700	8.30	87.27	87.31	11.87	12.21	86.79
680	10.03	87.06	87.16	13.66	14.24	86.43
660	9.96	86.61	87.10	13.96	14.22	85.92
640	8.03	85.70	86.78	11.86	11.61	85.06
620	7.31	80.08	86.56	11.46	10.44	80.17
600	7.47	53.23	86.03	11.62	10.45	55.74
580	9.33	12.85	85.39	9.20	13.35	14.11
560	16.59	6.41	84.62	6.45	21.23	6.79
540	34.20	7.50	83.09	7.86	38.36	8.37
520	51.85	8.05	78.29	10.00	53.12	9.34
500	64.32	12.49	54.96	15.36	48.70	12.72
480	69.75	18.01	24.21	21.26	24.42	10.83
460	70.05	24.72	16.20	27.58	16.95	9.96
440	64.74	28.38	12.59	30.07	13.32	9.08
420	50.48	26.19	11.11	25.11	11.57	8.10
400	38.53	25.00	11.60	21.19	11.48	8.32
380	15.41	29.08	15.22	12.09	10.26	11.58

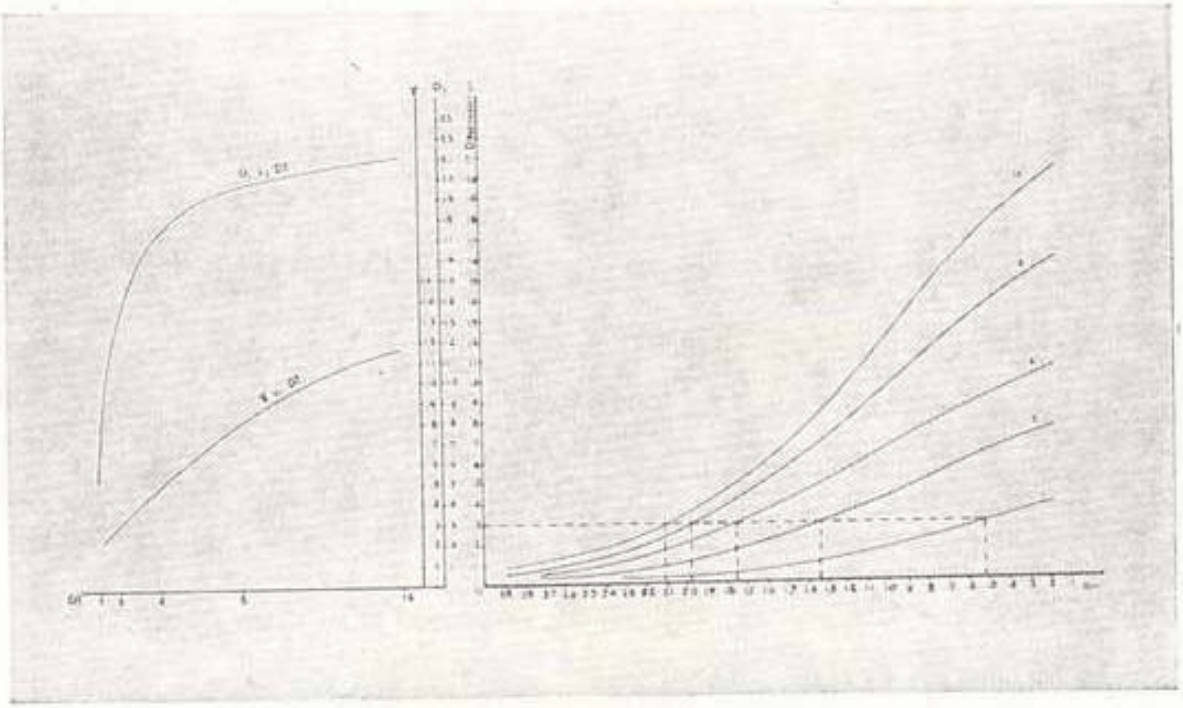
Ink Colour	X	Y	Z	x	y
C	22.098	27.298	76.856	0.17503	0.2622
M	38.727	22.000	28.541	0.43382	0.24645
Y	70.015	78.663	22.038	0.41012	0.46078
C + M	13.383	10.326	30.906	.24504	.18907
C + Y	15.292	26.874	21.723	.23936	.42064
M + Y	36.298	22.320	11.482	.51780	.31840

(Sample B)

λ (nm)	C	M	Y	C + M	C + Y	M + Y
WL	% R/T	% R/T	% R/T	% R/T	% R/T	% R/T
720	12.84	87.77	87.75	87.90	16.26	13.33
700	10.94	87.35	87.40	87.07	14.70	11.42
680	12.25	87.19	87.32	86.73	16.75	12.58
660	12.59	86.69	87.09	86.68	17.03	13.05
640	10.47	85.87	86.90	85.89	14.58	10.84
620	9.43	81.10	86.38	82.12	13.62	9.72
600	9.45	56.99	86.11	63.17	13.53	9.53
580	11.58	14.86	85.29	22.36	10.12	11.59
560	19.20	7.00	84.39	12.44	7.81	18.94
540	36.84	8.13	83.34	14.88	10.84	35.64
520	54.22	8.96	78.59	15.90	13.67	50.70
500	66.02	13.59	49.24	17.02	19.40	43.57
480	70.36	19.37	16.72	9.87	25.30	17.15
460	69.88	26.36	11.29	8.42	31.54	12.15
440	64.01	30.24	9.69	7.92	33.81	10.58
420	51.23	28.01	10.01	8.22	29.30	10.56
400	40.67	26.97	12.37	9.86	25.03	12.02
380	18.90	30.63	17.06	13.74	15.86	10.45

Ink Colour	X	Y	Z	x	y
C	23.881	29.538	76.915	0.18323	0.22663
M	40.385	23.311	30.483	0.42881	0.24752
Y	49.220	77.988	17.094	0.42130	0.47466
C + M	13.458	12.608	35.578	.24453	.19767
C + Y	15.596	24.498	16.931	.24519	.44633
M + Y	40.255	27.957	10.630	.51058	.35460

๒. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแกมมากับเวลาล้างฟิล์มมาสก์



ตารางที่ ๑ แสดงการเปรียบเทียบสีของภาพพิมพ์สี่สีด้วยหมึกพิมพ์ที่ยังไม่ได้แก้ความบกพร่องกับสีของต้นฉบับ

ส่วนต่าง ๆ ของต้นฉบับ	สีของต้นฉบับ	สีของภาพพิมพ์สี่สีด้วยหมึกพิมพ์ที่ยังไม่ได้แก้ความบกพร่อง
ดอกไม้	น้ำเงิน	น้ำเงินคล้ำและออกเทา ๆ
ดอกไม้และหญ้า	ม่วง	สีน้ำตาล
ใบไม้	สีน้ำเงิน—เขียว	สูญเสียสีเขียว
แอปเปิ้ล	เขียว	สีเขียวคล้ำและออกเทา ๆ
กล้วย	เหลือง	เหลืองจางลง
ดอกไม้	ส้ม	ถูกต้องพอสมควร
ดอกไม้	ชมพู	ชมพูแกมเหลือง
ดอกไม้	แดง	แดงคล้ำ—ส้ม
โต๊ะ	น้ำตาล	ถูกต้อง

ตารางที่ ๒ แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบสีและความอิ่มตัวของสีโดยพิจารณาจากรูปหกเหลี่ยมของสี

สีของหมึกพิมพ์และคุณสมบัติ		เปรียบเทียบหมึกพิมพ์ชนิด A,B กับหมึกของยุโรป		เปรียบเทียบหมึกพิมพ์ชนิด A กับ B
		A	B	
Y	สี	เหมือนกัน	เหมือนกัน	เหมือนกัน
	ความอิ่มตัวของสี	น้อยกว่า	น้อยกว่า	A น้อยกว่า B
M	สี	เหมือนกัน	เหมือนกัน	เหมือนกัน
	ความอิ่มตัวของสี	น้อยกว่า	น้อยกว่า	เหมือนกัน
C	สี	แกมเขียว	แกมเขียว	เหมือนกัน
	ความอิ่มตัวของสี	น้อยกว่า	น้อยกว่า	A มากกว่า B
M+Y=R	สี	เหมือนกัน	แกมเหลือง	A แดงกว่า B
	ความอิ่มตัวของสี	น้อยกว่า	น้อยกว่า	A มากกว่า B
C+Y=G	สี	แกมฟ้า	เหมือนกัน	A มีสีเขียวแกมฟ้ามากกว่า B
	ความอิ่มตัวของสี	น้อยกว่า	น้อยกว่า	A น้อยกว่า B
C+M=B	สี	แกมม่วงแดง	แกมม่วงแดง	เหมือนกัน
	ความอิ่มตัวของสี	น้อยกว่า	น้อยกว่า	A มากกว่า B

ตารางที่ ๓ อธิบายความหมายของกราฟแสดงการสะท้อนแสงสีของหมึกพิมพ์

หมึกพิมพ์สี	ค่าการสะท้อนแสงสีเป็นเปอร์เซ็นต์		
	แสงสีแดงที่ 650 nm	แสงสีเขียวที่ 540 nm	แสงสีน้ำเงินที่ 460 nm
C	๔.๕	๓๔	๖๑
M	๗๘	๗	๒๐
Y	๘๐	๖๕	๓.๕

ตารางที่ ๔ แสดงค่าความดำ (density) ของเนกาติฟแยกสี ณ บริเวณที่ตรงกับแถบสีของต้นฉบับ

ตำแหน่งบนฟิล์มเนกาติฟแยกสีที่ตรงกับแถบสีของต้นฉบับ	ความดำ (D) ที่วัดได้จากฟิล์มเนกาติฟแยกสี*				
	Bk	W	C	M	Y
เนกาติฟแยกสีแดง	๐.๐๘	๑.๙๕	๐.๑๕	๑.๗๐	๑.๘๕
เนกาติฟแยกสีเขียว	๐.๐๘	๒.๐๕	๑.๒๒	๐.๓๒	๑.๗๔
เนกาติฟแยกสีน้ำเงิน	๐.๐๘	๑.๘๘	๑.๖๐	๐.๙๐	๐.๑๔
ต้นฉบับ (original)	๒.๑๒	๐.๑๕	๑.๔๓	๑.๒๓	๑.๒๒

* ความดำบนเนกาติฟแยกสี ณ บริเวณใดมีค่ามากแสดงว่า ณ บริเวณนั้นต้นฉบับจะสะท้อนแสงได้น้อย เพราะว่า $D = \log 1/R$ (R คือค่าการสะท้อนแสงของต้นฉบับ)

ตารางที่ ๕ แสดงผลการวิเคราะห์หาค่า △ D ของมาสก์ที่ผลิตได้ เปรียบเทียบกับค่า △ D ของมาสก์ที่ควรจะเป็น

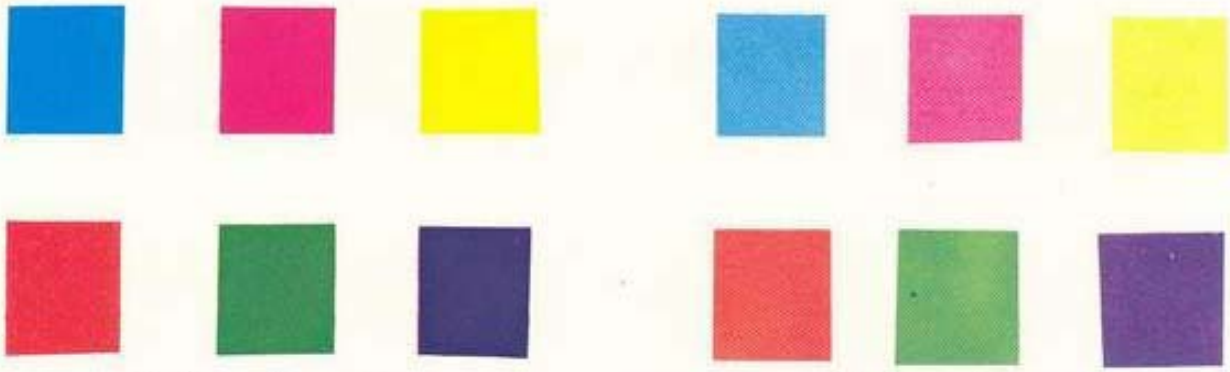
มาสก์นัมเบอร์	△ D ของมาสก์ที่ผลิตได้	ค่า △ D ของมาสก์ที่ควรจะเป็น
๑	๐.๗๘	๐.๘๓ $D_{M \text{ of } C}$
๒	๐.๗๗	๐.๖๓ $D_{Y \text{ of } M}$
๓	๐.๒๖๖	๐.๒๘ $D_{Y \text{ of } C}$

ตารางที่ ๖ แสดงผลวิเคราะห์เปรียบเทียบการผลิตสี ความอิ่มตัวของสี และความสว่างของสี ระหว่างภาพพิมพ์สีสีและต้นฉบับเดิม

แถบสีของหมึกที่ใช้พิมพ์	สีและคุณสมบัติ		ผลของการเปรียบเทียบการผลิตสีของภาพพิมพ์กับต้นฉบับเดิม
	C	สี	ปรากฏเป็นสีฟ้าอมน้ำเงินเล็กน้อย (very little bluish cyna)
		ความอิ่มตัวของสี	เหมือนต้นฉบับ
		ความสว่างของสี	เหมือนต้นฉบับ
	M	สี	ปรากฏเป็นสีม่วงแดงที่อมแดงเห็นได้ชัด (reddish magenta)
		ความอิ่มตัวของสี	ดีพอสมควร
		ความสว่างของสี	น้อยกว่าต้นฉบับ
	Y	สี	ปรากฏเป็นสีเหลืองถูกต้อง (ต้นฉบับเดิมมีสีเหลืองอุ่น warm yellow)
		ความอิ่มตัวของสี	เหมือนต้นฉบับ
		ความสว่างของสี	เหมือนต้นฉบับ

ตารางที่ ๖ (ต่อ)

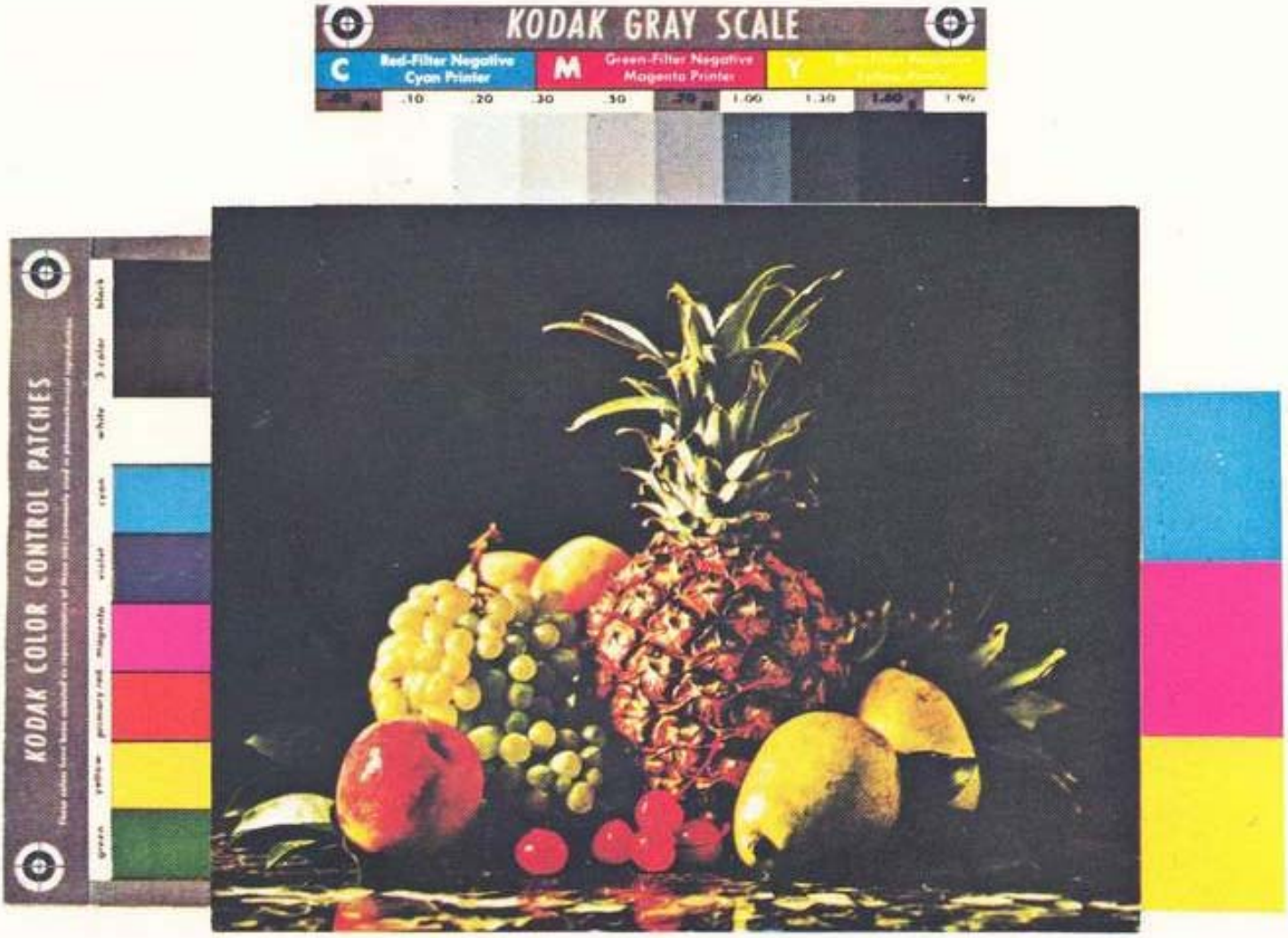
	สีและคุณสมบัติ		ผลของการเปรียบเทียบการผลิตสีของภาพพิมพ์กับต้นฉบับเดิม
แถบสีสำหรับควบคุมการผลิตสีของโกดัก (Kodak color control patches)	C	สี	ปรากฏเป็นสีฟ้าแกมน้ำเงินเห็นได้ชัด (bluish cyan)
		ความอิ่มตัวของสี	มากกว่าต้นฉบับ
		ความสว่างของสี	น้อยกว่าต้นฉบับ
	M	สี	ปรากฏเป็นสีม่วงแดงที่อมแดงเห็นได้ชัด (reddish magenta)
		ความอิ่มตัวของสี	มากกว่าต้นฉบับ
		ความสว่างของสี	น้อยกว่าต้นฉบับ
	Y	สี	เหมือนต้นฉบับ
		ความอิ่มตัวของสี	เหมือนต้นฉบับ
		ความสว่างของสี	เหมือนต้นฉบับ
	R	สี	ปรากฏเป็นสีแดงเลือดนก แต่ของต้นฉบับเป็นสีแดงอมเหลือง
		ความอิ่มตัวของสี	มากกว่าต้นฉบับ
		ความสว่างของสี	น้อยกว่าต้นฉบับ
	G	สี	ปรากฏเป็นสีเขียวเข้ม
		ความอิ่มตัวของสี	สูงกว่าต้นฉบับ
		ความสว่างของสี	น้อยกว่าต้นฉบับ
	B	สี	ปรากฏเป็นสีน้ำเงินเข้ม
		ความอิ่มตัวของสี	สูงกว่าต้นฉบับ
		ความสว่างของสี	น้อยกว่าต้นฉบับ
ภาพผลไม้	Y	สี	ปรากฏเหลืองมากกว่าต้นฉบับ
		ความอิ่มตัวของสี	มากกว่าต้นฉบับ
		ความสว่างของสี	น้อยกว่าต้นฉบับ
	R	สี	ปรากฏสีแดงเหมือนต้นฉบับ
		ความอิ่มตัวของสี	สูงกว่าต้นฉบับเล็กน้อย
		ความสว่างของสี	น้อยกว่าต้นฉบับ
	G	สี	ปรากฏเขียวเข้ม
		ความอิ่มตัวของสี	สูงกว่าต้นฉบับ
		ความสว่างของสี	น้อยกว่าต้นฉบับ



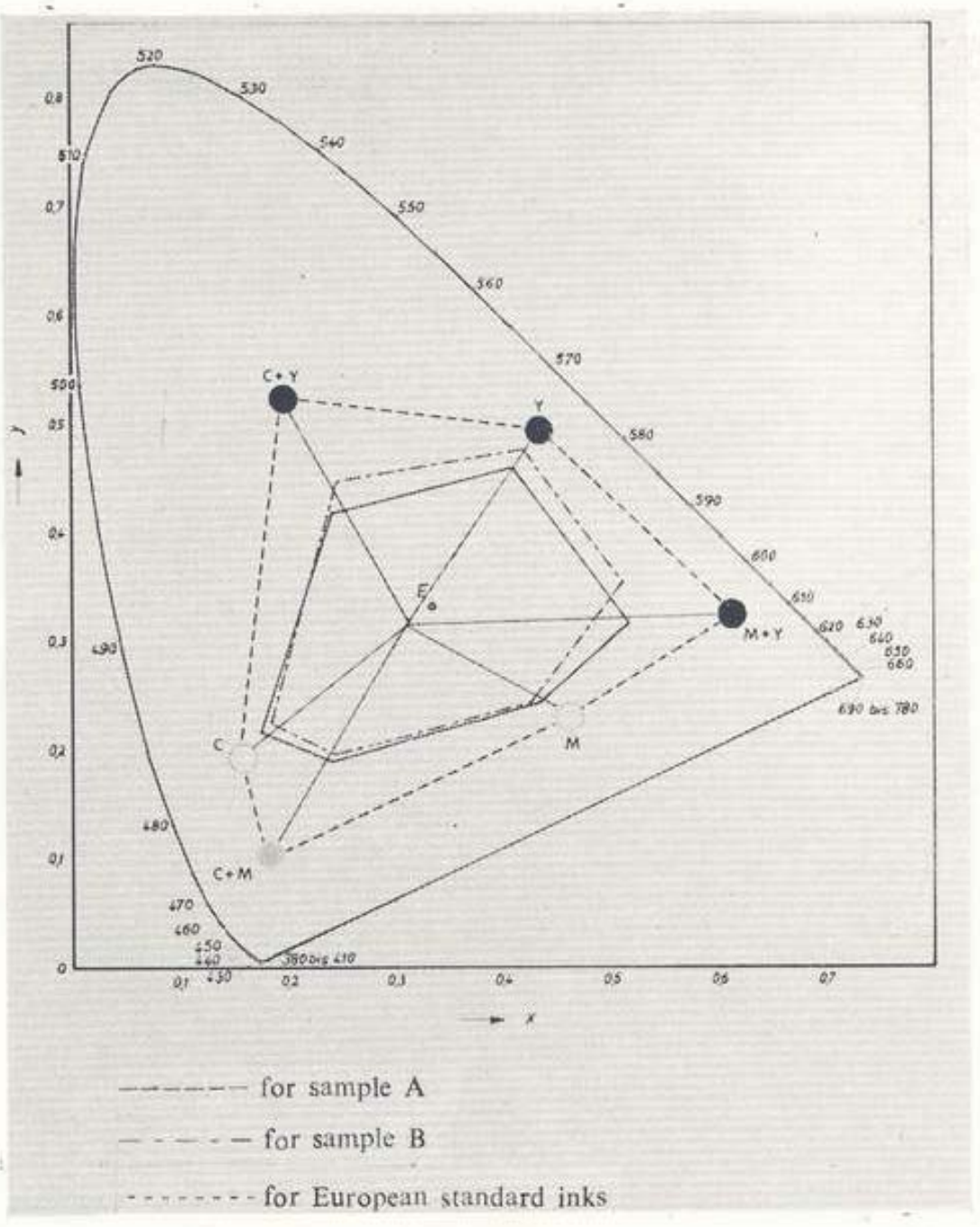
แถบสีหมึกพิมพ์ของบริษัท A

แถบสีหมึกพิมพ์ของบริษัท B

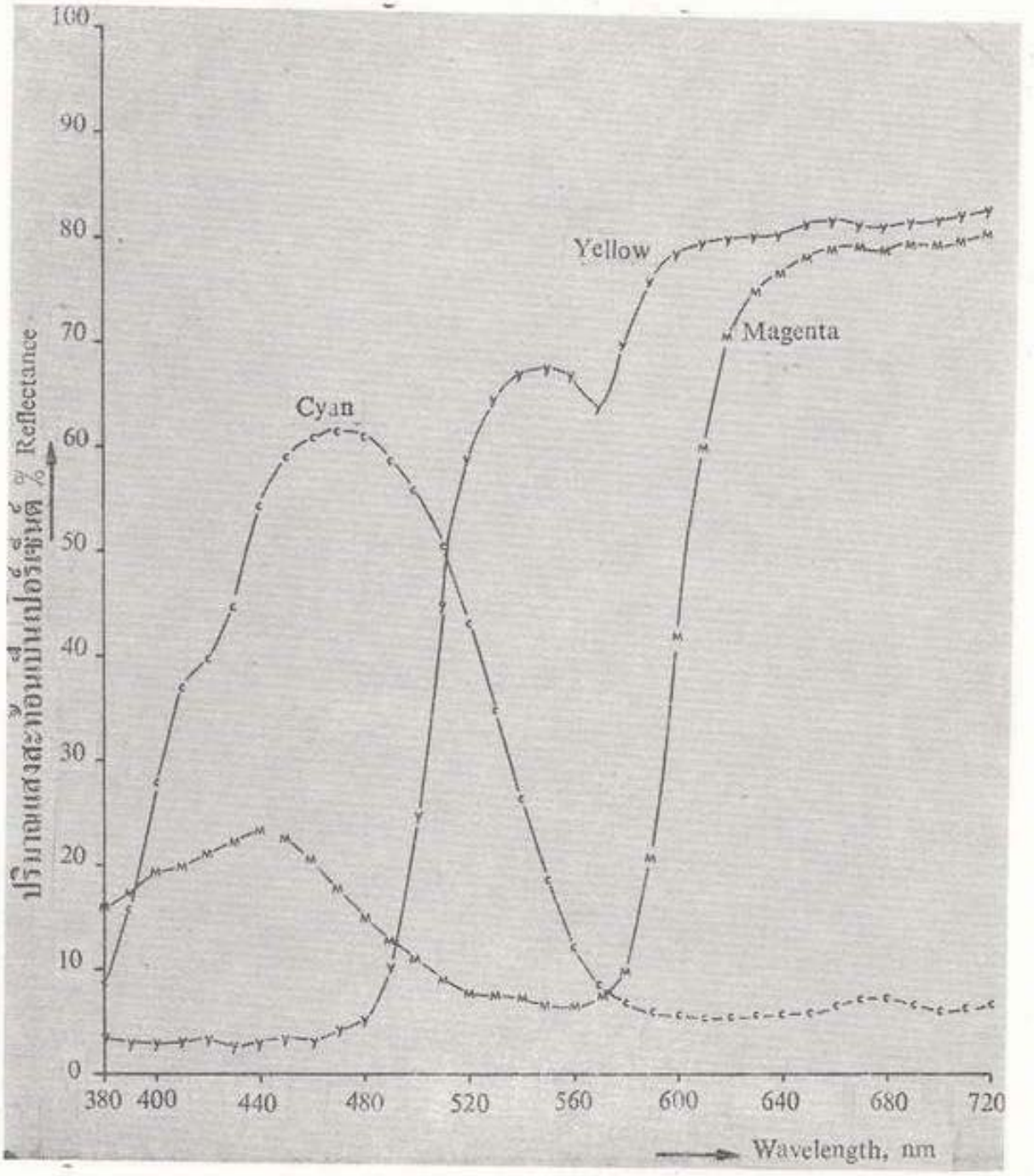
รูปที่ 1 แสดงแถบสี C, M, Y, B, G และ R ของหมึกพิมพ์ 2 บริษัท โดยเครื่องพิมพ์ ไอ จี ที



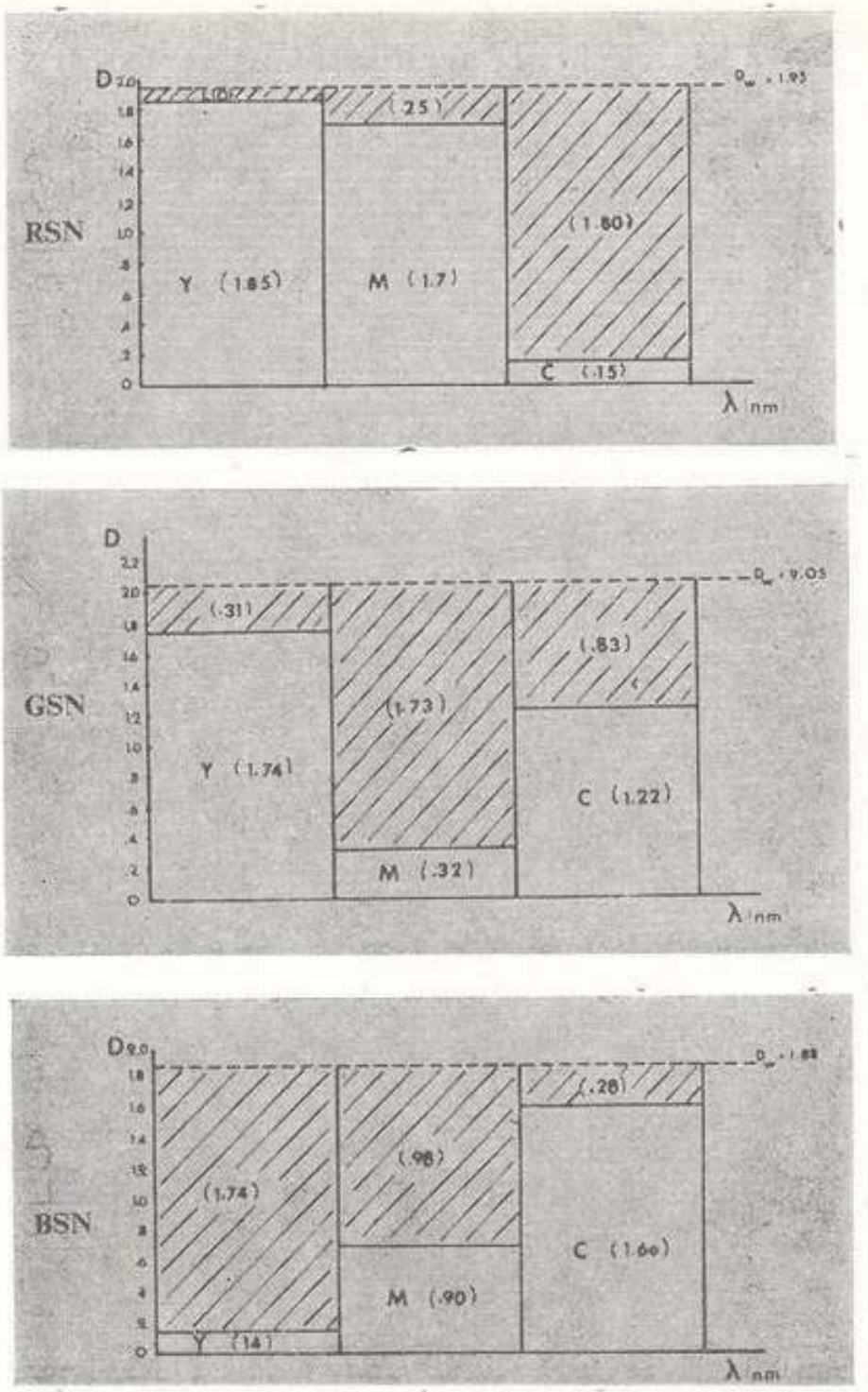
รูปที่ 2 ภาพพิมพ์สี่สี



รูปที่ ๓ รูปหกเหลี่ยมของสีในไดอะแกรมของ ซีไออี



รูปที่ ๔ กราฟแสดงการสะท้อนแสงสีของหมึกพิมพ์



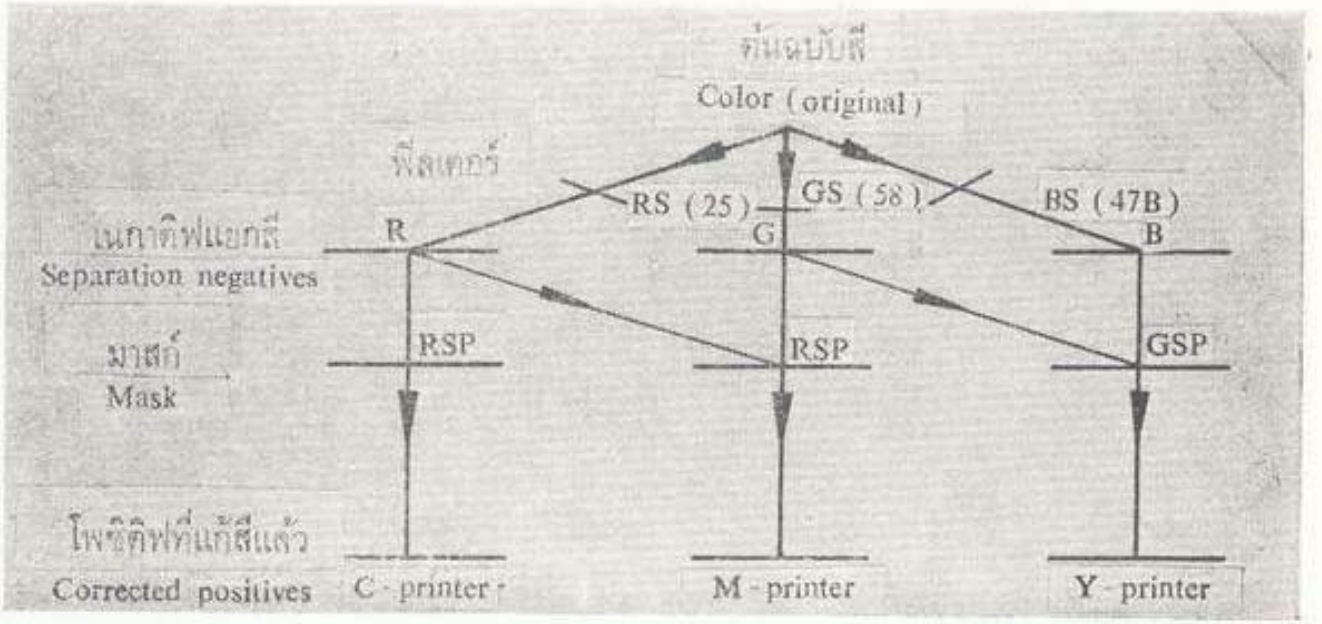
รูปที่ ๕ กราฟแสดงการดูดกลืนแสงสีของหมึกพิมพ์สี C,M และ Y ซึ่งได้ถูกวิเคราะห์โดยการถ่ายแยกสี

มาสก์ ๑ ใช้ประกบกับ RSN เพื่อลดคอนทราสต์ของ RSN

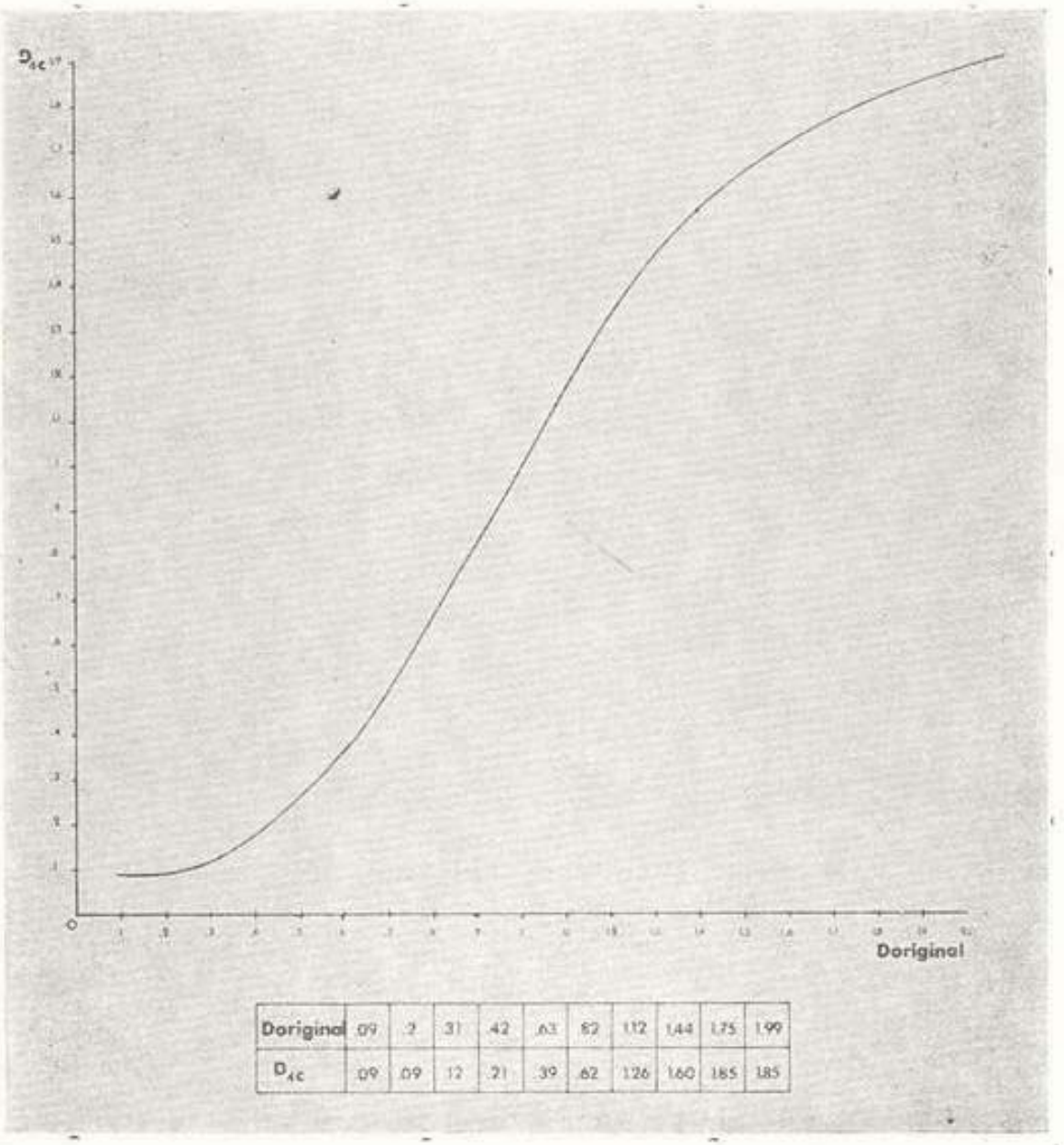
มาสก์ ๑ ใช้ประกบกับ GSN เพื่อลดสี M ณ บริเวณที่จะพิมพ์ M ทับ C

มาสก์ ๒ ใช้ประกบกับ BSN เพื่อลดสี Y ณ บริเวณที่จะพิมพ์ Y ทับ M

มาสก์ ๓ ใช้ประกบกับ BSN เพื่อลดสี Y ณ บริเวณที่จะพิมพ์ Y ทับ C



รูปที่ ๖ ไดอะแกรมแสดงวิธีการแก้สีโดยใช้มาสก์โพซิทิฟ (ไม่รวมถึงแม่พิมพ์สีดำ)



Doriginal	.09	.2	.31	.42	.63	.82	1.12	1.44	1.75	1.99
D_{4c}	.09	.09	.12	.21	.39	.62	1.26	1.60	1.85	1.85

รูปที่ ๓ กราฟแสดงการผลิตโทนของภาพพิมพ์สี่สี