หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

สีย้อม (Dyestuff) คือสารที่มีสีซึ่งสามารถเกาะติด (fix) กับวัตถุหรือ เกาะติดกับเส้นใย (fiber) และเมื่อเกาะติดแล้วจะต้องไม่หลุดออกได้ง่าย คงทนต่อแสง ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ กรดและด่างเจือจาง[1]

สีธรรมชาติ (natural dyes) ที่ได้จากพืชและสัตว์เป็นที่รู้จักกันมานานแล้ว แต่ในปัจจุบันนี้สีย้อมส่วนใหญ่ที่ใช้กันเป็นสีสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นจากสารประกอบอะโรมาติก (aromatic compounds) ซึ่งส่วนใหญ่ได้จาก coal-tar จึงเรียกสีสังเคราะห์เหล่านี้ว่า coal-tar dyes[1] สีย้อมต่าง ๆ นอกจากจะมีความสำคัญในการใช้ย้อมเส้นใยแล้วยังเข้ามามีบทบาทสำคัญในการปรุงแต่งสีสันของอาหารและใช้ในเครื่องสำอางอีกด้วย สิ่งสำคัญที่จะบ่งชี้ให้ทราบถึงคุณภาพของอาหารมี 3 ประการคือ สี (color) กลิ่น (flavor) และเนื้ออาหาร (texture) แต่สีและสิ่งที่มองเห็นเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดที่จะจูงใจผู้บริโภคเพราะก่อนที่เราจะเลือกซื้อหรือรับประทานอาหารใดนั้น เราต้องทดลองด้วยสายตาก่อนว่าจะยอมรับอาหารนั้นหรือไม่[2] โดยทั่วไปอาหารแต่ละชนิดจะมีสีเฉพาะตัว จากการศึกษาพบว่าถ้าสีของอาหารต่างไปจากปกติเราจะมีความรู้สึกเกี่ยวกับรสของอาหารผิดไป นอกจากนี้สียังมีอิทธิพลต่อกลิ่น เนื้ออาหาร ความหวาน และความรู้สึกอื่น ๆ ต่ออาหารอีกด้วย[3] โดยทั่วไปอาหารสดจะมีสีธรรมชาติแต่เมื่อผ่านขบวนการต่าง ๆ เช่น การปรุงอาหาร การถนอมรักษาอาหาร สีธรรมชาตินี้จะซีดลง หรือเปลี่ยนสีหรือในบางครั้งสีอาจหมดไปเลยได้ ดังนั้น จึงนิยมแต่งสีอาหารเพื่อให้ดูสีคล้ายกับสีธรรมชาติของอาหารนั้น หรือเพื่อทำให้อาหารดูล่วยงามล่อตาล่อใจให้น่ารับประทาน[4] จึงนับว่าสีเป็นสารเจือปนในอาหาร (Food Additives) ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารที่ใช้เติมลงในอาหารเป็นปริมาณเล็กน้อยเพื่อช่วยให้อาหารดูน่าบริโภค แต่ต้องไม่ถึงกับหลอกลวงผู้บริโภค คือ ไม่ใช้สีเพื่อปิดบังซ่อนเร้นคุณภาพต่ำของผลิตภัณฑ์อาหารนั้น

การผสมสีลงในอาหารมีมานานแล้ว ส่วนมากใช้สีที่มาจากแร่ หรือสีที่ได้จากพืชและสัตว์[5] ในศตวรรษที่ 19 อุตสาหกรรมอาหารเจริญขึ้นการปรุงแต่งสีอาหารจึงมีความสำคัญมากขึ้น และพบ

ว่ามีการแต่งสีอาหารที่มีคุณภาพต่ำหรือที่เสียแล้วเพื่อให้ดูมีคุณภาพดีขึ้นเช่น การแต่งสีของดองให้เป็นสีเขียวด้วยคอปเปอร์ซัลเฟตซึ่งเป็นพิษทำให้ผู้บริโภคป่วยและตายในที่สุด เนยแต่งสีด้วย vermillion (HgS) และ red lead (Pb_3O_4) ซึ่งทำให้ผู้บริโภคป่วยโดยไม่ทราบสาเหตุ ในเมืองแมนเชสเตอร์มีการใช้คอปเปอร์อาร์ซีไนต์ เลดโครเมต และสีอินดิโกย้อมใยฝ้ายที่ใช้แล้วเพื่อนำมาขายใหม่ ลูกกวาดแต่งสีด้วยสีจากแร่ และในลอนดอนประมาณ ค.ศ.1900 มีการเติมสีเหลืองลงในนมเพื่อไม่ให้ทราบว่ามีการเติมน้ำ จนกระทั่ง ค.ศ.1925 อังกฤษจึงได้ออกกฎหมายห้ามเติมสีลงในนม[3,5] จะเห็นว่าในระยะแรกนี้นิยมแต่งสีอาหารด้วยสีจากแร่ซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกายมาก[6]

สำหรับคนไทยแต่เดิมนิยมใช้สีที่ได้จากธรรมชาติในการปรุงแต่งอาหารให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น เช่น ใช้สีเขียวจากใบเตยใส่ขนมให้มีสีเขียวและมีกลิ่นหอม สีเหลืองจากขมิ้น สีแดงจากกระเจี๊ยบแดง ครั่ง หรือ ข้าวแดง (อั้งคั่ก) สีน้ำเงิน หรือสีฟ้าจากดอกอัญชัญ สีดำจากผงถ่านที่ได้จากกาบมะพร้าวเผาไฟ เป็นต้น[7]

ใน ค.ศ.1856 Sir William Henry Perkins ได้สังเคราะห์สีย้อมตัวแรก คือ mauve ขึ้นในประเทศอังกฤษ[5] และมีการผลิตในขั้นที่ทำเป็นอุตสาหกรรมใน ค.ศ.1857[8,9] การค้นพบนี้เป็นการกระตุ้นให้มีการค้นคว้าเพื่อสังเคราะห์สีอินทรีย์อื่น ๆ ขึ้นอีกเป็นจำนวนมากเนื่องจากสีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์นี้ใช้ได้สะดวก ให้สีต่าง ๆ ได้มาก สีที่ได้สดใสสวยงามและสม่ำเสมอกว่า และมีความคงทนต่อแสงและความร้อนได้ดีกว่าสีธรรมชาติที่ได้จากพืช สัตว์ และสีจากแร่ที่ใช้กันมาแต่เดิม[3,10] สีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการย้อมเส้นใยต่าง ๆ มากขึ้นเรื่อย ๆ รวมทั้งการใช้ปรุงแต่งสีอาหารอีกด้วย เช่น ใน ค.ศ.1860 มีการเติมสีสังเคราะห์ซึ่งเรียกว่า ฟูซีน (fuchsine) ลงในไวน์ ไดไนโตรเครซอล (dinitrocresol) ใช้แต่งสีมักกะโรนีเนย และเหล้า น้ำส้มแต่งสีด้วยบีบริชสการ์เลต (Biebrich scarlet) เป็นต้น[3]

จากการค้นคว้าวิจัยต่อมาพบว่าสีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์แล้วนำมาใช้ผสมในอาหารอาจทำให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ อันตรายจากการใช้สีสังเคราะห์อาจเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ

1. <u>อันตรายจากสีเอง</u> สีทุกชนิดมีอันตรายต่อผู้บริโภคไม่มากก็น้อย ถ้ามีปริมาณมากอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ สีบางชนิดทำให้เกิดโรคมะเร็ง[11,12] เช่น สีไตรเอริลมีเทน (triaryl-

methane dyes) บางชนิด และสีเอโซ (azo dyes) เป็นต้น กลไกของปฏิกิริยาของสีไตรเอริล มีเทนยังไม่ทราบแน่ชัด สำหรับสีเอโซจะถูกรีดิวซ์เป็นอะมีน (amines) โดยแบคเตรียที่อยู่ในลำไส้ทั้ง in vivo[13] และ in vitro[14] อะมีนที่เกิดขึ้นเป็นพิษต่อร่างกาย และอาจทำให้เกิดเมตาโบไลต์ (metabolites) ที่มีพิษขึ้นในร่างกายหลังจากที่ถูกดูดซึมโดยลำไส้เช่นเดียวกับอะโรมาติกอะมีนอื่น ๆ[15,16] เช่น ออเรนจ์ II (Orange II) จะถูกรีดิวซ์เป็น 1-อะมิโน-2-แนพทอล ซึ่งสามารถทำให้เกิดเนื้องอกในกระเพาะปัสสาวะ[15] ดังนั้น สีเอโซจึงเป็นสารที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง[16] นอกจากนี้สียังมีหมู่อะมิโน (amino groups) หมู่ไนโตร (nitro groups) หรือหมู่ไนโตรโซ (nitroso groups) ล้วนเป็นพิษต่อร่างกาย โดยทั่วไปจะสังเกตได้ว่าสีเบสิก (basic dyes) ส่วนมากมีพิษ[4] ตัวอย่างของอันตรายที่เกิดจากสีแต่ละชนิดได้แก่

อะมะแรนท์ (Amaranth) เป็นสีเอโซซึ่งใช้เป็นสีผสมอาหารตั้งแต่ปี ค.ศ.1908[3] จากการทดลองให้หนูกินอาหารที่ผสมสีนี้ขัน 4 % เป็นเวลา 18 เดือน พบว่ามีสีจับอยู่ตามเยื่อบุภายในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก และพบว่าทำให้เกิดมะเร็งในต่อมน้ำเหลือง[16] ในปี ค.ศ.1970 ได้ศึกษาพบว่าสีนี้สามารถทำให้เกิดโรคมะเร็ง และมีพิษต่อตัวอ่อน (embryo)[17] Food and Drug Administration (FDA) ในสหรัฐอเมริกาได้ชี้ให้เห็นถึงโทษในการทำให้เกิดโรคมะเร็งของอะมะแรนท์ในหนู และประกาศให้เลิกใช้สีนี้ในอาหาร ยา และเครื่องสำอาง ตั้งแต่ 28 มกราคม 1976[18] สำหรับในประเทศไทยประกาศยกเลิกการใช้สีนี้เป็นสีผสมอาหารตั้งแต่กันยายน พ.ศ. 2519[19]

ออเรนจ์ อาร์เอน (Orange RN) เป็นสีเอโซ เดิมใช้เป็นสีผสมอาหารแต่ต่อมาได้มีการศึกษาพบว่าสีนี้ไม่ปลอดภัยในการใช้เป็นสีผสมอาหาร เนื่องจากเมื่อพันธะเอโซของออเรนจ์ อาร์เอน แตกออกจะได้เมตาโบไลต์เป็น 1-อะมิโน-2-แนพทอล-6-ซัลโฟนิกแอซิด , อะนิลีน , พาราอะมิโนฟีนอล และออโทอะมิโนฟีนอล[20] ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกาย

ออเรนจ์ II (Orange II)[21] เป็นสีเอโซ เมื่อให้หนูกินอาหารที่มีออเรนจ์ II ผสมอยู่จะทำให้การเจริญเติบโตช้า มีฮีโมโกลบิน (haemoglobin) และค่าฮีมาโตคริต (haematocrit

value) ต่ำและทำให้เกิดความผิดปกติในไตและม้าม จากการศึกษาผลของสีในระยะยาวพบว่าหนูที่ได้รับสีนี้ 0.75 - 1.5 % เป็นเวลา 65 สัปดาห์จะตายหมด นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าเมื่อฉีดออเรนจ์ II เข้าในอัณฑะของหนูด้วยปริมาณ 1 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวของหนู 100 กรัม เพียงครั้งเดียวจะทำให้เกิดความผิดปกติในท่อเซมินิเฟอรัส (seminiferous tubules) ในอัณฑะ และถ้าให้หนูกินสีนี้เข้าไปเป็นเวลา 45 สัปดาห์จะทำให้เกิดแผลในตับ หรือตับแข็ง[21]

ออรามีน (Auramine) เป็นสีที่มีอันตรายไม่ควรใช้ผสมในอาหาร[16] เนื่องจากสีนี้จะยับยั้งการเจริญเติบโต ทำให้การทำงานของตับผิดปกติ ทำลายท่อไต ทำให้อัตราการเกิดโรคมะเร็งในหนูมีมากขึ้น และมีผลทำให้เกิดความดันโลหิตต่ำในกระต่าย สุนัข และแมว จากการศึกษาความเป็นพิษของสีในระยะยาวในหนูพบว่าทำให้เกิดความผิดปกติในตับ มะเร็งในลำไส้ ไต และกระเพาะปัสสาวะ[21]

โรดามีน บี (Rhodamine B) เป็นสารที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง[9] ทำให้การเจริญเติบโตช้า เกิดความผิดปกติในตับ เกิดการแตกตัวของเม็ดเลือด และเกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อในตับ และไต[21]

มาลาไคท์ กรีน (Malachite Green) เป็นสีเบสิกไตรเอริลมีเทน ถ้าฉีดมาลาไคท์ กรีน เข้าในเส้นเลือดของหนูด้วยความเข้มข้นที่ทำให้หนูตาย 50 % (50 % lethal dose) พบว่าจะทำให้เกิดอาการเรียนศีรษะซึ่งตรวจได้จากคลื่นหัวใจ ถ้าฉีดสีนี้ด้วยความเข้มข้นที่ทำให้หนูตาย 25 % (25 % lethal dose) เข้าในกล้ามเนื้อ และใต้ผิวหนังหน้าท้องจะทำให้อัตราการปฏิสนธิในหนูตัวเมียลดลง นอกจากนี้ยังพบว่ามาลาไคท์ กรีน ทำให้เกิดการสลายตัวและยับยั้งการหมุนเวียนของโลหิตในเส้นเลือดฝอยภายในตับ ม้าม ไต และหัวใจ และทำให้เกิดเนื้องอกในปอด เต้านม และรังไข่ มีผู้รายงานว่าถ้าผสมมาลาไคท์ กรีน ในน้ำให้หนูกินเป็นเวลา 6 เดือน จะทำให้หนูเป็นหมัน และเกิดความผิดปกติที่ผิวหนัง ตา ปอด และกระดูก จากผลการทดลองต่าง ๆ เหล่านี้ คณะกรรมการองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO / WHO) จึงลงความเห็นว่ามาลาไคท์ กรีน มีผลทำให้เกิดโรคมะเร็ง[21]

คองโก เรด (Congo Red) เป็นสีไดเอโซ (diazo dye) ถ้าให้สีนี้แก่กระต่าย สุนัข

และแมวด้วย ปริมาณ 1.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะทำให้เกิดความดันโลหิตต่ำ แต่จะมีผลในสุนัข และแมวต่ำกว่าในกระต่าย นอกจากนี้ถ้าฉีดคองโก เรด เข้าใต้ผิวหนังหน้าท้องให้แก่หนูที่ท้องได้ 8 วัน ด้วยปริมาณ 20 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 100 กรัม จะทำให้มีน้ำคั่งในสมอง และไปมีผลต่อตัวอ่อนแสดงว่าคองโก เรด ลิ่งผ่านรกของหนูได้[21]

2. <u>อันตรายจากสารอื่นที่ปะปนอยู่เนื่องจากการผลิต</u> สารดังกล่าวได้แก่สารบางตัวที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์สีได้แก่พวกอะโรมาติกอะมีน อโลหะ และโลหะบางชนิดที่เป็นพิษต่อร่างกาย เช่น ตะกั่ว สารหนู และโครเมียม เป็นต้น[4] สารเหล่านี้จะติดมากับสีในระหว่างขบวนการผลิตซึ่งแม้ว่าจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ก็สามารถสะสมอยู่ในร่างกายและทำให้เกิดอันตรายขึ้นได้ภายหลังถ้าร่างกายได้รับสารเหล่านี้ติดต่อกันเป็นเวลานาน สารอะโรมาติกอะมีน โลหะ และอโลหะเหล่านี้เป็นสารที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง[12] นอกจากนี้โลหะและอโลหะต่าง ๆ ยังมีพิษอื่น ๆ ต่อร่างกายอีกด้วยคือ

ตะกั่ว มีผลต่อสมอง และระบบประสาทจากสมอง และไขสันหลัง ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง ปวดท้อง อาเจียน ท้องร่วง หมดสติ เบื่ออาหาร และอ่อนเพลีย ในระยะต่อมาจะอาเจียนอย่างรุนแรง ปวดท้อง ปวดตามแขน ขา ไขข้อ ทำให้เป็นอัมพาต และทำลายระบบประสาท[22,23]

สารหนู มีอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ประสาทอักเสบและหมดสติ มีผลต่อระบบทางเดินอาหารทำให้หลอดอาหารอักเสบ อาเจียน ท้องเดิน ทำให้ความดันโลหิตลดลง อ่อนเพลีย โลหิตจาง น้ำหนักลด ทำลายระบบทางเดินหายใจ และอาจเสียชีวิตเนื่องจากการหมุนเวียนของโลหิตล้มเหลว[22,23]

โครเมียม ทำลายเซลของร่างกาย ทำให้เกิดอาการคัน เกิดแผลพุพอง และแผลมีหนองที่จมูกและผิวหนัง นอกจากนี้ยังทำให้เกิดอาการหน้ามืด เวียนศีรษะ ปวดท้อง อาเจียน หมดสติ และเสียชีวิตในที่สุด[22,23]

เนื่องจากอันตรายที่เกิดจากการใช้สีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ปรุงแต่งสีสันในอาหารมีมากมายทั้งจากตัวสีเองและจากสารต่าง ๆ ที่เจือปนอยู่ในสีนั้น ประเทศต่าง ๆ จึงออกกฎหมายควบคุมการใช้สีผสมอาหารโดยอนุญาตให้ใช้เฉพาะสีบางชนิด และโดยมากจะจำกัดการใช้สีกับอาหารบางประเภท

เท่านั้น[3] นอกจากนี้ยังกำหนดมาตรฐานของสีที่ใช้ผสมอาหารซึ่งจะต้องมีคุณลักษณะดังนี้

1. เป็นสีที่ไม่มีพิษต่อร่างกายเมื่อรับประทานเข้าไปโดยสีเหล่านี้ได้ทดสอบแล้วว่าไม่เป็นอันตรายใด ๆ ต่อสัตว์ทดลองในทุก ๆ สภาวะ

2. มีสารอย่างอื่นที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่ง European Economic Community กำหนดว่าสีผสมอาหารต้องมีอะโรมาติกอะมีนไม่เกิน 0.01 % และสารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์อื่น ๆ นอกจากอะมีนไม่เกิน 0.5 % และต้องไม่มี เบตา-แนฟทิลอะมีน , เบนซิดีน , 4-อะมิโนไบเฟนิล หรืออนุพันธ์[21] เนื่องจากสารเหล่านี้เป็นสารที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง[12]

3. มีตะกั่ว , โครเมียม , สารหนู และโลหะอื่น ๆ ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

สำหรับประเทศไทยกระทรวงสาธารณสุขได้ออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 21 (พ.ศ.2522)[24] กำหนดสีผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และกำหนดคุณภาพ หรือมาตรฐานการใช้ การผสม และฉลาก โดยกำหนดว่า สีผสมอาหารได้แก่

(1) สีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ ดังต่อไปนี้

(ก) จำพวกสีแดง ได้แก่

ปองโซ 4 อาร์ (Ponceau 4 R) เลขดัชนีสี 16255

คาร์โมอีซีน หรือ เอโซรูบิน (Carmoisine or azorubine) เลขดัชนีสี14720

เออริโทรซีน (Erythrosine) เลขดัชนีสี 45430

(ข) จำพวกสีเหลือง ได้แก่

ตาร์ตราซีน (Tartrazine) เลขดัชนีสี 19140

ซันเซ็ต เยลโลว์ เอฟซีเอฟ (Sunset yellow FCF) เลขดัชนีสี 15985

ไรโบฟลาวิน (Riboflavin)

(ค) จำพวกสีเขียว ได้แก่

ฟาส์ท กรีน เอฟซีเอฟ (Fast green FCF) เลขดัชนีสี 42053

(ง) จำพวกสีน้ำเงิน ได้แก่

อินดิโกคาร์มีน หรืออินดิโกติน (Indigo carmine or Indigotine) เลขดัชนีสี 73015

บริลเลียนท์บลู เอฟซีเอฟ (Brilliant blue FCF) เลขดัชนีสี 42090

(2) สีอนินทรีย์ ได้แก่

ผงถ่านที่ได้จากการเผาพืช (Vegetable charcoal)

ไตเตเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide)

(3) สีที่ได้จากธรรมชาติโดยการสกัดจากพืชและสัตว์ที่ใช้บริโภคได้โดยไม่เกิดอันตราย และสีชนิดเดียวกันที่ได้จากการสังเคราะห์ ได้แก่

โคชินิล (Cochineal) เลขดัชนีสี 75470

สีจากคาโรทีนอยด์ (Carotenoids) ได้แก่

แคนทาแซนทีน (Canthaxanthine)

คาโรทีน (Carotenes , natural)

เบตา - คาโรทีน (Beta - carotene)

เบตา - อะโป - 8' - คาโรทีนาล (Beta - apo - 8'- carotenal)

เบตา - อะโป - 8' - คาโรทีโนอิก แอซิด (Beta - apo - 8'- carotenoic acid)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอทิลเอสเทอร์ของเบตา-อะโป-8'-คาโรทีโนอิก แอซิด (Ethyl ester of beta-apo-8'-carotenoic acid)

เมทิลเอสเทอร์ของเบตา-อะโป-8'-คาโรทีโนอิก แอซิด (Methyl ester of beta-apo-8'-carotenoic acid)

คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) เลขดัชนีสี 75810

คลอโรฟิลล์คอปเปอร์คอมเพลกซ์ (Chlorophyll copper complex)

(4) ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีสีตาม (1) , (2) หรือ (3) ผสมอยู่ และใช้สำหรับแต่งสีอาหารได้

นอกจากนี้ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับนี้ยังกำหนดคุณภาพ หรือมาตรฐานของสีผสมอาหารไว้ด้วย เช่น กำหนดปริมาณสี ปริมาณสารเจือปนต่าง ๆ เช่น สารอื่นที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ สีอื่น โลหะต่าง ๆ สารที่ไม่ละลายน้ำ สารที่สามารถสกัดได้ด้วยอีเทอร์และกำหนดคุณสมบัติบางประการของสีไว้อีกด้วย

สีที่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหารเหล่านี้ถึงแม้จะได้รับการทดสอบแล้วว่าไม่เป็นอันตรายแต่ปริมาณที่ใช้ผสมในอาหารจะต้องไม่มากเกินไป ปริมาณสีผสมอาหารที่รับประทานได้ต่อวันแสดงในตารางที่ 1

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าสีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ซึ่งในที่นี้จะเรียกว่าสีย้อมนั้น มีอันตรายต่อผู้บริโภคมาก และกระทรวงสาธารณสุขได้ออกประกาศกระทรวงสาธารสุขอนุญาตให้ใช้สีบางชนิดเท่านั้นเป็นสีผสมอาหาร แต่ปรากฏว่า ยังมีผู้นำสีย้อมมาใช้ปรุงแต่งสีสันอาหารให้ดูสวยงาม ซึ่งอาจเนื่องมาจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ หรือใช้อย่างผิดกฎหมายเนื่องจากสีย้อมมีราคาถูกกว่าให้สีเข้มสดใสกว่า ดังนั้น วิธีที่ให้ผลดีในการแยก (separation) และการพิสูจน์ (identification) สีที่ผสมในอาหารต่าง ๆ จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ เพื่อให้ทราบว่าการใช้สีเป็นไปอย่างถูกต้องหรือไม่

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณสีที่มนุษย์สามารถรับประทานได้ต่อวันต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัม (ADI) (5)

ชื่อสามัญ	FD & C NO.	เลขดัชนีสี	ADI
เบตา-อะโป-8'-คาโรทีนาล	-	-	0-2.5
เบตา-คาโรทีน	-	75130	0-2.5
แคนทาแซนทีน	-	-	0-12.5
บริลเลียนท์บลู เอฟซีเอฟ	Blue No. 1	42090	0-12.5
เออริโทรซีน	Red No.3	45430	0-12.5
ฟาสท์ กรีน เอฟซีเอฟ	Green No. .3	42053	0-12.5
อินดิโกคาร์มีน	Blue No.2	73015	0-2.5
ไรโบฟลาวิน	-	-	0-0.5
ซันเซต เยลโลว์ เอฟ-ซีเอฟ	Yellow No.6	15985	0-5.0
ตาร์ตราซีน	Yellow No.5	19140	0-7.5

หมายเหตุ FD & C No. หมายถึง Food Drug & Cosmetic Number

ADI หมายถึง Acceptable Daily Intake (mg/kg body weight)

การพิสูจน์สีสังเคราะห์ที่เติมลงในอาหารโดยทั่วไปทำได้หลายวิธี เช่นใช้เทคนิคทางโครมาโตกราฟี (chromatographic technique) เทคนิคทางสเปกโตรโฟโตเมตรี (spectrophotometric technique) หรือใช้การทดสอบด้วยปฏิกิริยาเคมี (chemical test)[25,26] แต่เทคนิคที่ใช้กันมากที่สุด คือ เทคนิคทางโครมาโตกราฟี เพราะนอกจากจะเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการแยกสีผสมออกจากกันแล้วยังสามารถใช้พิสูจน์สีได้ด้วย[25] เทคนิคที่ใช้ส่วนใหญ่จะใช้เทคนิคทางเปเปอร์โครมาโตกราฟี (paper chromatography) และทินแลร์โครมาโตกราฟี (thin layer chromatography) แต่เนื่องจากเทคนิคทางเปเปอร์โครมาโตกราฟีทำได้ง่าย สามารถเก็บโครมาโตแกรม (chromatogram) ไว้ได้ และสารที่ผ่านขบวนการทางเปเปอร์โครมาโตกราฟีแล้วไม่มีการเปลี่ยนแปลงสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้ เทคนิคนี้จึงเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง[27,28] ส่วนเทคนิคทางสเปกโตรโฟโตเมตรี และการทดสอบด้วยปฏิกิริยาทางเคมีนั้นโดยมากใช้เพื่อยืนยันให้แน่นอนเท่านั้น

เทคนิคทางเปเปอร์โครมาโตกราฟีมีผู้นำมาใช้กันอย่างมากมายในการทดสอบสีที่ผสมในอาหาร เพื่อให้ทราบว่าใช้สีที่อนุญาตให้ใช้เป็นสีผสมอาหารหรือไม่ สีที่อนุญาตให้ใช้ในแต่ละประเทศยังแตกต่างกัน จึงมีผลงานวิจัยเกี่ยวกับวิธีพิสูจน์สีในอาหารเป็นจำนวนมาก เช่น D.H.Tilden[29,30] ใช้เทคนิคทางเปเปอร์โครมาโตกราฟีตรวจสอบสีที่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง (FD & C colors) โดยใช้ระบบตัวทำละลาย (solvent system) ต่าง ๆ 20 ชนิด J.R.A. Anderson และผู้ร่วมงาน[31] ใช้ two-dimensional chromatography และ electrophoresis บนกระดาษแยกสี และศึกษาสีที่อนุญาตให้ใช้ในนิวเซาท์เวลล์ ประเทศออสเตรเลีย R.De Gori และผู้ร่วมงาน[32,33] แยกและพิสูจน์สีสังเคราะห์ที่ใช้ในอิตาลีด้วยเทคนิคทางโครมาโตกราฟีโดยกระดาษ SS 2043/A

และใช้ตัวทำละลายที่ประกอบด้วยเอทานอล บิวทานอล และน้ำในอัตราส่วน 20 : 25 : 25 จุดของสี (spot) แต่ละชนิดที่แยกได้สกัดออกมาด้วยน้ำกลั่นแล้วศึกษาด้วยเทคนิคทางสเปกโตรโฟโตเมตรี H.S.Dellinger[34] ศึกษาวิธีแยกและพิสูจน์สีย้อม พบว่าการทำ ascending paper chromatography ให้ผลดีที่สุด F.J. Bandelin และผู้ร่วมงาน[35] ใช้เปเปอร์โครมาโตกราฟีศึกษาสีที่อนุญาตให้ใช้ในสหรัฐอเมริกา 20 ชนิด ซึ่งใช้ผสมในยากันมากโดยใช้ระบบตัวทำละลายชนิดเดียว ปรากฏว่าสีหลายชนิดให้ค่า R_f ใกล้เคียงกัน D.Pearson ได้ศึกษาวิธีการพิสูจน์สีต่าง ๆ และรายงานค่า R_f ของสีแต่ละชนิดในระบบตัวทำละลายต่าง ๆ กัน โดยเทคนิคทางเปเปอร์โครมาโตกราฟีของสีที่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหาร[36,37,38,39] และสีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหารบางชนิด[40] พบว่าระบบตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดในการแยกสีต่าง ๆ คือ สารละลายผสมของไอโซบิวทานอล เอทานอล และน้ำ และสารละลายผสมของเอทิลเมทิลคีโตน อะซีโตน และน้ำ J.Dobrecky และผู้ร่วมงาน[41] ศึกษาการแยกสี 6 ชนิดที่สกัดได้จากยาโดยใช้ 2 - dimensional paper chromatography แล้ววิเคราะห์ปริมาณของแต่ละสีด้วยเทคนิคทางคัลเลอริเมตรี Y. Yanuka และผู้ร่วมงาน[42] ได้พิสูจน์และตรวจสอบสีผสมอาหาร 12 ชนิด ที่ใช้ในอิสราเอลโดยใช้ระบบตัวทำละลายเพียงชนิดเดียวโดยใช้ R_f characteristic curve

สำหรับเทคนิคทางสเปกโตรโฟโตเมตรี มีผู้ศึกษาสีโดยใช้เทคนิคทางอุลตราไวโอเลต-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรีกันมาก เช่น Association of Public Analysts[25] และ D. Pearson[39,43] ศึกษาสเปกตราของสีที่ละลายน้ำได้ซึ่งอนุญาตให้ใช้ผสมอาหารในประเทศอังกฤษ E. Gurr[9] ศึกษาสเปกตราในย่านวิสิเบิลของสีย้อมบางชนิด และรายงานค่าความยาวคลื่นที่แสงถูกดูดกลืนได้มากที่สุด นอกจากนี้ยังมีผลงานเกี่ยวกับการศึกษาสเปกตราของสีผสมอาหารในย่านวิสิเบิลอีกมาก

เทคนิคทางสเปกโตรโฟโตเมตรีอีกเทคนิคหนึ่งซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสีย้อม และสามารถใช้ในการพิสูจน์สีย้อมคือเทคนิคทางอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตเมตรี M.Suzuki และผู้ร่วมงาน[44,45,46] ได้ใช้เทคนิคนี้ในการพิสูจน์สีผสมอาหารและสีย้อมบางชนิด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพิสูจน์สีที่ผสมในอาหารจะต้องสกัดสีจากอาหาร แล้วจึงนำมาทำให้บริสุทธิ์ เนื่องจากในการสกัดจะมีสารอื่นถูกสกัดออกมาด้วย สารเหล่านั้นอาจรบกวนต่อการพิสูจน์สีโดยเทคนิคทางโครมาโตกราฟี สเปกโตรโฟโตเมตรี และปฏิกิริยาทางเคมีได้ แล้วจึงทำให้สารละลายของสีที่บริสุทธิ์เข้มข้นขึ้น[47] วิธีทำให้สารละลายสีที่สกัดได้บริสุทธิ์ที่ใช้กันมาก[47,48] ได้แก่

1. ใช้การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)

2. ใช้การย้อมขนสัตว์ (wool - dyeing methods)

3. ใช้คอลัมน์โครมาโตกราฟี (adsorption column chromatography)

4. ใช้การแลกเปลี่ยนอิออน (ion exchange procedures)

5. ใช้เปเปอร์อิเลคโตรโฟริซีส (paper electrophoresis)

เมื่อได้สารละลายสีที่บริสุทธิ์ และทำให้เข้มข้นแล้วจึงนำมาศึกษาโดยใช้เทคนิคทางโครมาโตกราฟี สเปกโตรโฟโตเมตรี และใช้ปฏิกิริยาเคมีต่อไป

นอกจากสีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์จะมีบทบาทสำคัญในการปรุงแต่งสีสันอาหาร แล้วยังเข้ามามีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางอีกด้วย แต่ในที่นี้จะศึกษาสีที่ผสมในลิปสติกเท่านั้น เนื่องจากสีจากลิปสติกสามารถเข้าสู่ร่างกายโดยทางปากและเข้าสู่ระบบย่อยอาหาร สีที่ใช้จึงมีผลต่อร่างกายเช่นเดียวกับสีที่ผสมในอาหาร สีที่ใช้ในลิปสติกต้องไม่มีพิษต่อร่างกาย ปริมาณสีต้องเป็นไปตามมาตรฐาน มีสารหนู ตะกั่ว และสารเจือปนอื่น ๆ ไม่เกินปริมาณที่กำหนดไว้[49]

สีที่อนุญาตให้ใช้ผสมในอาหารยา และเครื่องสำอางแบ่งออกได้เป็น 3 พวก[50] คือ

1. สีที่อนุญาตให้ใช้ผสมได้ทั้งอาหาร ยา และเครื่องสำอาง (Food , Drug & Cosmetic colors : FD & C colors)

2. สีที่อนุญาตให้ใช้ในยา และเครื่องสำอาง (Drug & Cosmetic colors :

D & C colors)

3. สีที่อนุญาตให้ใช้ในยา และเครื่องสำอางที่ใช้เฉพาะภายนอกเท่านั้น (External Drug & Cosmetic colors : Ext D & C colors)

สำหรับสีที่อนุญาตให้ใช้กับลิปสติคคือ FD & C และ D & C colors

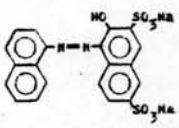
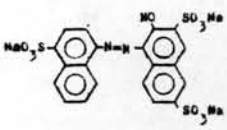
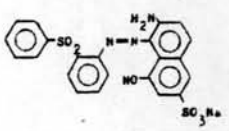
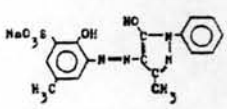
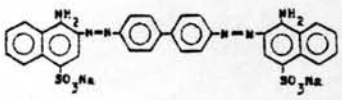
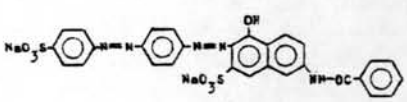
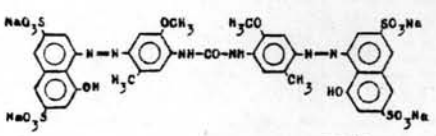
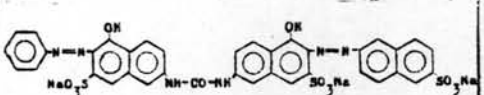
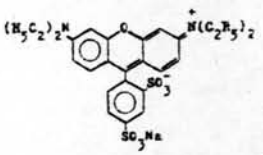
การพิสูจน์และตรวจสอบสีในลิปสติคทำได้หลายวิธี R.S.Silk รายงานวิธีตรวจสอบสีในลิปสติคโดยใช้คอลัมน์โครมาโตกราฟี[51] และใช้ทินแลร์โครมาโตกราฟีในการแยกสีในลิปสติคและหาปริมาณของแต่ละสี[52] A.L.Albornoz[53] สกัดสีจากลิปสติคด้วยสารละลายแอมโมเนียแล้วนำสีที่ได้มาทำเปเปอร์โครมาโตกราฟีโดยใช้ระบบตัวทำละลายที่ประกอบด้วยเอทานอล น้ำ เอทิลอะซิเตต และแอมโมเนีย B.Legatowa[54] วิเคราะห์สีในลิปสติคด้วยเทคนิคทางเปเปอร์โครมาโตกราฟีโดยใช้ระบบตัวทำละลายที่ประกอบด้วยเมทิลเอทิลคีโตน ไดเมทิลคีโตน น้ำ และแอมโมเนีย

สำหรับการวิจัยนี้เป็นการศึกษาการแยกและศึกษาคุณสมบัติของสีย้อม 42 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2 ด้วยเทคนิคทางเปเปอร์โครมาโตกราฟี วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี อินฟราเรดสเปกโตรโฟโตเมตรี และศึกษาปฏิกิริยาของสีย้อมเหล่านี้กับสารเคมีบางชนิด สำหรับเทคนิคทางเปเปอร์โครมาโตกราฟีนั้นจะได้ปรับปรุงวิธีการโดยใช้รัสดุที่มีราคาถูกคือจะใช้กระดาษกรองธรรมดาแทนกระดาษโครมาโตกราฟีซึ่งมีราคาแพงกว่าและมีการเปรียบเทียบผลให้เห็น นอกจากนี้ยังได้นำคุณสมบัติต่าง ๆ ของสีย้อมที่ได้มาใช้ในการแยกและพิสูจน์สีย้อมที่ผสมในอาหารชนิดต่าง ๆ ที่มีขายตามท้องตลาด และในลิปสติคเพื่อให้ทราบว่าอาหาร และลิปสติคที่มีขายโดยทั่วไปนั้นให้ความปลอดภัยแก่ผู้บริโภคและผู้ใช้เพียงใด

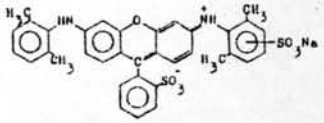
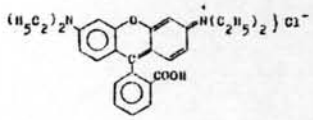
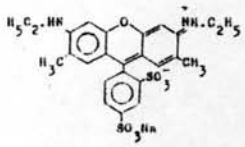
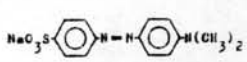
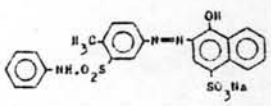
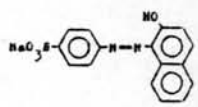
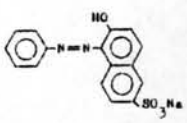
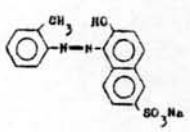
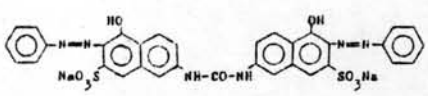
<u>การจำแนกสีย้อม</u> (Classification of Dyes)

สีย้อมจำแนกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ 2 วิธี คือ จำแนกตามโครงสร้างทางเคมี และจำแนกตามการใช้ย้อมเส้นใยต่าง ๆ

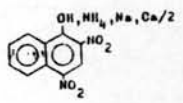
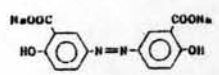
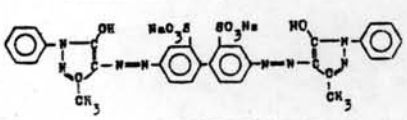
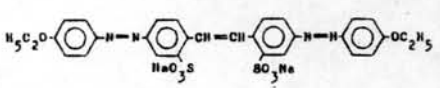
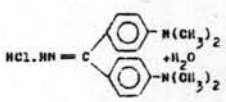
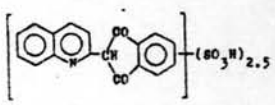
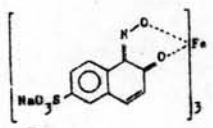
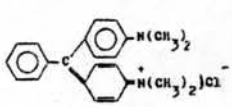
ตารางที่ 2 แสดงชื่อ, เลขดัชนีสี, chemical class และสูตรโครงสร้างทางเคมีของสีย้อมที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อสามัญ	ชื่อและเลขดัชนีสี	chemical class	สูตรโครงสร้าง
สีแดง			
Bordeaux Red	C.I.Acid Red 17 (16180)	Monoazo	
Amaranth	C.I.Acid Red 27 (16185)	Monoazo	
Lanaperl Red B	D & C Red No. 2 C.I. Acid Red 42 (17070)	Monoazo	
Eriochrome Red G	C.I.Mordant Red 17 (18750)	Monoazo	
Congo Red	C.I.Direct Red 28 (22120)	Diazo	
Sirius Red 4 B or Diamine Red 8 B	C.I.Direct Red 81 (28160)	Diazo	
Durazol Red 6 B	C.I.Direct Red 79 (29065)	Diazo	
Benzo Scarlet GS	C.I.Direct Red 4 (29165)	Diazo	
Amido Rhodamine B	C.I.Acid Red 52 (45100)	Xanthene	

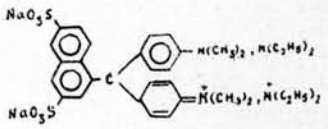
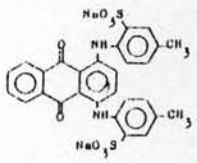
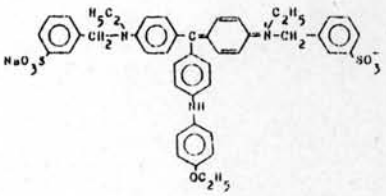
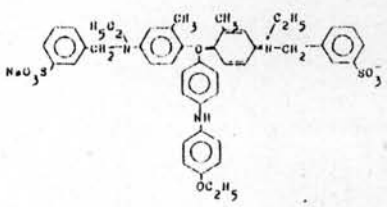
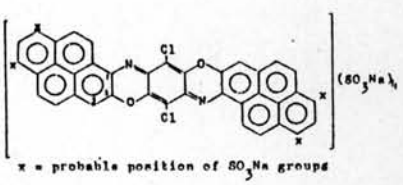
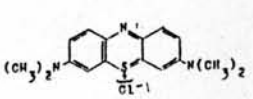
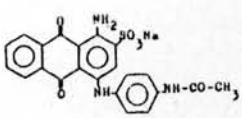
ตารางที่ 2 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	ชื่อและเลขดัชนีสี	Chemical Class	สูตรโครงสร้าง
Lanaperl Fast Pink R	C.I.Acid Red 289 (45110)	Xanthene	
Rhodamine B	C.I.Basic Violet 10 (45170) D & C Red No. 19	Xanthene	
Amido Rhodamine G	C.I.Acid Red 50 (45220)	Xanthene	
Isolan-Bordeaux K-RLS	C.I.Acid Red 277	Monoazo (1 : 2 metal complex)	005697
<u>สีส้ม</u>			
Methyl Orange (Orange III)	C.I.Acid Orange 52 (13025)	Monoazo	
Lanaperl Scarlet G	C.I.Acid Orange 19 (14690)	Monoazo	
Orange II	C.I.Acid Orange 7 (15510) D & C Orange No. 4	Monoazo	
Orange RN	C.I.Acid Orange 12 (15970)	Monoazo	
Orange GT	Acid dye (16010)	Monoazo	
Kayaku Direct Fast Orange S	C.I.Direct Orange 26	Diazo	

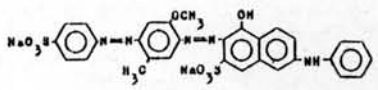
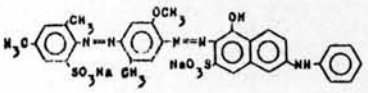
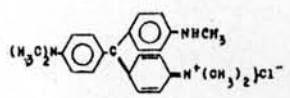
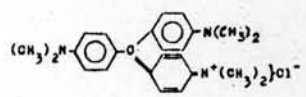
ตารางที่ 2 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	ชื่อและเลขดัชนีสี	Chemical Class	สูตรโครงสร้าง
Lanaperl Brilliant Orange G	C.I.Acid Orange 146	Monoazo	
<u>สีเหลือง</u>			
Naphthol Yellow	C.I.Acid Yellow 24 (10315) Ext.D&C Yellow No.7	Nitro	
Eriochrome Flavine A	C.I.Mordant Yellow44 (14130)	Monoazo	
Lanaperl Fast Yellow GR	C.I.Acid Yellow 42 (22910)	Diazo	
Chrysophinine G	C.I.Direct Yellow 12 (24895)	Diazo	
Auramine	C.I. Basic Yellow 2 (41000)	Diphenyl-methane	
Quinoline Yellow	C.I.Acid Yellow 3 (47005) D & C Yellow No. 10	quinoline	
Remacryl Yellow 4 GL	C.I.Basic Yellow 13	Acridine	
<u>สีเขียว</u>			
Naphthol Green B	C.I.Acid Green 1 (10020) Ext. D & C Green No.1	Nitroso	
Malachite Green	C.I.Basic Green 4 (42000)	Triaryl-methane	

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	ชื่อและเลขดัชนีสี	Chemical Class	สูตรโครงสร้าง
Erio Green B	C.I.Acid Green 16 (44025)	Triaryl methane	
Kayanol Cyanine Green G	C.I.Acid Green 25 (61570)	Anthra-quinone	
<u>สีน้ำเงิน</u>			
Kayanol Cyanine G	C.I.Acid Blue 90 (42655)	Triaryl-methane	
Kayanol Cyanine 6 B	C.I.Acid Blue 83 (42660)	Triaryl-methane	
Durazol Blue B	C.I.Direct Blue 109 (51310)	Oxazine	 x = probable position of SO_3Na groups
Methylene Blue	C.I.Basic Blue 9 (52015)	Thiazine	
Lanaperl Blue G	C.I.Acid Blue 40 (62125)	Anthra-quinone	
Amido Blue A			
Remacryl Blue G	C.I.Basic Blue 96	Oxazine	

ตารางที่ 2 (ต่อ)

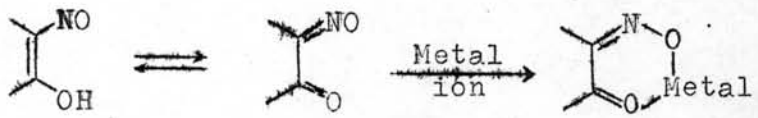
ชื่อสามัญ	ชื่อและเลขดัชนีสี	Chemical Class	สูตรโครงสร้าง
<u>สีม่วง</u>			
Diamine Brilliant Violet B	C.I.Direct Violet 9 (27885)	Diazo	
Durazol Violet R	C.I.Direct Violet 51 (27905)	Diazo	
Methyl Violet	C.I.Basic Violet 1 (42535)	Triaryl-methane	
Crystal Violet	C.I.Basic Violet 3 (42555)	Triaryl-methane	

การจำแนกสีย้อมตามโครงสร้างทางเคมี (Chemical Classification of Dyes)

สีย้อมสามารถจำแนกตามโครงสร้างทางเคมี หรือตามโครโมฟอร์ (chromophore) เป็นชนิดต่าง ๆ ได้ ดังต่อไปนี้ (55)

1. สีไนโตรโซ (Nitroso dyes) เลขดัชนีสี 10000-12999

สารประกอบอะโรมาติกที่มีหมู่ไนโตรโซ (-NO) และหมู่ไฮดรอกซี (-OH) ที่อยู่ในตำแหน่งออโท (ortho) กัน เช่น ออโทไนโตรโซฟีนอล หรือ แนพทอล (I) สามารถเกิด tautomeric shift ไปเป็นออโทควิโนน โมโนออกซิม (II) ซึ่งสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับโลหะต่าง ๆ เช่น เหล็ก โครเมียม โคบอลต์ และนิเกิล ได้ สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นคือ สีไนโตรโซ (III) สีย้อมในกลุ่มนี้มีมากแต่โดยทั่วไปจะใช้เฉพาะสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กที่มีสีเขียวในการย้อมสีและการพิมพ์ ในทางการค้าสีย้อมในกลุ่มนี้ที่สำคัญมีเพียงชนิดเดียว คือ แนพทอล กรีน บี ซึ่งใช้ในการย้อมขนสัตว์



(I) (II) (III)

2. สีไนโตร (Nitro dyes) เลขดัชนีสี 10300-10999

ประกอบด้วยออโทและพาราไนโตรฟีนอล หรือออโทและพาราไนโตรอะนิน มีหมู่ไนโตร ($-NO_2$) เป็นโครโมฟอร์ ออกโซโครม (auxochromes) คือ หมู่ไฮดรอกซีและหมู่อะมิโน สีของสีย้อมพวกนี้เกิดจากการที่มีรูปร่างควิโนนอยด์ (quinonoid form) สีซัลโฟเนเตดไนโตร (sulfonated nitro dyes) ใช้สำหรับย้อมขนสัตว์และไหม ส่วนสีอันซัลโฟเนเตดไนโตร (unsulfonated nitro dyes) ใช้เป็น pigments

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. <u>สีเอโซ</u> (Azo dyes) เลขดัชนีสี 11000-36999

สีย้อมกลุ่มนี้มีหมู่เอโซ (-N=N-) เป็นโครโมฟอร์ และโดยมากมีหมู่ไฮดรอกซีหรือหมู่อะมิโนเป็นออกโซโครม ในทางอุตสาหกรรมผลิตสีเอโซโดยใช้สารละลายกรดของไพรมารีเอริลอะมีน (primary arylamine) ทำปฏิกิริยาไดเอโซไทเซชัน (diazotisation) กับกรดไนตรัสได้สารไดเอโซเนียม (diazonium compound) แล้วทำปฏิกิริยาคัปปลิง (coupling) กับอะโรมาติกอะมีน , สารไฮดรอกซี หรือสารคีโตที่สามารถเกิดอีโนไลเซชัน (enolisation) ได้

ไดเอโซไทเซชันและคัปปลิงสามารถเกิดได้กับสารประกอบต่าง ๆ กันจำนวนมากรวมทั้งสารเอโซบางตัวทำให้สามารถสังเคราะห์สีไดเอโซ ไตรเอโซ และโพลีเอโซได้ สีย้อมกลุ่มนี้จึงมีจำนวนมากที่สุดและใช้ได้กับเส้นใยทุกชนิด

4. <u>สีเอโซอิก</u> (Azoic dyes) เลขดัชนีสี 37000-39999

เป็นสีเอโซที่ไม่สามารถละลายในน้ำและตัวทำละลายต่าง ๆ จึงต้องเตรียมขึ้นบนเส้นใยจากพืช สีเอโซอิกตัวแรกที่ค้นพบคือพาราเรด (Para Red) การย้อมสีชนิดนี้ทำได้โดยจุ่มเส้นใยลงในสารละลายด่างของ 2-แนพทอล ทำให้แห้งแล้วจุ่มในไดเอโซไทซ์ พาราไนโตรอะนิลีนที่มีอุณหภูมิต่ำ

5. <u>สีสติลบีน</u> (Stilbene dyes) เลขดัชนีสี 40000-40799

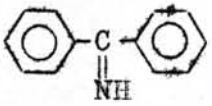
โครโมฟอร์ของสีย้อมกลุ่มนี้คือหมู่เอโซแต่ไม่ได้เตรียมจากปฏิกิริยาไดเอโซไทเซชันและคัปปลิงโดยมากเตรียมจากปฏิกิริยาคอนเดนเซชัน (condensation) ของ 5-ไนโตร-ออร์โทโทลูอีนซัลโฟนิกแอซิดเองหรือคอนเดนเซชันกับสารประกอบอะโรมาติกซึ่งโดยทั่วไปใช้เอริลอะมีน สีย้อมพวกนี้เป็นสีไดเรค (direct dyes)

6. <u>สีคาโรทีนอยด์</u> (Carotenoid dyes) เลขดัชนีสี 40800-40999

โครโมฟอร์ของคาโรทีนอยด์คือ polyene chain ของคาร์บอนอย่างน้อย

18 อะตอม ซึ่งมี conjugated double bonds คาโรทีนอยด์หลายชนิดพบอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ ซึ่งจัดอยู่ในพวกสีธรรมชาติ (เลขดัชนีสี 75110-75135) ในปัจจุบันคาโรทีนอยด์ที่สังเคราะห์ขึ้นใช้เป็นสีผสมอาหารที่สำคัญ เช่น เบตา-คาโรทีน, เบตา-อะโป-8'-คาโรทีนาล , แคนทาแซนทีน เป็นต้น

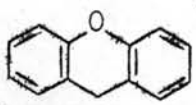
7. <u>สีไดเฟนิลมีเทน</u> (Diphenylmethane dyes) เลขดัชนีสี 41000-41999

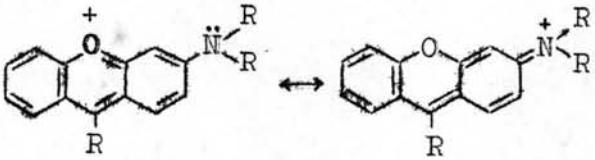
สารหลักของสีย้อมกลุ่มนี้คือไดเฟนิลมีเทน โครโมฟอร์คือหมู่ $\rangle C{=}NH$ โครโมเจนคือ  และสีย้อมเกิดขึ้นโดยการแทนที่หมู่อัลคิลอะมิโนในตำแหน่งพารากับคาร์บอนของมีเทน สีย้อมกลุ่มนี้เป็นสีเบสิก (basic dyes) ส่วนใหญ่ใช้ย้อมกระดาษ นอกจากนี้อาจใช้ย้อมขนสัตว์ ไหม หนัง ฝ้าย หรือเส้นใยอะคริลิก (acrylic fibers)

8. <u>สีไตรเอริลมีเทน</u> (Triarylmethane dyes) เลขดัชนีสี 42000-44999

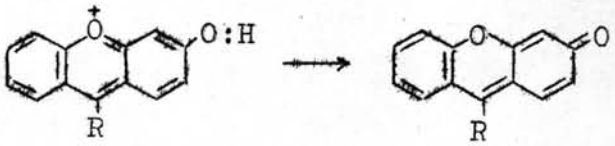
โครโมฟอร์ของสีย้อมกลุ่มนี้คือหมู่ควิโนนอยด์ซึ่งอาจเป็น $\rangle C{=}Ar{=}N$ หรือ $\rangle C{=}Ar{=}O$ เมื่อ Ar เป็นอะโรมาติกนิวเคลียส สีไตรเอริลมีเทนได้จากการเอาหมู่ $-NH_2$, $-NR_2$ หรือ $-OH$ ใส่เข้าไปใน rings ของไตรเฟนิลมีเทน สารที่ได้เป็นสารที่ไม่มีสี (leuco compounds) ซึ่งเมื่อถูกออกซิไดซ์ จะได้เทอร์เชียรีแอลกอฮอล์ที่อยู่ในรูปของเบนซีนอยด์ซึ่งไม่มีสี และจะเปลี่ยนเป็นสีควิโนนอยด์เมื่อมีกรดอยู่ สีย้อมกลุ่มนี้มีทั้งสีเบสิก, สีแอซิด และสีมอร์แดนท์

9. <u>สีแซนทีน</u> (Xanthene dyes) เลขดัชนีสี 45000-45999

โครงสร้างหลักของสีย้อมกลุ่มนี้คือ แซนทีน (dibenzo-1,4-pyran)  โดยมากออกโซโครมเป็นหมู่อะมิโน (สีอะมิโนแซนทีน) หรือหมู่ไฮดรอกซี (สีไฮดรอกซีแซนทีน) ซึ่งอยู่ในตำแหน่งพารากับคาร์บอนของมีเทน โครโมฟอร์ของสีอะมิโนแซนทีนคือ resonance hybrid

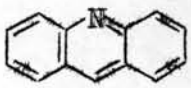

เมื่อ R=H , หมู่อัลคิล หรือ หมู่เอริล

ส่วนสีไอดรอกซีแซนทีนสามารถถูกทำให้เสถียรโดยการสูญเสียโปรตอนเกิดเป็นโมเลกุลที่ไม่มีประจุ โครโมฟอร์ของสีพวกนี้คือควิโนนอยด์



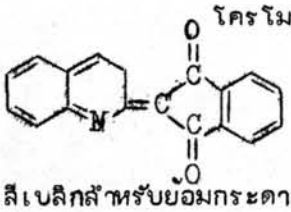
โดยทั่วไปสีย้อมกลุ่มนี้เป็นสีเบสิกซึ่งมีสีสด สารละลายให้ฟลูออเรสเซนต์ ใช้ย้อมขนสัตว์และไหมได้โดยตรงจากสารละลายที่เป็นกรดอ่อน และใช้ย้อมฝ้ายโดยใช้แทนนินมอร์แดนท์

10. <u>สีอะคริดีน</u> (Acridine dyes) เลขดัชนีสี 46000-46999

โครงสร้างหลักของสีย้อมกลุ่มนี้คืออะคริดีนนิวเคลียส 

ซึ่งเมื่ออยู่ในรูปของควิโนนอยด์จะมี o-fuchson-imine เป็นโครโมฟอร์ ถ้ามีออกโซโครมซึ่งโดยมากเป็นหมู่อะมิโนอยู่ในตำแหน่งพารากับคาร์บอนของมีเทนจะเกิดสีย้อมขึ้น อะคริดีนเหมาะสมสำหรับย้อมหนังและใช้เป็นสีเบสิกสำหรับย้อมไหมและเซลลูโลส

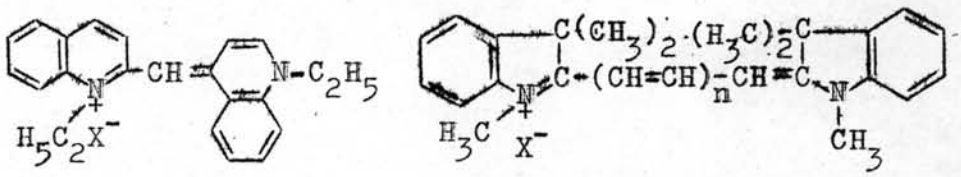
11. <u>สีควิโนลีน</u> (Quinoline dyes) เลขดัชนีสี 47000-47999

โครโมฟอร์ของสีย้อมกลุ่มนี้คือ 2-(2-Quinolyl)-1,3-indandione 

สีพวกนี้ใช้เป็นสีโซลเวนท์ (solvent dye) และสีเบสิกสำหรับย้อมกระดาษ เมื่อถูกซัลโฟเนเตตจะได้สีแอซิดซึ่งใช้ย้อมขนสัตว์ ในปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้สีย้อมกลุ่มนี้เป็น photographic sensitisers มากกว่าใช้ย้อมเส้นใย

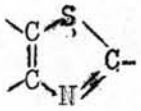
12. <u>สีมีไทน์และโพลีมีไทน์</u>(Methine and Polymethine dyes) เลขดัชนีสี 48000-48999

โครโมฟอร์ของสีย้อมกลุ่มนี้คือ conjugate chain ของอะตอมของคาร์บอนซึ่งปลายข้างหนึ่งมีหมู่แอมโมเนียมและมีอะตอมของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ หรือออกซิเจน สีย้อมส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้มีควิโนลิน , เบนโซไทอะโซล (benzothiazole) หรือไตรเมทิลอินโดลิน (trimethyl-indolin) นิวเคลียสต่อกับมีไทน์หรือโพลีมีไทน์ สีย้อมพวกนี้มีคุณสมบัติเป็นเบส โดยมากใช้เป็น sensitisers ในการถ่ายรูป

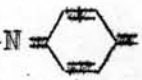
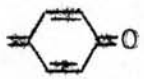


(n=0,1,2,3, etc.)

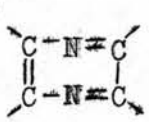
13. <u>สีไทอะโซล</u> (Thiazole dyes) เลขดัชนีสี 49000-49399

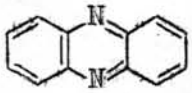
โครโมฟอร์ของสีไทอะโซลคือ thiazole ring  ซึ่งเมื่ออยู่ติดกับ aromatic ring และต่อกับ conjugated system ที่ตำแหน่ง 2 จะเกิดโครงสร้างควิโนนอยด์ได้ ออกโซโครมคือหมู่อะมิโน สีย้อมพวกนี้ใช้ย้อมฝ้ายได้โดยตรงหรืออาจใช้เป็นสีอินเกรน (ingrain dyes)

14. <u>สีอินตามีน และสีอินโดฟีนอล</u> (Indamine and Indophenol dyes) เลขดัชนีสี 49400-49999

สีย้อม 2 กลุ่ม นี้มีโครโมฟอร์เป็นควิโนนอยด์นิวเคลียส  และ  ตามลำดับ ออกโซโครมคือหมู่อะมิโน และหมู่ไฮดรอกซี ปัจจุบันไม่ใช้สีย้อมพวกนี้ในการย้อมเส้นใย แต่ใช้เป็นสารตัวกลาง (intermediate) ในการเตรียมสีซัลเฟอร์ (sulfur dyes) และใช้ในการถ่ายรูปสี

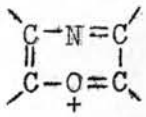
15. <u>สีเอซีน</u> (Azine dyes) เลขดัชนีสี 50000-50999

โครโมฟอร์ของสีย้อมกลุ่มนี้คือ pyrazine ring  ซึ่งติดกับ

benzene rings เกิดโครโมเจน (chromogen)  โดยมากมีหมู่-

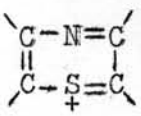
อะมิโนหรือหมู่ไฮดรอกซีในตำแหน่งเมตา (meta) กับไนโตรเจนเป็นออกโซโครม สีย้อมพวกนี้เป็นสีเบสิกใช้ย้อมขนสัตว์ ไหม และฝ้าย

16. <u>สีออกซาซีน</u> (Oxazine dyes) เลขดัชนีสี 51000-51999

โครโมฟอร์ของสีย้อมกลุ่มนี้คือ oxazine ring  ซึ่ง

ติดกับ benzene หรือ naphthalene rings โดยมากมีหมู่อะมิโนหรือหมู่ไฮดรอกซีในตำแหน่งเมตากับออกซีเจนเป็นออกโซโครม สีออกซาซีนเป็นสีเบสิกที่ใช้ย้อมขนสัตว์ ฝ้าย และหนัง

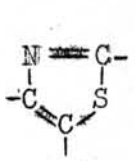
17. <u>สีไทอะซีน</u> (Thiazine dyes) เลขดัชนีสี 52000-52999

โครโมฟอร์ของสีย้อมกลุ่มนี้คือ thiazine ring  ซึ่ง

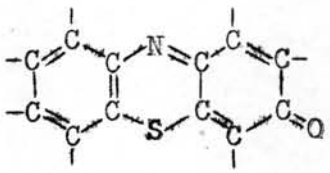
ติดกับ benzene หรือ naphthalene rings โดยมากมีหมู่อะมิโนหรือหมู่ไฮดรอกซีในตำแหน่งเมตากับซัลเฟอร์เป็นออกโซโครม สีย้อมพวกนี้เป็นสีเบสิกใช้ย้อมขนสัตว์ ไหม ฝ้าย และใช้เป็นสีแวต

18. <u>สีซัลเฟอร์</u> (Sulfur dyes) เลขดัชนีสี 53000-54999

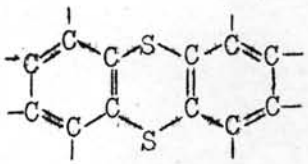
สีซัลเฟอร์เป็นสีย้อมที่ได้จากการให้ความร้อนแก่สารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น อะมีน อะมิโนฟีนอล หรือไนโตรฟีนอลกับซัลเฟอร์หรืออัลคาไลโพลีซัลไฟด์ $\left[Na_2S_x (x=2,3,5)\right]$ ขบวนการนี้เรียกว่าซัลเฟอไรเซชัน (sulfurisation) สีย้อมที่ได้ไม่ทราบโครงสร้างทางเคมีที่แน่นอนแต่จากการวิจัยแล้วให้เห็นว่า สีซัลเฟอร์ที่สำคัญในทางการค้าส่วนมากมี thiazole (I), thiazone (II) หรือ thianthrene (III) rings



(I)



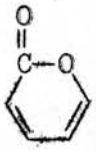
(II)



(III)

สีซัลเฟอร์ไม่ละลายในน้ำและกรด แต่ละลายในสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ โดยมากใช้ย้อมพวกเซลลูโลส์

19. <u>สีแลกโตน</u> (Lactone dyes) เลขดัชนีสี 55000-55999

โครโมฟอร์ของสีย้อมกลุ่มนี้คือ lactone ring  ออกโซโครมคือหมู่ไฮดรอกซี ใช้ย้อมขนสัตว์

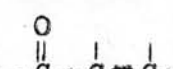
20. <u>สีอะมิโนคีโตนและสีไฮดรอกซีคีโตน</u> (Aminoketone and Hydroxyketone dyes) เลขดัชนีสี 56000-57999

สีย้อมทั้งสองกลุ่มนี้มีหมู่คาร์บอนิล ($\rangle C=O$) เป็นโครโมฟอร์ ออกโซโครมอาจเป็นหมู่อะมิโนหรือหมู่ไฮดรอกซี สีอะมิโนคีโตนเป็น arylaminoquinones หรือ amino derivative ของ naphthalimide ใช้ย้อมขนสัตว์ ส่วนสีไฮดรอกซีคีโตนเป็น hydroxyquinones หรือ hydroxy derivative ของ aromatic ketone

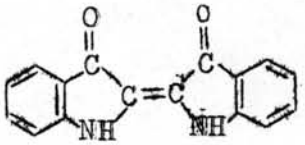
21. <u>สีแอนทราควิโนน</u> (Anthraquinone dyes) เลขดัชนีสี 58000-72999

โครโมฟอร์ของสีแอนทราควิโนนคือ หมู่คาร์บอนิลซึ่งอาจมีหมู่เดียวหรือหลายหมู่ โดยมากมีหมู่อะมิโน หมู่ไฮดรอกซี และ substituted form เป็นออกโซโครม สีย้อมกลุ่มนี้มีลักษณะของโมเลกุลต่าง ๆ กันเป็นจำนวนมาก ใช้เป็นสีแวต , สีแอซิด , สีมอร์แดนท์ และอื่น ๆ

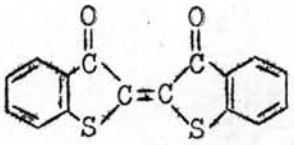
22. <u>สีอินดิกอยด์</u> (Indigoid dyes) เลขดัชนีสี 73000-73999

โครโมฟอร์ของสีย้อมกลุ่มนี้คือ  และมีหมู่ NH หรือซัลเฟอร์

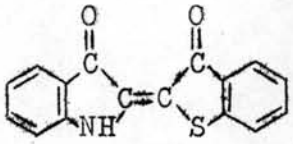
เป็นออกโซโครม เช่น



Indigo



Thioindigo Red B

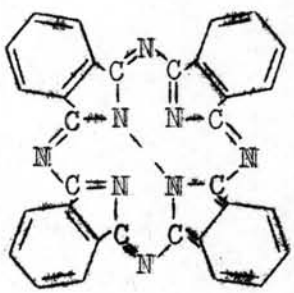


Ciba Violet A

สีอินดิกอยด์ใช้ในการย้อมและการพิมพ์เส้นใยจากพืชและสัตว์

23. สีฟทาโลไซยานิน (Phthalocyanine dyes and pigments) เลขดัชนีสี 74000-74999

โครโมฟอร์คือ tetrabenzoporphyrazine nucleus สีย้อมกลุ่มนี้มีความสำคัญมาก



มีความคงทนต่อแสง ความร้อน กรด และด่าง โดยมากใช้สำหรับสี (paints) หมึกพิมพ์ พลาสติค เส้นใย ยาง และอื่น ๆ

การจำแนกสีย้อมตามการใช้

เมื่อพิจารณาสีย้อมในแง่ของการใช้กับสิ่งต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ รวมทั้งหนัง พลาสติค และโพลิเมอร์ จึงแบ่งสีย้อมออกได้ดังต่อไปนี้

1. สีแอซิด (acid dyes) เป็นสีย้อมที่มีอิออนลบซึ่งละลายน้ำได้ สามารถใช้ย้อมเส้นใยที่มีไนโตรเจน เช่น ขนสัตว์ ไหม ไนลอน จากสารละลายที่เป็นกรด หรือเป็นกลาง สีย้อมจะติดกับ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เส้นใยได้เนื่องจากเกิดเกลือ (salt formation) ระหว่างอิออนลบในสีย้อมและอิออนบวกในเส้นใย สีแอซิดได้แก่สารพวกเอโซ แอนทราควิโนน ไตรเอริลมีเทน เอซีน แซนทีน คีโตนอิมีน ไนโตร และไนโตรโซ เป็นต้น

2. <u>สีเบสิก</u> (basic dyes) เป็นสีย้อมที่ละลายน้ำแล้วให้อิออนบวกที่มีสี โดยมากเป็นอนุพันธ์ของอะมิโน หรืออะมิโนที่ถูกแทนที่จากพวกไตรเอริลมีเทนหรือแซนทีน ข้อดีของสีเบสิกคือมีสีสดใสมาก และบางชนิดมีฟลูออเรสเซนต์ แต่สีพวกนี้ไม่คงทนต่อแสง ปัจจุบันนี้โดยมากใช้กับเส้นใยพวกอะครีลิกเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังใช้ย้อมกระดาษ หนัง และใช้เป็น pigment

3. <u>สีไดเรค</u> (direct dyes) เป็นสีย้อมที่มีอิออนลบจะเกาะติดกับเซลลูโลสเมื่อย้อมจากสารละลายสีย้อมที่มีอิเลคโตรไลต์ เช่น โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมซัลเฟต สีย้อมพวกนี้ส่วนใหญ่เป็นสีเอโซ (Di -, Tri - และ Polyazo classes) นอกจากนี้อาจเป็นพวกโมโนเอโซ , สติลบีน , ออกซาซีน , ไทอะโซล และ ฟทาโลไซยานิน นอกจากสีไดเรคจะใช้สำหรับเซลลูโลสแล้วอาจใช้กับกระดาษ หนัง ขนสัตว์ ไหม ไนลอน ได้อีกด้วย

4. <u>สีมอร์แดนท์</u> (mordant dyes) สีพวกนี้ไม่สามารถย้อมเส้นใยจากพืชและสัตว์ได้โดยตรงต้องทำการมอร์แดนท์ก่อน ถ้าสีมีคุณสมบัติเป็นกรดต้องมอร์แดนท์ด้วยเบส เช่น ไฮดรอกไซด์ของโลหะ ถ้าสีมีคุณสมบัติเป็นเบสต้องมอร์แดนท์ด้วยกรดซึ่งโดยทั่วไปใช้ แทนนิน (กรดแทนนิก) ต่อจากนั้นจึงย้อมด้วยสารละลายสีย้อม สีย้อมพวกนี้มี -OH หรือ -COOH radicals ซึ่งโดยมากเกาะติดกับเอโซ หรือแอนทราควิโนนคอมเปลกซ์ ส่วนใหญ่ใช้ย้อมขนสัตว์ แต่อาจใช้ย้อมไหม ไนลอน หนัง และอื่น ๆ ได้ สีธรรมชาติส่วนมากเป็นสีมอร์แดนท์

5. <u>สีแวต</u> (vat dyes) ส่วนใหญ่เป็นพวกสีอินดิกอยด์และสีแอนทราควิโนนอยด์ การย้อมสีพวกนี้ทำโดยละลายสีย้อมในสารละลายโซเดียมไฮโปซัลไฟต์ที่เป็นด่างสีย้อมจะถูกรีดิวซ์ให้สารที่ไม่มีสี (vats) ซึ่งสามารถเกาะติดกับเส้นใยจากพืชและสัตว์ได้โดยตรงแล้วทำออกซิเดชันให้เกิดสีย้อมซึ่งติดอยู่บนเส้นใย โดยมากใช้สีพวกนี้ในการย้อมฝ้ายและเส้นใยอื่น ๆ เช่น ขนสัตว์ ไหม เซลลูโลสอะซีเตต

6. <u>สีอินเกรน</u> (ingrain dyes) เป็นสีย้อมที่เตรียมขึ้นบนเส้นใย

7. <u>สีซัลเฟอร์</u> (sulfur dyes) เป็นสีย้อมที่มีซัลเฟอร์ ละลายในสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ซึ่งสีย้อมจะถูกรีดิวซ์เป็นสารไม่มีสีที่สามารถเกาะติดกับเส้นใยได้ แล้วจึงทำออกซิเดชันให้เกิดสีย้อมบนเส้นใย สีซัลเฟอร์โดยมากใช้กับเส้นใยพวกเซลลูโลส เช่นฝ้าย