หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

สีผสมอาหารเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากสีของอาหารมีส่วนทำให้อาหารน่ารับประทาน สีที่ใช้ผสมอาหารอาจได้จากธรรมชาติ เช่น พืช ผัก ผลไม้ หรือสัตว์ และสีที่สังเคราะห์ขึ้น ในอุตสาหกรรมผลิตอาหารจำเป็นต้องใช้สีผสมอาหารเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน่ารับประทาน เป็นที่พอใจของผู้บริโภค และขณะเดียวกันก็ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ๆ มีสีที่เหมือนกันทุกครั้งของการผลิตและเป็นเอกลักษณ์ของอาหารนั้นด้วย ซึ่งสีส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นสีสังเคราะห์เนื่องจากมีให้เลือกหลายสี หาซื้อง่ายสะดวกในการใช้ และได้สีสวยสดใส ค่อนข้างคงทน ทำให้ประเทศไทยต้องนำเข้าสีสังเคราะห์เหล่านี้จากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปีเนื่องจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมอาหาร การใช้สีสังเคราะห์ในปัจจุบันก็มีปัญหาตรวจพบการใช้สีผิดประเภท เช่น สีย้อมผ้า แต่งสีอาหาร หรือใช้สีถูกประเภทแต่ใช้ในปริมาณมากเกินไป ซึ่งทั้ง 2 กรณีก็ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ นอกจากนี้สีบางชนิดที่เคยอนุญาตให้ใช้ผสมอาหารได้ ต่อมาพบว่าทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย และได้ยกเลิกการใช้ไป จึงมีการแนะนำให้หันมาใช้สีธรรมชาติซึ่งปลอดภัยแทน ประกอบกับปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจต่อสุขภาพมากขึ้น จึงหันมานิยมอาหารที่แต่งสีธรรมชาติกันมากขึ้น เนื่องจากเป็นของที่ใช้กันมานานหลายชั่วอายุคน และพบว่าปลอดภัยในการบริโภค อย่างไรก็ตามวิธีการนำสีธรรมชาติมาใช้ผสมอาหารยุ่งยากไม่สะดวก บางฤดูกาลก็หาวัตถุดิบไม่ได้และบางแห่งก็หาวัตถุดิบที่จะนำสีธรรมชาติมาใช้ได้ยาก จึงน่าสนใจที่จะนำสีธรรมชาติที่นิยมใช้เหล่านั้นมาทำให้อยู่ในรูปที่สะดวกในการใช้ เช่น ผสมอาหารได้ง่าย สามารถเก็บได้นาน ขนส่งสะดวก ซึ่งรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดคือ การทำเป็นสีผงที่ละลายน้ำได้ ซึ่งสีจะคงสภาพดีกว่าในลักษณะของเหลว สามารถเผยแพร่ไปยังชนบทที่ห่างไกลได้ และเกิดประโยชน์ต่อส่วนรวมในด้านความปลอดภัยของการบริโภคอาหารที่ต้องแต่งสี

การศึกษานี้จะทำการสกัดสีจากเมล็ดคำแสด, ลูกพุด และรังครั่ง โดยนำมาสกัดด้วยสารสกัดที่เหมาะสม ซึ่งควรเป็นสารที่หาง่าย ปลอดภัยและราคาถูก จากนั้นจึงนำสารละลายสีที่สกัดมาทำการ encapsulation โดยวิธีพ่นแห้ง (spray dry) เพื่อให้

ได้สีที่คงทน แล้วศึกษาคุณภาพของสีที่ได้ วิเคราะห์หาความชื้นของสีที่เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บในภาชนะบรรจุต่าง ๆ เพื่อหาภาชนะบรรจุที่เหมาะสม ดูความคงตัวของสีผงในพีเอชต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปผสมอาหาร ตรวจหาตะกั่ว และสารหนูตามมาตรฐานของสีที่กำหนดในสหรัฐอเมริกา นำสีผงที่ได้ไปผสมในอาหารเพื่อดูการยอมรับของผู้บริโภคต่อสีผงแต่ละชนิด อีกทั้งดูว่าสีผงนั้น ๆ จะมีผลต่อกลิ่น รส เนื้อสัมผัสของอาหารหรือไม่ โดยใช้แบบสอบถามตามหลัก Hedonic Scale

ประวัติ

การใช้สีผสมลงในอาหารเพื่อแต่งสีอาหารให้น่ารับประทานมีการทำกันมาแต่โบราณ โดยในสมัยแรก ๆ นิยมใช้สีจากธรรมชาติเพียงอย่างเดียว จนปี ค.ศ.1856 Sir William Henry Perkin ได้สังเคราะห์สีอินทรีย์ขึ้นเป็นครั้งแรกคือสี Mauve เป็นสีม่วงแดง (Marmion, 1979) หลังจากนั้นสีสังเคราะห์ก็มีบทบาทเพิ่มขึ้น และมีการสังเคราะห์สีขึ้นอีกมากมายหลายร้อยชนิด จนในปี 1900 สหรัฐอเมริกาได้มีการศึกษาถึงความปลอดภัยของสีที่ใช้ผสมอาหาร โดย Dr. B.C. Hesse จาก United States Department of Agriculture (USDA) พบว่าสีในกลุ่ม coal tar dye หลายร้อยชนิดมีเพียง 7 ชนิดเท่านั้นที่จัดว่าเป็นสีที่ปลอดภัยในการใช้ และในปี 1907 ได้มีการพิมพ์รายชื่อสีเหล่านี้ลงใน U.S. Pure Food and Drug Act ซึ่งได้แก่สี Amaranth (FD & C Red No.2), Ponceau 3 R (FD & C red No.1), Erythrosine (FD & C Red No.3), Napthol Yellow S (Yellow No.1),Orange I(FD & C Orange No.1), Light Green SF Yellowish (Green No.2) และ Indigo (FD & C Blue No.2) ซึ่งปัจจุบันนี้เหลือเพียง 2 สีเท่านั้นที่ได้รับการยอมรับ คือ FD & C Red No.3 และ FD & C Blue No. 2 (Bauernfeind, 1981)

ในปี 1938 สหรัฐอเมริกาได้มีการตราพระราชบัญญัติ The Federal Food, Drug and Cosmetic Act ขึ้น โดยให้อำนาจคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (FDA) ในการควบคุมการใช้สีในอาหาร, ยา และเครื่องสำอางโดยแบ่งสีเป็น

FD & C Color เป็นสีที่ได้รับการรับรองให้ใช้ได้ในอาหาร, ยา และเครื่องสำอาง

D & C Color เป็นสีหรือรงควัตถุที่อนุญาตให้ใช้ในยา และเครื่องสำอาง

External D & C Color เป็นสีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์ที่รับประทาน ใช้ได้แต่เฉพาะในยาหรือเครื่องสำอางที่ใช้ภายนอกเท่านั้น

ความสนใจเกี่ยวกับอันตรายที่เกิดจากสีเริ่มขึ้นในปี 1950 โดยมีรายงานเกี่ยวกับอาการท้องร่วงในเด็กที่กินข้าวโพดและลูกกวาดใส่สีมากเกินไป ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเกิดจากสี Orange I (FD & C Orange No.1), FD & C Yellow No. 4 และ FD & C Red No.32 โดยพบว่าสีทั้ง 3 มีคุณสมบัติเป็นยาถ่ายอย่างแรง (Radomski et al, 1953) ซึ่งสีทั้ง 3 ก็ถูกเพิกถอนจากบัญชีรายชื่อของสีที่ได้รับการรับรองให้ใช้ในอาหาร ในเวลาต่อมา บัญชีรายชื่อของสี FD & C ได้มีการเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมอยู่เสมอตามข้อมูลใหม่ ๆ เกี่ยวกับพิษของสีผสมอาหารดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลำดับประวัติการใช้สีสังเคราะห์ผสมอาหารในสหรัฐอเมริกา

Year Listed for Food Use	Common Name	FDA Name	Color Index Number	Year Delisted	Currently Permitted in Food
1907	Ponceau 3 R	FD&C Red No.1	16155	1961	No
1907	Amaranth	FD&C Red No.2	16185	1976	No
1907	Erythrosine	FD&C Red No.3	454330	-	Yes
1907	Orange I	FD&C Orange No.1	14600	1956	No
1907	Naphthol Yellow S	FD&C Yellow No.1	10316	1956	No
1907	Light Green SF Yellowish	FD&C Green No.2	42095	1966	No

Year Listed for Food Use	Common Name	FDA Name	Color Index Number	Year Delisted	Currently Permitted in Food
1907	Indigotine	FD&C Blue No.2	73015	-	Yes
1916	Tartarzine	FD&C Yellow No.5	19140	-	Yes
1918	Sudan I	-	12055	1918	No
1918	Butter Yellow	-		1918	No
1918	Yellow AB	FD&C Yellow No.3	11380	1959	No
1918	Yellow OB	FD&C Yellow No.4	11390	1959	No
1922	Guinea Green B	FD&C Green No.1	42085	1966	No
1927	Fast Green FCF	FD&C Green No.3	42053	-	Yes
1929	Ponceau SX	FD&C Red No.4	14700	1976	No
1929	Sunset Yellow FCF	FD&C Yellow No.6	15985	-	Yes
1929	Brilliant Blue FCF	FD&C Blue No.1	42090	-	Yes
1939	Naphthol Yellow S potassium salt	FD&C Yellow No.2	10316	1959	No
1939	Orange SS	FD&C Orange No.2	12100	1956	No
1939	Oil Red XO	FD&C Red No.32	12140	1956	No
1950	Benzyl Violet 4B	FD&C Violet No.1	42640	1973	No
1959	Citrus Red No.2	Citrus Red No.2	12156	-	Yes
1966	Orange B	Orange B	19235	-	Yes
1971	Allura® Red AC	FD&C Red No.40	16035	-	Yes

® Registered trademark of Buffalo Color Corporation

ปัจจุบันสีที่ทาง FDA รับรองให้ใช้ได้ในอาหาร ยา และเครื่องสำอาง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม (Furia, 1983) ดังตารางที่ 2 คือ

1. Permanent listed คือ สีที่ได้รับรองให้ใช้ในอาหาร, ยา และเครื่องสำอางได้ และสีเหล่านี้ได้รับการตรวจยืนยันความปลอดภัยอย่างดีแล้ว เช่น สี FD & C Red No.3, FD & C Red No. 40, FD & C Yellow No.5, FD & C Blue No.1 เป็นต้น

2. Non-Permanent listed หรือ Provisional FD & C Colors เช่น สี FD & C Yellow No.6, FD & C Green No.3, FD & C Blue No.2 ซึ่งข้อมูลด้านความปลอดภัยยังไม่สมบูรณ์ เพราะว่ายังไม่ได้รับการทดสอบครบตามกระบวนการประเมินความปลอดภัยของการเจือปนในอาหาร เช่น อาการพิษเรื้อรัง เมื่อใช้ในอาหาร เป็นต้น

ปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ก็มีการอนุญาตให้ใช้สีแตกต่างกันไปโดยขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในประเทศนั้น ๆ บัญชีรายชื่อสีที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ผสมอาหารก็มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสมของข้อมูลใหม่ ๆ ที่ได้รับจากการทดลอง สำหรับประเทศไทย ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ราชกิจจานุเบกษา, 2522, 2524 และ 2525) ได้กำหนดให้สีผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน การใช้ การผสม และฉลากสำหรับสีผสมอาหาร

อันตรายจากสีผสมอาหาร

ปัจจุบันการใช้สีผสมอาหารมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับประเทศไทยก็มีการนำสั่งสีผสมอาหารจากต่างประเทศเพิ่มขึ้นทุกปี โดยผู้ผลิตอาหารนิยมเติมสีลงในอาหารเพื่อความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ (Berdick, 1982) เนื่องจากสีของพืชผักผลไม้บางชนิดจะแตกต่างกันตามภูมิประเทศ, อากาศ, อุณหภูมิ, ระยะเวลาที่เก็บ และแสงแดด เช่น ส้มจากฟอริดา, สีของมันฝรั่ง เป็นต้น นอกจากนี้สีของผลิตภัณฑ์อาหารธรรมชาติมักไม่คงทนเมื่อเก็บไว้นานหรือผ่านกระบวนการแปรรูป ทำให้อาหารเหล่านั้นมีสีไม่สม่ำเสมอกันทุกครั้งที่ผลิต จึงมีการเติมสีลงในผลิตภัณฑ์ ซึ่งสีส่วนใหญ่ที่ใช้มักเป็นสีสังเคราะห์เนื่องจากราคาถูก หาง่าย

ตารางที่ 2 สีผสมอาหารที่อนุญาตให้ใช้ได้ในสหรัฐอเมริกา

Food and Drug Administration Official Name	Color Index Number	Limitations*	Current Status
FD & C Blue No.1	42090		Listed
FD & C Blue No.2	73015		Provisional
FD & C Green No.3	42053		Listed
FD & C Red No.3	45430		Listed
FD & C Red No.40	16035		Listed
FD & C Yellow No.5	19140		Listed
FD & C Yellow No.6	15985		Provisional
Citrus Red No.2	12156	Orange skins only; 2.0 ppm max.,based on the weight of the whole fruit	
Orange B	19235	Sausage and frankfurter casings or surfaces only; 150 ppm max., based on the weight of the finished product	Listed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาพบว่าสีสังเคราะห์ที่ใช้จะเกิดอันตรายต่อร่างกาย จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ (ภักดี โพธิศิริ, 2525)

1. อันตรายอันเกิดจากตัวสีเองซึ่งเนื่องจากใช้สีในปริมาณสูงเกินกำหนด หรือเกิดจากการบริโภคสีซึ่งไม่ใช่สีผสมอาหาร

2. อันตรายซึ่งเกิดจากสารอื่นที่ปนเปื้อนมากับสีในระหว่างกระบวนการสังเคราะห์ เช่น ปรอท ตะกั่ว และสารหนู เป็นต้น จึงได้มีกำหนดปริมาณสารเหล่านี้ในสีแต่ละสี

โดยทั่วไปอันตรายมักเกิดจากกรณีแรก เนื่องจากผู้ประกอบอาหารขาดความรู้ความเข้าใจถึงอันตรายของสีที่ไม่ใช่สีผสมอาหาร เช่น สีย้อมผ้า ซึ่งปัจจุบันหน่วยงานของรัฐบาลก็ได้พยายามเผยแพร่ความรู้ และให้คำแนะนำแก่ประชาชนทั่วไป อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์สีผสมอาหารและอาหารผสมสีที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้รวบรวมไว้ตั้งแต่เดือน กันยายน 2517 จนถึงตุลาคม 2518 สรุปได้ดังนี้ (บุญสรรพ์ บุญชินันท์, 2519)

1. ตรวจพบน้ำอัดลมผสมสีไม่เข้ามาตรฐานร้อยละ 1
2. ตรวจพบไอศครีมผสมสีไม่เข้ามาตรฐานร้อยละ 2
3. ตรวจพบน้ำหวานเข้มข้นผสมสีไม่เข้ามาตรฐานร้อยละ 4
4. ตรวจพบสีที่ใช้ผสมอาหารไม่เข้ามาตรฐานร้อยละ 15
5. ตรวจพบน้ำหวานบรรจุถุงพลาสติกเร่ขายทั่วไปผสมสีไม่เข้ามาตรฐานร้อยละ 20
6. ตรวจพบอาหารเบ็ดเตล็ดและขนมผสมสีไม่เข้ามาตรฐานร้อยละ 64

โดยอาหารเบ็ดเตล็ดได้แก่ กุ้งแห้งตัวเล็ก ไข่ต้มย้อมสี หมูแดง ลูกชิ้นปลา ทอดมันปลา ปลาแห้งย้อมสี กุนเชียง กะปิ ข้าวเกรียบกุ้ง ขนมวุ้นกรอบ มะพร้าวแก้ว ขนมถ้วยฟู ฝอยทอง และลูกกวาด เป็นต้น

นอกจากอันตรายจากการใช้สีไม่เข้ามาตรฐานแล้ว อันตรายที่เกิดจากการบริโภคสีสังเคราะห์ก็อาจเกิดจากการบริโภคสีในปริมาณมากเกินกำหนด เนื่องจากสีสังเคราะห์เป็นสารเคมีชนิดหนึ่งที่แปลกปนเข้าร่างกายจากการบริโภคร่วมกับอาหาร หากร่างกายได้รับเข้าไปปริมาณมาก ๆ จะเกิดการสะสมขึ้นที่อวัยวะใดอวัยวะหนึ่ง

ก่อให้เกิดโรคขึ้นได้ อย่างไรก็ดีในระยะหลัง ๆ ก็ไม่ได้มีการรวบรวมข้อมูลใหม่ ๆ เกี่ยวกับอาหารผสมสี เนื่องจากผลการวิเคราะห์พบว่าอาหารส่วนใหญ่ใช้สีถูกต้องมากขึ้น แต่ยังมีการใช้สีผิดประเภทในอาหารที่ไม่อนุญาตให้ใส่สี เช่น กุนเชียง กะปิ กุ้งแห้ง เป็นต้น หรือใช้สีในปริมาณมากเกินกำหนด ซึ่งทั้ง 2 กรณีจัดเป็นการใช้สีไม่เข้ามาตรฐานเช่นกัน (ตารางที่ 3)

อันตรายจากพิษของสีผสมอาหาร แบ่งตามกลุ่มของสีดังนี้ คือ

1) สีกลุ่มไตรฟีนิลมีเทน (Triphenylmethane color) เช่นสี Brilliant Blue FCF, Guinea Green B, Bright Green FS. Fast Green FCF จากการทดลองโดยการฉีดสีเข้าใต้ผิวหนังของสัตว์ทดลอง พบว่าสีในกลุ่มนี้แทบทุกชนิดทำให้เกิดเนื้องอกขึ้นในบริเวณที่ฉีดสีเข้าไป (Hansen et al., 1966) แต่ถ้าทดสอบโดยการกิน พบว่ามีพิษน้อยมาก ยกเว้น Guinea Green B ซึ่งพบว่าทำให้เกิดมะเร็งในตับและ Bright Green FS ทำให้การเจริญเติบโตของสัตว์ทดลองลดลง เกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้เกิดมะเร็งในบริเวณที่ฉีด คิดว่าเป็นผลทางกายภาพของสีในการเป็นสารลดความตึงผิว มิใช่เกิดจากการที่สารเคมีในสีเป็นสารก่อมะเร็ง (Gangolli et al., 1972)

2) สีอะโซ ชนิดแน้พทาลินซัลโฟเนต (Sulfonated Naphthalene Azo color) เช่น Orange I, Sunset Yellow FCF, Ponceau 3R, Amaranth, Ponceau MX,2 Ponceau 4R พบว่า

Orange I ออกฤทธิ์เป็นยาถ่าย โดยทำให้เกิดอาการท้องร่วงในคนและสุนัข ในคนเกิดอาการเมื่อได้รับขนาด 90 มิลลิกรัม จากการศึกษาทางพิษวิทยาในระยะยาว พบว่าหนูที่กินสีนี้ในขนาด 2% ผสมอาหารเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้อัตราตายของหนูสูงขึ้น โดยมีอาการ ม้ามโต เลือดจาง ท้องร่วง แม้ในขนาด 0.5% ก็พบว่าทำให้เกิดความผิดปกติในไตและม้ามของสัตว์ทดลอง (FAO/WHO, 1966)

สีแดงที่พบเป็นพิษมากคือ Ponceau 3R และ Ponceau MX เนื่องจากทำให้สัตว์ทดลองเกิดมะเร็งในกระเพาะปัสสาวะ, ไม่เจริญเติบโต และมีอัตราการตายสูง อีกทั้งพบเนื้องอกในตับด้วย (Grasso, and O'Hare, 1976)

ตารางที่ 3 ตารางแสดงจำนวนอาหารใส่สีที่ไม่เข้ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข ในปีงบประมาณ 2531 (1 ตุลาคม 2531-30 กันยายน 2532)*

ประเภทอาหารใส่สี	ทั้งหมด	ไม่เข้ามาตรฐาน	ร้อยละ
ลูกชิ้น	18	6	33.33
กุ้งแห้ง	33	32	96.97
กุนเชียง	23	14	60.87
ไส้กรอก	15	8	53.33
ปลาแห้ง	18	11	61.11
ทอดมันปลา	12	10	83.33
กะปิ	8	2	25
บะหมี่	31	18	58.06
ข้าวเกรียบ	5	3	60
ใบชา	15	4	26.67
ซอสแป้ง	10	4	40
อมยิ้ม	5	4	80
ขนมอบกรอบ	2	1	50

* รวบรวมข้อมูลจากรายงานการออกตรวจของเจ้าหน้าที่กองสารวัตร กระทรวงสาธารณสุข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนสีแดง Amaranth ซึ่งเคยใช้กันอย่างแพร่หลายมาก่อน พบว่าทำให้เกิดอันตรายต่อตับ โดยเฉพาะการทดลองในประเทศรัสเซียพบว่าทำให้เกิดมะเร็งในช่องท้องของหนูเมื่อให้ในขนาด 4 % นาน 25 เดือน (Boffey, 1976) ต่อมาก็มีการทดลองอื่น ๆ ในหนู เช่น ผลต่อลูกอ่อน หรือการขยายพันธุ์ของสัตว์ ซึ่งไม่พบว่ามีผลทางพยาธิใด ๆ หรือผลในการเพิ่มอัตราการเป็นมะเร็งดังกล่าว (Shtenberg and Gavrilenko, 1970; Collins et al., 1972) อย่างไรก็ตามหลายประเทศก็ได้เพิกถอน Amaranth จากบัญชีสีที่อนุญาตให้ใช้ในอาหาร ประเทศไทยก็ห้ามใช้เป็นสีผสมอาหารตั้งแต่กันยายน 2519

สี Tartarzine นั้น พบว่าสีนี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดลมพิษ มีผู้ป่วยแพ้สีนี้ในอัตราสูงถึง 1 ใน 10,000 ซึ่งมีอาการลมพิษ, หอบหืด, มีอาการแพ้เหมือนอาการแพ้แอสไพริน ซึ่งเรียกว่า Thrombocytopenia purpura และพบว่าคนที่แพ้แอสไพรินอาจแพ้สีนี้ได้เช่นกัน (นวเกสัช, 2523) ดังนั้นปัจจุบันหลายประเทศจึงได้เพิกถอนการอนุญาตให้ใช้สีนี้ในการผสมอาหาร

สีที่มีพิษน้อยที่สุดในกลุ่มนี้ได้แก่ สี Sunset yellow FCF ซึ่งมีการศึกษาทางพิษวิทยาทั้งระยะสั้นและยาวไม่พบอันตรายต่อสัตว์ทดลอง แม้ใช้ในปริมาณ 2.5% ของสีผสมกับอาหาร โดยทดลองในสุนัขนาน 7 ปี (Magnusson et al., 1971) Gaunt และคณะ (1974) ได้ผสมสีนี้ในอาหารหมู โดยให้ขนาด 100 มก. ต่อวัน เป็นเวลานาน 98 วัน ก็ไม่พบความผิดปกติหรือพิษจากสีนี้เลย

3) สีกลุ่ม Azo ที่ละลายในไขมัน (Oil soluble azo colors) จัดเป็นกลุ่มที่มีพิษมากที่สุดเพราะดูดซึมเข้าร่างกายได้ สีกลุ่มนี้ได้แก่ FD & C Orange No.2 (Orange FS), FD & C Red No.32 (Oil Red XO), Citrus Red No.2, FD & C Yellow No.3 (Yellow AB) และ FD & C Yellow No.4 (Yellow OB)

FD & C Red No.32 ออกฤทธิ์เป็นยาถ่าย (Radomski,1974) และจากการศึกษาทางพิษวิทยาพบว่าทำให้เกิดอันตรายต่อตับ อัตราตายของสัตว์ทดลองสูง อัตราการเจริญเติบโตลดลงและมีความผิดปกติที่หัวใจ ซึ่งอาการเหล่านี้เกิดขึ้นเมื่อให้ขนาด 0.1% นาน 2 ปี ในหนูและสุนัข ซึ่งได้ผลใกล้เคียงกับ Orange FS (Fitzhugh et al.,1956)

ส่วน Citrus Red No.2 พบว่าเมื่อให้ในสัตว์ทดลองในขนาด ๐.๐๕% -๐.๒๕% นาน 24 เดือน จะทำให้เกิดเนื้อมะเร็งที่ยื่นออกมาเป็นปุ่ม (papillary carcinoma) และนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ (bladder stone) (Daere, 1965)

Yellow AB และ OB ซึ่งเคยใช้แต่งสี oleomargarine เมื่อทำการศึกษาทางพิษวิทยาในหนูและสุนัข พบว่าเป็นพิษต่อตับเมื่อให้ในระยะยาว (Allmark et al., 1955) และพบว่ามีอาการทางหัวใจเมื่อให้นาน 2 ปี ในขนาด ๐.๐๕% ในอาหารหนู (Hansen et al., 1963)

4) สีในกลุ่มอื่น ๆ เช่น Erythrosine ซึ่งประกอบด้วยไอโอดีน 4 อะตอม แต่ไม่ใช่สีในกลุ่ม Azo สีนี้ได้มีการศึกษาอย่างมากในหนู และสุนัข โดยให้ขนาด 2% ผสมในอาหารนาน 2 ปี พบว่าไม่ทำให้เกิดพิษ และไม่พบการเกิดมะเร็งโดยการกินและการฉีด (FAO/WHO, 1969) เนื่องจากสีนี้ถูกดูดซึมน้อยมากและไม่สลายตัวในทางเดินอาหาร จึงทำให้อุจจาระเป็นสีแดงเมื่อรับประทานสีนี้ในปริมาณมาก

อันตรายจากสารอื่นที่เจือปนมาในระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งแบ่งได้เป็น

1) สารเคมีที่ปะปนหลงเหลืออยู่จากกระบวนการผลิต เช่น สารตั้งต้นที่ใช้สังเคราะห์สี สารที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต เป็นต้น สารเหล่านี้บางชนิดเป็นอันตรายมาก ซึ่งแม้จะติดมาในปริมาณน้อย ๆ แต่เมื่อได้รับติดต่อกันนาน ๆ จะเกิดการสะสมในร่างกายทำให้เกิดอันตรายได้ (ดวงพร วินิจกุล, 2530; สุชาดา จูอนุวัฒนกุล, 2526)

2) สารไม่บริสุทธิ์ในสีผสมอาหาร สีสังเคราะห์มักมีโลหะหนักผสมอยู่ เช่น โครเมี่ยม, ปรอท, ตะกั่ว, สารหนู ซึ่งกฎหมายหรือพระราชบัญญัติควบคุมการใช้สีผสมอาหารก็ได้กำหนดปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดไว้ไม่ให้เกินปริมาณสูงสุดที่ยอมให้ได้ (ดวงพร วิกิจกุล, 2530; สุชาดา จูอนุวัฒนกุล, 2526)

สีธรรมชาติ (natural colors)

ปัจจุบันสีผสมอาหารจากธรรมชาติได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคมั่นใจในความปลอดภัยในการบริโภค

สีผสมอาหารจากธรรมชาติ ได้มาจากพืช สัตว์ และแร่ธาตุ ภาคผนวกตารางที่ 21 แสดงถึงสีผสมอาหารจากธรรมชาติที่ยอมรับให้ใช้ได้โดย FDA ซึ่งจะมีการกำหนดเอกลักษณ์ของสี (Identity) และข้อกำหนด (specification) ของสีด้วย

สีธรรมชาตินั้นนอกจากจะช่วยในการแต่งสีแล้วยังมีคุณค่าอื่น ๆ อีก เช่น เบต้า แคโรทีน ไรโบฟลาวิน เป็นไวตามินซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ขณะที่ขมิ้น อ้อย ขมิ้นชัน ดอกคำฝอย จัดเป็นเครื่องเทศ สำหรับประเทศไทยแหล่งสีจากธรรมชาติก็มีมากมายและได้มีการใช้แต่งสีผสมอาหารคาวหวานกันมาแต่โบราณ ส่วนใหญ่นิยมใช้แต่งสีขนมหวาน เช่น ขนมชั้น ช่าหริ่ม วุ้นกรอบ ขนมถ้วยฟู และขนมลูกชุบ เป็นต้น สีที่ใช้ส่วนใหญ่ได้จากส่วนของดอก ใบ แก่น ผลหรือเหง้าของพืช สีบางชนิดก็ได้จากสัตว์ด้วย (พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ, 2530) ซึ่งสีที่ใช้นี้ได้มาจากแหล่งต่าง ๆ เช่น

สีเหลือง จากเหง้าขมิ้นอ้อย ขมิ้นชัน ดอกโสน ลูกตาลสุก ลูกพุด ดอกกรรณิการ์ หญ้าฝรั่น เป็นต้น

สีแดง จากครั่ง ข้าวแดงเมืองจีน กระเจี๊ยบ พริกแดง หัวผักกาดแดง คำแสด ฝาง เป็นต้น

สีม่วง จากดอกอัญชันผสมมะนาว ข้าวเหนียวดำ ถั่วดำ ลูกผักปลังสุก

สีดำ จากถ่านกาบมะพร้าว ดอกดิน เนื้อถั่วดำ

สีน้ำเงิน จากดอกอัญชัน

สีเขียว จากใบเตยหอม ใบย่านาง ใบพริก ใบมะตูม

สีน้ำตาล จาก น้ำตาลไหม้ ผงกาแฟ ผงโกโก้

แม้ว่าสีธรรมชาติเหล่านี้จะมีข้อดีในแง่ความปลอดภัย แต่สีธรรมชาติก็มีขอบเขตการใช้จำกัด (Soukup and Young-Maing, 1977) เนื่องจาก

1. สีธรรมชาติใช้กับอาหารได้เฉพาะอย่าง (Specific application)
2. มีปัญหาเรื่องความคงตัว เพราะชื้นง่าย ซึดเร็ว
3. ละลายน้ำยากและมีความเข้มของสีน้อย (ต่ำ) นอกจากนี้ในบางครั้งอาจมีกลิ่นรสที่ไม่ต้องการ
4. ผลิตได้น้อยและการแปรปรวนของสีมีมาก
5. ราคาแพงกว่าสีสังเคราะห์และต้องใช้ปริมาณมากกว่า
6. ไม่สามารถผลิตได้มากพอกับความต้องการเพราะต้องใช้วัตถุดิบปริมาณมาก และวัตถุดิบไม่ได้มีทุกฤดูกาล

นอกจากนี้ยังพบว่าการเตรียมสี (crude colors) จากแหล่งธรรมชาติ มีความยุ่งยากในการตั้งข้อกำหนด (specification) เนื่องจาก

1. ส่วนประกอบสำคัญของสีจากธรรมชาติมักเป็นสารเชิงซ้อน (complex mixture)
2. ส่วนประกอบนั้นแปรตามแหล่งที่ผลิตและฤดูกาล
3. วิธีการเก็บเกี่ยววัตถุดิบแตกต่างกันก็ให้ผลที่แตกต่างกัน

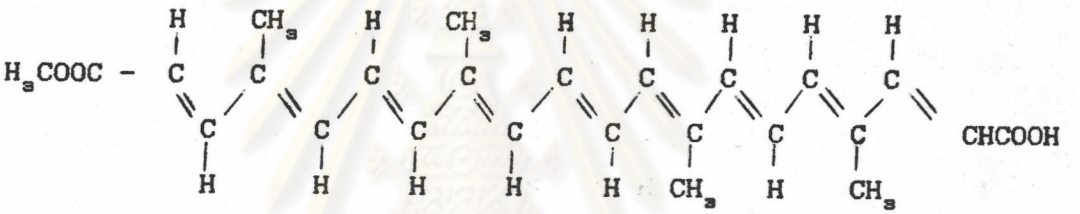
ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้เกิดความยุ่งยากในการผสมอาหาร เนื่องจากสีแต่ละครั้งที่ผลิตจะมีความแปรปรวนสูงมาก ปัจจุบันมีการสังเคราะห์สีผสมอาหารเลียนแบบธรรมชาติ ทำให้ได้สารประกอบที่บริสุทธิ์ สามารถตั้งข้อกำหนดของสีได้ง่าย และยังควบคุมความแปรปรวนของสีได้ด้วย เช่น เบต้าแคโรทีน (β- carotene) เบต้าอะโป 8' แคโรทีนแนล (β-apo 8' carotenal), แคนธาแซนทิน (Canthaxanthin)

แหล่งสีจากธรรมชาติที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่

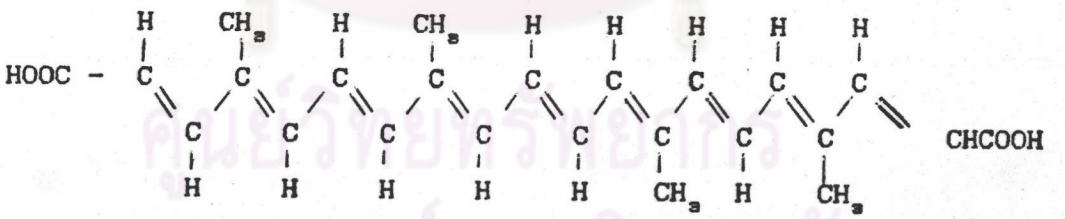
1. คำแสด (Anatto, Aranetto, Orlean, Roccu, Attalo, lipstick plant) ชื่อไทยก็มีเรียกต่าง ๆ กัน เช่น คำเงาะ, คำแงะ, คำแผด, คำยง, ชาดี, จำปู้, ชาด, ชิติหมัก, มะกายหยุม, แสด, หมากพวง (พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ, 2530) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า Bixa orellana วงศ์ Bixaceae

สีจากคำแสด เป็นแคโรทีนอยด์ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีการใช้มานาน โดยใช้สีจากส่วนเมล็ดในผลคำแสด สีที่ได้จะเป็นสารสีแดงเรียก " Anatto " และมีสารสีส้มเรียก บิกซิน "Bixin" สมัยโบราณใช้แต่งหน้าทาแก้มเรียกว่าชาด และใช้แต่งสีขนมที่ต้องการให้มีสีแดงส้ม เช่น ทองหยิบ ฝอยทอง ไอศกรีม เนย น้ำมัน สีจากคำแสดเป็นสีที่ปลอดภัยจึงได้รับอนุญาตให้ใช้เป็นสีผสมอาหารได้ในหลาย ๆ ประเทศ (Bauernfeind, 1981) องค์ประกอบของสีส่วนใหญ่จะเป็นบิกซิน ซึ่งอยู่ในรูปแอลฟ่าบิกซิน (α-bixin) ถึง 80% นอกจากนี้ก็อยู่ในรูปซิสนอร์บิกซิน (cis-norbixin), ทรานซ์นอร์บิกซิน (Trans-norbixin) (Barber et al., 1961)

ส่วนประกอบหลักของผลิตภัณฑ์สีจากเมล็ดคำแสดซึ่งละลายได้ในไขมันจะเป็นบิกซิน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์สีที่ได้จากเมล็ดคำแสดซึ่งละลายน้ำได้จะมีนอร์บิกซิน (norbixin) เป็นองค์ประกอบหลัก Reith และ Gielen (1971) ได้ทำการสกัดสีจากคำแสดด้วยสารละลายต่าง และพบว่าประกอบด้วยสารประกอบอย่างน้อย 7 ชนิด เนื่องจากทั้งบิกซินและ นอร์บิกซินเป็นกรดคาร์บอกซิลิก พบว่าบิกซินคงทนมากที่สุดที่พีเอช 8 (Lauii and Bauemfeind 1981) ในพีเอชที่ต่ำพบว่าสีจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูมากขึ้น แม้ว่าสีจากคำแสดจะมีอายุการเก็บนาน แต่พบว่าในสภาวะที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น แสง, โลหะหนัก (เหล็ก, ทองแดง) อยู่ด้วย สีจากคำแสดจะสูญเสียไปมากในเวลาอันสั้น (Parkinson and Brown, 1981)



บิกซิน (Bixin), $C_{25}H_{30}O_4$ น้ำหนักโมเลกุล 394.52



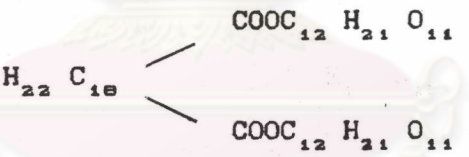
นอร์บิกซิน (Norbixin), $C_{24}H_{28}O_4$ น้ำหนักโมเลกุล 380.48

รูปที่ 1 สูตรโครงสร้างของบิกซิน และนอร์บิกซิน

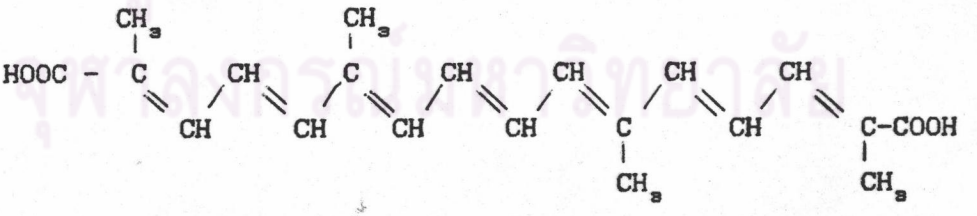
บิกซินเมื่อถูกไฮโดรไลส์โดยด่างจะได้สารนอร์บิกซิน ซึ่งละลายน้ำได้ (Thomas, 1986)

น้ำยาสกัดจากคำแสดมีขายในความเข้มข้น 1-15% (ในรูปบิกซิน) โดยอาจทำเป็นรูปของเกลือโพแทสเซียมของนอร์บิกซินในน้ำ หรือในรูปของบิกซินในน้ำมัน

2. ลูกพุด (Cape gardenia) มีชื่ออื่น ๆ เช่น พุดช้อน, พุดใหญ่, แคถวา, เคตวา (พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ, 2530) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า Gardenia florida Linn. วงศ์ Rubiaceae (วิเชียร จีรวงส์, 2525) มีลักษณะเป็นผลยาวรี ลูกแก่จัดจะมีสีเหลืองแก่อมสีน้ำตาล รสชม ใช้เป็นยาแก้ไข้ ห้ามเลือด เข้ายาแก้ดีซ่าน ข้างในเมล็ดมีสีเหลืองส้ม สารสำคัญที่ให้สีเหลืองคือ โครซิน (crocin) สกัดสีได้โดยเอาเมล็ดแช่น้ำร้อน ๆ จะได้สีเหลือง นิยมใช้แต่งสีน้ำเก็กฮวยให้มีสีเหลืองอ่อน ๆ แต่งสีเต้าหู้แข็งให้เป็นสีเหลืองส้ม ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่พบได้แก่ โครเซทิน (crocetin), แทนนิน (Tannin), แมนนิทอล (mannitol) (วิเชียร จีรวงส์, 2525)



โครซิน (Crocin) $C_{44}\ H_{64}\ O_{26}$ น้ำหนักโมเลกุล 1,008.99



โครเซทิน (Crocetin) $C_{20}\ H_{24}\ O_4$ น้ำหนักโมเลกุล 328.41

รูปที่ 2 สูตรโครงสร้างของโครซิน และโครเซทิน

017841

โครซิน เป็นกลัยโคไซด์ (glycoside) ที่มีสีส้มปนเหลือง หลอมเหลวที่ 186 °ซ โครซินละลายได้ดีในน้ำร้อน ละลายได้เล็กน้อยในแอลกอฮอล์สัมบูรณ์ (Absolute alcohol) กลีเซอรีน แต่ไม่ละลายในน้ำมันพืช

โครเซทินเป็นกรดไดคาร์บอกซิลิก เมื่อตกผลึกในอะซิติกแอนไฮไดด์ จะได้ผลึกรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนสีแดงอิฐ จุดหลอมเหลว 285 °ซ โครเซทินละลายในน้ำ ละลายในไพริดีน และสารอินทรีย์ที่เป็นด่าง (organic base) ได้เท่า ๆ กับในโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง แต่ในตัวทำละลายอินทรีย์เกือบทุกชนิดละลายได้น้อยมาก

3. ครั่ง (Lac)

เป็นสารสีแดงที่ได้จากแมลงตัวเล็ก ๆ เรียกว่า แมลงครั่ง (Laccifer lacca) วงศ์ Coccidae เกาะอยู่ตามกิ่งไม้ ซึ่งเป็นแมลงที่ชอบอาศัยอยู่ตามต้นก้ามปู, ต้นโพธิ์, ต้นทองกวาว โดยทำรังอยู่บนกิ่งเล็ก ๆ ตัวครั่งจะซับสารออกมาทำรัง ลักษณะรังครั่งเป็นสีแดงม่วงเทาคล้ำ ชุรชระ อยู่รอบหรือเกือบรอบกิ่งไม้เรียกว่า ชิ้นครั่ง (The Wealth of India Raw Material, 1962)

สารสีที่สำคัญในรังครั่ง คือ กรดแลคคาอิก (Laccaic acid) ซึ่งมีสีแดงละลายน้ำได้ และยังประกอบด้วยสารสีเหลืองซึ่งละลายได้ในแอลกอฮอล์ คือ อีรีโทรเลคซิน (Erythrolaccin) ซึ่งเป็นสารกลุ่มแอนทาควินโนน (Anthraquinone) กรดแลคคาอิกมีสูตรเคมีเป็น $C_{20}H_{14}O_{10}$ จุดหลอมเหลว 180 °ซ เป็นไฮดรอกซี่แอนทาควินโนนคาร์บอกซิลิก แอซิด (Hydroxy-anthraquinone carboxylic acid) ผงครั่งได้จากการสกัดด้วยน้ำและสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ตกตะกอนโดยใช้น้ำปูนใส (The Wealth of India Raw Material, 1962)

สมัยก่อนนิยมใช้สีครั่ง แต่งขนมชั้น เมล็ดทับทิม ช่าหริ่ม ขนมน้ำดอกไม้ และอื่นๆ โดยนำรังครั่งแกะออกมาจากไม้ แช่ในน้ำร้อน สีครั่งจะละลายออกมาเป็นสีแดงใส กรองใช้แต่งสีอาหารที่ต้องการสีแดง หรือถ้าจะทำเป็นผงครั่งให้นำน้ำสีไประเหยให้แห้ง จะได้ผงสีแดง ถ้าต้องการให้สีสวยขึ้นให้ใส่สารส้มเล็กน้อยจะได้สีแดงคล่ำเรียกแลคคามีน (Laccarmine) ใช้เป็นสีย้อม (พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ, 2530; วิเชียร จีรวงส์, 2525)