หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาหาวิธีตรวจสอบสีที่คิดว่าจะให้ผลถูกต้องแม่นยำนั้นค่อนข้างทำได้ยาก โดยใช้เทคนิคเพียง 1 - 2 อย่าง เพราะสารที่มีสีมีเป็นจำนวนมาก สูตรโครงสร้างก็ค่อนข้างยุ่งยาก และยังคล้ายคลึงกันอีกด้วย และถ้าเป็นสีผสมอีกด้วยแล้วก็ทำให้ยากแก่การตรวจสอบยิ่งขึ้น ดังนั้นในการตรวจสอบสี จำเป็นต้องใช้เทคนิคหลาย ๆ อย่าง และจำเป็นจะต้องแยกออกมาให้บริสุทธิ์เสียก่อน ในการศึกษานี้ตั้งมุ่งที่จะหาทางแยก และพัฒนาเทคนิคตลอดจนพยายามที่จะใช้วัสดุราคาถูกกว่าเพื่อให้เป็นเทคนิคที่สามารถใช้กันได้อย่างกว้างขวาง

ในการศึกษาขั้นแรกได้พยายามหาค่าที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสีแต่ละชนิด โดยใช้เทคนิคทางเปเปอร์โครมาโตกราฟีซึ่งทำได้สะดวกการที่กระดาษโครมาโตกราฟีราคาค่อนข้างแพงก็ได้ศึกษาโดยใช้กระดาษกรองธรรมดา เป็นการเปรียบเทียบซึ่งถ้าได้ผลดีก็จะได้แนะนำให้ใช้ต่อไป ตัวทำละลายเพื่อใช้ในการทำโครมาโตกราฟีได้ทำการศึกษาถึง 12 ชนิด เพื่อจะหาว่าสารละลายใดจึงจะเหมาะสำหรับทำโมไบล์เฟส ในการแยกสีได้หาค่า R_f ของสีแต่ละชนิด และแต่ละโมไบล์เฟสที่ใช้ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างเฉพาะ (ตารางที่ 6 และ 8) พอที่จะนำไปใช้บอกความแตกต่างของสีแต่ละชนิดได้

การเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมนอกจากจะดูค่า R_f ซึ่งคำนวนได้จากโครมาโตแกรมแล้วยังต้องพิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการทำโครมาโตกราฟีด้วย คือ จะต้องไม่ใช้เวลานานจนเกินไป และขอให้สีแยกออกจากกันได้ดี ซึ่งได้ทดลองใช้กับสีผสมต่าง ๆ กันหลายระบบ สีผสมอาหารบางระบบ เช่น สีพวกคาโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์ โดยทั่วไป มักจะใช้ ทินเลเยอร์โครมาโตกราฟี หรือ คอลัมน์ โครมาโตกราฟี แต่การทดลองนี้ได้ปรับปรุงและนำมาใช้เปเปอร์โครมาโตกราฟี โดยใช้ระบบรีเวิร์สเฟสเปเปอร์โครมาโตกราฟี และใช้น้ำมันพาราฟินเป็นสเตชันนารีเฟส ซึ่งจะต้องหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำอีกด้วย (ดูตารางที่ 7) และการทดลองที่ 3.2.1.5

สำหรับการศึกษาลักษณะเฉพาะของสีด้วยเทคนิคทางวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี ได้ศึกษาหาความสามารถในการดูดกลืนแสงของสี แต่ละชนิด โดยบันทึกเป็นวิสิเบิลสเปกตรัมออกมา และได้ทดลองศึกษาความเปลี่ยนแปลงของสเปกตราในสารละลายบัฟเฟอร์ที่มี pH ต่าง ๆ กัน และพบว่าสารละลายสีบาง pH จะให้ค่า absorbance ใกล้เคียงกัน และบาง pH ก็ให้ค่า absorbance ไม่เท่ากัน

ส่วนการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นของแสงที่ถูกดูดกลืนได้ดีที่สุดนั้น (λ max) มักจะไม่เปลี่ยนแปลงจากกันมากนัก นอกเสียจาก pH สูง หรือต่ำมาก ๆ เช่น pH 1 หรือ 13 เป็นต้น มักจะให้แอบซอบชันสเปกตราเปลี่ยนแปลงไปอย่างชัดเจน ส่วน pH ที่เหมาะสมของบัฟเฟอร์ที่เลือกใช้ในการวิเคราะห์สีนั้นแสดงในตารางที่ 10 แล้ว ลักษณะสเปกตราที่ได้เป็นลักษณะเฉพาะตัวของสีแต่ละชนิดด้วย ส่วนการทดลองของสีผสมอาหารที่ผสมกัน จะเห็นว่า ลักษณะของสเปกตรัมก็จะปรากฏให้เห็นในลักษณะของสีเดิมแต่ละชนิด แต่ถ้าสีแต่ละชนิดมีความสามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวคลื่นใกล้เคียงกัน ก็จะเห็นสเปกตรัมนั้นมีค่า λ max ใกล้เคียงกันหรือบางทีอาจซ้อนกันได้ นอกจากนี้ถ้าพิจารณาจากสเปกตรัมของสีผสมบางคู่แล้ว อาจจะแตกต่างจากลักษณะของสเปกตรัมของสีเดียวแต่ละตัวไปบ้าง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกิด interaction กันระหว่างสีก็ได้ ประโยชน์ของการศึกษาสีผสมระหว่าง 2 สีด้วยเทคนิคนี้ คือใช้วิเคราะห์สีผสมกัน ซึ่งโดยมากอาหารที่พบและเป็นสีผสมได้แก่ อาหารสีเขียว หรือ สีส้มบางชนิด เราสามารถจะนำมาทดลองและบันทึกสเปกตรัม ของสีที่แยกจากอาหารได้โดยตรง แล้วนำมาเทียบกับสเปกตรัมที่ได้จากการผสมสีมาตรฐานไว้ก็อาจจะได้ทราบข้อมูลบ้าง

ในด้านการทดลองด้วยอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตเมตรีนั้น จะเห็นว่าสีแต่ละตัวจะมีลักษณะเฉพาะของมัน เพราะกรุ๊ปต่าง ๆ ที่มีในสีแต่ละชนิดจะให้ลักษณะการดูดกลืนแสงที่ไม่เหมือนกัน การจะนำอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตเมตรีมาใช้ในการบ่งบอกสีแต่ละชนิดนั้นรู้สึกว่าจะไม่เหมาะสมหลายประการ ที่สำคัญคือ ปริมาณของสารและความบริสุทธิ์

นอกจากใช้เทคนิคต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วในการทดลองนี้ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดเมื่อสีทำปฏิกริยากับกรดหรือด่าง ตามตารางที่ 14, 15, 16 และ 17 อันเป็นลักษณะเฉพาะของสีแต่ละตัวซึ่งเป็นประโยชน์ในการใช้วิเคราะห์สีในสารตัวอย่างได้เป็นอย่างดี แต่ก็มีข้อเสียที่ว่า การย้อมสีให้ติดบนไหมพรมที่เป็นขนสัตว์ 100 % แล้วนำมาทำปฏิกริยากับกรดและด่างตามขั้นตอน ในบางครั้งจะเห็นได้ว่า ความเข้มของสีที่ติดบนไหมพรม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีมากพอสมควร เป็นต้นว่า ถ้าย้อมสีให้ติดเข้มมากก็จะเห็นว่าสีเปลี่ยนไปเมื่อทำปฏิกริยากับกรดและด่าง แตกต่างไปจากเมื่อย้อมสีติดอย่างเจือจางหรือเข้มน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ก็ได้พยายามจำกัดเวลาที่ใช้ย้อมสีให้เท่ากันและใช้ความเข้มข้นของสีที่แน่นอน

ขั้นสุดท้ายในการทดลองนี้ ได้วิเคราะห์สีในสารตัวอย่าง คือ อาหารและสิปล่ติก ซึ่งได้กล่าวถึงจุดประสงค์ในการวิเคราะห์สีในอาหารในบทนำแล้วว่า เพื่อดูแนวโน้มของการตื่นตัวของการใช้สีผสมอาหารอย่างถูกต้อง เพราะถ้าใช้สีไม่ถูกต้องก็อาจมีอันตรายต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวข้างต้นแล้ว จากผลการวิเคราะห์สีในอาหารตามที่แสดงในตารางที่ 18 จะเห็นว่าได้วิเคราะห์สีในอาหารทั้งหมดประมาณ 201 ตัวอย่าง จำแนกเป็นอาหารหวาน 156 ตัวอย่าง และ อาหารคาว 45 ตัวอย่าง จากผลการวิเคราะห์สีในอาหารตัวอย่างทั้งหมดสรุปออกมาได้ดังนี้ คือ

1. ในการวิเคราะห์อาหารหวาน 156 ตัวอย่าง

เป็นอาหารที่ใช้สีถูกต้องตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข 91 ตัวอย่าง หรือคิดเป็น 58.06 %

เป็นอาหารที่ตรวจไม่พบสี 5 ตัวอย่าง หรือคิดเป็น 3.23 %

เป็นอาหารที่ตรวจพบใช้สีผสมอาหารกับสีย้อมผสมกัน 3 ตัวอย่าง หรือคิดเป็น 1.94 %

เป็นอาหารที่ใช้สีย้อม 57 ตัวอย่าง หรือคิดเป็น 36.77 %

2. ในการวิเคราะห์อาหารคาว 45 ตัวอย่าง

เป็นอาหารที่ใช้สีถูกต้องตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข 18 ตัวอย่าง หรือคิดเป็น 40 %

เป็นอาหารที่ไม่มีการผสมสี 5 ตัวอย่าง คิดเป็น 11.11 %

เป็นอาหารที่ใช้สีผสมอาหารกับสีย้อมจำนวน 6 ตัวอย่าง หรือ คิดเป็น 13.33 %

เป็นอาหารที่ใช้สีย้อม 16 ตัวอย่าง คิดเป็น 35.56 %

3. ในการวิเคราะห์สีของสิปล่ติกจำนวน 30 ตัวอย่าง ดังแสดงผลในตารางที่ 19 ตรวจพบว่าเป็นสีผสมอาหารน้อยมาก 1-2 ตัวอย่างเท่านั้น นอกนั้นเป็นสีอื่นที่ไม่ได้ระบุไว้ แต่อาจเป็นสีสำหรับใช้ทำเครื่องสำอางได้ เพราะสีพวกนี้ต้องการสีที่เข้ม ๆ และการใช้นี้อาจจะผสมกันหลาย ๆ สี อย่างไรก็ตามสีเหล่านี้ควรจะไม่ใช้สีย้อมสำหรับทำสิปล่ติก

จากการวิเคราะห์นี้จะเห็นได้ว่ายังมีผู้ที่ใช้สีไม่ถูกต้องอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคอย่างยิ่ง ทั้งนี้จะเป็นด้วยการจงใจหรือรู้เท่าไม่ถึงการณ์ก็ตาม ควรที่ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบจะต้องกวดขัน หรือหาทางประชาสัมพันธ์ให้เห็นถึงอันตรายอันเกิดจากการใช้สีผิดพลาด ตลอดจนแนะนำบริษัทผู้ผลิตสีย้อมให้ชี้แจงต่อผู้ใช้ให้ถูกต้อง

สรุปในการทดลองครั้งนี้ทำให้สามารถศึกษาคุณสมบัติของสีผสมอาหารแต่ละชนิดโดยเทคนิคต่าง ๆ เพราะสีแต่ละตัวจะให้ลักษณะเฉพาะของมัน โดยเฉพาะเทคนิคเปเปอร์โครมาโตกราฟี ได้ใช้กระดาษ 2 ชนิด คือ กระดาษโครมาโตกราฟี เบอร์ 1 และกระดาษกรอง ผลการทดลองเปรียบเทียบกันแล้วพบว่า เราสามารถจะใช้กระดาษกรองทดแทนกระดาษโครมาโตกราฟี ในการวิเคราะห์สีผสมอาหารได้ เพราะสามารถจะใช้ ตรวจสอบสีแต่ละชนิดได้ ถ้าพิจารณาจากโครมาโตแกรมแล้ว กระดาษกรองจะให้ลักษณะของจุดแยกที่กว้างกว่าจุดแยกที่ได้จากการใช้กระดาษโครมาโตกราฟี แต่กระดาษกรองจะใช้เวลาน้อยกว่าในการทดลองจึงสะดวกเมื่อต้องการทราบผลการทดลองอย่างรวดเร็ว สาเหตุนี้ก็เนื่องมาจากลักษณะของเนื้อกระดาษทั้ง 2 แตกต่างกันที่ลักษณะของเซลลูโลสที่ใช้ทำกระดาษ โครงสร้างของเซลลูโลสที่วางตัวในกระดาษแต่ละชนิดแตกต่างกัน สำหรับการทำการทดลองด้วยรีเวิสเฟสเปเปอร์โครมาโตกราฟี การใช้กระดาษกรองให้ผลการทดลองที่ดีไม่แตกต่างจาก การใช้กระดาษโครมาโตกราฟีเบอร์ 1 มากนัก ลักษณะโครมาโตแกรมก็ได้ผลดี ค่า R_f ที่คำนวนได้บางครั้งก็ใกล้เคียงกันมากในที่นี้ อาจเป็นเพราะได้ทำการ Pretreatment กระดาษแต่ละชนิดโดยการเคลือบกระดาษด้วย น้ำมันพาราฟิน ก่อนจะทดลอง ทำให้กระดาษทั้งสองชนิดมีน้ำมันพาราฟินไปแทรกอยู่ในเซลลูโลส นั้นจึงมีลักษณะไม่แตกต่างจากกันมาก ดังนั้นเราสามารถสรุปได้ว่า กระดาษกรองสามารถนำมาทดแทน กระดาษโครมาโตกราฟี ซึ่งมีราคาแพงทำให้สะดวกในการวิเคราะห์ด้วยวัสดุที่ราคาถูก และมักมีประจำอยู่ในห้องปฏิบัติการทั่ว ๆ ไป ทั้งนี้เราก็ต้องเลือกสารละลายโมบายล์เฟสที่เหมาะสมด้วยจะได้ช่วยให้การวิเคราะห์ได้ผลที่ถูกต้อง

ประโยชน์ที่ได้รับจากการทดลองครั้งนี้ทำให้ทราบว่า อาหารในปัจจุบันนี้ซึ่งนิยมใส่สีช่วยปรุงแต่อาหารให้ดูน่ารับประทานมากยิ่งขึ้นนั้น ได้ใช้สีที่ถูกต้องตามที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ได้นั้น มีจำนวนมากน้อยเพียงใด เพราะการใช้สีผิดชนิดผสมในอาหารนั้นอาจมีอันตรายที่จะมีผลปรากฏให้เห็นได้ ซึ่งในต่างประเทศได้มีการทดลองถึงโทษของสีที่ไม่ควรจะใช้ผสมอาหารมากมาย

ดังกล่าวในบทนำ สำหรับประเทศไทยเราก็ได้มีการเข้มงวดในการใช้สีให้ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งเมื่อไม่นานมานี้ก็ได้มีประกาศห้ามผสมสีทุกชนิดลงในอาหารคาวต่าง ๆ และอาหารนมผงสำหรับเด็ก[45] การที่ผู้ผลิตใช้สีไม่ถูกต้องนั้น เพราะสียอมมีราคาถูกกว่าสีผสมอาหารมากหาซื้อได้ง่าย และค่อนข้างจะมีสันสวยงาม สีเข้มกว่าสีผสมอาหารมาก ในการวิเคราะห์นี้จะสังเกตเห็นอีกอย่างหนึ่ง คือ ในอาหารที่เก็บตัวอย่างมานี้ เป็นของที่ประชาชนทั่ว ๆ ไปใช้บริโภค จึงเห็นได้ว่าผู้ผลิตจะเลือกใส่สีผสมอาหารประเภทที่ละลายน้ำ ส่วนสีที่ละลายในสารอินทรีย์ คือ พวกคาโรทีน มักจะไม่พบในอาหารทั่ว ๆ ไปเหล่านี้ ทั้งนี้ เนื่องจากสีประเภทพวกคาโรทีนอยด์ ปกติจะมีราคาสูงกว่าพวกสีที่ละลายน้ำ ดังนั้นผู้ผลิตจะต้องใช้ต้นทุนในการผลิตสูงกว่าสีที่ละลายน้ำ และข้อจำกัดก็อยู่ที่ว่า สีผสมอาหารประเภทนี้มีสีให้เลือกน้อย แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันทางบริษัทผู้ผลิตสีผสมอาหารประเภทคาโรทีนอยด์นี้ได้พยายามปรับปรุงให้สามารถละลายน้ำได้ เพื่อสะดวกในการช่วยปรุงแต่งสีในอาหร สำหรับด้านอันตรายจากสีนั้น สีผสมอาหารประเภทคาโรทีนอยด์ จะมีอันตรายน้อยกว่าพวกที่เป็นสีเอโซซึ่งเป็นสีที่ละลายในน้ำ[46,47]

สำหรับการวิเคราะห์สีในลิปสติกนั้น การใช้เทคนิคเปเปอร์โครมาโตกราฟีจะได้ผลดี ในกรณีที่ลิปสติกนั้นมีสีประกอบเพียงสีเดียว หรือสองสี ซึ่งถ้าลิปสติกมีสีมากชนิดกว่านี้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้จะยุ่งยากขึ้นในการตรวจสอบ แม้ว่าจะตัดกระดาษที่บริเวณจุดแยกออกมาทำการทดลองต่ออีกก็พอจะทำได้แต่ต้องเสียเวลามาก กว่าจะแยกได้สีเข้มเพียงพอ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเขาจะใช้ทินเลเยอร์โครมาโตกราฟี จะทำได้เร็วกว่า หรือ น่าจะได้ลองค้นคว้าโดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ดูบ้าง