

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

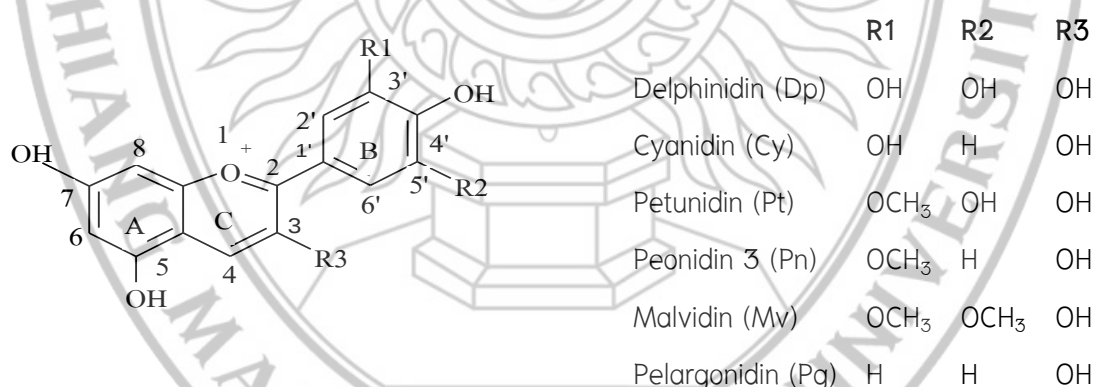
2.1 เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 แอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) จัดอยู่ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ เป็นรงควัตถุที่มีสีม่วงแดง สามารถละลายน้ำได้ สีของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะความเป็นกรด-ด่าง และสามารถพบได้ทั่วไปในเนื้อเยื่อชั้นนอกของดอก ผล และใบของพืชดอก บางครั้งสามารถพบได้ในเนื้อเยื่อพืช เช่น รากหัวใต้ดินของพืช ลำต้น และพืชเมล็ดเปลี่ยนต่างๆ เป็นต้น (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553)

2.1.1.1 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินประกอบด้วยส่วน 2 ส่วนคือ อะไกลโคน (Aglycone) หรือน้ำตาล (Sugar) และหมู่เอซิล (Acyl group) มีการค้นพบแอนโทไซยานินมากกว่า 300 ชนิด แต่ละชนิดจะมีสีและคุณสมบัติแตกต่างกันไป แม้ว่าแอนโทไซยานินจะมีด้วยกันหลายชนิดแต่ทุกชนิดจะมีโครงสร้างหลักเป็นสารชนิดเดียวกันที่เรียกว่า แอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidins) ซึ่งมีโครงสร้างแบบ C6-C3-C6 และมักจะพบบ่อยอยู่ 6 ชนิดคือ Pelargonidin (Pg) Cyanidin (Cy) Delphinidin (Dp) และ Peonidin (Pn) Petunidin (Pt) และ Malvidin (Mv) (Mazza, G, 2007) ดังแสดงใน รูปที่ 2.1

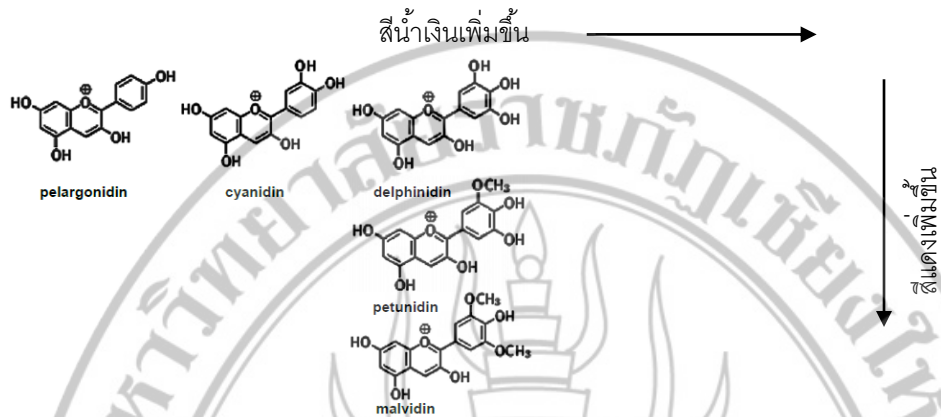


รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของแอนโทไซยานิน

ที่มา : Mazza, G (2007)

จากรูป 2.1 จะเห็นได้ว่าแอนโทไซยานินแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันได้แก่จำนวนของหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) ในโมเลกุล โครงสร้างในส่วนของวงแหวนฟีนอลมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลหรือหมู่เมทอกซิลเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อสีของแอนโทไซยานิน เช่น การเพิ่มหมู่ไฮดรอก

ซัล ให้มีจำนวนมากขึ้นจะทำให้มีสีเข้มขึ้นและสีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินมากขึ้นด้วย และการเพิ่มหมู่เมทอกซิลแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง 3' และ 5' จะทำให้สีแดงเพิ่มขึ้น (ยุพาพร พลาขจรศักดิ์, 2547) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ผลของโครงสร้างของแอนโทไซยานิดินที่มีต่อสีแอนโทไซยานิน

ที่มา : ยุพาพร พลาขจรศักดิ์ (2547)

2.1.1.2 สมบัติการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินที่มีโครงสร้างชนิดแอนโทไซยานิดิน จะให้สีและความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุดแตกต่างกัน ตามกลุ่มของรงควัตถุ ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 สมบัติการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิน

กลุ่มของรงควัตถุ (Pigment class)	การให้สี (Colour)	ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสง สูงสุด ($\lambda_{\max}$) (นาโนเมตร)
ไซยานิดิน ไกลโคไซด์ (Cyanidins glycosides)	ส้ม-แดง	535
เดลฟินิดิน ไกลโคไซด์ (Delphinidins glycosides)	น้ำเงิน-แดง	546
มัลวิดิน (Malvidins glycosides)	น้ำเงิน-แดง	542

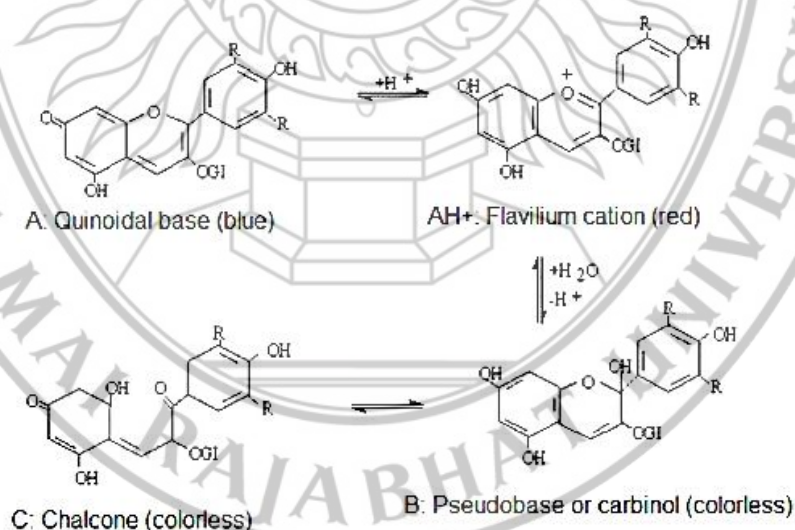
ตาราง 2.1 (ต่อ) สมบัติการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิน

กลุ่มของรงควัตถุ (Pigment class)	การให้สี (Colour)	ความยาวคลื่นที่มีการ ดูดกลืนแสงสูงสุด ($\lambda_{\max}$) (นาโนเมตร)
เพลาโกนินดิน ไกลโคไซด์ (Pelargonidins glycosides)	ส้ม	520
พีโอนินดิน ไกลโคไซด์ (Peonidins glycosides)	ส้ม-แดง	532
เพทูนินดิน ไกลโคไซด์ (Petunidins glycosides)	น้ำเงิน-แดง	543

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2553)

2.1.1.3 คุณสมบัติทางเคมีของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินจะทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH indicator) คือ ให้สีแดงที่ pH ต่ำ ให้สีน้ำเงินที่สภาวะเป็นกลาง และไม่มีสีที่ pH สูง ในสารละลายที่เป็นกรดและเป็นกลางนั้น มีโครงสร้างของแอนโทไซยานิน 4 โครงสร้างที่อยู่ในสภาวะสมดุลคือ Red flavylium cation (AH^+), Blue quinonoidal base หรือ Red quinonoidal base (A), Colorless carbinol pseudobase (B) และ Colorless chalcone (C) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนรูปโครงสร้างของแอนโทไซยานิน (Structural transformation anthocyanin)

ที่มา : Mazza, G., Brouillard, R., (1987)

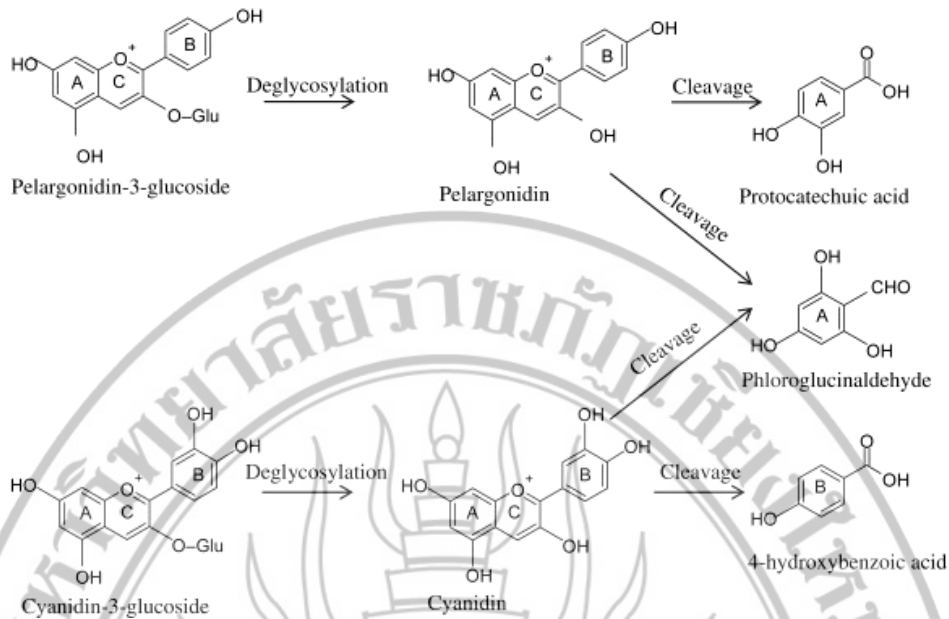
จากรูป 2.3 ในสภาวะที่เป็นกรดและ pH ต่ำกว่า 2 จะมีโครงสร้างเป็น AH^+ เมื่อ pH เพิ่มขึ้น AH^+ จะเกิดการสูญเสียโปรตอนเกิดเป็นสารละลาย Blue quinonoidal base หรือ Red quinonoidal base (A) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เกิดเป็นปกติ แต่การเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ของ AH^+ จะทำให้เกิด Colorless carbinol pseudobase (B) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความแตกต่างกันของ pH และโครงสร้างของแอนโทไซยานินจึงทำให้ปริมาณของ AH^+ , A, B และ C ที่สภาวะสมดุลมีความแตกต่างกัน (Mazza, G., Brouillard, R., 1987)

2.1.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของแอนโทไซยานิน

ปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของแอนโทไซยานิน พบว่าปัจจัยทางเคมีและฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของแอนโทไซยานินมีผลต่อความเสถียรของแอนโทไซยานินมากที่สุด ได้แก่ อุณหภูมิ แสง ความเป็นกรด-ด่าง การรวมตัวกับสารอื่น น้ำตาล และออกซิเจน รวมทั้งความเข้มข้น โครงสร้างเคมีและองค์ประกอบของแอนโทไซยานิน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

อุณหภูมิ

การย่อยสลายทางความร้อน (Thermal degradation) มีผลต่อความเสถียรของแอนโทไซยานิน คือเมื่ออุณหภูมิเพิ่ม ความเสถียรของแอนโทไซยานินและรงควัตถุต่าง ๆ จะลดลง ตัวอย่างเช่น Cyanidin 3-glucoside และ Cyaniding 3-rutinoside จะสลายตัวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในสารละลายกรดอ่อน (pH 1-4) ทั้งสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน การสลายตัวของแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากการเปิดออกของวงแหวน Pyrylium ในโครงสร้างของแอนโทไซยานินทำให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ Chalcone และการสลายตัวของอะโกลโคน เป็นขั้นแรกของการสลายตัวของสารแอนโทไซยานิน และอาจเกิดการแตกสลายเป็นอนุพันธ์ Coumarin รวมถึงอาจเกิดการสลายตัว หรือเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) และเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้ (Patras *et al.*, 2010) อุณหภูมิที่เพิ่มสูงจะทำให้เกิดการสูญเสีย Moieties glycosyl ของแอนโทไซยานิน โดยเกิดปฏิกิริยา Deglycosylation บริเวณพันธะไกลโคไซด์ิก ที่ตำแหน่งที่ 3 ของโครงสร้างแอนโทไซยานิน และเมื่อแอนโทไซยานินสูญเสียหมู่ น้ำตาลเปลี่ยนโครงสร้างไปเป็นแอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidins) (Adams *et al.*, 1937) และแอนโทไซยานิดินถูกทำลายโครงสร้าง โดยทำให้เกิดการแตกของวงแหวนบริเวณ heterocyclic ring ดังภาพที่ 2.4 ซึ่งจะนำไปสู่การสูญเสียโครงสร้างและการเปลี่ยนแปลงสีของแอนโทไซยานิน



รูปที่ 2.4 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเปลี่ยนรูปโครงสร้างของแอนโทไซยานิน

ที่มา : Patras *et al.*, (2010)

แสง

การสลายตัวของแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการสัมผัสกับแสงโดยกลไกการสลายตัวของแอนโทไซยานินจะเกิดขึ้นจากเมื่อแอนโทไซยานินสัมผัสกับแสงทำให้ไอออนเข้าไปแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลของคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ในโมเลกุลแอนโทไซยานินทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานิน และเป็นตัวเร่งให้เกิดการสลายตัวของสาร แอนโทไซยานินจากความร้อน (ยุพาพร ผลาขจรศักดิ์, 2547)

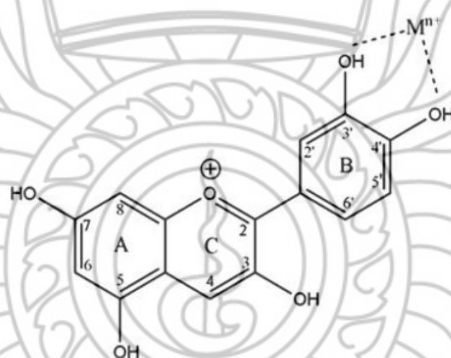
ความเป็นกรด-ด่าง

ในสารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด เป็นกลาง และเป็นเบส โครงสร้างของแอนโทไซยานิน จะมีการเปลี่ยนแปลงได้ 4 รูปแบบ คือ Quinonoidal, Flavylium cation, Carbinol หรือ Pseudobase และ Chalcone (ดังภาพ 2.3) เมื่อ pH สูงขึ้นทำให้ความเข้มข้นของสีและความเข้มข้นของ Flavylium cation ลดลง ส่งผลให้โครงสร้างของแอนโทไซยานินเปลี่ยนจาก Flavylium cation ซึ่งมีสีแดงในสารละลายที่เป็นกรดไปเป็น Carbinol ซึ่งไม่มีสี และเมื่อค่า pH สูงขึ้นต่อไปอีกทำให้ Carbinol เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ Chalcone ซึ่งไม่มีสีส่งผลให้เกิดการเปิดออกของ วงแหวน สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบสอ่อน pH ประมาณ 9 แอนโทไซยานินจะมีสีม่วงเข้มเกือบดำ และที่ pH มากกว่าหรือเท่ากับ 11 แอนโทไซยานินมีโครงสร้างเป็นแบบ Blue quinonoidal ซึ่งมีสีน้ำเงิน (Rien, M. 2005)

การรวมตัวกับสารอื่น (Co-pigmentation)

การเกิดปฏิกิริยาของแอนโทไซยานินกับไอออนของโลหะที่หมู่ออกซิ ไดไฮดรอกซิลในวงแหวน B ดังรูป 2.5 เมื่อเกิดสารเชิงซ้อนทำให้เกิดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นมากขึ้น

(Khaodee *et al.*, 2014) Anthocyanins และ Anthocyanidins กับ O-di-hydroxyl groups ในวง B (Cy, Dp, Pt) เป็นการสร้างสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะแอนโทไซยานิน การศึกษาเกี่ยวกับความคงตัวของสีในพืช แสดงให้เห็นว่าสีฟ้าเกิดจากการเกิดสารประกอบระหว่าง Anthocyanins กับโลหะบางชนิด เช่น Al, Fe, Cu และ Sn หรือ Mg และ Mo ในปฏิกิริยา Al (III) – โทเทเนียมนิคมเพล็กซ์ ถูกนำออกมาพร้อมกับ Cy และอนุพันธ์ของ Flavonoid อื่น ๆ โดยกระบวนการนี้ทำให้เสถียรภาพของฐาน Quinoidal สีน้ำเงินโดยหลีกเลี่ยงการออกซิเดชัน นักวิจัยอื่น ๆ กำลังศึกษาความเปลี่ยนแปลงของสีของเนื้อเยื่อของกะหล่ำปลีชนิดเพิ่ม Mosolutions (IV และ VI) ซึ่งในทั้งสองกรณีพบว่าสีฟ้าเป็น Stabilized ความจริงข้อนี้ชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการเป็นไปได้ของ Anthocyanin-molybdenum complexation การศึกษาล่าสุดแสดงให้เห็นว่า Complexation ระหว่าง O-di-hydroxyl anthocyanins และ Ion Fe (III) หรือ Mg (II) ที่ pH 5 เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการก่อตัวของสีน้ำเงินในพืชส่วนใหญ่จะมีสัดส่วนของแอนโทไซยานิน : Fe (III) เท่ากับ 1 : 6 หรือสูงกว่า (Castaneda-Ovando *et al.*, 2009)



รูป 2.5 โครงสร้างการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน ของไซยานิดิน

ที่มา : Khaodee *et al.* (2014)

น้ำตาล

การเติมน้ำตาลมีผลต่อความเสถียรของแอนโทไซยานิน ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้าง ความเข้มข้นของแอนโทไซยานินและชนิดของน้ำตาล โดย Reducing และ Non-reducing sugar มีผลในการทำลายความเสถียรของแอนโทไซยานินในแบล็ค เคอเรนท์ (Black currant) ความเสถียรทางความร้อนของแอนโทไซยานิน (Anthocyanin thermostability) จะลดลงเมื่อความเข้มข้นของซูโครส (Concentration of sucrose) เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 20 % ขณะที่ความเข้มข้นที่ 40 % จะมีผลดีต่อความเสถียรของรงควัตถุ ตรงข้ามกับความเสถียรทางความร้อนของรงควัตถุ (Thermo stability of pigments) จะลดลงแบบเส้นตรง เมื่อความเข้มข้นของฟรุคโตสเพิ่มขึ้นซึ่งอาจเป็นเพราะการเกิดฟูรอลดีไฮด์ (Furaldehyde formation) (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553)

ออกซิเจน

ออกซิเจนมีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน โดยมีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Hydrogen peroxide ทำให้พันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว (Conjugate bond) ของวงแหวน Pyrylium หายไปส่งผลให้แอนโทไซยานินไม่มีสีและเกิดเป็นอนุพันธ์ของ Coumarin (Patras *et al.*, 2010)

ปัจจัยอื่น ๆ

แอนโทไซยานินจะมีสีจางลงที่ pH 3 โดยการเติมโซเดียมซัลไฟต์ที่ C-2 หรือ C-4 ในส่วนกำเนิดสี (Chromophore) ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดเร็วที่สภาวะความเป็นกรด (Acidification) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ EDTA และส่วนผสมระหว่างซัลเฟอร์ไดออกไซด์และ EDTA มีผลต่อการสูญเสียแอนโทไซยานิน ในน้ำผลไม้สดรอบเบอร์รี่น้อยมาก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 10 สัปดาห์ ในทางกลับกัน การเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดการสูญเสีย แอนโทไซยานินและทำให้สารประกอบพอลิเมอร์ลดลง (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553)

2.1.1.5 การสกัดแอนโทไซยานิน

วิธีการสกัดแอนโทไซยานินมีหลายวิธีที่แตกต่างกันไป ตามชนิดของตัวอย่างที่ใช้ โดยมากจะใช้ตัวทำละลายในการสกัด และทำการสกัดในสภาวะที่เป็นกรดประสิทธิภาพในการสกัดแอนโทไซยานินจะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของตัวทำละลายอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย ชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดหรือค่าความเป็นกรด-ด่างดังต่อไปนี้

ชนิดของตัวทำละลาย

ชนิดของตัวทำละลายที่มีผลต่อการสกัดแอนโทไซยานิน จากกากองุ่นที่เหลือจากการผลิตไวน์แดง โดยตัวทำละลายที่ใช้ได้แก่ Methanol, Ethanol หรือน้ำ พบว่า Methanol เป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพการสกัดสูงสุดซึ่งสูงกว่าการใช้ Ethanol ร้อยละ 20 และสูงกว่าการใช้น้ำ ร้อยละ 73 (Metivier.R, *et al.*, 1980)

ชนิดของกรดที่ใช้สกัด

ชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการสกัด ได้เนื่องจากกรดส่งผลต่อ pH ของตัวทำละลายในการสกัดโดยที่กรดแก่จะมีคุณสมบัติในการย่อยผนังเซลล์สูง และทำให้ pH ของตัวทำละลายต่ำ ประสิทธิภาพในการสกัดสูง การสกัดแอนโทไซยานิน จากผล Cranberry ด้วยอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายคือ 1:5 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายแทนเมทานอล เพราะเอทานอลเป็นสารที่ไม่เป็นพิษและพบว่าสารละลาย 1.5 N HCl ในเอทานอล เป็น ตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการสกัดสูงและการใช้กรด HCl จะช่วยให้แอนโทไซยา

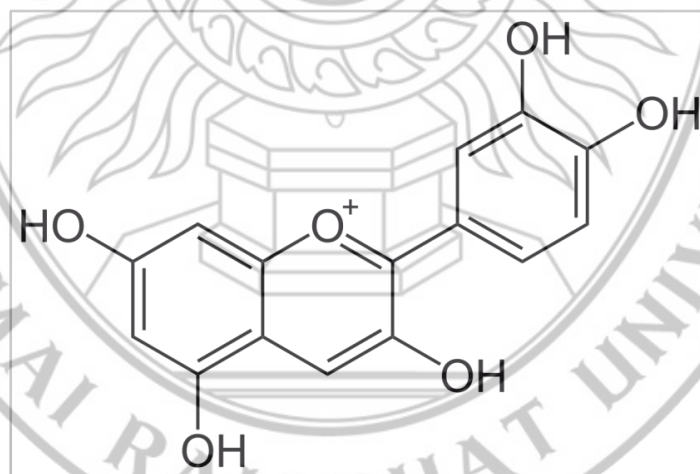
นิน ที่สกัดได้มีเสถียรภาพที่ดีขึ้น เนื่องจากแอนโทไซยานิน มีความคงตัวที่ดีในสารละลายที่เป็นกรด (Fuleki. T และ Francis. F.J, 1968)

ระยะเวลาในการสกัด

เวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน ที่ได้เนื่องจากเวลาที่มีผลต่อการแพร่ของแอนโทไซยานิน ออกจากเยื่อหุ้มเซลล์เข้าสู่สารละลาย การสกัดสารแอนโทไซยานิน จากเปลือกมังคุด โดยทำการศึกษาที่เวลาในการสกัด 3 ระดับคือ 1, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจะสามารถสกัดแอนโทไซยานินได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน (ยุพาพร ผลาขจรศักดิ์, 2547)

ไซยานิดิน

ไซยานิดิน (Cyanidin) มีชื่อในระบบ IUPAC ว่า 2-(3,4 Dihydroxyphenyl) Chromenylium 3,5,7 Triol เป็นสารในกลุ่มของแอนโทไซยานิน มีโครงสร้าง C6-C3-C6 ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งเป็นสารสีที่สามารถละลายน้ำได้ เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่สามารถพบในธรรมชาติ คือ เป็นสารที่ให้สีแก่พืชที่มีสีม่วงแดง ม่วง หรือน้ำเงิน เช่น พืชตระกูลเบอรรี่ มะเขือม่วง กะหล่ำปลีสีม่วง ซึ่งบริเวณที่พบไซยานิดินมากที่สุด ได้แก่ บริเวณเปลือกของผัก ผลไม้ชนิดนั้น บางครั้งอาจพบที่เมล็ด เช่น เมล็ดขององุ่นแดง มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยสีของไซยานิดินจะขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลาย ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อ pH ต่ำกว่า 3 เป็นสีม่วงเมื่อ pH 7-8 และเป็นสีน้ำเงินเมื่อ pH มากกว่า 11



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของไซยานิดิน (Khaodee, K., et al. 2014)

ไซยานิดินสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของโลหะหนักได้ เพราะโครงสร้างทั่วไปมีความสามารถเป็นนิวคลีโอไฟล์ (Nucleophile) คือ สามารถให้อิเล็กตรอนแก่สารอื่นได้ เมื่อเกิดปฏิกิริยากับไอออนของโลหะหนักโครงสร้างของไซยานิดินเกิดการ

เปลี่ยนแปลงทำให้สีของไชยานิดินเปลี่ยนไป ด้วยคุณสมบัตินี้เองที่ทำให้ไชยานิดินสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบหาไอออนโลหะหนักได้ โดยอาศัยการเปลี่ยนสีของไชยานิดินนั่นเอง

2.1.3 กะหล่ำปลี

2.1.3.1 ลักษณะทั่วไปของกะหล่ำปลี

กะหล่ำปลี (Cabbage) เป็นผักที่อยู่ในตระกูล Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica Oleracea Capitata* Linn เป็นพืชในเขตเมดิเตอร์เรเนียนและยุโรป แล้วแพร่เข้ามาในประเทศไทย ซึ่งปลูกได้ดีเฉพาะฤดูหนาวของทางภาคเหนือและอีสานเท่านั้น ต่อมาได้มีการพัฒนาสายพันธุ์ให้ทนร้อนเหมาะสมกับสภาพอากาศของประเทศไทย จึงทำให้ในปัจจุบันสามารถปลูกกะหล่ำปลีได้ทุกฤดูกาลและสามารถปลูกได้กับดินทุกชนิด แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วน อุณหภูมิประมาณ 22-25 °C ที่มีสภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) อยู่ในช่วง 6-6.5 มีความชื้นในดินสูง และได้รับแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน ซึ่งโดยทั่วไปกะหล่ำปลีจะเป็นผักอายุประมาณ 2 ปี แต่นิยมปลูกเป็นผักอายุปีเดียว คือ อายุตั้งแต่ย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 50-120 วัน ปลูกได้ผลผลิตดีในช่วงเดือนตุลาคมถึงมกราคม ถ้าปลูกนอกเหนือจากนี้จะต้องเลือกพันธุ์ที่เหมาะสม ซึ่งสามารถจำแนกกลุ่มของกะหล่ำปลีได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1) กะหล่ำปลีธรรมดา (Common Cabbage) มีความสำคัญและปลูกมากที่สุดในพื้นที่ภาคปริโคต มีลักษณะหัวหลายแบบ ตั้งแต่หัวกลม หัวแหลมเป็นรูปหัวใจ จนถึงกลมแบนราบ มีสีเขียวจนถึงเขียวอ่อน เป็นพันธุ์ที่ทนร้อน อายุการเก็บเกี่ยวสั้น (ประมาณ 50-60 วัน) พันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์ลูกผสมต่างๆ นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ผสมเปิดอื่นๆอีก เช่น พันธุ์โคเปนเฮเกนมาร์เก็ต พันธุ์โคเคนเอเลอร์ เป็นต้น

2) กะหล่ำปลีสีแดงหรือสีม่วง (Red Cabbage) มีลักษณะหัวค่อนข้างกลม ใบสีแดงทึบเข้ม ส่วนใหญ่มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 90 วัน เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศหนาวเย็นเมื่อนำไปต้ม น้ำจะมีสีแดงคล้ำ พันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์รูบี้บอล รูบี้เพอเพคชั่น เป็นต้น

3) กะหล่ำปลีใบย่น (Savoy Cabbage) มีลักษณะผิวใบหยักย่นเป็นคลื่นมาก ปลูกในที่ที่มีอากาศหนาวเย็นมาก

2.1.3.2 กะหล่ำปลีสีม่วง

กะหล่ำปลีสีม่วง (Red Cabbage) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica Oleraceae* Var. *Rubra* มีลักษณะคล้ายกะหล่ำปลีธรรมดา แต่ใบมีสีแดงทึบเข้ม ดังรูปที่ 2.7 เนื่องจากมีสารแอนโทไซยานินจำนวนมาก โดยมีคุณค่าทางอาหารจากเนื้อผักของกะหล่ำปลีสีม่วง มีสารอินโบทินที่ทำให้รสชาติของกะหล่ำปลีสีม่วงที่ขมกว่ากะหล่ำปลีธรรมดา ช่วยในกระบวนการเผาผลาญสารอาหารในร่างกาย ช่วยกระตุ้นให้เลือดไหลเวียนไปหล่อเลี้ยงตับ ภูมุน้ำดี ไต และ

กระเพาะอาหาร อุดมไปด้วยธาตุเหล็กและคุณค่าทางสารอาหารหลายชนิด ซึ่งมากกว่ากะหล่ำปลีธรรมดาถึง 2 เท่า



รูปที่ 2.7 ลักษณะของกะหล่ำปลีสีม่วง

2.1.4 โลหะหนัก

2.1.4.1 นิยามของโลหะหนัก

โลหะหนัก (Heavy Metal) หมายถึง ธาตุที่มีปริมาณน้อยในสิ่งแวดล้อม มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป โดยมีลักษณะเป็นของแข็ง ยกเว้นปรอทมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง จากธาตุทั้งหมดที่มีในโลก 105 ธาตุ ซึ่งมีธาตุที่เป็นโลหะหนักอยู่ 68 ธาตุ และมีเลขอะตอมอยู่ในช่วง 23-92 คาบที่ 4-7 ของตารางธาตุ คุณสมบัติทางกายภาพของโลหะหนัก คือ จุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง ละลายน้ำได้น้อย เป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อน มันวาว และสะท้อนแสงได้ดี ส่วนคุณสมบัติทางเคมีของโลหะหนัก คือ มีค่าออกซิเดชันได้หลายค่า ถ้ามีปริมาณสูงกว่าในระดับปกติก็จะเป็นพิษได้ เช่น ธาตุจำพวก Cu, Zn, Hg, Cd, Mo, Mn, Ni, Co, Al, Pb, Fe, As, Te, Sn, Cr, Ti, Ag, V, Be และ Bi ซึ่งโลหะหนักจะถูกส่งผ่านสู่แหล่งน้ำโดยการกระทำของมนุษย์และกระบวนการทางธรรมชาติโดยผ่านการทิ้งของเสียที่มีส่วนผสมของโลหะหนัก ซึ่งความเป็นพิษต่อร่างกายเกิดจากร่างกายได้รับสารโลหะหนัก แล้วไปรบกวนการทำงานของเอ็นไซม์ของเซลล์และยึดกับเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้การควบคุมการลำเลียงของสารต่างๆของเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติไปโดยความเป็นพิษจะขึ้นอยู่กับรูปแบบทางเคมีของสารประกอบของโลหะหนักแต่ละชนิดและเส้นทางที่ร่างกายได้รับเข้าไป เช่น ทางระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ผิวหนัง เป็นต้น

แหล่งกำเนิดของโลหะหนัก

โลหะหนักเป็นองค์ประกอบของเปลือกโลก มีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม โดยโลหะหนักอยู่ในรูปแบบของโครงร่างผลึกแร่ (Lattice-Held Metals) จากการกัดเซาะและการพังทลายของเปลือกโลกทำให้โลหะหนักมีอนุภาคเล็กลง และเกิดการสะสมตัวอยู่ในรูปแบบ Non-Lattice-Held Metals เพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้โลหะหนักเหล่านี้แพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น เมื่อสภาวะเคมีและฟิสิกส์เปลี่ยนแปลงไป โลหะหนักจะอยู่ในรูปแบบที่สามารถดูดซึมเข้าร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้ เรียกรูปแบบนี้ว่า Bioavailable Metals ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้สามารถ

ถ่ายทอดไปยังสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในห่วงโซ่อาหาร และถ้าหากได้รับในปริมาณมากจะเป็นพิษต่อร่างกาย (Salomon, W., and Forstner, U., 1984)

การแพร่กระจายและการสะสมตัวของโลหะหนัก

โลหะหนักเป็นองค์ประกอบของเปลือกโลก กระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ เมื่อเกิดผุกร่อนตามธรรมชาติโดยกระแสลม น้ำท่า และน้ำฝน ทำให้รูปแบบของโลหะหนักเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ เกิดการชะล้างและพัดลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้โลหะหนักแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อม รวมทั้งในปัจจุบันมนุษย์ได้มีการนำโลหะหนักไปใช้ประโยชน์มากมาย และมีการปล่อยโลหะหนักลงสู่สิ่งแวดล้อมออกมาในรูปแบบของน้ำทิ้ง น้ำเสีย หรือการทิ้งโลหะหนักที่ไม่ได้ประโยชน์โดยไม่มีการจัดการให้ถูกต้อง ทำให้โลหะหนักเหล่านี้แพร่กระจายในสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้สามารถสะสมตัวอยู่ในแหล่งน้ำนั้นๆ ได้หลายรูปแบบ เช่น การตกตะกอนลงสู่ท้องน้ำ จับตัวกับอนุภาคของดินหรือสารอินทรีย์ แล้วแขวนลอยอยู่ในมวลน้ำ หรือแม้แต่การสะสมอยู่ในพืช น้ำ สัตว์น้ำ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในน้ำ ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้มีการเปลี่ยนรูปและเคลื่อนย้ายไปตามสภาพแวดล้อมและถ่ายทอดตามห่วงโซ่อาหาร (ศุภลักษณ์ พวงสุวรรณ, 2557)

1) การสะสมในแหล่งน้ำ

การสะสมโลหะหนักในแหล่งน้ำอยู่ในรูปของสารที่ละลายน้ำ (Dissolved) และในรูปสารแขวนลอย (Suspended Solid) ซึ่งเกิดจากธรรมชาติและกิจกรรมต่างๆ ในการใช้น้ำของมนุษย์ โดยปกติธรรมชาติจะมีการบำบัดตัวเอง แต่มลพิษบางอย่างไม่สามารถย่อยสลายได้ เช่น สารพิษจากโลหะหนัก จึงทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ (พฤษ จันทน์นวล, 2550) โดยความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำ โดยรูปแบบของโลหะหนักที่อยู่ในรูปของสารละลายและสารแขวนลอยมีความแตกต่างกัน สารแขวนลอยสามารถอยู่ในน้ำได้ยาวนานกว่าสารละลายก่อนที่จะถูกนำออกไปจากทะเล โดยกระบวนการต่างๆ และจากการไหลของกระแสน้ำ ทำให้ตะกอนใต้น้ำลอยตัวขึ้นอยู่ในมวลน้ำได้อีก ดังนั้น โลหะหนักในแหล่งน้ำจึงมีกระบวนการดูดซับและการคายของโลหะหนักระหว่างน้ำและตะกอน (วิกันดา ชัยบุตร, 2541)

2) การสะสมในดินตะกอน

การสะสมของโลหะหนักในดินตะกอนมีความเข้มข้นสูงกว่าโลหะหนักในแหล่งน้ำ ซึ่งเกิดจากกระบวนการต่างๆ ทั้งเคมี ชีวภาพ และฟิสิกส์ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง (วิกันดา ชัยบุตร, 2541) ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนส่วนหนึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งองค์ประกอบในดินตะกอนที่มีส่วนสำคัญในการสะสมโลหะหนักในดินตะกอนได้แก่ อนุภาคของสารอินทรีย์ ปริมาณคาร์เนต ออกไซด์ของแมงกานีส และเหล็ก โดยมีผลทำให้โลหะหนักในดินตะกอนเปลี่ยนแปลงไป (พฤษ จันทน์นวล, 2550)

2.1.4.4 ชนิดของโลหะหนักในการศึกษา

1) ทองแดง (Copper ; Cu)

ทองแดงจัดอยู่ในหมู่ IIB ของตารางธาตุ มีเลขอะตอม 29 มวลอะตอม 23.54 มีความถ่วงจำเพาะ 8.96 จุดหลอมเหลว $1,805^{\circ}\text{C}$ จุดเดือด $2,562^{\circ}\text{C}$ ความหนาแน่น 8.94 g/cm^3 ที่อุณหภูมิ 20°C และเลขออกซิเดชัน +1 หรือ +2 ทองแดงสามารถนำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดี ทนการกัดกร่อน แข็งแรง ดึงเป็นเส้นและตีเป็นแผ่นบางได้ ปกติไม่พบในรูปอิสระ แต่จะพบในรูปของสารประกอบและแร่ โดยในธรรมชาติทองแดงเป็นแร่ที่มีมากที่สุดและมักจะปะปนอยู่กับแร่สังกะสี โดยทองแดงจะพบอยู่ในรูปของแร่ Cuprite (Cu_2O) หรือ Copper Pyrite (CuFeS_2) และ Chalcocite หรือ Copper Glance (Cu_2S) ซึ่งในธรรมชาติจะพบอยู่ในรูปของแข็งที่สามารถใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับเหล็ก ทองคำ และเงิน (ศุภลักษณ์ พวงสุวรรณ, 2557)

การค้นพบทองแดงหรือคอปเปอร์ มีสัญลักษณ์เป็น Cu ซึ่งมาจากภาษาลาตินว่า Cuprum ที่หมายถึงชื่อเกาะไซปรัส (Cyprus) อันเป็นแหล่งแร่ทองแดงขนาดใหญ่ที่มีการค้นพบและนำโลหะทองแดงมาใช้ประโยชน์ เมื่อหลายพันปีก่อน แร่ทองแดงที่บริสุทธิ์จะพบได้ตามธรรมชาติ คือพบในสภาพที่เป็นโลหะ (Metallic State) หรือในสภาพทองแดงธรรมชาติ (Native Copper) แล้วนำแร่เหล่านั้นมาหลอมรวมกันเพื่อนำไปใช้งาน เนื่องจากแร่ธาตุทองแดงที่พบตามธรรมชาติมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับแร่ธาตุชนิดอื่นๆ จะพบประมาณ 0.0001% ของธาตุบนพื้นผิวโลกทั้งหมด (กิตติพันธุ์ บางยี่ขัน, 2551)

1.1) การใช้ประโยชน์

ทองแดงมีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างมากมาย ซึ่งมากกว่า 50% ทองแดงถูกนำไปมาใช้ในการด้านอุตสาหกรรม เนื่องจากทองแดงเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี การใช้งานส่วนใหญ่จึงเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมไฟฟ้า เช่น ใช้ทำสายไฟ เคเบิล มอเตอร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไดนาโม พัดลม ระบบควบคุมในโรงงานอุปกรณ์ไฟฟ้า ระบบจ่ายกำลังเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ นอกจากนั้นด้วยคุณสมบัติด้านทานการกัดกร่อน ทองแดงจึงนำมาใช้ในการก่อสร้างหลายอย่าง เช่น ทำหลังคาท่อน้ำและข้อต่อต่างๆ ระบบให้ความร้อนและระบบปรับอากาศ ใช้ทำเครื่องจักรกล เครื่องใช้ในบ้านเนื่องจากขึ้นรูปง่าย และเนื่องจากมีความสามารถด้านทานการกัดกร่อนของน้ำทะเลและมีการถ่ายเทความร้อนสูง จึงใช้ทำท่อวาล์วข้อต่อในโรงงาน น้ำกลั่นจากน้ำทะเล อุปกรณ์การแลกเปลี่ยนความร้อนและเครื่องมือกลอื่นๆ ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนเครื่องบิน เรือเดินสมุทร หัวจักรรถไฟ อุปกรณ์สวิตช์และสัญญาณต่างๆ และการใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ของทองแดง เช่น ใช้ผลิตยูทริเนียมที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีเครื่องวัดต่างๆ เครื่องประดับตกแต่งเหรียญกษาปณ์ บรรจุภัณฑ์ และใช้โลหะผสม เช่น ทองเหลืองและทองสัมฤทธิ์ เป็นต้น (กิตติพันธุ์ บางยี่ขัน, 2551)

1.2) ความเป็นพิษ

ทองแดงเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์และมีส่วนในการสร้างฮีโมโกลบิน แต่สิ่งมีชีวิตต้องการในปริมาณน้อย โดยในร่างกายของคนเราจะมีทองแดงอยู่ 100–150 มิลลิกรัม จะมีความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่ตับและกระดูกซึ่งในผู้ใหญ่ต้องการทองแดง 2 มิลลิกรัมต่อวัน เนื่องจากทองแดงจำเป็นต่อการเผาผลาญอาหาร (ศูนย์การเรียนรู้อุตสาหกรรมเหมืองแร่, 2554) ทองแดงที่เข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซับที่กระเพาะอาหารเป็นส่วนใหญ่และสะสมไว้ที่ตับ ไต หัวใจ และเส้นผม แต่ถ้าหากเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมากจะทำให้อาเจียน ปวดท้อง ท้องเดินเป็นน้ำหรือเลือด ปัสสาวะเป็นเลือด ความดันโลหิตต่ำ และตับไม่ทำงาน อาจทำให้เสียชีวิตได้ (ศุภชัย รัตนมณีฉัตร, 2534)

ในสัตว์น้ำถ้าหากได้รับทองแดงสูงเพียงเล็กน้อย อาจทำให้เกิดความเป็นพิษได้ เช่น หอยนางรมที่สะสมทองแดงไว้มากทำให้เหงือกและ Mantle มีสีเขียวคล้ำผิดปกติ ส่วนในปลา สารประกอบทองแดงจะทำลายเซลล์ที่อยู่ตามเหงือก ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ผิดปกติ (วิกันดา ชัยบุตร, 2541)

2) โลหะตะกั่ว (Lead ; Pb)

ตะกั่วจัดอยู่ในหมู่ IVA ของตารางธาตุ มีสถานะเป็นของแข็ง ไม่มีกลิ่น มีเลขอะตอม 82 มวลอะตอม 207.19 มีความถ่วงจำเพาะ 11.34 จุดหลอมเหลว 327.4 °C จุดเดือด 2,562 °C ความหนาแน่น 11.34 g/cm³ ที่อุณหภูมิ 20 °C และเลขออกซิเดชัน +2 หรือ +4 โดยตะกั่วบริสุทธิ์จะมีสีเทาเข้มหรือน้ำเงิน-ขาวเงิน เมื่อสัมผัสกับอากาศสีของสารจะเข้มขึ้น (ศุภลักษณ์ พวงสุวรรณ, 2557) นอกจากนี้ตะกัวยังเป็นโลหะที่มีความอ่อนตัวค่อนข้างสูง จึงแปรรูปได้โดยการทุบตี รีด ดึงหรือหลอมเป็นรูปต่างๆได้ง่าย ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้อย่างช้าๆ ในน้ำที่เป็นกรดอ่อนละลายได้ในกรดไนตริกเจือจาง กลายเป็นไอไดต์ในที่อุณหภูมิสูงๆ ในธรรมชาติตะกั่วมีการกระจายอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมบริเวณเปลือกโลก โดยส่วนใหญ่พบอยู่ในรูปของสารประกอบ เช่น สารประกอบตะกั่วกำมะถัน (PbS) Anglesite (PbSO₄) Cerussite (PbCO₃) นอกจากนี้ยังพบตะกั่วปะปนอยู่กับสินแร่ทองแดง สารหนู บิสมัท แคดเมียม และเงินในปริมาณเล็กน้อย (พฤษ จันทร นวล, 2550)

2.1) การค้นพบ

ตะกั่วเป็นโลหะหนึ่งที่มนุษย์รู้จักและนำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่สมัยโบราณ ถูกนำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่ 4,000 ปีก่อนคริสตศักราช ตะกั่วมีสัญลักษณ์ Pb จากชื่อละตินว่า Plumbum โดยทั่วไปมักพบตะกั่วในรูปสารประกอบ เช่น สารประกอบซัลไฟด์ ซัลเฟต ซิลิเกตและคาร์บอเนต เป็นต้น ในธรรมชาติสารประกอบเหล่านี้จะอยู่ในรูปของแร่ต่างๆ หลายชนิด แร่ที่เป็นสารประกอบซัลไฟด์มักพบเป็นแร่พลูมโบมิ ในขณะที่แร่ที่เป็นสารประกอบ

คาร์บอนเตต ซัลเฟตและซิลิเกตมักเป็นแร่ทุติยภูมิแร่ที่เป็นวัตถุดิบสำคัญในการถลุงโลหะตะกั่ว ได้แก่ แร่กาลิनाและแร่เชรริสไซด์ (ศูนย์การเรียนรู้อุตสาหกรรมเหมืองแร่, 2554)

2.2) การใช้ประโยชน์

ตะกั่วถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น บัดกรีเชื่อมโลหะ ทำขั้วไฟฟ้าแบตเตอรี่ เซรามิค สารกำจัดศัตรูพืช ปุ๋ยเคมี สารเคมีใช้ป้องกันอันตรายจากการทะลุทะลวงของกัมมันตภาพรังสี (Radiation Shielding) และใช้ควบคุมความดังของเสียงเครื่องจักรกล เนื่องจากตะกั่วมีความหนาแน่นสูงมากและใช้ในการเติมลงในน้ำมันเบนซิน เพื่อเพิ่มค่าออกเทน ช่วยลดการสะสมของเครื่องยนต์ (กิตติพันธุ์ บางยี่ขัน, 2551)

2.3) ความเป็นพิษ

ถ้าได้รับตะกั่วในปริมาณน้อยในระยะเวลาสั้นจะทำให้เกิดความเป็นพิษเรื้อรัง ได้แก่ โรคโลหิตจาง เนื่องจากตะกั่วไปขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดงและยังสามารถกระตุ้นการทำงานของม้าม ทำให้กำจัดเม็ดเลือดแดงได้มากขึ้น โดยมีการวิจัยว่า คนทั่วไปมีตะกั่วอยู่ในเลือด 0.25 ppm จะไม่มีผลใดๆ ต่อร่างกายซึ่งศูนย์การเรียนรู้อุตสาหกรรมเหมืองแร่ (2554) พบว่า ปริมาณของตะกั่วที่มนุษย์รับได้จะขึ้นอยู่กับอายุและปัจจัยอื่นๆ โดยในผู้ใหญ่อาจรับตะกั่วได้ถึง 465 ไมโครกรัมต่อวัน ส่วนในเด็กก่อนวัยเรียนจะสามารถรับปริมาณตะกั่วได้ประมาณ 3 มิลลิกรัมต่อสัปดาห์ และสำหรับคนปกติที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 70 กิโลกรัม สามารถรับตะกั่วได้ไม่เกิน 3.5 มิลลิกรัมต่อสัปดาห์ ซึ่งในปี พ.ศ. 2557 ศุภลักษณ์ พวงสุวรรณ พบว่า พิษของตะกั่วจะก่อให้เกิดเนื้องอกและมะเร็งและถ้าได้รับตะกั่วในปริมาณมากทำให้เกิดอาการพิษเฉียบพลัน โดยมีอาการอ่อนเพลีย คลื่นไส้ และกล้ามเนื้อกระตุก เนื่องจากการทำงานของระบบประสาทผิดปกติ ซึ่งโดยปกติในร่างกายสามารถกำจัดตะกั่วได้หลายทาง โดย 70% ขับออกทางปัสสาวะ 16% ขับออกทางอุจจาระ และอีก 8% ขับออกทางผิวหนัง เส้นผมหรือขน แต่ร่างกายสามารถขับตะกั่วออกได้รวมกันไม่เกินวันละ 2 มิลลิกรัมเท่านั้น

พิษของตะกั่วที่มีต่อสัตว์น้ำ โดยเฉพาะปลาทำให้การเจริญเติบโตช้าลง เซลล์เยื่อ ผิวหนังและเหงือกถูกทำลาย และจะไปจับกับเมือก สะสมบริเวณเหงือกของปลาทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดลง (วิกันดา ชัยบุตร, 2541)

3) อะลูมิเนียม

อะลูมิเนียม (ภาษาอังกฤษสะกดได้ว่า aluminium หรือ aluminum ในอเมริกาเหนือ) คือธาตุเคมีในตารางธาตุที่มีสัญลักษณ์ Al และมีเลขอะตอม 13 เป็นโลหะที่มันวาวและอ่อนดัดง่าย และมีคุณสมบัติเด่น คือ ต่อด้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ แข็งแรง และน้ำหนักเบา มีการใช้อะลูมิเนียมในอุตสาหกรรมหลายประเภท เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย และอะลูมิเนียมสำคัญต่อเศรษฐกิจโลกอย่างมาก ชิ้นส่วนโครงสร้างที่ผลิตจากอะลูมิเนียมสำคัญต่อ

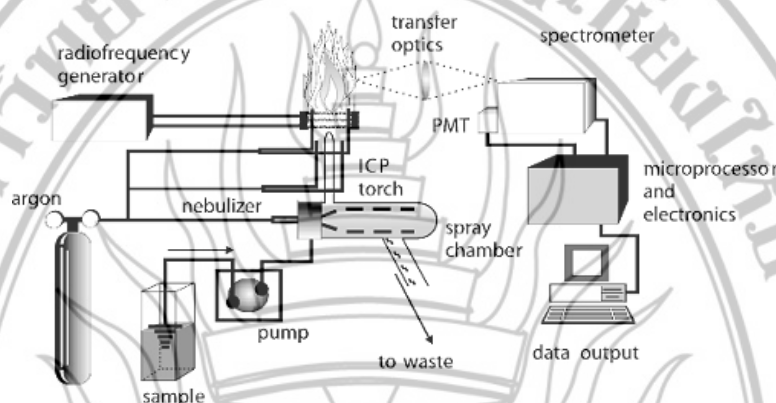
อุตสาหกรรมอากาศยาน การขนส่งและการสร้างอาคาร ซึ่งต้องการน้ำหนักเบา ความทนทาน และความแข็งแรง

อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีความเป็นพิษต่อร่างกาย เราได้รับอะลูมิเนียมจากอาหารและน้ำที่บริโภคโดยภาชนะที่ใช้ในการประกอบอาหารหรือเก็บอาหารที่ทำจากอะลูมิเนียม เมื่อนำมาใช้กับอาหารที่มีรสเปรี้ยวจะทำให้อะลูมิเนียมละลายออกมาได้งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการละลายของอะลูมิเนียมออกจากภาชนะ ได้แก่ ชนิด และความเข้มข้นของกรด ปริมาณเกลือ ระยะเวลาและอุณหภูมิและทำการวิเคราะห์ปริมาณอะลูมิเนียมในตัวอย่าง แกงส้ม และ ต้มยำที่ปรุงในหม้ออะลูมิเนียม โดยใช้เครื่อง AAS ผลการทดลองพบว่า ทุกตัวอย่าง จำนวน 60 ตัวอย่าง ที่นำมาวิเคราะห์มีอะลูมิเนียมในช่วงความเข้มข้น 0.10–97.69 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาพบว่า มีความเสี่ยงจากการละลายของอะลูมิเนียมออกจากภาชนะปนเปื้อนในอาหาร เนื่องจากอะลูมิเนียมสามารถละลายได้ในสภาวะที่เป็นกรดและเบส โดยที่วัตถุดิบที่ใช้ประกอบอาหาร เครื่องปรุง ตลอดจนน้ำที่ใช้ล้วนแต่มีส่วนช่วยเพิ่มการละลายของอะลูมิเนียมจากภาชนะที่สัมผัสได้ (วิญญู จิตสัมพันธเวช ทัศนางกุล ตุลยาภรณ์ และชลลดา เพ็ญภานา, 2551) นอกจากนั้นปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลให้อะลูมิเนียมละลายได้เพิ่มมากขึ้น ได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการสัมผัส และสารละลายที่มีไอออนของเกลือเจือปน (Ranau, R., Oehlenschlaeger, J., and Steinhart, H., 2001) โลหะอะลูมิเนียมไม่ได้เป็นโลหะที่จำเป็นต่อร่างกาย การได้รับอะลูมิเนียมเข้าสู่ร่างกายกลับทำให้เกิดโทษ เป็นพิษเรื้อรังหากมีการสะสมระยะเวลานาน ซึ่งพบว่ามักสะสมในเส้นโลหิตแดง และมีแหล่งที่พบในร่างกาย ได้แก่ ปอด ตับ ไต ต่อมไทรอยด์ และสมอง มีการศึกษาพบว่า ปริมาณอะลูมิเนียมมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคความจำเสื่อม (Alzheimer) โดยตรวจพบอะลูมิเนียมระดับสูงในเนื้อเยื่อสมองคนไข้โรคความจำเสื่อม (Marta, I.S., M. Ver'issimo, S.R.G. Teresa and A.B.P. Jo'ao, 2006) และการศึกษาต่างๆระบุว่า เป็นพิษต่อระบบประสาท (Neurotoxin) โดยอาหารเป็นแหล่งสำคัญที่จะนำอะลูมิเนียมเข้าสู่ร่างกาย WHO/FAO ได้กำหนดปริมาณอะลูมิเนียมที่สามารถเข้าสู่ร่างกายในแต่ละวัน ไม่ควรเกิน 1 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อวัน

2.1.5 Inductively coupled plasma (ICP)

เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่างๆ พร้อมกันหลายชนิด (ICP) สามารถวิเคราะห์หาธาตุต่างๆ ได้พร้อมกันในคราวเดียว ถึง 70 ธาตุในคราวเดียว เช่น เหล็ก (Fe) ตะกั่ว (Pb) สังกะสี (Zn) แคลเซียม (Ca) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) แมกนีเซียม (Mg) แมงกานีส (Mn) โซเดียม (Na) และนิกเกิล (Ni) เป็นต้น การทำงานของเครื่องมือวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่างๆ (ICP) พร้อมกันหลายชนิด อาศัยพลังงานจากพลาสมาเหนี่ยวนำคู่ควบ ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า 10,000 องศาเซลเซียส ทำให้อะตอมของธาตุต่างๆ เปลี่ยนจากสถานะพื้น (Ground state) มาอยู่ในสถานะ

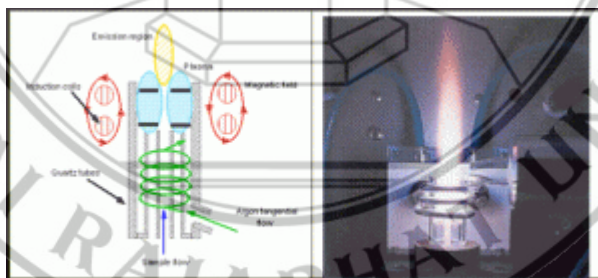
กระตุ้น (Excited state) หรือเป็นไอออน ทั้งนี้เมื่ออะตอมของธาตุมีการลดระดับพลังงานจากสถานะกระตุ้นกลับมายังสถานะพื้น อะตอมของธาตุจะปล่อยพลังงานออกมา (Emission) ซึ่งแต่ละธาตุจะมีความยาวคลื่นของพลังงานที่ปล่อยออกมาเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว และมีความเข้ม (Intensity) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของธาตุนั้นในสารละลายตัวอย่าง ทั้งนี้การวิเคราะห์เชิงปริมาณสำหรับธาตุต่างๆ (Quantitative analysis) ทำได้โดยการเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานของธาตุต่างๆ (Standard Solution) ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน องค์ประกอบของเครื่อง ICP แสดงดังรูป 2.8



รูปที่ 2.8 องค์ประกอบของเครื่อง ICP

ที่มา : <http://glasswarechemical.com/scientific-instrument/inductively-coupled-plasma-icp/>

สำหรับคำว่า Inductively Coupled Plasma เป็นขบวนการอย่างหนึ่งที่น่ามาใช้สำหรับทำคัปพลาสมา (Plasma Torch) ที่มีความร้อนสูงมากกว่าอุณหภูมิของเปลวไฟปกติทั่วไป โดยอยู่ในช่วงประมาณ 7,000 – 10,000 เคลวิน จึงสามารถทำให้ธาตุต่างๆ แยกตัว เป็นอะตอมเกิด Excitation (เปลี่ยนจากระดับพลังงานต่ำเป็นระดับพลังงานสูง) และเกิด Ionization (การแตกตัว) ของอะตอมโลหะได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 2.9 เปลวไฟพลาสมาของเครื่อง ICP

ที่มา : <http://glasswarechemical.com/scientific-instrument/inductively-coupled-plasma-icp/>

2.1.5 ชุดทดสอบอย่างง่าย

ศุภมาส ด้านวิทยาศาสตร์ (2557) ได้กล่าวว่า ชุดทดสอบอย่างง่าย (Test Kit) มักใช้เพื่อทดสอบเบื้องต้นสำหรับคัดกรองตัวอย่าง ก่อนที่จะนำไปทดสอบอย่างละเอียดด้วยเครื่องมือที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูงในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้ผลถูกต้องมากขึ้นชุดทดสอบอย่างง่ายมีข้อดีหลายอย่าง คือ การทดสอบทำได้ง่าย ใช้เวลาไม่นาน ไม่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการลงมือทดสอบ ที่สำคัญคือต้นทุนต่ำและผลการทดสอบน่าเชื่อถือ ซึ่งหลักการของชุดทดสอบอย่างง่ายส่วนใหญ่อาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารเป้าหมายที่สนใจกับสารทดสอบที่มีความไวและจำเพาะต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารเป้าหมาย โดยทั้งนี้สารทดสอบมักถูกเคลือบหรือตรึงอยู่บนแผ่นทดสอบที่เป็นวัสดุรองรับหรืออาจอยู่ในรูปสารละลายก็ได้ เมื่อสารทดสอบทำปฏิกิริยากับสารเป้าหมายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น สีเปลี่ยนไปจากเดิมหรือเกิดสารประกอบตัวใหม่หลังเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าทางไฟฟ้า นอกจากนี้อาจมีการประกอบวงจรอย่างง่ายเข้าไปด้วยสำหรับแปรผลให้เป็นตัวเลขที่อ่านค่าได้โดยสะดวก

2.1.6.1 ชุดทดสอบอย่างง่ายที่ดี

ชุดทดสอบอย่างง่ายที่ดี ควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- 1) ความไวต่อปฏิกิริยาเคมี : ชุดทดสอบควรมีความไวต่อปฏิกิริยาในช่วงเวลาระดับวินาทีและไม่ควรเกิน 10 นาที
- 2) ความเที่ยงตรงและความแม่นยำในการทดสอบ : ชุดทดสอบอย่างง่ายควรให้ผลการทดสอบที่แม่นยำ มีความเปี่ยงเบนต่ำ สามารถทดสอบซ้ำเดิมได้โดยผลการทดสอบไม่ขึ้นกับผู้ใช้งาน
- 3) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นสามารถแปรเป็นผลการทดสอบที่อ่านค่าได้ชัดเจน
- 4) ค่าต่ำสุดที่สามารถทดสอบได้ (Detection Limit) : ชุดทดสอบที่ดีควรปรับเลือกค่าต่ำสุดของการทดสอบได้ เพื่อให้ช่วงการทดสอบครอบคลุมความเข้มข้นของสารที่ต้องการตรวจวัด

2.1.6.2 ปฏิกิริยาเคมีที่นำมาใช้กับชุดทดสอบอย่างง่าย

- 1) ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับด่างฟิเอชอินดิเคเตอร์ ที่ใช้หาค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นตัวอย่างของชุดทดสอบอย่างง่ายที่อาศัยปฏิกิริยาระหว่างกรดกับด่างที่เด่นชัดที่สุด โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงสีจะเกิดขึ้นบนวัสดุรองรับที่อาจเป็นกระดาษหรือแผ่นพลาสติกที่เคลือบสารอินดิเคเตอร์ที่ไวต่อปฏิกิริยาระหว่างกรด-ด่าง
- 2) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน เป็นปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดมีการเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันของสารเป้าหมายกับสารทดสอบที่ถูกตรึงไว้กับวัสดุรองรับ

3) ปฏิบัติการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน ชุดทดสอบที่อาศัยการเกิดปฏิกิริยาเชิงซ้อนนิยมใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนของโลหะหนัก แต่มีบ้างที่ใช้หาปริมาณสารอินทรีย์ สารทดสอบที่ใช้คือ ไดไทโซน (Dithizone) เนื่องจากสามารถเกิดปฏิกิริยาเชิงซ้อนกับไอออนของโลหะได้หลายชนิดและเกิดสีที่แตกต่างกัน การเลือกใช้ไดไทโซนในการทดสอบหาไอออนของโลหะชนิดต่างๆ สามารถเพิ่มความจำเพาะโดยการปรับเปลี่ยนค่า pH ระหว่างการทดสอบ เช่น การทดสอบหาไอออนของปรอท (Hg) สารประกอบเชิงซ้อนของไดไทโซนและปรอทจะเกิดได้ดีที่ pH เท่ากับ 2

4) ปฏิบัติการของเอนไซม์ ปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ในร่างกายแตกต่างจากปฏิกิริยาของสารเคมีทั่วไป เพราะมีความจำเพาะต่อการเกิดปฏิกิริยาสูงมาก สารเป้าหมายในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็สามารถตรวจพบได้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาชุดทดสอบอย่างง่ายที่อาศัยการเกิดปฏิกิริยาในลักษณะดังกล่าว เช่น แผ่นทดสอบการตั้งครรภ์ ชุดทดสอบการตกไข่ชุดทดสอบเชื้ออินฟลูเอนซา (Influenza) และชุดตรวจสอบน้ำตาลในปัสสาวะ

2.1.7 วัสดุของแข็งรองรับ

2.1.7.1 ซอล์กเขียนกระดานดำ

ซอล์กเขียนกระดานดำเป็นแร่ชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต มีสีเทาปนอยู่เล็กน้อย เกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยการรวมตัวของหินปูนจากซากสัตว์ ฟอส และเปลือกหอยในทะเล หรือเครื่องเขียนกระดานดำชนิดหนึ่งที่เป็นสีขาวทำจากแคลเซียมซัลเฟต ซึ่งได้จากเกลือจัดหรือยิปซัมผสมน้ำ (พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542) ดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 ซอล์กเขียนกระดานดำ

ที่มา: http://www.cooperschoice.nl/images/big_pics/krijt.jpg

(สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2559)

2.1.7.2 ยาแนว

ยาแนว คือ วัสดุที่ใช้อุดลงบนร่องระหว่างรอยต่อกระเบื้อง มีคุณสมบัติพิเศษ ยึดหยุ่นช่วยในการยึดเกาะกระเบื้อง เนื่องจากกระเบื้องหรือ พื้นภายใต้กระเบื้องอาจจะมีการขยายตัวตามการใช้งาน เช่น แรงกดทับและ อุณหภูมิได้ ยาแนวจึงถูกออกแบบมาเพื่อป้องกันไม่ให้พื้นกระเบื้องระเบิดหรือ ดันกันจนโก่งตัว นอกจากนั้นยาแนวยังช่วยป้องกันไม่ให้น้ำสกปรกตกลงไปในร่องระหว่างกระเบื้อง ช่วยให้กระเบื้องดูสวยงามเป็นระเบียบมองไม่เห็นรอยต่อกระเบื้อง ยาแนวมีหลายประเภทตามลักษณะรูปแบบการใช้งาน เช่น บริเวณทั่วไป บริเวณเปียกชื้น บริเวณภายใน บริเวณภายนอกอาคาร บริเวณโรงงามอุตสาหกรรม ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ผงยาแนวกระเบื้อง

ที่มา: <http://f.ptcdn.info/002/021/000/1404790344-1x10121-o.jpg>

(สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2559)

2.1.7.3 ปูนปลาสเตอร์

ปูนปลาสเตอร์ คือ แคลเซียมซัลเฟต ($\text{CaSO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) ที่มีลักษณะเป็นผงสีขาว คล้ายปูนขาว ได้จากการเผาypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ให้ร้อนถึง 120 – 130 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปผสมกับน้ำแล้วทิ้งไว้จะแข็งตัวได้เร็วมาก ใช้ประโยชน์ในการนำไปทำแม่พิมพ์ รูปปั้น เป็นต้น หรือพอกอวัยวะไม่ให้เคลื่อนไหวในการรักษากระดูกหัก หรือเข้าเฝือก (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2547) ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ผงปูนปลาสเตอร์

ที่มา: http://img.tarad.com/shop/s/sweetmolds/img-lib/spd_20140428122250_b.jpg

(สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2559)

2.1.7.4 ฟองน้ำแต่งหน้า

ผลิตภัณฑ์โฟมยางหรือยางฟองน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากยางธรรมชาติมีลักษณะเป็นรูพรุนเหมาะที่ใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำพวก เบาะนั่ง ที่นอน หมอน เสื้อการสอย ตุ๊กตา และของชำร่วยต่างๆ เช่น พวงกุญแจ และที่สำคัญถูกนำมาผลิตเป็นฟองน้ำแต่งหน้า หลักการสำคัญของการผลิตยางฟองน้ำคือการทำให้ยางเกิดการฟองของอากาศหรือของแก๊สต่างๆ แล้วทำให้ฟองยางคงรูปหรือการวัลคาไนซ์ด้วยสารเคมีและความร้อน (ศิริชัย พัฒนวาณิชชัย, 2546) ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.13 ฟองน้ำแต่งหน้า

ที่มา: <http://g02.a.alicdn.com/kf/HTB1SIF4lpXXXXXiVXXq6xXFXXe/224338033>

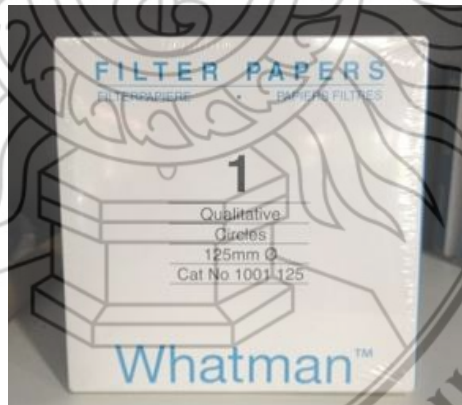
/HTB1SIF4lpXXXXXiVXXq6xXFXXe.jpg

(สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2559)

2.1.7.5 กระดาษกรอง

กระดาษกรอง (Filter paper) คือ กระดาษที่มีคุณสมบัติที่คัดเลือกอนุภาค หรือ สิ่งเจือปนออกจากสารละลาย หรืออากาศโดยการวางแบบตั้งฉากกับทิศทางการไหลของ สารละลายที่ต้องการกรอง กระดาษกรอง จะมีขนาดของช่องว่างแตกต่างกันไปหลายขนาด ด้วยกันการเลือก ใช้ ขึ้นอยู่กับลักษณะงานแต่ละชนิด คุณสมบัติที่สำคัญของกระดาษกรอง ประกอบด้วย ความคงทนเมื่อเปียก ขนาดของช่องว่าง ความสามารถในการกรองอนุภาค อัตรา การไหลของสารที่ต้องการกรอง ประสิทธิภาพและความจุ

กลไกที่สำคัญในการกรองด้วยกระดาษกรองจะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ ปริมาตร (volume) และผิว (surface) โดยแบบปริมาตร อนุภาคจะถูกดักไว้ชั้นในหรือในตัวของกระดาษกรอง ส่วนแบบผิว อนุภาคจะถูกดักไว้ที่ผิวของกระดาษกรอง สำหรับกระดาษกรองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ก็มีมากมายหลายแบบ แบบจำเพาะกับงาน และแบบที่ใช้ทั่วไป วัสดุที่นำมาใช้ทำกระดาษกรอง เช่น เส้นใยจากไม้ คาร์บอน หรือ เส้นใยแก้วควอทซ์ โดยใช้กระดาษกรองร่วมกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการ กรอง คือ กรวยกรอง หรือ กรวยบูชเนอร์ในการทดสอบเรื่องการหาน้ำหนักสารโดยวิธีการ ตกตะกอนนั้น จะต้องใช้กระดาษกรองแบบไม่มีเถ้า (Ashless) เพื่อป้องกันตะกอนที่ตกได้ มีการ ปนเปื้อนจากเถ้ากระดาษกรองที่เผาไหม้ไม่หมด นอกจากนั้นยังสามารถปรับคุณสมบัติของ กระดาษกรองด้วยสารเคมีต่างๆ เพื่อใช้สำหรับการตรวจวัดความเป็นกรด-เบส (pH) ตรวจการ ตั้งครรร์ หรือ ตรวจเบาหวานได้อีกด้วย (Glassware Chemical, 2009) ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 กระดาษกรองเบอร์ 1 ยี่ห้อ Whatman (Glassware Chemical, 2009)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำการวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับสารแอนโทไซยานิน ซึ่งกรมวิทยาศาสตร์บริการ (2553) ได้อธิบายถึงคุณสมบัติของสารแอนโทไซยานิน ระบุว่าทำให้สีที่สามารถพบได้ทั่วไปในพืชที่มีสีม่วงแดง ซึ่งแอนโทไซยานินมีคุณสมบัติในการละลายน้ำ สีของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) แอนโทไซยานินจะทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH indicator) คือให้สีแดงที่ pH ต่ำ ให้สีน้ำเงินที่สภาวะเป็นกลางและไม่มีสีที่ pH สูง โดยปัจจัยที่มีผลต่อสีและความเสถียรของ แอนโทไซยานินคือ ปัจจัยทางเคมีและฟิสิกส์ เช่น โครงสร้าง อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาล และปัจจัยอื่น ๆ นอกจากนี้ สุริษา ดีหะสิงห์ (2550) ยังได้กล่าวอีกว่า แอนโทไซยานินเริ่มเป็นที่รู้จักและนิยมกันมากขึ้นเนื่องจากมีคุณสมบัติในการป้องกันโรคและต้านทานการเกิดมะเร็ง ส่วนใหญ่สารที่มีคุณสมบัติดังกล่าว มักเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงเป็นที่นิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ครีมป้องกันริ้วรอย อาหารเสริม เป็นต้น แต่สารสกัดแอนโทไซยานินจากวัตถุดิบตามธรรมชาติมีราคาสูง ทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์สูงตามด้วย วัตถุดิบที่นิยมใช้สกัดคือ Black berries, Cranberries และ Radish ในประเทศไทยมีพืช ผัก ผลไม้ที่มีแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบหลายชนิด เช่น มังคุด ข้าวโพดสีม่วง มะม่วงหาวมะนาวโห่ ดอกอัญชัน กะหล่ำม่วง องุ่น กระเจี๊ยบแดง และลูกหว้า เป็นต้น ซึ่งชี้ให้เห็นว่าพืชชนิดต่าง ๆ ดังที่กล่าวมานั้นมีสารให้สีแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบ ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาวิธีการสกัดสารแอนโทไซยานิน ในงานวิจัยของ วรณา ตูลย์ธัญ และคณะ (2533) ได้ทำการศึกษาวิธีการสกัดแอนโทไซยานินจากเปลือกมังคุดโดยใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน ได้แก่ 1% HCl in Methanol, 1% HCl in Ethanol และ 1% HCl in Butanol พบว่าตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ให้ประสิทธิภาพในการสกัดแอนโทไซยานินแตกต่างกัน โดยตัวทำละลาย 1% HCl in Methanol จะให้ประสิทธิภาพในการสกัดสูงที่สุด รองลงมาคือ 1% HCl in Ethanol และ 1% HCl in Butanol ตามลำดับ นอกจากนี้ รัตนา รุจิรวนิช และระมน เสรีวรวิทย์กุล (2532) ได้ศึกษาการสกัดสารแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดงแห้ง โดยใช้ตัวทำละลายเป็น 0.1 M HCl in 95% Ethanol สกัดด้วยอัตราส่วนตัวทำละลายต่อวัตถุดิบ 5 ระดับ ได้แก่ 5:1, 10:1, 15:1, 20:1 และ 25:1 พบว่าถ้าอัตราส่วนตัวทำละลายเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการสกัดแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ 10:1 และได้รายงานเกี่ยวกับเวลาในการสกัดโดยศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดที่แตกต่างกัน คือ 0, 0.5, 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ปริมาณของสารสกัดแอนโทไซยานินก็จะเพิ่มขึ้น ผู้วิจัยได้ศึกษารายงานของ วรางคณา เขาคี และ คณะ (2560) ได้กล่าวถึงการเกิดอันตรกิริยาของไอออนโลหะกับสารให้สีแอนโทไซยานิน เมื่อสัมผัสกับโลหะบางชนิดจะทำให้ค่าความยาวคลื่นสูงสุดของการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการเกิด Blueing ของสีทำให้โมเลกุลของสีตกตะกอน เช่น เหล็ก (Fe^{2+} , Fe^{3+}) ตะกั่ว (Pb^{2+}) ทองแดง (Cu^{2+} , Cu^{3+}) และเหล็กผสม โลหะเหล่านี้สามารถเกิดการรวมตัวกับ Phenol group ของแอนโทไซยานินได้ และใน

รายงานการวิจัยของ วรารัตนา เชาตี (2557) ได้นำสารละลาย Cyanidin ซึ่งสกัดจากกะหล่ำปลีม่วง ซึ่งสามารถตรวจหาไอออนของ Cu^{2+} , Pb^{2+} , Al^{3+} และ Fe^{3+} ได้โดยอาศัยการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนและการเปลี่ยนแปลงสีตามสภาวะกรด-เบส แบบเห็นผลได้ชัดด้วยตาเปล่าทั้งในเชิงคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์ โดยการเกิดอันตรกิริยาของ Cyanidin กับไอออนของโลหะจะเกิดขึ้นที่ หมู่ออกซิโดไฮดรอกซิล (วง B) เมื่อเกิดสารเชิงซ้อนทำให้เกิดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นมากขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยการเตรียมสารเรซิน Amberlite XAD ด้วย Dithiosemicarbazones และศึกษาพฤติกรรมการเก็บไอออนโลหะจากสารละลายในน้ำของ Hoshi.S, *et al.* (1994) พบว่า Amberlite XAD-7 สามารถเก็บไอออนโลหะได้ดีกว่าการใช้เรซินตัวอื่น ๆ ไอออนของโลหะที่เก็บในเรซินสามารถชะล้างได้ง่ายโดยใช้ N, N-dimethylformamide

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ทราบว่าไอออนของโลหะสามารถเกิดอันตรกิริยากับรงควัตถุที่เป็นสารให้สี แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงสีที่เราสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Naked eye) อีกทั้งยังสามารถเคลือบในเรซินได้ ทั้งนี้พืชสีม่วงแดงในท้องถิ่น เช่น ข้าวโพดสีม่วง มะม่วงหาวมะนาวโห่ และเมล็ดผักปลังแดง ต่างมีรายงานว่ามีการให้สีประเภทแอนโทไซยานิน และสามารถสกัดได้ด้วยตัวทำละลาย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาสารให้สีจากพืช โดยคัดเลือกพืชในท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้กับการตรวจวัดไอออนโลหะในน้ำในรูปแบบสารละลายและรูปแบบของแข็ง เพื่อหาวิธีการที่ง่าย สะดวก และรวดเร็ว ที่เป็นการตรวจวัดเบื้องต้น เพื่อที่ใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดเบื้องต้นด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ เป็นแนวทางในการตรวจวัดด้วยเครื่องมือขั้นสูงในห้องปฏิบัติการต่อไป

ดังนั้น จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาและพัฒนาชุดทดสอบไอออนโลหะหนักเบื้องต้น (Test Kit) โดยใช้สารสกัดไซยานิดินจากกะหล่ำปลีสีม่วง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจวัดโลหะหนักบางชนิดในน้ำให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือขั้นสูง โดยทั้งนี้ชุดทดสอบจะมีความง่าย สามารถตรวจวัดไอออนโลหะหนักเบื้องต้นนอกสถานที่ได้ สะดวก รวดเร็ว ปลอดภัย ใช้ปริมาณสารน้อย คุ่มค่า และสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทางเกษตรทางอ้อมได้