

บทที่ 2

ทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระพังโหม

กระพังโหม (Krapranghom) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Paederia foetida* Linn. อยู่ในวงศ์ Rubiaceae เป็นพืชไม้เถาเลื้อยประเภทล้มลุก ลำต้นมีขนาดเล็ก ใบมียางสีขาวและเมื่อขยี้ดมมีกลิ่นเหม็น

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

- 1) ใบ มีลักษณะเป็นใบเดี่ยวรูปรียาวหรือรูปหอกออกเป็นคู่ตรงข้ามใบสีเขียวเนื้อในบางก้านใบสั้นเส้นใบโค้งจรดกันที่ใกล้ๆขอบใบ ใบกว้าง 3-25 มิลลิเมตร ยาว 10-15 เซนติเมตร
- 2) ดอก ออกเป็นช่อตรงซอกใบหรือ โคนก้านใบช่อละ 2-3 ดอก กลีบเลี้ยง 5 กลีบ ขนาดเล็กกลีบปลายกลีบแยกกัน กลีบด้านนอกสีขาวกลีบด้านในสีม่วงแดงหรือสีชมพูประดับด้วยสีม่วง จุดสีน้ำตาล เกสรตัวผู้มี 5 อัน เกสรตัวเมีย 1 อันอยู่ตรงกลาง
- 3) ผล เป็นฝักยาวสีเขียวยาวประมาณ 4-7 เซนติเมตร กว้าง 1.6 เซนติเมตร

2.1.2 สรรพคุณทางยา

- 1) ส่วนทั้งต้นกระพังโหมมีสรรพคุณทางยา รักษาอาการอักเสบบริเวณคอ ปาก รักษาบาดแผล ประุงเป็นน้ำยาขับน้ำนม แก้บิด ใช้รากสด ในประเทศอินเดียนำมาใช้รักษาโรคเกาต์ รักษาโรคกระเพาะปัสสาวะอักเสบ โรคท้องร่วง (Ghani, 2003)
- 2) ส่วนใบและเถามีสรรพคุณแก้พิษ ใช้ขับปัสสาวะ ถอนพิษต่าง ๆ รักษาบาดแผล ใช้เป็นยาระบายอ่อนๆในเด็ก นอกจากนี้พบว่าใบของกระพังโหมจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพ น้ำต้มจากใบ ช่วยระบายความร้อนในร่างกาย ใช้เป็นน้ำอาบสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคไขข้อได้อีกด้วย
- 3) ส่วนรากมีสรรพคุณแก้โรคคิซ่าน น้ำต้มจากรากใช้ในการขับลม
- 4) ส่วนของเปลือกเมื่อนำมาต้มดื่มทำให้อาเจียนได้
- 5) ส่วนผลใช้เป็นยาแก้ปวดฟันและทาฟันให้เป็นสีดำ

ในประเทศอินเดีย ได้มีการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันจากกระพังโหม เป็นยาทาแก้ปวดข้อและปวดหลัง นอกจากนี้มีงานวิจัยที่สนับสนุนว่ากระพังโหมสามารถใช้เป็นยาถ่ายพยาธิในสัตว์ได้

2.1.3 ประโยชน์ทางอาหารหรือส่วนประกอบอาหาร

- 1) ยอดอ่อนใบอ่อนและดอกกระพังโหม สามารถนำมารับประทานเป็นผักสดกินร่วมกับน้ำพริก ซึ่งจะออกดอกมากในช่วงฤดูฝน
- 2) ในสมัยโบราณจะใช้น้ำคั้นจากเถาและใบของกระพังโหมมาผสมปรุงในขนมเช่นผสมในขนมจีบทำให้เป็นสีเขียว ใบกระพังโหมนำไปชอยละเอียดใช้เป็นส่วนผสมปรุงในข้าวยา

นอกจากนี้ในอดีตจะมีการนำรากกระพัง โหมไปแช่น้ำ และนำมาตำร่วมกับข้าวเหนียวใช้ทำขนมที่เรียกว่า ข้าวเหนียวว่าว ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการพองตัวออกหลังจากที่นำไปให้ความร้อนโดยการย่าง ซึ่งมีงานวิจัยที่สนับสนุนให้เห็นว่า สารละลายของรากกระพัง โหมจะสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวว่าวพองตัวด้านข้างได้เป็นอย่างดี (ศิริพร, 2547)

3) มีรายงานวิจัยพบว่าสารละลายของรากกระพัง โหมเมื่อนำมาใช้ร่วมกับผงฟูในอัตราส่วน 6.66 : 0.56 จะทำให้เค้กขึ้นฟูดีกว่าการใช้ผงฟูเพียงอย่างเดียว (อาทิตา และคณิตตา, 2550) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยพบว่าในรากกระพัง โหมจะมีสารที่ให้ความหวานอยู่ด้วย (เกรียง ไกร และศิริพร, 2549)

2.2 การทำแห้ง

หลักในการทำแห้ง คือ การกำจัดน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในวัสดุออกไป ซึ่งมีหลายวิธีในที่นี้จะกล่าวเพียง 2 วิธีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยครั้งนี้

2.2.1 การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (hot air drying) เป็นวิธีการทำแห้งโดยอาศัยลมร้อนพาน้ำที่อยู่ในวัสดุให้ระเหยออกไป โดยใช้ลมร้อนจากแหล่งให้ความร้อนไปยังวัตถุดิบ ซึ่งเป็นวิธีการทำแห้งที่เหมาะสมกับผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่าย และทำการอบแห้งได้ในอัตราการผลิตที่คงที่ ประสิทธิภาพในการทำงานสูง ควบคุมการทำงานได้ดี แต่สิ้นเปลืองพลังงานมาก เพราะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นเชื้อเพลิง

2.2.2 การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze drying) เป็นวิธีการทำให้น้ำในตัวอย่างพืชอยู่ในสภาพที่เป็นน้ำแข็ง หลังจากนั้นนำไปทำให้กลายเป็นไอในห้องสุญญากาศ ทำให้น้ำแข็งเกิดการระเหิดกลายเป็นไอออกไปจากวัสดุ ดังนั้นวัสดุจะแห้ง ซึ่งวิธีนี้จะเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่ข้อดีคือผลิตภัณฑ์ที่แห้งยังคงสภาพที่คล้ายกับวัสดุสด

2.3 การหาความชื้น

ความชื้นในวัสดุ เป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ เมื่อเทียบกับมวลของวัสดุขึ้นหรือแห้ง ความชื้นสามารถแสดงได้ 2 แบบ คือ

2.3.1 ความชื้นมาตรฐานเปียก เป็นการบอกปริมาณน้ำในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุขึ้นซึ่งสามารถหาได้จากสูตร ดังนี้

$$M_w = \left(\frac{m - d}{m} \right) \times 100$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (wet basis) รายงานเป็นเปอร์เซ็นต์

m คือ มวลของวัสดุ

d คือ มวลวัสดุแห้ง

2.3.2 ความชื้นมาตรฐานแห้ง เป็นการบอกปริมาณน้ำในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุแห้ง ซึ่งสามารถหาได้จากสูตร ดังนี้

$$M_d = \left(\frac{m - d}{d} \right) \times 100$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis) รายงานเป็นเปอร์เซ็นต์

m คือ มวลของวัสดุ

d คือ มวลวัสดุแห้ง

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น เนื่องจากมวลแห้งของวัสดุมีค่าเกือบจะคงที่ในระหว่างการอบแห้ง

2.4 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radical) เป็น โมเลกุลที่มีอะตอมหรือ โมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยว (single หรือ unpaired electron) อยู่รอบนอกและมีอายุสั้นมาก จึงจัดเป็น โมเลกุลที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมี

2.4.1 ประเภทของอนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระจะแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ อนุมูลของธาตุออกซิเจนที่ว่องไว (reactive oxygen species) และอนุมูลของธาตุไนโตรเจนที่ว่องไว (reactive nitrogen species)

1) อนุมูลของธาตุออกซิเจนที่ว่องไว ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ (O_2^-) และไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (HO_2^-) ไฮดรอกซิล (OH^-) เปอร์ออกซิล (RO_2^-) อัลคอกซิล (RO^-) และ พวกที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระ ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) กรดไฮโปคลอรัส ($HOCl$) โอโซน (O_3) และออกซิเจนเดี่ยว (O_2) ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์และสามารถถูกเปลี่ยนไปเป็นอนุมูลอิสระได้ง่าย

2) อนุมูลของธาตุไนโตรเจนที่ว่องไว ได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (NO) เปอร์ออกซีไนไตรต์ ($ONOO^-$) และเปอร์ออกซีไนตริก ($ONOOH$)

2.4.2 แหล่งของอนุมูลอิสระ และผลต่อร่างกาย อนุมูลอิสระสามารถผลิตขึ้นเองในร่างกายจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์ ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายในการฆ่าเชื้อโรคของเม็ดเลือดขาว และระบบส่งสัญญาณระหว่างเซลล์ (signal transduction) นอกจากนี้อนุมูลอิสระยังเกิดขึ้นได้จากการได้รับสารเคมี สารพิษจากสิ่งแวดล้อม รังสี ยาบางชนิด อนุมูลอิสระเป็น โมเลกุลที่ไม่คงตัวจึงมีความไวสูงในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุล เช่น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและกรดนิวคลีอิก ผลที่เกิดขึ้นหลังจากการทำปฏิกิริยาทำให้ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเซลล์เสียหาย และเซลล์อาจถูกทำลายได้ ในที่สุด หากเป็นการทำลายหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดีเอ็นเอทำให้มีการสร้างยีนที่ผิดปกติจนอาจกลายเป็นเซลล์มะเร็ง (Gutteridge and Halliwell, 1994; Lander, 1997; Lionis et al.,

1998) นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดโรคต่าง ๆ ตามมาไม่เพียงแต่โรคมะเร็งเท่านั้นยังรวมถึงโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ หัวใจวาย ไตวาย เบาหวาน ความชรา ต้อกระจก (Knight, 1998; Beckman and Ames, 1998) เป็นต้น

2.4.3 กลไกของการเกิดอนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระที่สำคัญ ซึ่งเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาภายในเซลล์ ได้แก่ ซุปเปอร์ออกไซด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อนุมูลอิสระไฮดรอกซิล และไนตริกออกไซด์ ซึ่งมีกลไกการเกิดดังนี้

1) ซุปเปอร์ออกไซด์ ถูกผลิตขึ้นมาในระหว่างที่มีการสร้าง ATP ซึ่งมันจะมีประโยชน์เมื่อมันถูกผลิตขึ้นในระบบภูมิคุ้มกัน เนื่องจากซุปเปอร์ออกไซด์จะเป็นตัวทำลายไวรัสและทำลายเซลล์มะเร็ง ซุปเปอร์ออกไซด์เร่งกิจกรรมของ epinephrine และ norepinephrine ซึ่งจำเป็นในการตอบสนอง ซุปเปอร์ออกไซด์จำนวนมากสามารถทำลายลิพิด โปรตีน และดีเอ็นเอ

2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นผลพลอยได้ของปฏิกิริยาการสลายตัวของไขมันในระหว่างที่ให้พลังงาน ซึ่งไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่มีประโยชน์ต่อร่างกายถึงแม้ว่าจะมีปริมาณน้อย เนื่องจากเซลล์ไขมันจะถูกทำให้แตกตัวได้อย่างรวดเร็ว จึงมีความเสี่ยงอย่างมากในการเกิดมิวเตชันในเนื้อเยื่อไขมัน อนุมูลอิสระไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ใน macula ของตาและเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสื่อมของตา

3) อนุมูลอิสระไฮดรอกซิล เกิดขึ้นโดยตรงจากการฉายรังสีแกมมาหรือรังสีเอกซ์ซึ่งจะทำลายเซลล์ในร่างกาย เป็นผลของการสลายตัวและให้อนุมูลไฮดรอกซิล ซึ่งอนุมูลไฮดรอกซิลจะให้อนุมูลออกซิเจนอิสระ ซึ่งเป็นผลดีต่อร่างกายถึงแม้ว่าจะมีปริมาณน้อย อนุมูลไฮดรอกซิลมีความว่องไวสูงมาก ทำลายทุกสิ่ง โดยเฉพาะดีเอ็นเอและทำให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือด

4) ไนตริกออกไซด์ ถูกผลิตขึ้นจากปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ในร่างกาย ถึงแม้ว่าจะเป็นอนุมูลของออกซิเจน แต่มันจะมีประโยชน์ต่อร่างกายถ้ามีปริมาณเล็กน้อยเนื่องจากไนตริกออกไซด์จะควบคุมการไหลของเลือดในหลอดเลือดและความดันเลือด ไนโตรกลีเซอริน ถูกใช้เป็นการขยายหลอดเลือดของคนไข้ที่ปวดหน้าอก ไนตริกออกไซด์ในปริมาณมากจะทำลายเซลล์ เมื่อคนไข้อยู่ในสภาพช็อก ร่างกายสามารถผลิตไนตริกออกไซด์ในปริมาณมากเกินพอ และเมื่ออยู่ร่วมกับสารที่ว่องไวต่อการขยายตัวของหลอดเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ความดันต่ำและเกิดภาวะล้มเหลวในอวัยวะต่าง ๆ

นักโภชนาการเชื่อว่าการเสื่อมสลายของเซลล์มาจากปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการเกิดโรคเรื้อรัง อนุมูลอิสระในร่างกายสามารถทำลายเซลล์ ซึ่งจะเป็นสาเหตุสำคัญในการเกิดโรค อนุมูลอิสระจะจับกับสารต่าง ๆ ในร่างกายและทำให้เกิดโรคขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น การเกิดออกซิเดชันของไขมัน LDL (low density lipoprotein) ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดโรคหัวใจ การเกิดออกซิเดชันของดีเอ็นเอซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเกิดโรคมะเร็ง โรคต้อกระจกที่

เป็นผลมาจากอนุมูลอิสระที่เกิดมาจากแสงไปทำลายโปรตีน โดยทั่วไปร่างกายจะมีกลไกการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยมาจากสารที่อยู่ในอาหารที่คนเราบริโภคเข้าไป ซึ่งสารที่อยู่ในอาหารเหล่านี้เรียกว่า สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ความสำคัญของกลไกในการกำจัดอนุมูลอิสระ ถ้าเรากินอาหารที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระไม่เพียงพอ จะทำให้ร่างกายของเรามีปริมาณอนุมูลอิสระจำนวนมาก และเซลล์ในร่างกายจะถูกทำลาย ดังนั้นปัจจุบันคนส่วนใหญ่จึงให้ความสนใจกับการกินอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระไปทำลายเซลล์ซึ่งจะช่วยชะลอการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ ได้ นักวิจัยจำนวนมากทั่วโลกทำการศึกษาผลของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในอาหารต่าง ๆ จำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมล็ดธัญพืช ผัก และผลไม้

2.5 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารที่พบในอาหารที่มีความสำคัญในการลดกิจกรรมของอนุมูลอิสระของธาตุออกซิเจนและอนุมูลอิสระของธาตุไนโตรเจน(Halliwell and Gutteridge, 1994)

2.5.1 กลไกของการต้านอนุมูลอิสระ

- 1) ลดการเกิดอนุมูลของธาตุออกซิเจนและอนุมูลของธาตุไนโตรเจนที่ว่องไว
- 2) จับไอออนของโลหะซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสร้างอนุมูลของธาตุออกซิเจนที่ว่องไว
- 3) จับอนุมูลของธาตุออกซิเจนและอนุมูลของธาตุไนโตรเจนที่ว่องไว หรือจับสารตั้งต้นที่จะทำให้เกิดอนุมูลของทั้งสองธาตุ
- 4) เพิ่มความสามารถให้กับเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันภายในร่างกาย เช่น superoxide dismutase, glutathione peroxidase และ catalase เป็นต้น และกลุ่ม metal-binding protein ได้แก่ ferritin, transferrin และ ceruloplasmin (Ames et al., 1993; Gutteridge and Halliwell, 1994) เป็นต้น
- 5) สารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดจะจับอนุมูลอิสระโดยตรงก่อนที่อนุมูลอิสระจะไปทำลายองค์ประกอบอื่น ๆ ในเซลล์ ตัวอย่างเช่น วิตามินอียับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันโดยการจับสารตัวกลางในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาถูกโซ่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายแห่ง ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ ประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับอนุมูลของธาตุออกซิเจนที่ว่องไวหรืออนุมูลของธาตุไนโตรเจนที่ว่องไวซึ่งจะถูกจับ ตำแหน่งและวิธีการที่จะเกิดอนุมูลอิสระ

2.5.2 สารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร (Halliwell, 1996; Fang et al., 2002)

- 1) เมล็ดธัญพืชและคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ (เช่น แอลฟาตาโรทีน โลโคปีน ลูทีน ซีแซนทีน และคริปโทแซนทีน) ซึ่งพบในอาหารทั่วไปที่คนบริโภค ได้แก่ ผักและผลไม้พวกที่ให้สีส้มเหลือง เช่น แครอท ฟักทอง มะละกอ

2) วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) เป็นวิตามินที่ละลายได้ดีในน้ำ พบส่วนใหญ่ในผักและผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว วิตามินซีมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากวิตามินซีสามารถให้อิเล็กตรอน มันจึงสามารถจับอนุมูลอิสระของธาตุออกซิเจนที่ว่องไวและอนุมูลอิสระของธาตุไนโตรเจนที่ว่องไวได้ในส่วนที่ละลายได้ในน้ำ นอกจากนี้วิตามินซีทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ในชีวสังเคราะห์ของสารประกอบต่าง ๆ ช่วยในการสังเคราะห์คอลลาเจน คาร์ทีนิน และสารสื่อประสาท และพบว่าวิตามินซีจะใช้เป็นสารป้องกันการเสื่อมสภาพของการเกิดออกซิเดชันของไขมันและดีเอ็นเอ ต้านมะเร็ง ลดการอักเสบ ลดการเกิดต้อกระจก (Genkinger et al., 2004; Christen et al., 2005; Wannamethee et al., 2006)

3) วิตามินอี เป็นสารที่ละลายได้ในไขมันที่พบในธรรมชาติจะมีโครงสร้างต่างกัน 8 ชนิด ได้แก่โทโคฟีรอล 4 ชนิด และโทโคไตรอินอล 4 ชนิด ซึ่งโทโคฟีรอลและโทโคไตรอินอลมีโครงสร้างในส่วนของวงแหวนโครมานอลที่คล้ายคลึงกัน วิตามินอีพบได้ทั้งในพืชและสัตว์ วิตามินอีมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกายและสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมันไม่อิ่มตัวภายในร่างกาย

4) สารประกอบฟีนอลิก ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยการจับอนุมูลอิสระ และทำหน้าที่เป็นคีเลตสำหรับจับไอออนของโลหะ สารประกอบฟีนอลิกมีโครงสร้างเคมีสามารถจับอนุมูลอิสระได้ดีจึงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าวิตามินอีและวิตามินซี (CaO et al., 1993)

2.6 สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิก ทำหน้าที่เป็นเมทาบอลไลต์ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช และทำหน้าที่เป็นสารป้องกันโรคพืช นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกมีบทบาทเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะด้านสีที่ปรากฏอยู่ในพืช สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารกลุ่มใหญ่ที่พบในพืชมีประมาณ 8000 ชนิด ซึ่งมีโครงสร้างและสมบัติทางเคมีต่างกัน (Robbins, 2003) โดยทั่วไปโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก ประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติก 1 วงหรือมากกว่า และมีหมู่ไฮดรอกซิล เกาะติดวงแหวนอะโรมาติก 1 หมู่หรือมากกว่า 1 หมู่

2.6.1 การจัดประเภทของสารประกอบฟีนอลิก จะพิจารณาจากจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโครงสร้างหลัก ดังตารางที่ 1 โดยทั่วไปสารประกอบฟีนอลิกจะแบ่งออก 3 กลุ่ม ดังนี้

1) สารประกอบฟีนอลิกอย่างง่าย (simple phenols) ซึ่งมีวงแหวนอะโรมาติก 1 วง ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลเกาะอยู่ 1 หมู่ ได้แก่ กรดฟีนอลิก (phenolic acid) ประกอบด้วยอนุพันธ์ของกรด

เบนโซอิก เช่น กรดแกลลิก กรดควานิลิก กรดพาราไฮดรอกซิลเบนโซอิก และอนุพันธ์ของกรด
ซินนามิก เช่น กรดเฟอร์ริก กรดคาเฟอิก กรดพาราควมาริก กรดคลอโรจีนิก

2) สารประกอบโพลีฟีนอล (polyphenols) มีโครงสร้างหลัก คือ ไดฟีนิล โพรเพน
($C_6-C_3-C_6$) และมีหมู่ไฮดรอกซิลเกาะอยู่หลายหมู่ ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน

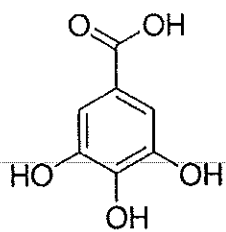
3) สารกลุ่มอื่น ๆ ได้แก่ คูมาริน สตีลบีน และลิกแนน

ตารางที่ 1 ประเภทของสารประกอบฟีนอลิกในพืช

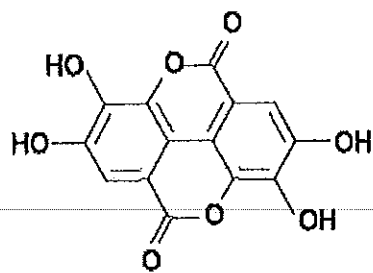
จำนวนคาร์บอน	โครงสร้างหลัก	ประเภท
6	C_6	ฟีนอลิกอย่างง่าย เบนโซควินโนน
7	C_6-C_1	กรดฟีนอลิก
8	C_6-C_2	แอสีโตฟีโนน กรดฟีนิลแอสีติก
9	C_6-C_3	กรดไฮดรอกซิลซินนามิก คูมาริน ไอโซคูมาริน
10	C_6-C_4	แนพโทควิโนน
13	$C_6-C_1-C_6$	แซนโทน
14	$C_6-C_2-C_6$	สตีลบีน แอทราซิโนน
15	$C_6-C_3-C_6$	ฟลาโวนอยด์ ไอโซฟลาโวนอยด์
18	$(C_6-C_3)_2$	ลิกแนน นีโอลิกแนน
30	$(C_6-C_3-C_6)_2$	ไบฟลาโวนอยด์
n	$(C_6-C_3)_n(C_6)_n$ $(C_6-C_3-C_6)_n$	ลิกนิน คาเทคอลเมทานีน (คอนเคนส์แทนนิน)

ที่มา: Harborne (1980)

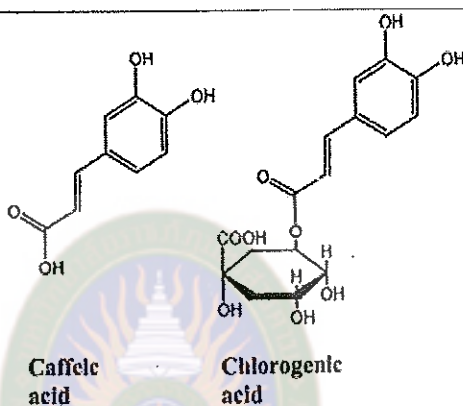
กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ สตีลบีล และ ลิกแนน จะเป็นกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกที่พบ
มากที่สุด ในพืช ซึ่งสารประกอบเหล่านี้สามารถพบได้ทั้งในรูปอิสระและในสภาพที่ยึดกับ โมเลกุล
ของสารในผนังเซลล์ เช่น พอลิแซคคาไรด์ และ โปรตีน ซึ่งเป็นพันธะเอสเทอร์หรือการเกิดพอลิเมอร์
ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้จะผันแปรขึ้นอยู่กับ การถูกทำลายโดยความร้อนและการ
เกิดออกซิเดชัน ดังนั้นปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของสารประกอบฟีนอลิก ขนาดอนุภาคตัวอย่าง สภาวะ
และเวลาในการเก็บรักษา วิธีการสกัดและการวิเคราะห์ การเลือกสารมาตรฐาน และการมีสิ่งรบกวน
จะมีผลต่อความคงตัวของสารประกอบฟีนอล (Nackz and Shahidi, 2004)



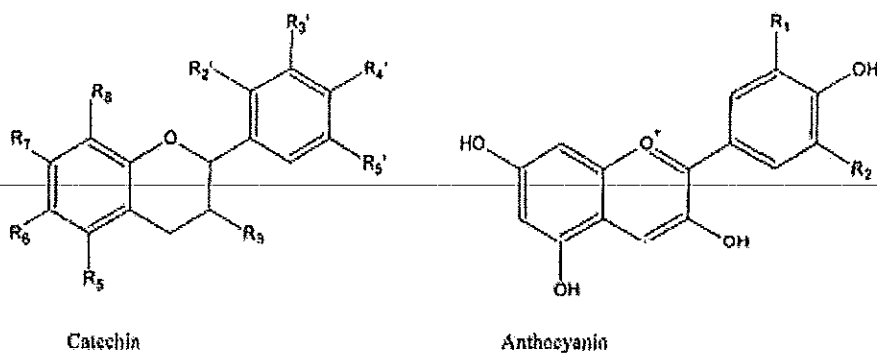
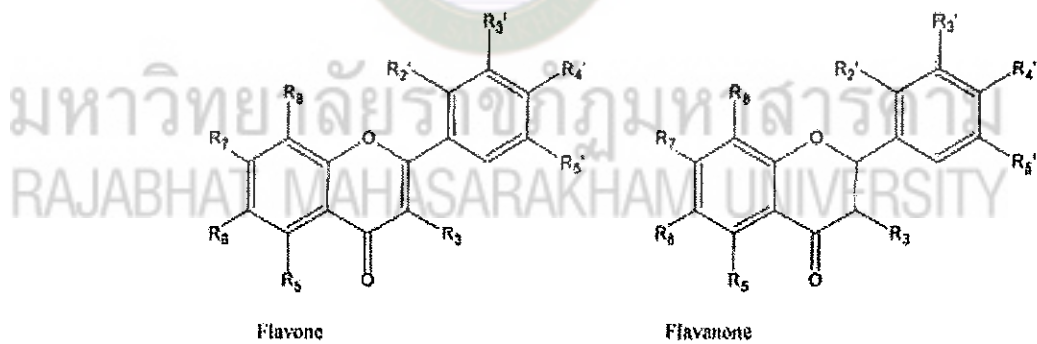
กรดแกดลิก (gallic acid)



กรดเอลลิจิก (ellagic acid)



ภาพที่ 1 โครงสร้างสารประกอบกลุ่มกรดฟีนอลิก
ที่มา : Shahidi and Nackz (2004)



ภาพที่ 2 โครงสร้างสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์
ที่มา : Shahidi and Nackz (2004)

2.6.2 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก ในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของสารที่มีอยู่ในธรรมชาติ ขนาดอนุภาคตัวอย่าง สภาพในการเก็บ วิธีการสกัดและการเลือกใช้สารมาตรฐานในการเทียบเพื่อหาปริมาณ และการมีสิ่งรบกวนในตัวอย่าง (Shahidi and Nazck, 2004) การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกจะเป็นการประมาณค่าและรายงานเป็นค่าเฉลี่ย โดยทั่วไปนิยมใช้เทคนิค โครมาโทกราฟี และสเปกโทรสโกปีในการแยกและระบุชนิดของสารประกอบฟีนอลิก (Luthria and Postor-Corrales, 2006)

2.7 สารประกอบฟีนอลิกกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

สารประกอบฟีนอลิกในพืชมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยสารประกอบฟีนอลิกจะจับอนุมูลอิสระ ดังนั้นจะไปยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดมาจากปฏิกิริยาถูกโอโซนของการเกิดออกซิเดชันของไขมันและจับกับอนุมูลของธาตุออกซิเจนและอนุมูลของธาตุไนโตรเจนที่ว่องไวในระบบของสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้กลไกของการต้านการเกิดออกซิเดชันแบบอื่น เช่น การเกิดคีเลชันของโลหะ เช่น เหล็กและทองแดง ในปฏิกิริยา Fenton ซึ่งจะมีการปลดปล่อยอนุมูลไฮดรอกซิล ซึ่งมีความว่องไวสูงมาก ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระจะไปจับกับไอออนของเหล็กและทองแดงได้ นักวิจัยหลายคน รายงานว่าสารประกอบฟีนอลิกในอาหารมีผลดีต่อสุขภาพเนื่องมาจากสารประกอบฟีนอลิกมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีมาก ตัวอย่างเช่น

Miller and Rice-Evans (1997) รายงานว่าสารฟีนอลิกซึ่งเป็นต้านอนุมูลอิสระสามารถป้องกันการสลายตัวของวิตามินซีเนื่องมาจากการเกิดออกซิเดชันในน้ำผลไม้ โดยพบว่า น้ำผลไม้ตระกูลส้มมีปริมาณวิตามินซีที่สามารถต่อต้านกิจกรรมการเกิดออกซิเดชัน ประมาณ 65-100% แต่น้อยกว่าในน้ำแอปเปิลและน้ำส้มปละ ประมาณ 5%

Kalt et al. (1999) รายงานว่ากิจกรรมการต้านการเกิดออกซิเดชันในสตรอเบอรี่ ราสเบอรี่ บลูเบอรี่ มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และแอสคอร์เบต ซึ่งกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดของผลไม้เหล่านี้มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ประมาณ 0.4-9.4%

Wang and Lin (2000) ศึกษากิจกรรมการต้านการเกิดออกซิเดชันโดยการวัดความสามารถในการจับอนุมูลอิสระของออกซิเจน โดยวิธี ORAC และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในแบลคเบอรี่ ราสเบอรี่ และสตรอเบอรี่ พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างกิจกรรมการต้านออกซิเดชันกับสารประกอบฟีนอลิกในผลไม้เหล่านี้

Gil et al. (2002) รายงานว่า สารประกอบฟีนอลิกมีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้มากกว่าวิตามินซีและคาร์โรทีนอยด์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมากระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

Imeh and Khokhar (2002) ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของผลไม้ 16 ชนิด ในสหราชอาณาจักร โดยเปรียบเทียบผลไม้เดียวกันแต่มีหลายสายพันธุ์พบว่า ผลไม้ชนิดเดียวกันแต่เป็นสายพันธุ์ที่แตกต่างกันจะมีความผันแปรของสารแตกต่างกันมากขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของผลไม้

Sun et al. (2002) รายงานว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับกิจกรรมการยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน ในสารสกัดจากพืชของผลไม้หลายชนิด

Kim et al. (2003) พบว่ากิจกรรมการต้านการเกิดออกซิเดชัน โดยวิธี ABTS (2,2-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในลูกเกดสายพันธุ์ต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างมากที่ระดับนัยสำคัญ ($p < 0.001$)

จากที่กล่าวมาแล้วจะพบว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่พบ ในผลไม้ชนิดต่าง ๆ จะมีทั้งที่ระบุชนิดและยังไม่ระบุชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นในการวัดกิจกรรมการต้านการเกิดออกซิเดชันของสารต้านอนุมูลอิสระในแต่ละวิธีก็จะต้องหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดร่วมด้วย เช่น

Kahkonen et al. (2001) รายงานว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในแอปเปิ้ล และผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.30 – 5.24 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 1 กรัม

Taruscio et al. (2004) หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านการเกิดออกซิเดชัน โดยวิธี ORAC และ FRAP ใน *Vaccinium berries* ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกมีค่าอยู่ในช่วง 0.81 – 2.84 มิลลิกรัมกรดแกลลิก ต่อน้ำหนักตัวอย่างสด 1 กรัม และมีค่ากิจกรรมการต้านการเกิดออกซิเดชัน โดยวิธี ORAC เท่ากับ 7.3 – 41.1 ไมโครโมล TE ต่อน้ำหนักตัวอย่างสด 1 กรัม และเท่ากับ 10.0-76.2 ไมโครโมล TE ต่อน้ำหนักตัวอย่างสด 1 กรัม สำหรับวิธีของ FRAP และพบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบฟีนอลิก กับค่ากิจกรรมการต้านการเกิดออกซิเดชันทั้งสองวิธี

มีงานวิจัยจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่าการบริโภคผักและผลไม้สามารถลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง ผักมีสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสารประกอบทั้งที่ชอบน้ำและชอบไขมัน ดังนั้นจึงมีการหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยหลากหลายวิธี ทั้งนี้เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระจะมีบทบาทหรือมีความสามารถจับอนุมูลอิสระในทั้งในสถานะที่เป็นน้ำและในไขมัน (Ohr 2004; Trombino et al., 2004) สารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในผักและผลไม้ เช่น เคอเซทิน ซึ่งเป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบมากในผักหลายชนิด (Bahorun et al., 2004) ฟลาโวนอยด์มีผลดีต่อสุขภาพของคน ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลหลายกลุ่มในวงแหวน (Shaghghi et al., 2008) อย่างไรก็ตามบางครั้ง โครงสร้างสารประกอบฟีนอลิกอาจจะแสดงเป็นโปรออกซิแดนท์ (prooxidant)

2.8 การสกัดสารสำคัญจากพืช

การสกัดสารสำคัญจากพืชทำได้หลายวิธี โดยทั่วไป การสกัดเบื้องต้นไม่ว่าสกัดด้วยวิธีการใดหรือตัวทำละลายใด องค์ประกอบที่ได้เป็นของผสม ซึ่งเรียกว่า สารสกัดอย่างหยาบ (crude extract) ซึ่งเป็นสิ่งที่สกัดออกมาจากพืชโดยใช้น้ำยาสกัดหรือตัวทำละลายอินทรีย์ สารสกัดหยาบเป็นของผสมขององค์ประกอบทางเคมีของสารสมุนไพรซึ่งมีทั้งองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ซึ่งเรียกว่า สารสำคัญ (bioactive compound) และองค์ประกอบที่ไม่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ซึ่งเรียกว่า สารไม่สำคัญ ชนิดและสัดส่วนขององค์ประกอบในสารสกัดจะแปรเปลี่ยนไปตามสภาพการผลิตและสภาวะที่ใช้ในการสกัด

การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) โดยทั่วไปจะใช้กับของแข็งหรือของเหลว ตัวอย่างจะสัมพันธ์กับตัวทำละลายซึ่งจะไปละลายตัวถูกละลายของสารที่สนใจ โดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัดพืช จะมีหลากหลาย ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้ เฮกเซนและปิโตรเลียมอีเทอร์สกัดสารประกอบไม่มีขั้ว เช่น พอลิฟีนอล สเตียรอยด์ เทอร์ปีนอยด์ ในขณะที่คลอโรฟอร์มและอีเทอร์จัดเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วปานกลางใช้สกัดสารประกอบที่มีขั้ว ไปจนถึงมีขั้วปานกลาง ส่วนเมทานอลและเอทานอล เป็นตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารสำคัญที่มีขั้ว ซึ่งการสกัดด้วยวิธีนี้จะทำการแยกตัวทำละลายออกภายหลัง โดยใช้เครื่องกลั่นแบบลดความดัน (rotary evaporator)

2.9 การหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

ในการหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีหลายวิธี สำหรับในการทดลองครั้งนี้จะใช้ 3 วิธี ได้แก่

2.9.1 วิธี ABTS (2,2-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) เทคนิคนี้เป็นวิธีการจับอนุมูลอิสระแคทไอออนของ ABTS โดยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน อนุมูลอิสระ ABTS สามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 645, 734 และ 815 นาโนเมตร การหาความสามารถในกิจกรรมการจับอนุมูลอิสระ ABTS ของสารตัวอย่าง จะพิจารณาจากการให้ไฮโดรเจนหรือให้อิเล็กตรอนของสารต้านอนุมูลอิสระเปรียบเทียบกับสาร Trolox ในการจับอนุมูลอิสระ ABTS โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ซึ่งถ้าสารตัวอย่างมีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ ABTS ได้ดี จะทำให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลงมาก

2.9.2 วิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) หลักการของวิธีนี้คล้ายคลึงกับวิธี ABTS โดยเปลี่ยนอนุมูลอิสระของ ABTS ไปเป็น DPPH ซึ่งการลดลงของอนุมูลอิสระ DPPH จะติดตามโดยการวัดอนุมูลอิสระที่เหลืออยู่ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ซึ่งปฏิกิริยารีดักชันที่เกิดขึ้นดังสมการ

Shukla et al. (1976) ศึกษาหาองค์ประกอบในส่วนของใบ ลำต้น และดอกกระพังโหม พบว่ามี สารสเตียรอยด์ เทอร์พีนอยด์ และส่วนที่เป็นน้ำมันที่ระเหยได้ง่ายจำนวน 77 ชนิด

Osman et al. (2009) ทำการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากใบกระพังโหมสดและแห้งโดยใช้เมทานอล และศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด โดยวิธีวัดการเกิดออกซิเดชันของเบต้าคาโรทีนและกรดลิโนเลอิก และยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS⁺ พบว่าสารสกัดเมทานอลของใบกระพังโหมสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสารสกัดจากใบกระพังโหมแห้ง

Sharker (2009) สกัดใบกระพังโหมด้วย 80% เอทานอล หลังจากแยกเอาตัวทำละลายจะได้สารสกัดหยาบมีลักษณะยางเหนียวสีน้ำตาลเข้ม ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้เท่ากับ 5.26% เมื่อนำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบหากกลุ่มสารเคมี พบว่าเป็นสารกลุ่มอัลคาลอยด์ ไกลโคไซด์ กัม และน้ำตาลรีดิวซ์ นอกจากนี้พบว่าสารสกัดด้วยเอทานอลของใบกระพังโหม สามารถยับยั้งการเจ็บปวดในหนูทดลองที่ได้รับกรดแอสซิติคประมาณ 56%



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY