บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องการแปรรูปผลิตภัณฑ์ว่านหางจระเข้ด้วยสมุนไพรเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพมีแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ว่านหางจระเข้

เป็นต้นพืชที่มีเนื้ออิ่มอวบ จัดอยู่ในตระกูลลิเลี่ยม (Lilium) แหล่งกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและบริเวณตอนใต้ของทวีปแอฟริกา พันธุ์ของว่านหางจระเข้มีมากมายกว่า 300 ชนิด ซึ่งมีทั้งพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่มากจนไปถึงพันธุ์ที่มีขนาดเล็กกว่า 10 เซนติเมตร ลักษณะพิเศษของว่านหางจระเข้ก็คือ มีใบแหลมคล้ายกับเข็ม เนื้อหนา และเนื้อในมีน้ำเมือกเหนียว ว่านหางจระเข้ผลิดอกในช่วงฤดูหนาว ดอกจะมีสีต่าง ๆ กัน เช่น เหลือง ขาว และแดง เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของมัน (ภาพที่ 2.1)

ภาพที่ 2.1 ว่านหางจระเข้
ที่มา: dechawatsangwan (2560)

คำว่า "อะโล" (Aloe) เป็นภาษากรีซโบราณ หมายถึงว่านหางจระเข้ ซึ่งแผลงมาจากคำว่า "Allal" มีความหมายว่า ฝาดหรือขม ในภาษายิว ฉะนั้นเมื่อผู้คนได้ยินชื่อนี้ ก็จะทำให้นึกถึงว่านหางจระเข้ ว่านหางจระเข้เดิมเป็นพืชที่ขึ้นในเขตร้อนต่อมาได้ถูกนำไปแพร่พันธุ์ในยุโรปและเอเชีย และทุกวันนี้ทั่วโลกกำลังเกิดกระแสนิยมว่านหางจระเข้กันเป็นการใหญ่

ว่านหางจระเข้เป็นพืชชนิดหนึ่งที่พืชอวบน้ำลำต้นสั้นหรือไม่มีลำต้นสูง 60-100 ซม. (24-39 นิ้ว) กระจายพันธุ์โดยตะเกียง ใบหนาอ้วนมีสีเขียวถึงเทา-เขียว บางสายพันธุ์มีจุดสีขาวบนและล่างของโคนใบ ขอบใบเป็นหยักและมีฟันเล็ก ๆ สีขาว ออกดอกในฤดูร้อนบนช่อเชิงลด สูงได้ถึง 90 ซม. (35 นิ้ว) ดอกเป็นดอกห้อย วงกลีบดอกสีเหลืองรูปหลอด ยาว 2-3 ซม. (0.8-1.2 นิ้ว) ว่านหางจระเข้ก็เหมือนพืชชนิดอื่นในสกุลที่สร้างอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhiza) ขึ้น ซึ่งเป็นพืชที่ทำการดูดซับสารอาหารและแร่ธาตุในดินได้ดีขึ้น

วุ้นในใบว่านหางจระเข้ (ภาพที่ 2.2) มีสารเคมีอยู่หลายชนิด เช่น Aloe-emodin, Aloesin, Aloin, สารประเภท Glycoprotein และอื่น ๆ ยางที่อยู่ในว่านหางจระเข้มีสาร Anthraquinone ที่มีฤทธิ์ขับถ่ายด้วย ใช้ทำเป็นยาดำ มีการศึกษาวิจัยรายงานว่า วุ้นหรือน้ำเมือกของว่านหางจระเข้รักษาแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก แผลเรื้อรัง และแผลในกระเพาะอาหารได้ดี เพราะในวุ้นใบว่านหางจระเข้นอกจากจะมีสรรพคุณรักษาแผลต่อต้านเชื้อแบคทีเรียแล้วยังช่วยสมานแผลได้อีกด้วย

ภาพที่ 2.2 วุ้นในว่านหางจระเข้
ที่มา: พบแพทย์ (2560)

ว่านหางจระเข้ปลูกง่าย โดยการใช้หน่ออ่อน ปลูกได้ดีในบริเวณทะเลที่เป็นดินทราย และมีปุ๋ยอุดมสมบูรณ์ดี จะปลูกเอาไว้ในกระถางก็ได้ ในแปลงปลูกก็ได้ ปลูกห่างกันสัก 1-2 ศอก เป็นพืชที่ต้องการน้ำมาก แต่ต้องมีการระบายน้ำดีพอ มิฉะนั้นจะทำให้รากเน่าและตาย ว่านหางจระเข้ชอบแดดรำไร ถ้าถูกแดดจัดใบจะเป็นสีน้ำตาลแดง และอีกวิธีสามานำเมล็ดไปปลูกในกระถางต้นไม้ได้อีกด้วย ว่านหางจระเข้ (Aloe vera) ที่เรารู้จักกันดีว่ามีส่วนในการรักษาแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก แผลสด ช่วยบรรเทาอาการปวดแสบปวดร้อน มีส่วนช่วยในแก้รักษาแผลผ่าตัดเช่นกัน

ว่านหางจระเข้ มีฤทธิ์สมานแผลการที่แผลหายเร็วขึ้น เนื่องจากในว่านหางจระเข้มีส่วนช่วยเร่งให้เซลล์ผิวหนังแบ่งตัวเพื่อซ่อมแซมผิวให้ดีขึ้น หรือหากนำว่านหางจระเข้ไปสกัดเป็นน้ำ เมื่อนำไปใช้ในการรักษาแผลผ่าตัด พบว่าช่วยให้แผลสมานเร็วขึ้น ป้องกันการเกิดรอยแผลเป็น หรือหากใครที่รอยแผลแล้วเมื่อใช้จะช่วยขจัดรอยแผลเป็นที่เกิดขึ้น ทำให้แผลแลดูจางลง นอกจากจะช่วยในเรื่องของการสมานแผลแล้ว ว่านหางจระเข้ยังมีการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อลดการอักเสบ เราจึงเห็นผลิตภัณฑ์ที่นำประโยชน์ของว่านหางจระเข้ไปเป็นส่วนผสมในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งครีมทารักษาโรคผิวหนังและแผลอักเสบ ที่ช่วยรักษาการอักเสบของผิวหนังและเนื้อเยื่ออ่อน หรือการทำเป็นโลชั่นโดยมีส่วนประกอบของวุ้นว่านหางจระเข้ เป็นต้น

สมุนไพร

ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 สมุนไพร หมายถึง พืชที่ใช้ ทำเป็นเครื่องยา สมุนไพรกำเนิดมาจากธรรมชาติและมีความหมายต่อชีวิตมนุษย์โดยเฉพาะ ในทางสุขภาพอันหมายถึงทั้งการส่งเสริมสุขภาพและการรักษาโรค ความหมายของยาสมุนไพรในพระราชบัญญัติยา พ.ศ. 2510 ได้ระบุว่า ยาสมุนไพร หมายความว่า ยาที่ได้จากพฤกษาชาติสัตว์หรือแร่ธาตุ ซึ่งมิได้ผสมปรุงหรือแปรสภาพ เช่น พืชก็ยังเป็นส่วนของราก ลำต้น ใบ ดอก ผล ฯลฯ ซึ่งมิได้ผ่านขั้นตอนการแปรรูปใด ๆ แต่ในทางการค้า สมุนไพรมักจะถูกดัดแปลงในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ถูกหั่นให้เป็นชิ้นเล็กลง บดเป็นผงละเอียด หรืออัดเป็นแท่งแต่ในความรู้สึกของคนทั่วไปเมื่อกล่าวถึงสมุนไพร มักนึกถึงเฉพาะต้นไม้ที่นำมาใช้เป็นยาเท่านั้น ตั้งแต่โบราณก็ทราบกันดีว่ามีคุณค่าทางยามากมายซึ่ง เชื่อกันอีกด้วยว่าต้นพืชต่าง ๆ ก็เป็นพืชที่มีสารที่เป็นตัวยาด้วยกันทั้งสิ้นเพียงแต่ว่าพืชชนิดไหนจะมีคุณค่าทางยามากน้อยกว่ากันเท่านั้น

พืชสมุนไพร แบ่งออกเป็น 5 ประการ ดังนี้

1. รูป ได้แก่ ใบไม้ ดอกไม้ เปลือกไม้ แก่นไม้ กระพี้ไม้ รากไม้ เมล็ด
2. สี มองแล้วเห็นว่าเป็นสีเขียวใบไม้ สีเหลือง สีแดง สีส้ม สีม่วง สีน้ำตาล สีดำ
3. กลิ่น ให้รู้ว่ามีกลิ่น หอม เหม็น หรือกลิ่นอย่างไร
4. รส ให้รู้ว่ามีรสอย่างไร รสจืด รสฝาด รสขม รสเค็ม รสหวาน รสเปรี้ยว รสเย็น
5. ชื่อ ต้องรู้ว่ามีชื่ออะไรในพืชสมุนไพรนั้น ๆ ให้รู้ว่า ขิงเป็นอย่างไร ข่า เป็นอย่างไร ใบขี้เหล็กเป็นอย่างไร

น้ำตาล

น้ำตาล (ภาพที่ 2.3) เป็นชื่อเรียกทั่วไปของคาร์โบไฮเดรตชนิดละลายน้ำ โซ่สั้น และมีรสหวาน ส่วนใหญ่ใช้ประกอบอาหาร น้ำตาลเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน มีน้ำตาลหลายชนิดเกิดมาจากที่มาหลายแหล่ง น้ำตาลอย่างง่ายเรียกว่าโมโนแซ็กคาไรด์และหมายรวมถึงกลูโคส (หรือ เด็กซ์โตรส) ฟรุกโตส และกาแลกโตส น้ำตาลโต๊ะหรือน้ำตาลเม็ดที่ใช้เป็นอาหารคือซูโครส เป็นไดแซ็กคาไรด์ชนิดหนึ่ง (ในร่างกาย ซูโครสจะรวมตัวกับน้ำแล้วกลายเป็นฟรุกโตส และกลูโคส) ไดแซ็กคาไรด์ชนิดอื่นยังรวมถึงมอลโตส และแลกโตสด้วย โซ่ของน้ำตาลที่ยาวกว่าเรียกว่า โอลิโกแซ็กคาไรด์

ภาพที่ 2.3 น้ำตาล
ที่มา: honestdocs (2561)

น้ำตาลพบได้ทั่วไปในเนื้อเยื่อของพืช แต่มีเพียงอ้อย และชูการ์บีตเท่านั้นที่พบน้ำตาลในปริมาณความเข้มข้นเพียงพอที่จะสกัดออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อ้อยหมายรวมถึงหญ้ายักษ์หลายสายพันธุ์ในสกุล *Saccharum* ที่ปลูกกันในเขตร้อนอย่างเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่สมัยโบราณ การขยายการผลิตเกิดขึ้นในคริสศตวรรษที่ 18 พร้อมกับการสร้างไร่น้ำตาลในเวสต์อินดีส และอเมริกา เป็นครั้งแรกที่คนทั่วไปได้ใช้น้ำตาลเป็นสิ่งที่ให้ความหวานแทนน้ำผึ้ง ชูการ์บีต โตเป็นพืชมีรากในที่ที่มีอากาศเย็นกว่าและเป็นแหล่งที่มาส่วนใหญ่ของน้ำตาลในศตวรรษที่ 19 หลังจากมีวิธีสกัดน้ำตาลเกิดขึ้นหลายวิธี การผลิตและการค้าน้ำตาลเปลี่ยนแปลงไปตามวิถีชีวิตของมนุษย์ มีอิทธิพลต่อการก่อตั้งอาณานิคม การมีอยู่ของทาส การเปลี่ยนผ่านไปสู่สัญญาแรงงาน การย้ายถิ่นฐาน สงครามระหว่างชาติที่ครอบครองน้ำตาลในศตวรรษที่ 19 การรวมชนชาติและโครงสร้างทางการเมืองของโลกใหม่

โลกผลิตน้ำตาลประมาณ 168 ล้านตันในปี พ.ศ. 2554 โดยเฉลี่ยคนบริโภคน้ำตาล 24 กิโลกรัมต่อปี (33.1 กก. ในประเทศอุตสาหกรรม) เทียบเท่ากับอาหารปริมาณมากกว่า 260 แคลอรี

ต่อวัน ตั้งแต่ปลายคริสต์ศควรรษที่ 20 มีข้อสงสัยว่าอาหารที่มีน้ำตาลสูง โดยเฉพาะน้ำตาลขัดแล้ว ดีต่อสุขภาพมนุษย์ น้ำตาลมีส่วนทำให้เกิดโรคอ้วน และเป็นที่สงสัยว่าเป็นสาเหตุของโรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคสมองเสื่อม โรคจอประสาทตาเสื่อม และฟันผุ มีการศึกษาหลายครั้งเพื่อยืนยัน แต่ด้วยผลลัพธ์ที่หลากหลาย โดยหลักเป็นเพราะการหาประชากรที่ไม่บริโภคน้ำตาลให้เป็นปัจจัยควบคุมนั้นทำได้ยาก

สารให้ความหวานแทนน้ำตาล

สารให้ความหวานแทนน้ำตาล (sweetener) หรือน้ำตาลเทียม เป็นกลุ่มของวัตถุหรือสารที่มีรสหวานสามารถใช้ปรุงอาหารแทนน้ำตาลได้ ในทางวิชาการสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลเป็นวัตถุเจือปนอาหารกลุ่มหนึ่ง ที่มีหลายตัว เช่น แอสปาร์แตม แซกคารีน หญ้าหวาน

สารให้ความหวานแทนน้ำตาลชนิดที่ให้พลังงาน ได้แก่ ฟรุกโทส ซึ่งเป็นน้ำตาลจากผลไม้ มอลทิทอล ซอร์บิทอล และไซลิทอล สารให้ความหวานกลุ่มนี้ ไม่เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้ป่วยโรคเบาหวาน ส่วนสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน หรือให้พลังงานต่ำ ได้แก่ ซูคราโลส สตีเวีย ซึ่งเป็นสารสกัดจากหญ้าหวาน แอสปาแตม อะซิซัลเฟมเค แซคคารีนหรือที่เรียกว่าขัณฑสกร สารให้ความหวานกลุ่มนี้ เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้ป่วยโรคเบาหวาน

สารให้ความหวานแทนน้ำตาล เป็นสารเคมีที่ใช้กันมากอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งให้รสหวาน แต่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ และไม่ให้พลังงาน ใช้แทนที่น้ำตาลซึ่งผู้ป่วยโรคเบาหวานใช้ไม่ได้ จึงเป็นสารที่มีคุณค่าทางการแพทย์ นอกจากนั้นยังใช้เป็นเครื่องปรุงรสอาหารสำหรับผู้เป็นโรคอ้วน และใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหาร เพื่อลดต้นทุนการผลิต

สารให้ความหวานแทนน้ำตาล ถูกจัดเป็นอาหารควบคุมเฉพาะตามพระราชบัญญัติอาหารปี พ.ศ. 2522 และใช้อักษรย่อว่า "คน" ปัจจุบันมีอยู่ 2-3 ยี่ห้อในท้องตลาด โดยทุกยี่ห้อใช้สารทดแทนหลักเหมือนกันคือแอสปาเทม (aspartame) แอสปาเทมประกอบด้วยกรดอะมิโน 2 ชนิดต่อกัน คือ ฟินิลอลานิน (phenylalanine) และกรดแอสปาติก (aspartic acid) แอสปาเทมให้ความหวานประมาณ 200-300 เท่าของน้ำตาลทรายในปริมาณเดียวกัน (วรวุฒิ เจริญศิริ, 2557)

บนฉลากของสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทุกยี่ห้อ มีข้อความระบุว่าห้ามใช้ในสภาวะฟินิลคีโตนูเรีย หรือในผู้ป่วยโรคดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากร่างกายของผู้ป่วยโรคฟินิลคีโตนูเรีย ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากกรดอะมิโนฟินิลอลานิน แต่กลับเกิดพิษจากกรดอะมิโนชนิดนี้ได้ อย่างไรก็ตาม โรคนี้มักเป็นตั้งแต่แรกเกิด 1 วัน ผู้ป่วยจึงมักต้องถูกจำกัดอาหารชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่เกิดแล้ว สำหรับบุคคลทั่วไปจึงไม่จำเป็นต้องกังวลกับคำเตือนข้อนี้

ฉลากของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ทุกยี่ห้อ ระบุว่า ไม่มีแซกคาริน (saccharin) หรือขัณฑสกร ขัณฑสกรเป็นสารที่ให้ความหวานที่ใช้มาแต่ดั้งเดิม ปัจจุบันสถานะของขัณฑสกรถือว่าปลอดภัย แต่ผู้บริโภคหลายกลุ่มยังไม่มั่นใจนัก เพราะได้เคยมีการศึกษาในอดีตหลายครั้ง ที่มีผลให้ขัณฑสกรถูกงดใช้ไปหลายครั้ง นอกจากนี้ขัณฑสกรยังมีรสชาติขมในคอหลังจากกลืนแล้ว โดยเฉพาะเมื่อใช้ในปริมาณที่สูง

ตัวอย่างสารให้ความหวานแทนน้ำตาล

1. แอสปาเทม

เป็นวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาล ที่มีรสชาติใกล้เคียงน้ำตาลทรายมากที่สุด จึงเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบันนี้ ประกอบด้วยกรดอะมิโน 2 ชนิดต่อกัน คือ ฟินิลอลานิน (phenylalanine) และกรดแอสปาติก (aspartic acid) แอสปาเทมให้ความหวานประมาณ 200-300 เท่าของน้ำตาลทรายในปริมาณเดียวกัน ข้อเสียของแอสปาเทมคือ สลายตัวในอุณหภูมิที่สูง จึงมักเห็นคำแนะนำไม่ให้ใช้ในอาหารขณะที่กำลังปรุงบนเตา เพราะอุณหภูมิสูงทำให้แอสปาเทมสลายตัว รสชาติของอาหารก็จะเปลี่ยนไปจากที่ปรุงตอนแรก

2. ไซลิทอล

เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ธรรมชาติชนิดหนึ่ง ที่มีคาร์บอน 5 อะตอม ในโครงสร้างเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล พบได้ในพืช ผัก ผลไม้หลายชนิด อาทิ สตรอเบอร์รี่ ต้นเบิร์ช ร่างกายก็สามารถผลิตได้เองในระหว่างการสันดาปของกลูโคส โดยมากในกระบวนการผลิตมักสกัดมาจากต้นเบิร์ช ในประเทศฟินแลนด์ ช่วยลดจำนวนแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดฟันผุ ลดการเกิดหินปูน เป็นน้ำตาลที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายให้เกิดสภาวะกรดในช่องปากได้ จึงไม่เป็นเหตุให้เกิดฟันผุ จากผลการวิจัยพบว่า แบคทีเรียในช่องปากไม่สามารถย่อยสลายเป็นอาหารได้ จึงช่วยลดปริมาณการเกิดคราบฟัน และช่วยลดเชื้อสเตร็ปโตค็อกคัส มิวแทนส์ ที่อาศัยอยู่ในคราบฟันลงได้

สารไซลิทอลยังมีคุณสมบัติ ในการช่วยกระตุ้นการหลั่งของน้ำลาย ซึ่งเป็นตัวสภาวะความเป็นกรดในช่องปากให้เป็นกลาง และน้ำลายยังเป็นตัวกลางในการนำแร่ธาตุที่มีประโยชน์มาหล่อเลี้ยงฟัน จึงเท่ากับช่วยลดโอกาสของการเกิดฟันผุลงอีกทางหนึ่งด้วย เนื่องจากคุณสมบัติพิเศษของไซลิทอลที่ช่วยลดปัญหาฟันผุ มีรสหวานอร่อย และเป็นผลิตผลจากธรรมชาติ หลาย ๆ ประเทศชั้นนำในยุโรป และอเมริกาจึงมีการนำไซลิทอลมาใช้เป็นส่วนประกอบในขนมขบเคี้ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหมากฝรั่ง เพื่อช่วยลดปัญหาฟันผุ นับเป็นเวลากว่า 10 ปีแล้ว และยังนิยมแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน

3. ซัยคาเมต

ซัยคลาเมต (cyclamate) เป็นสารให้รสหวานมีความหวานประมาณ 30 เท่าของน้ำตาลซูโครส ซึ่งปัจจุบันได้ห้ามใช้แล้ว ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2522) เนื่องจากพบว่าสามารถทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง

4. ซัคคาริน

ซัคคาริน (saccharin) เป็นสารเคมีที่ใช้กันแพร่หลายมีความหวานเป็น 300 - 400 เท่าของน้ำตาลซูโครส ซัคคารินถูกทำลายโดยความร้อน จึงไม่สามารถนำมาใช้ในการประกอบอาหารที่ใช้ความร้อนสูง ๆ ถ้าหากรับประทานซัคคารินในขนาด 5 - 25 กรัมต่อวันเป็นเวลาหลาย ๆ วัน หรือรับประทานครั้งเดียว 100 กรัม จะทำให้มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเดิน ปวดท้อง ซึมและชักได้ บางคนอาจแพ้ซัคคารินได้แม้กินในจำนวนน้อยอาการแพ้จะมีอาเจียน ท้องเดินและผิวหนังเป็นผื่นแดง

อาหารที่นิยมใส่ซัคคาริน ได้แก่ ผลไม้ดองและผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ไอศกรีม และขนมหวานต่าง ๆ ถึงจะยังไม่พบหลักฐานที่แสดงว่า ซัคคารินมีความสัมพันธ์กับการเกิดมะเร็งหรือ เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่การใช้ก็ควรอยู่ในวงจำกัด เช่น สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานที่บริโภคน้ำตาลมากเกินไปไม่ได้ ดังนั้นในปัจจุบันทางสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาจึงอนุญาตให้ใช้ได้สำหรับอาหารที่มีวัตถุประสงค์พิเศษเท่านั้น

5. สตีวิโอไซด์

สตีวิโอไซด์ (stevioside) เป็นสารที่ให้รสหวานแทนน้ำตาล สกัดได้จากต้นหญ้าหวาน มีชื่อทางพฤษศาสตร์ว่า Stevia rebaudiana Bertoni มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว ดูดความชื่นได้ดี มีความหวานประมาณ 280 - 300 เท่าของน้ำตาลทราย ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมีข้อดีเหนือกว่าน้ำตาล หลายอย่าง เช่น ไม่ทำให้อาหารเกิดสีน้ำตาลเมื่อผ่านความร้อนสูง ๆ ไม่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ เพราะฉะนั้นเมื่อใช้กับอาหารจึงไม่ทำให้เกิดบูดเน่า และประการสำคัญที่สุดคือ ไม่ถูกดูดซึมในระบบการย่อย ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการให้พลังงานต่ำ ประมาณร้อยละ 0 - 3 แคลอรี จึงเหมาะที่จะใช้เป็นสารให้ความหวานกับอาหารสำหรับคนเป็นโรคเบาหวาน โรคอ้วน และโรคหัวใจ

นอกจากนั้นสตีวิโอไซด์ยังมีคุณภาพทนต่อความร้อนและกรด จึงนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารค่อนข้างแพร่หลาย เช่น ทำหมากฝรั่ง ลูกกวาด เครื่องดื่ม ไอศกรีม แยมเยลลี่ มาร์มาเลด ไม่เพียงแต่ใช้กับอาหารเท่านั้น ยังได้นำสตีวิโอไซด์ไปใช้แทนน้ำตาลในการผลิตยาสีฟัน และผสมสนบุหรี่อีกด้วย จากการศึกษาถึงความปลอดภัยของสตีวิโอไซด์ ที่ทำกันมาเป็นเวลานานจนถึงปัจจุบันปรากฏว่า มีแนวโน้มทางด้านความปลอดภัยได้ดีพอสมควร

หญ้าหวาน

หญ้าหวาน หรือ สเตเวีย (ภาพที่ 2.4) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Stevia rebaudiana* Bertoni อยู่ในวงศ์ Asteraceae เป็นพืชพื้นเมืองทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศปารากวัยในทวีปอเมริกาใต้ ความพิเศษของหญ้าหวาน คือ ส่วนของใบให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลถึง 10-15 เท่า แต่ความหวานนี้ไม่ก่อให้เกิดพลังงานแต่อย่างไร (0 แคลอรี/กรัม) นอกจากนี้ยังมีสารสกัดที่เกิดจากหญ้าหวานชื่อว่า สตีวิโอไซด์ (stevioside) เป็นสารที่ให้ความหวานมากกว่า 200-300 เท่าของน้ำตาล ด้วยความพิเศษของหญ้าหวานนี้ หญ้าหวานจึงเป็นพืชที่ได้รับความสนใจทั้งทางด้านอุตสาหกรรมการแพทย์ ยาสมุนไพร เครื่องดื่ม เป็นต้น

ภาพที่ 2.4 หญ้าหวาน
ที่มา: Medthai (2560)

มนุษย์รู้จักนำสารสกัดที่มีรสหวานจากหญ้าหวานมาบริโภคหลายศตวรรษแล้วโดยชาวพื้นเมืองในประเทศปารากวัย โดยนำหญ้าหวานมาผสมกับเครื่องดื่ม เช่น ชา นอกจากนี้ชาวญี่ปุ่นยังนำสารให้ความหวานมาผสมกับผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ผักดอง ซีอิ้ว เต้าเจี้ยว เนื้อปลาบด เป็นต้น หญ้าหวานเริ่มเข้าสู่ประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2550 และปลูกกันมากในภาคเหนือ โดยเฉพาะที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และเชียงราย สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาให้มีการใช้สารสตีวิโอไซด์เพื่อการบริโภค หญ้าหวานจึงจัดอยู่ในพืชสมุนไพรอีกชนิดหนึ่ง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

- หญ้าหวานเป็นพืชล้มลุก ลำต้นกลมและแข็ง
- ใบเดี่ยว รูปหอก ขอบใบหยักคล้ายฟันเลื่อย
- ใบให้สารที่มีรสหวาน
- มีช่อดอกสีขาว

สรรพคุณของหญ้าหวาน

- มีสารให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลทรายถึง 200-300 เท่าแต่ไม่ทำให้น้ำตาลในเลือดสูง
- ใช้ในการรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวาน และผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก
- ช่วยบำรุงตับอ่อน
- ช่วยเพิ่มกำลัง
- สมานแผลทั้งภายในและภายนอก
- ช่วยให้เลือดไปเลี้ยงสมอง

การปลูกและการดูแล

- ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าหวาน คือ ดินร่วน หรือดินร่วนปนทราย ระบายน้ำได้ดี ต้องทำแปลงยกร่อง
- ใช้เมล็ดปลูก จะเก็บเมล็ดในช่วงเดือนพฤศจิกายน วิธีเก็บใช้ถุงพลาสติกครอบดอกเขย่าให้เมล็ดร่วงลงในถุง นำเมล็ดมาเพาะในเดือนมีนาคม-เมษายน จะมีอัตราการงอกดี
- กิ่งชำปลูก เป็นวิธีที่นิยมตัดกิ่งปักชำ เนื่องจากสะดวกและรวดเร็วกว่า เลือกตัดกิ่งที่สมบูรณ์และแข็งแรง ตัดเกือบถึงโคนต้น ให้เหลือใบอยู่ 2 คู่ แล้วตัดกิ่งที่จะนำมาชำให้ยาว 12-15 ซม. แล้วนำมาเพาะในถุงหรือกระบะเพาะ เด็ดใบออกเสียก่อน เพราะถ้ารดน้ำความหวานของใบจะลงสู่ดิน ทำให้กล้าที่ชำไว้ตายได้ พอกิ่งชำแตกรากออกมาได้ 10-14 วัน จึงนำไปปลูกในแปลงที่เตรียมไว้
- การดูแล หญ้าหวานเป็นพืชที่ต้องการดูแลทั้งในเรื่องการให้น้ำและใส่ปุ๋ยบำรุงดิน

หล่อฮังก๊วย

หล่อฮังก๊วย (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Siraitia grosvenorii*) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์แตง (Cucurbitaceae) เป็นพืชพื้นเมืองทางตอนใต้ของจีนและภาคเหนือของไทย หล่อฮังก๊วยจัดได้ว่าเป็นพืชสมุนไพรจีนชนิดหนึ่ง ผลของหล่อฮังก๊วยมีลักษณะกลมเหมือนไข่เป็ด มีเปลือกแข็งล้อมรอบเนื้อผลไม้แต่มีความเปราะ (ภาพที่ 2.5) ในช่วงที่ยังไม่สุกผลจะมีสีเขียวและเข้มขึ้นเรื่อย ๆ จนกลายเป็นสีเขียวเข้มแกมดำและผลจะรีลง ในการแพทย์แผนจีนจะนำผลของหล่อฮังก๊วยไปตากแห้งหรือลนไฟจนแห้ง จากนั้นจะทำการเคาะหากใช้ได้แล้วจะมีเสียงกังวาน สามารถนำมาต้มหรือผสมกับจับเลี้ยงเพื่อปรุงเครื่องดื่มแก้ร้อนในได้

ภาพที่ 2.5 หล่อฮังก๊วย
ที่มา: คณะผู้วิจัย (2561)

"หล่อฮังก๊วย" มาจากภาษาจีนซึ่งสำเนียงกลางว่า "หลัวฮั่นกั่ว" (**羅漢果** *luóhàn guǒ* ?) คำว่า "หลัวฮั่น" กร่อนจาก "อาหลัวฮั่น" (**阿羅漢** *āluóhàn* ?) ซึ่งทับศัพท์จากสันสกฤตว่า "อรฺหนฺต" และชื่อในภาษาสันสกฤตของหล่อฮั่งก๊วย คือ "อรฺหนฺตผล" แปลว่า ผลไม้ของอรหันต์ ชื่อสามัญของหล่อฮังก๊วยในภาษาอังกฤษ คือ arhat fruit, Buddha fruit, monk fruit หรือ longevity fruit ส่วนในภาษาญี่ปุ่นใช้ว่า "ระกังกะ" (**ラカンカ** *rakanka* ?)

หล่อฮังก๊วยเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์แตง (Cucurbitaceae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Monordica grosvenoril* Swingle หล่อฮังก๊วยจัดได้ว่าเป็นพืชสมุนไพรจีนชนิดหนึ่ง ผลของหล่อฮังก๊วยมีลักษณะกลมเหมือนไข่เป็ด มีเปลือกแข็งล้อมรอบเนื้อผลไม้แต่มีความเปราะ ในช่วงที่ยังไม่สุกผลจะมีสีเขียวและเข้มขึ้นเรื่อย ๆ จนกลายเป็นสีเขียวเข้มแกมดำและผลจะรีลง ผลหลอฮังก๊วยแห้งผ่าซีกนำไปต้มกับน้ำเป็นเครื่องดื่มสมุนไพร

หล่อฮังก๊วยเมื่อนำมาสกัดจะให้สารให้ความหวานแทนน้ำตาล โดยสารให้ความแทนน้ำตาลที่สกัดได้นี้ให้ความหวานถึง 250-300 เท่าของน้ำตาลทราย จึงนิยมนำมาเป็นสารเพิ่มความหวานในอาหารและเครื่องดื่มที่มีรสหวานในอุตสาหกรรมอาหาร โดยที่ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มของน้ำตาลในกระแสเลือด การแพทย์แผนจีนจะนำผลของหล่อฮังก๊วยไปตากแห้งหรือลนไฟจนแห้ง จากนั้นจะทำการเคาะหากใช้ได้แล้วจะมีเสียงกังวาน สามารถนำมาต้มหรือผสมกับจับเลี้ยงเพื่อปรุงเครื่องดื่มแก้ร้อนในได้ ซึ่งสรรพคุณที่ได้กล่าวมานี้ช่วยผู้ป่วยที่มีอาการไอ เสียงแหบแห้ง บรรเทาอาการหลอดลมอักเสบ และโรคทางเดินหายใจ ในสมัยโบราณผู้ป่วยที่มีโรคไอกรนแพทย์มักจะแนะนำให้ผู้ป่วยดื่มน้ำที่มีหล่อฮังก๊วยผสมอยู่เพราะสามารถช่วยบรรเทาอาการของโรคได้ นอกจากนี้ในผู้ป่วยที่มีปัญหาอาการ

เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร หล่อฮังก๊วยยังมีสรรพคุณในการบำรุงระบบทางเดินอาหารช่วงล่าง เช่น ภาวะลำไส้ใหญ่ไม่มีแรงบีบตัว และอาการทวารหย่อน เป็นต้น

หล่อฮังก๊วยเมื่อนำมาสกัดจะให้สารที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลชื่อว่า "โมโกรไซด์ (Mogrosides)" เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มไกลโคไซด์ ซึ่ง (Triterpene Glycosides) เป็นสารที่ให้ความแทนน้ำตาลประมาณ 250-300 เท่า แต่กลับไม่ให้พลังงาน ดังนั้นจึงไม่ส่งผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด (อินซูลิน) ของผู้ป่วย โดยแพทย์จะอนุญาตให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานสามารถดื่มเครื่องดื่มที่มีรสหวานได้ แต่เครื่องดื่มต้องไม่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบสำคัญอยู่ภายใน

สารต้านอนุมูลอิสระหรือแอนติออกซิแดนท์ (Antioxidant)

อนุมูลอิสระ (Free radical) เป็นสารที่มีอิสระอยู่ในวงนอกของอะตอมหรือโมเลกุล ที่มีความว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยา โดยรับอิเล็กตรอนจากสารอื่น ๆ ใกล้เคียงมีผลให้ตัวมันเองเสถียรมากขึ้น ในขณะเดียวกันก็ชักนำให้สารที่ให้อิเล็กตรอนไปนั้นมีไม่ครบคู่จนอาจกลายเป็นสารที่มีความรุนแรง ซึ่งถ้าเกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตอาจทำลายส่วนประกอบสำคัญของเซลล์รอบ ๆ บริเวณนั้นไม่ว่าจะเป็นโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต หรือ ดีเอนเอ (DNA) ทำให้สารชีวโมเลกุลเหล่านั้นเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและเสียหน้าที่การทำงานไป

สารต้านอนุมูลอิสระ หรือ แอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) คือสารเคมีที่ทำหน้าที่ต่อต้านหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน รวมถึงสารที่สามารถยับยั้งและควบคุมอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระไม่ให้ทำลายองค์ ประกอบของเซลล์ เป็นสารที่สามารถยับยั้งออกซิเดชันในสิ่งมีชีวิตจะมีระบบป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระอยู่แล้ว ซึ่งประกอบได้ด้วยแอนติออกซิแดนท์มากมายหลายชนิดที่ทำหน้าที่แตกต่างกันไป บางตัวเป็นเอนไซม์ บางตัวเป็นสารประกอบ บางตัวเป็นสารที่ละลายในน้ำได้ บางตัวละลายได้ในไขมัน แอนติออกซิแดนท์เหล่านี้ทำหน้าที่ในการเป็นตัวป้องกันและกำจัดการก่อตัวของอนุมูลอิสระ นอกนั้นยังทำหน้าที่ซ่อมแซมส่วนที่ถูกทำลาย (สุเขตร์ ศรีบุญเรือง, 2548) สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. **สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิ** เป็นสารที่หยุดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระโดการให้อนุมูลไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระโดยตรงเป็นผลให้อนุมูลนั้นกลายเป็นสารที่มีความเสถียรมากขึ้น สารที่มีสมบัติดังกล่าว เช่น สารประกอบฟีนอลิก หรือสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น บิวทิเลเตต ไฮดรอกซี่ โทลูอีน (Butylated hydroxy toluene, BHT) เป็นต้น

2. สารต้านอนุมูลอิสระทุติยภูมิ สารต้านอนุมูลอิสระประเภทนี้ไม่ทำปฏิกิริยา โดยตรงกับอนุมูลอิสระแต่จะทำหน้าที่คล้ายไฮโดรเพอร์ออกไซด์ ของไขมันทำให้เกิดเป็นสารที่มีความเสถียร เช่น กรดไทโอโพรพิโอนิก (Thiopropionic acid) เป็นต้น

3. สารที่ทำหน้าที่ดักจับออกซิเจน เป็นสารที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน แล้วกำจัดออกไปจากระบบได้ซึ่งสารจับออกซิเจนจะช่วยเสริมฤทธิ์ หรือเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) เป็นต้น

4. เอนไซม์ที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่กำจัดออกวิเจนเช่น กลูโคสออกซิเดส (Glucose oxidase) หรือกำจัดสารที่เกิดการออกซิเดชันได้ เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมูแทรส (Superoxide dismutase)

5. สารที่ทำหน้าที่จับอนุมูลอิสระ เป็นสารที่ทำหน้าที่จับกับอนุมูลโลหะ ซึ่งอนุมูลโลหะ เช่น เหล็ก ทองแดง จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารที่ทำหน้าที่จับอนุมูลอิสระนี้เป็นตัวส่งเสริมการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิ ซึ่งสารเหล่านี้อาจมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเล็กน้อยหรืออาจไม่มีเลย เช่น กรดซิตริก (Citric acid) กรดอะมิโน (Amino acid)

กลไกลการทำหน้าที่ของสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระมีกลไกลการทำงานแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มดังนี้

1. การดักจับอนุมูลอิสระ (Radical scavenging) สารต้านอนุมูลอิสระ (AH) เหล่านี้สามารถชะลอหรือยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ในระยะเพิ่มจำนวน โดยการให้อนุมูลไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ ดังสมการ

$$LOO^{\circ} + AH \longrightarrow LOOH + A^{\circ}$$

$$LO + AH \longrightarrow LOH + A^{\circ}$$

$$A^{\circ} + LOOH \longrightarrow AH + LOO^{\circ}$$

$$A^{\circ} + LOO^{\circ} \longrightarrow AOOL$$

$$A^{\circ} + A^{\circ} \longrightarrow \text{non-radical products}$$

2. การสลายเพอร์ออกไซด์ (Peroxide decomposing) สารประกอบฟีนอลิกบางชนิดสามารถทำหน้าที่สลายเพอร์ออกไซด์ของไขมัน ให้เกิดเป็นสารที่มีความเสถียร เช่น แอลกอฮอล์ คีโตน หรือแอลดีไฮด์

3. การยับยั้งการทำงานของ Singlet oxygen (Singlet oxygen quenching) โดยปกติออกซิเจนที่อยู่ในสถานะพื้น (Ground state) จะอยู่ในรูปของ Triplet oxygen ($^3O_2$) จะไม่ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับกรดไขมัน แต่เมื่อ Triplet oxygen ได้รับพลังงานกระตุ้นจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ Singlet oxygen ($^1O_2$) ซึ่งจะไวต่อการเข้าทำปฏิกิริยากรดไขมัน ซึ่งสารที่มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของ Singlet oxygen อาจไปยับยั้งสารที่ไปกระตุ้นการเกิด Singlet oxygen หรืออาจเข้าจับกับ Singlet oxygen โดยไม่ทำปฏิกิริยาเคมี หรืออาจเข้าทำปฏิกิริยากับ Singlet oxygen (Meryer et al., 2002)

4. การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Enzyme inhibiting) สารประกอบฟีนอลิกบางชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และแกลเลต (Gallates) สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซด์ลิพอกซีจิเนส ได้โดยการเข้าจับกับไอออนของเหล็กซึ่งเป็นโคแฟกเตอร์จึงส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าว

5. การจับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Metal chelating) อนุมูลโลหะ เช่น เหล็ก ทองแดง เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันโดยสารที่ทำหน้าที่จับกับโลหะเหล่านี้ เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดซิตรก เอทิลีน ไดอะมินเททรา แอซิติกแอซิด (Ethylenediamine tetraacetic acid, EDTA) นอกจากนี้ กรดอะมิโน เฟปไทด์ และแลตโตเฟอริน (lactoferrin) ก็มีความสามารถในการจับกับอนุมูลโลหะเช่นกัน (Meryer et al., 2002)

6. การดักจับออกซิเจน (Oxygen scavenging) กรดแอสคอร์บิกมีสมบัติในการจับกับออกซิเจน สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับซุปเปอร์ออกไซด์ ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (Hydrogenperoxide) อนุมูลไฮดรอกซิล อนุมูลเพอร์รอกซิล และ Singlet oxygen กรดแอสคอร์บิกทำหน้าที่เป็นรีดิวซิง (Reducing agent) ซึ่งจะถ่ายไฮโดรเจนอะตอม (H) ให้กับออกซิเจน จึงทำให้ออกซิเจนไม่สามารถทำปฏิกิริยาต่อไป นอกจากนี้กรดแอสคอร์บิกยังทำหน้าที่เป็นตัวเสริมฤทธิ์ (Synergist) ให้กับโทโคฟีรอล (Tocopherols) โดยจะช่วยให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลแอลฟา-โทโคฟีรอล เพอร์รอกซิล เปลี่ยนรูปกลับไปเป็นแอลฟา-โทโคฟีรอล ซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระได้อีกครั้ง

แหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ

แหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

1. สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural antioxidants) เป็นสารที่พบได้ในธรรมชาติไม่ว่าจะมาจากพืช จุลินทรีย์ หรือเนื้อเยื่อของสัตว์ แบ่งกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติเป็น 4 กลุ่มได้แก่ กลุ่มโมเลกุลเล็ก เช่น กรดแอสคอร์บิก โทโคฟีรอล แคโรทีนอยด์ และ

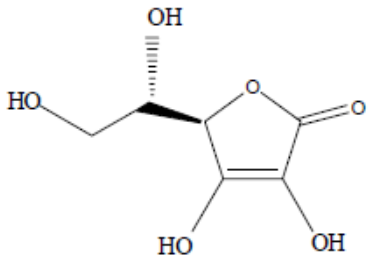
โพลีฟีนอล กลุ่มของเอนไซม์ เช่น ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมูเทรส กลูทาไทโอนเพอร์ออกซิเดส (Glutathaione peroxidase) กลุ่มสารโมเลกุลใหญ่ เช่น อัลบูมิน (Albumin) เฟอติน (Ferritin) เป็นต้น

สารในธรรมชาติที่มีสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ได้จะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้ไฮโดรเจนของหมู่ OH ในสารประกอบฟีนอล ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของสาร (Antioxidant activity, AOA) ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและจำนวนของหมู่ OH รวมทั้งโครงสร้างอื่น ๆ ของโมเลกุล สารแอนติออกซิแดนท์ในธรรมชาติที่สำคัญมีดังนี้ (สุภามาส อินทฤทธิ์, 2547)

1.1 วิตามินซี (Ascorbic acid)

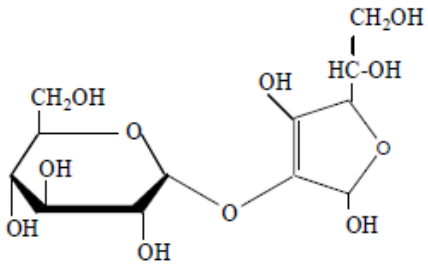
วิตามินซีเป็นสารที่ละลายน้ำได้ ลักษณะเป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่ากรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid) ในธรรมชาติจะพบ 2 รูปแบบ คือ Ascorbic acid (Reduced form) และ Dehydro-ascorbic acid (Oxidized form) สะสมมากที่บริเวณต่อมหมวกไต รองลงมาคือตับและม้าม ตามลำดับ วิตามินซีมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึมของกรดอะมิโนและทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ของปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆในร่างกาย นอกจากนี้วิตามินซียังเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มสารชีวเคมีที่สร้างคอลลาเจน (Collagen) ซึ่งเป็นโปรตีนส่วนหนึ่งของโครงสร้างกระดูกมนุษย์ วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญชนิดหนึ่งในกระบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกายเป็นสารสำคัญในปฏิกิริยาสายโซ่ของเอนไซม์ที่สำคัญนอกจาก นี้ยังเป็นตัวที่ทำให้วิตามินอีนั้นกลับคืนมาได้ใหม่อีกครั้ง

วิตามินซีเป็นตัวก่อให้เกิดและปกป้องคอลลาเจน เสริมสร้างหน้าที่ของระบบภูมคุ้มกันให้ดีขึ้น เป็นตัวปรับน้ำตาลในเลือดปกป้องดวงตาจากการทำลายของแสงอัลตราไวโอเลต ป้องกันการก่อตัวของคลอเลสเตอรอลในผนังเลือดแดง ป้องกันการแข็งตัวของเลือด ช่วยทำให้ปอดทำงานได้ดีขึ้น ช่วยให้มีการดูดซึมเหล็กได้ดีขึ้นที่ลำไส้เล็กและป้องกันการเปลี่ยนรูปของสารไนไตรท์เป็นสารไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อตัวมะเร็ง และเป็นตัวร่วมในการสร้างฮอร์โมนที่เป็นตัวลดระดับภาวะตึงเครียดและภาวการณ์อักเสบ (สุเขตร์ ศรีบุญเรือง, 2548)



ภาพที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของวิตามินซี Ascorbic Acid

ที่มา: สุเขตร์ ศรีบุญเรือง (2548)

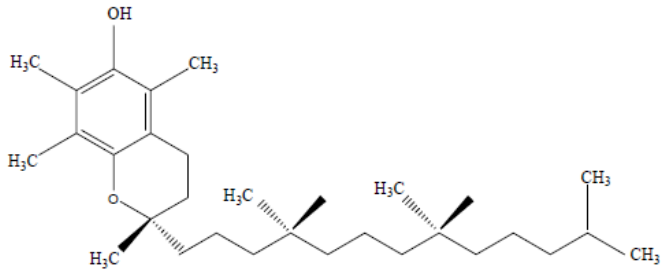


ภาพที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของวิตามินซี Ascorbic Acid-2-Glucoside)
ที่มา: สุเขตร์ ศรีบุญเรือง (2548)

1.2 วิตามินอี (α -Tocopherol)

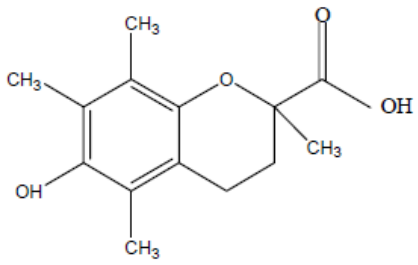
เป็นโมเลกุลที่ละลายได้ดีในน้ำมันหรือลิพิด ดังนั้นจึงสามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าได้ วิตามินอีช่วยปกป้องผนังเซลล์จากอนุมูลอิสระ การสะสมวิตามินอีบนผิวหนัง พบว่าช่วยปกป้องผิวจากแสงแดด และป้องกันมะเร็งจากผิวหนัง รวมทั้งช่วยซ่อมแซมผิวและให้ภูมิคุ้มกันผิวหนังอีกด้วย (โอภาและ มาลีรักษ์, 2549) ซึ่งปริมาณวิตามินอีในเลือดของคนปกติมีค่า 1.0 mg ต่อ 90% ของวิตามินอีในเนื้อเยื่อซึ่งจะอยู่ในรูป tocopherol สะสมในอวัยวะต่าง ๆ เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาว เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์ทั่ว ๆ ไป คือ ตับ กล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อไขมัน และต่อมต่าง ๆ วิตามินอีมีประสิทธิภาพในการทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิแดนท์ได้ดีมากจะป้องกันกระบวนการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นส่วนประกอบของฟอสโฟลิปิดของแมมเบรนของออร์แกนเนล เนื่องจากวิตามินอีละลายในไขมันได้ดีจะแทรกตัวอยู่ตามเมมเบรน โดยเมื่อเกิด Liquid peroxidation จะมีการสร้าง Peroxyl radicals และ Alkoxyl radicals ขึ้น วิตามินอีจะเข้าจับกับสารดังกล่าวก่อนที่ Peroxyl radicals และAlkoxyl radicals จะไปจับกับกรดไขมันอื่นในช่วงของ propagation อีกทั้งวิตามินอียังทำงานร่วมกับ Glutathione peroxidase และธาตุ Selenium โดยในช่วงแรก ๆ มีการตั้งชื่อวิตามินอีว่าวิตามินป้องกันการเป็นหมัน (Antisterility vitamin) เนื่องจากพบว่าวิตามินอีเป็นสารที่จำเป็นสำหรับการสืบพันธุ์ในหนูตัวเมีย ถ้าขาดวิตามินอีจะทำให้ลูกอ่อนตายในครรภ์และแท้งลูก นอกจากนี้ยังพบมีการเรียกวิตามินอีว่าโทโคฟีรอล (Tocopherol) ในธรรมชาติมีวิตามินอีอยู่หลายชนิด ปัจจุบันแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ โทโคฟีรอล และโทโคไทรอินอล (Tocotrienol) แต่ละกลุ่มยังแยกเป็นวิตามินย่อย ๆ อีก 4 ชนิด มีชื่อเรียกตามพยัญชนะในภาษาละตินว่า แอลฟา (α) เบต้า (β) แกมมา (γ) และเดลต้า (δ) ขึ้นอยู่กับจำนวนและตำแหน่งของหมู่เมธิลที่ติดกับวงแหวนโครเมน (Chromane ring) โทโคฟีรอลแตกต่างจากโทโคไทรอินอลที่โครงสร้างของโทโคฟีรอลมีแขนงข้างเป็น 4’, 8’, 12’-trimethyltridecyl เรียกว่า phytol หรือ phytyl side chain ส่วนโทโคไทรอินอลมีแขนงข้างที่มี

พันธะคู่ที่ตำแหน่ง 3’, 7’ และ 11’ เรียกว่า unsaturated side chain (Cadenas and Packer, 1996)



ภาพที่ 2.8 แสดงโครงสร้างวิตามินอี (α -Tocopherol)
ที่มา: โอภาและ มาลีรักษ์ (2549)

โทรลอก (Trolox) เป็นอนุพันธ์ของวิตามินอีที่ดัดแปลงโครงสร้างโดยการเปลี่ยนสายอัลเคนเป็นหมู่คาร์บอกซิลิก (-COOH group) ทำให้สามารถละลายได้ดีในน้ำ แต่เนื่องจากความสามารถในการละลายน้ำได้ดี จึงทำให้ออกฤทธิ์เร็วกว่าวิตามินอี โดยวิตามินอีต้องใช้เวลานานเป็นชั่วโมงหรือเป็นวัน ในขณะที่ Trolox ออกฤทธิ์เกือบจะทันทีในหลายโมเดล (โอภา และมาลีรักษ์, 2549) trolox เป็นแอนติออกซิแดนท์ที่กำจัดพวกเปอร์ออกซิล และอัลคอกซิล เรดิคัล จากนั้นจะเปลี่ยนรูปเป็น Trolox radical โดยมีวิตามินซี เป็นตัวช่วยให้คืนรูปกลับมา (สุเขตร์ ศรีบุญเรือง, 2548)



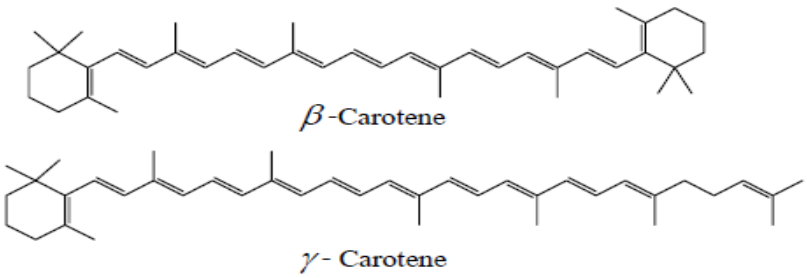
ภาพที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของโทรลอก (Trolox)
ที่มา: สุเขตร์ ศรีบุญเรือง (2548)

1.3 สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoid)

แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ เป็นสาระสำคัญที่พบในคลอ-โรพลาสต์ของพืชมีบทบาทในการสังเคราะห์แสงเช่นเดียวกับคลอโรฟิลล์ โดยทำหน้าที่ช่วยคลอโรฟิลล์ในการดักรับพลังงานแสง ในผักและผลไม้ที่ยังไม่สุกจะพบแคโรทีนอยด์น้อยกว่าผักและผลไม้ที่สุกแล้ว เนื่องจากปกติผักใบเขียวหรือผักและผลไม้ที่ยังดิบอยู่ แคโรทีนอยด์จะอยู่ในส่วนของ คลอโรพลาสต์ ในขณะที่ผักหรือผลไม้สุกแคโรทีนอยด์จะถูกสังเคราะห์ขึ้นในโครโมพลาสต์เป็นปริมาณมากเนื่องจากเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์มีมากขึ้น โครงสร้างพื้นฐานของแคโรทีนอยด์ประกอบด้วยโครงสร้างหลักที่เรียกว่า Etraterpene skeleton ซึ่งอาจมีวงแหวนที่บริเวณปลายด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองข้างของโมเลกุล วงแหวนนี้อาจเป็นวงแหวนห้าหรือหกเหลี่ยมก็ได้ แคโรทีนอยด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ตามองค์ประกอบของโครงสร้างในโมเลกุล ดังนี้

1. แคโรทีน (Carotene) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอนและ ไฮโดรเจนเท่านั้น เช่น เบต้า-แคโรทีน (β-carotene) แอลฟา-แคโรทีน (α-carotene) แกมมา-แคโรทีน (γ-carotene) และไลโคพีน (lycopene) เป็นต้น

2. ออกโซแคโรทีนอยด์ (Oxocarotenoid) หรือแซนโทฟิลล์ (Xanthophylls) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลบริเวณวงแหวนประกอบด้วยกลุ่มอื่น นอกเหนือจากคาร์บอนและไฮโดรเจน เช่น เบต้า-คริบโทแซนทิน (β-cryptoxanthin) และลูทีน (lutein) มี hydroxyl group, Violerythrin มี keto group และ violaxanthin มี epoxy group เป็นต้น



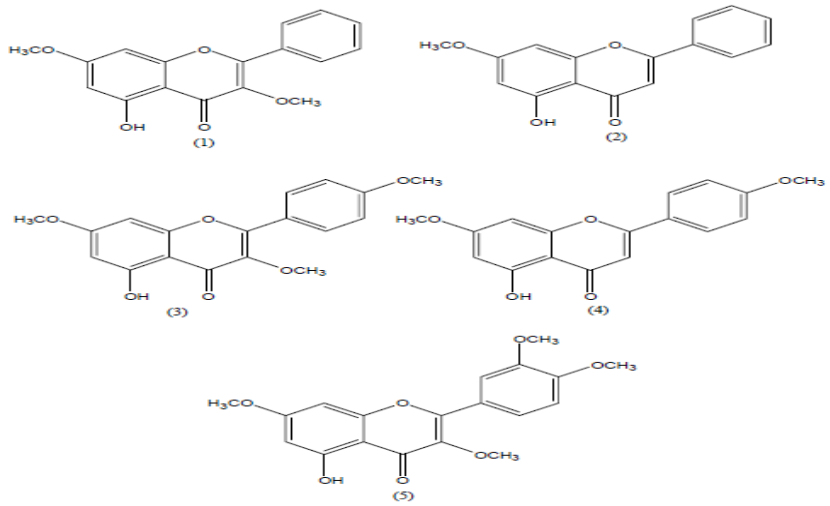
ภาพที่ 2.10 โครงสร้างโมเลกุลของแคโรทีนอยด์บางชนิด
ที่มา: สุเชตร์ ศรีบุญเรือง (2548)

1.4 สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

เป็นสารกลุ่มที่พบมากที่สุดในธรรมชาติ พบอยู่ทั่วไปในพืชที่มีสีเขียว และพบในทุกส่วนของพืช ไม่ว่าจะเป็นใบ ราก เนื้อไม้ เปลือกต้น ดอก ผล หรือเมล็ด เป็นสารที่ให้สี (pigments) ในสัตว์สามารถพบได้บ้าง โดยเชื่อว่ามาจากพืชที่บริโภคเข้าไปมากกว่าการเกิดชีวสังเคราะห์ในร่างกายของสัตว์เอง ฟลาโวนอยด์จัดเป็นสาระสำคัญของกลุ่มโพลีฟีนอล (ปรีชา บุญจูง, 2549)

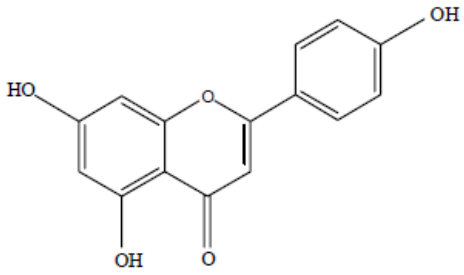
สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ นอกจากจะเป็นสารที่ทำให้ดอกหรือผลมีสีสวย เช่น สีเหลือง ชมพู แดง ฟ้า หรือม่วง ซึ่งมีประโยชน์ใช้ล่อแมลง นก หรือผึ้งเข้ามาผสมเกสร เพื่อแพร่กระจายพันธุ์แล้ว มีรายงานการยืนยันถึงฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารฟลาโวนอยด์ที่ใช้ป้องกันและรักษาโรคต่าง ๆ เช่นโรคเกี่ยวกับหัวใจและหลอดเลือด ฤทธิ์ต้านมะเร็ง การต้านแบคทีเรีย ต้านการอักเสบ ต้านแพ้ ต้านไวรัส เป็นต้น คุณสมบัติเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฟลาโวนอยด์ (ปรีชา บุญจูง, 2549)

ฟลาโวนอยด์ที่มีความสำคัญทางเภสัชกรรมและการแพทย์แผนปัจจุบันในขณะนี้ เช่น รูทิน (Rutin) ที่มีฤทธิ์ช่วยเพิ่มความต้านทานของหลอดเลือดฝอย และสารสกัดจากใบแป๊ะก้วยช่วยเพิ่มการไหลเวียนของโลหิตไปสมองและช่วยทำลายอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดความเสื่อมของเนื้อเยื่อในร่างกายมนุษย์ ฟลาโวนอยด์เป็นสารที่มีสมบัติในการยับยั้งการเกิด ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดีมากในอาหารประเภทไขมันและไขมันผสมน้ำ

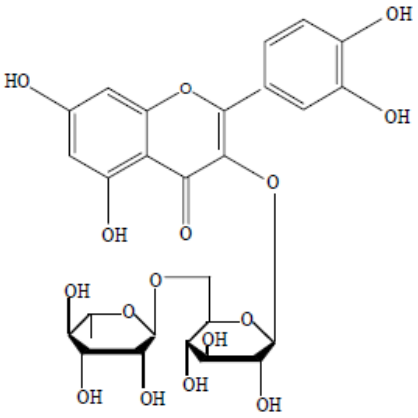


ภาพที่ 2.11 แสดงโครงสร้างของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

ที่มา: ปรีชา บุญจูง (2549)



ภาพที่ 2.12 แสดงโครงสร้างของโพลีฟีนอล (Polyphenol)
ที่มา: ปรีชา บุญจูง (2549)



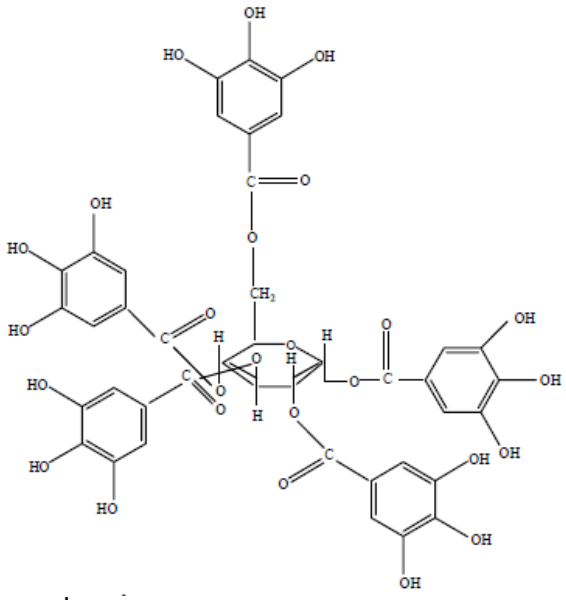
ภาพที่ 2.13 แสดงโครงสร้างของรูทิน (Rutin)
ที่มา: ปรีชา บุญจูง (2549)

1.5 สารกลุ่มแทนนิน (Tannins)

แทนนิน คือ กลุ่มของสารประกอบที่ได้มาจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เปลือก ใบ ผล เปลือกผล ซึ่งมีคุณสมบัติละลายได้ดีในน้ำ สามารถรวมตัวกับโปรตีนในหนังสัตว์ ในปัจจุบันได้มีการนิยามว่า แทนนิน คือ สารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากธรรมชาติที่มีน้ำนักโมเลกุลระหว่าง 500 และ 3,000 ทั้งยังมีหมู่ฟีนอลิคไฮดรอกซี (Phenolic hydroxyl) อิสระอยู่จำนวนหนึ่ง (1-2 หมู่ต่อ 100 หน่วยน้ำหนักโมเลกุล) ที่สามารถเกิดการเชื่อมโยงได้กับสารโปรตีนและสารไบโอโพลิเมอร์ (Biopolymer) เช่น เซลลูโลส (Cellulose) และ เพคติน (Pectin) ได้สารใหม่ที่มีคุณสมบัติคงตัว

ธรรมชาติของแทนนินนั้น พบว่ามีการกระจายตัวอยู่ในอาณาจักรของพืชเกือบทุกวงศ์ และเกิดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่เด่นมากในพืชใบเลี้ยงคู่จำนวนมากมาย แต่ในพืชชั้นต่ำ เช่น

เชื้อรา สาหร่าย มอสส์ ลิฟเวอร์เวิร์ท (Liverworts) ตลอดจนพวกหญ้าทั้งหลาย พบว่ามีแทนนินเป็นองค์ประกอบอยู่น้อยมาก บทบาททางนิเวศวิทยาของแทนนินที่พบอยู่ในพืชยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด และโดยทั่วไปแล้วพืชทั้งหลายมักจะมีแทนนินเป็นองค์ประกอบ (สุเขตร์ ศรีบุญเรือง, 2548)

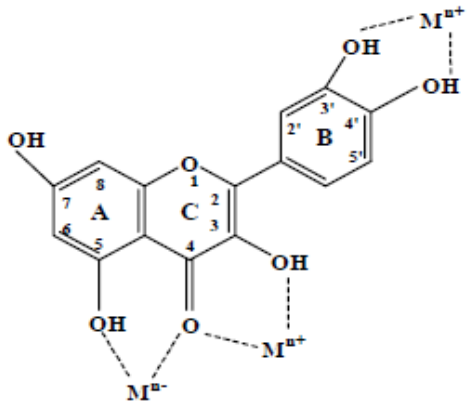


ภาพที่ 2.14 แสดงโครงสร้างของแทนนิน (Tannins)
ที่มา: สุเขตร์ ศรีบุญเรือง (2548)

1.6 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound)

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่พบได้ในพืชทั่วไป พบได้มากในธรรมชาติอันได้แก่ ผักสีเขียว ผลไม้ ชาเขียว ชาดำ ชอกโกแลต และไวน์แดง เป็นต้น ในปัจจุบันสารประกอบฟีนอลิกมากกว่า 8,000 ชนิด ในธรรมชาติ (ปรีชา บุญจูง, 2549) มีคุณสมบัติเป็นสารอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนอะโรมาติก (Aromatic ring) ที่มีจำนวน Hydroxyl group อย่างน้อยหนึ่งโมเลกุล สามารถละลายได้ในน้ำ ส่วนใหญ่สารประกอบฟีนอลิกมักพบอยู่รวมกับน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (Glycoside) สารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติมีหลายกลุ่ม และมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกัน กลุ่มใหญ่ที่พบจะเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flovonoid) นอกจากนั้นยังมีสารประกอบต่าง ๆ เช่น Simple monocyclic phenol, Phenyl propanoid, Phenolic, Quinine และ Polyphenolic ซึ่งได้แก่ ลิกนิน (Lignin) เมลานิน (melanin) และแทนนิน (tannin) รวมทั้งยังพบว่ามีสารประกอบที่มีกลุ่มฟีนอล (Phenolic unit) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีนอัลคาลอยด์ (Alkaloid) และเทอร์ฟีนอยด์ (Terpenoid) เป็นต้น

สารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติที่หลากหลายตามชนิดของสารนั้น ๆ เช่น ลิกนินทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้ความแข็งแรงแก่ผนังเซลล์ของพืช สารในกลุ่มแอนโธไซยานิน (Anthocyanin) เป็นสารที่ให้สีในดอกไม้ สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์มีความสำคัญในการควบคุมการเจริญของพืชจำพวกถั่ว เป็นต้น นอกจากนี้พบว่าสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และแทนนิน เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกทำหน้าที่เป็นตัวขับไล่อนุมูลอิสระ ที่สำคัญคืออนุมูล Peroxyl โดยมีกลไก 2 แบบ คือ เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นต่ำเมื่อเทียบกับสารออกซิไดซ์ สารประกอบฟีนอลิกจะหน่วงเหนี่ยวหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันนอกจากนี้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาจะถูกทำให้เป็นสารที่มีความเสถียร ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการเกิดขั้นตอน Propagation ได้ (Basu et al., 1999) นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกบางชนิดยังทำหน้าที่เป็น chelating agent ดักจับไอออนของโลหะเข้าไว้ในโมเลกุล เช่น เคอร์ซิทิน (Quercetin) โดยโครงสร้างของเคอร์ซิทินมีตำแหน่ง (binding site) ที่สามารถดักจับไอออนของโลหะ เช่น ทองแดง ได้ 3 บริเวณ คือบริเวณ 3',4'-dihydroxyl ของวงแหวน B บริเวณ 3-hydroxyl, 4-ketoของวงแหวน C และบริเวณระหว่างตำแหน่ง 5-hydroxy ของวงแหวน A กับตำแหน่ง 4-keto ของวงแหวน C ดังรูปภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 แสดงบริเวณ bingding site ของเคอร์ซิทินที่จับกับไอออนของโลหะ
ที่มา: ปรีชา บุญจูง (2549)

สารประกอบฟินอลิกยังทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ เป็นตัวให้ไฮโดรเจนและกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูปแอคทีฟ ด้วยทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังกล่าวจึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญชนิดหนึ่งในพืชทั่วไป

1.7 เอนไซม์ และโปรตีนบางชนิด

เมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะเครียด (Oxidative stress) ซึ่งเป็นสภาวะที่ร่างกายไม่สามารถควบคุมและป้องกันปริมาณของอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับปกติที่ไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์ได้ ร่างกายจะมีระบบป้องกันอนุมูลอิสระที่เรียกว่า Antioxidant defense system ซึ่งได้แก่ สารในกลุ่มของเอนไซม์ โปรตีน และสารอาหารต่าง ๆ เช่น วิตามินซี และวิตามินอี สารต้านอนุมูลอิสระในระบบดังกล่าวจะทำหน้าที่ยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ ยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระและซ่อมแซมเซลล์ที่ได้รับความเสียหายเนื่องจากอนุมูลอิสระ

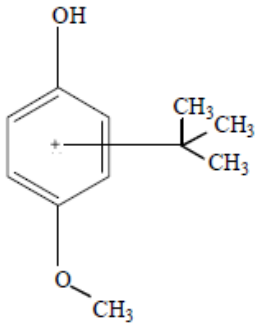
2. สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthesis antioxidants) เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่สังเคราะห์ขึ้น โดยในโครงสร้างจะมีการเติมหมู่แอลคิล เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติให้เหมาะสมกับการละลายในไขมัน นำไปใช้เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมัน สารสังเคราะห์เหล่านี้ เช่น บีเอชเอ บีเอชที และบีเอชคิว โดยในปริมาณไม่เกิน 0.02%

สารแอนติออกซิแดนท์ที่ได้จากการสังเคราะห์มีโครงสร้างได้หลายแบบและยับยั้งการเกิดออกซิเดชันด้วยกลไกที่แตกต่างกันดังนี้ (สุภามาส อินทฤทธิ์, 2547)

สารแอนติออกซิแดนท์สังเคราะห์ชนิด Proper antioxidants คือสารที่มีสมบัติเป็นตัวยับยั้งที่มีกลไกการป้องกันการเกิดออกซิเดชันด้วยตัวของมันเอง เป็นสารที่เติมลงไปเพื่อรับเอาอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นหลังจากสารอินทรีย์เสียไฮโดรเจนไปแล้ว เพื่อให้เกิดเป็นสารใหม่ที่เสถียรกว่าจึงสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ ซึ่งมีด้วยกัน 4 ชนิด คือ

2.1 Butylated Hydroxyanisole (BHA)

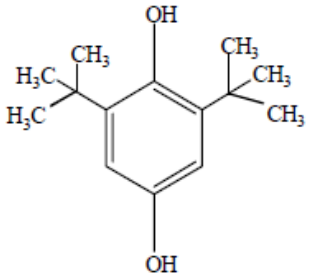
เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้กันมากชนิดหนึ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบ มีลักษณะเป็นของแข็งมันวาวสีขาว ละลายได้ในไขมันแต่ไม่ละลายในน้ำ



ภาพที่ 2.16 แสดงโครงสร้างของสาร Butylated Hydroxyanisole (BHA)
ที่มา: สุภามาส อินทฤทธิ์ (2547)

2.2 Butylated Hydroxytoluene (BHT)

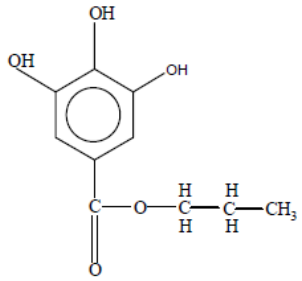
มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันเช่นเดียวกับ BHA แต่มีประสิทธิภาพดีกว่าเล็กน้อย



ภาพที่ 2.17 แสดงโครงสร้างของสาร Butylated Hydroxytoluene (BHT)
ที่มา: สุภามาส อินทฤทธิ์ (2547)

2.3 Propyl Gallate (PG)

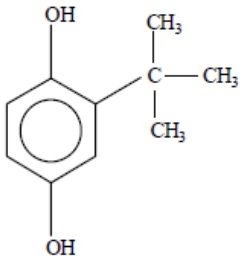
เป็นเอสเทอร์ของกรดแกลลิค มีลักษณะเป็นผงสีขาวละลายน้ำ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพดีมาก ช่วยป้องกันการเกิดเพอร์ออกไซด์ได้ดี



ภาพที่ 2.18 แสดงโครงสร้างของสาร Propyl Gallate (PG)
ที่มา: สุภามาส อินทฤทธิ์ (2547)

2.4 Tertiary Butylhydroquinone (TBHQ)

มีลักษณะเป็นผงสีขาวคล้ำ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุดสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอด ช่วยป้องกันเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสีและการเกิดออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังละลายได้ดีในน้ำมันและไขมัน สารบางชนิดต้องทำงานร่วมกับสารแอนติออกซิแดนท์ชนิดอื่น ๆ จึงจะมีสมบัติในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ เช่น กรดซิทริก กรดทาร์ทาริก และกรดแอสคอร์บิก



ภาพที่ 2.19 แสดงโครงสร้างของสาร Tertiary Butylhydroquinone (TBHQ)
ที่มา: สุภามาส อินทฤทธิ์ (2547)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรชกรณ์ นิลศาสตร์ (2557) ได้ศึกษาสารให้ความหวานแบบไม่ให้พลังงาน 3 ชนิด ได้แก่ แอสปาร์แตมป์ (APM) อะซีซัลเฟม-โพแทสเซี่ยม (ACK) และซูคราโลส (SUL) ซึ่งมีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครสถึง 180, 200 และ 600 เท่า ตามลำดับ เนื่องจากการศึกษาความเข้มข้นที่ควรใช้ในอาหารเพื่อให้มีรสหวานใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เดิมนั้นจึงเป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญ ศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดความเข้มของรสหวานของน้ำตาลซูโครสที่ 10% เป็นสารให้ความหวานอ้างอิง สำหรับสารให้ความหวานสังเคราะห์เพื่อ 1. ศึกษาความเข้มข้นของสารให้ความหวานสังเคราะห์ที่มีความเข้มของรสหวานใกล้เคียงกับ 10% sucrose 2. ศึกษารูปแบบการรับรสหวานตามเวลาของสารให้ความหวานโดยใช้การประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี time intensity descriptive analysis และ3.ปรับปรุงรูปแบบการรับรสหวานตามเวลาของสารให้ความหวานสังเคราะห์เพื่อให้ใกล้เคียงกับซูโครส ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของ APM, ACK และ SUL ที่มีความเข้มของรสหวานใกล้เคียงกับ 10% sucrose คือ 625, 1600 และ 250 ppm ตามลำดับ ซึ่ง SUL เป็นสารให้ความหวานที่มีรูปแบบการรับความรู้สึกตามเวลาของรสหวานในช่วงเริ่มต้นคล้ายกับ 10% sucrose ที่สุด ส่วน APM และ ACK ให้รสหวานสูงสุดเร็ว และมี aftertaste ของรสขม อย่างไรก็ตาม สิ่งที่เหมือนกันในการศึกษานี้พบว่าสารให้ความหวานสังเคราะห์ทุกตัวที่ใช้ให้รสหวานยาวนานกว่า 10% sucrose ทั้งสิ้น เมื่อทำการผสมสารให้ความหวานสังเคราะห์เข้าด้วยกันเพื่อปรับรูปแบบการรับรสหวานตามเวลาให้ใกล้เคียงกับซูโครสมากขึ้น พบว่าในส่วนผสมที่มี SUL ประมาณ 80% และมี ACK ไม่เกิน 10% สามารถปรับปรุงรูปแบบการรับรสหวานตามเวลาให้ใกล้เคียงกับ 10% sucrose ได้มากที่สุด และพบว่าการเติม polyol ที่ความเข้มข้น 100 mosmole/L ในสารให้ความหวานผสมสามารถปรับปรุงรูปแบบการรับรสหวานตามเวลาให้ใกล้เคียงกับซูโครสมากขึ้นเช่นกัน

ธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์ (2559) ได้ศึกษาการสกัดไซแลนจากแกลบและรำข้าวไรซ์เบอรี่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1, 2 และ 4 นอร์มัล) ที่อุณหภูมิ 30 และ 100 องศาเซลเซียส พบว่าสารสกัดไซ

แลนจากแกลบและรำข้าวไรซ์เบอรี่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 4 นอร์มัล อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ได้ไซแลน แกลบ และรำข้าวไรซ์เบอรี่ปริมาณสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในไซแลน ได้แก่ ไซโลส อะราบิโนส และกลูโคส เมื่อนำไซแลนแกลบและรำข้าวไรซ์เบอรี่มาสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์โดยใช้กรดซัลฟูริก (0.25, 0.5, และ 1 นอร์มัล) ที่เวลา 10, 30 และ 60 นาที และอุณหภูมิ 30, 60 และ 100 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำ และกรดซัลฟูริก (0.25, 0.5, และ 1 นอร์มัล) ที่เวลา 10, 30 และ 60 นาที และอุณหภูมิ 30, 60 และ 80 องศาเซลเซียสพบว่าการสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์แกลบและรำข้าวไรซ์เบอรี่ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 นอร์มัลเวลา 60 นาที อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ได้ไซโลสและไซโลไบโอสจากแกลบเท่ากับ 2.81 และ 1.89 มิลลิกรัมต่อมิลลิเมตร ตามลำดับ และจากรำข้าวไรซ์เบอรี่เท่ากับ 3.54 และ 5.06 มิลลิกรัมต่อมิลิลิตร ตามลำดับ ส่วนการสกัดด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.5 นอร์มัล เวลา 60 นาที อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่าไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากแกลบมีไซโลไตรโอส 0.78 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไซโลเตตระโอส 0.92 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัม ไซโลเพนตะโอส 1.14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และไซโลเฮกซะโอส 0.77 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับรำข้าวไรซ์เบอรี่พบเท่ากับ 2.25, 1.42, 0.98 และ 1.27 มิลลิกรัมต่อมิลิลิตร ตามลำดับ

เอมนิกา เทียนไสว (2557) ได้พัฒนาวุ้นกะทิและน้ำกะทิสำหรับลอดช่องสิงคโปร์โดยใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลคือ น้ำตาลแอลกอฮอล์ (ซอร์บิทอลไอโซมอลท์ และมอลทิทอล) ร่วมกับซูคราโลส และซูคราโลสเพียงอย่างเดียว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์วุ้นกะทิและน้ำกะทิสำหรับลอดช่องสิงคโปร์ที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล และเพื่อหาชนิดและปริมาณของสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เมื่อใช้สารให้ความหวานที่ระดับการทดแทน 25, 50, 75 และ 100% ของปริมาณน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครสที่มีในสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ พบว่าวุ้นกะทิที่ใช้สารทดแทนน้ำตาลมีปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าความแข็ง ลดลงจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์สมบัติเชิงความร้อนด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) พบว่าวุ้นกะทิสูตรใช้สารทดแทนน้ำตาลทุกชนิดมีอุณหภูมิการหลอมเหลวของเจลอะการ์ต่ำกว่าและสูตรใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์มีอุณหภูมิการเกิดเจลอะการ์ที่สูงกว่าสูตรควบคุม จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าสามารถใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์และซูคราโลสเพียงอย่างเดียวที่ระดับการทดแทนน้ำตาลสูงสุดได้ 100% และ 75% ตามลำดับ ส่วนน้ำกะทิสำหรับลอดช่องสิงคโปร์สูตรใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์มีค่าดัชนีการเกิดชั้นครีมใกล้เคียงกับสูตรควบคุม และสูตรที่ใช้ซูคราโลสเพียงอย่างเดียวมีค่าดัชนีการเกิดชั้นครีมเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนน้ำตาล และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าลดลง เมื่อพิจารณาสมบัติด้านอิมัลชันและกายภาพอื่น ๆ พบว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์ร่วมกับซูคราโลสมีสมบัติใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด จากผลการประเมินคุณภาพ

ทางประสาทสัมผัสพบว่า สามารถใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์ร่วมกับซูคราโลส และซูคราโลสเพียงอย่างเดียวที่ระดับการทดแทนน้ำตาลสูงสุดได้ 100% และ 75% ตามลำดับ

DuBois และ Prakash (2012) กล่าวถึงข้อสันนิษฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดที่ใช้อธิบายการเกิด sweetness linger และ slow sweetness onset ของสารให้ความหวานสังเคราะห์ ว่าอาจเกิดจากการที่โมเลกุลของสารให้ความหวานสังเคราะห์ เข้าจับกับ cell membrane ของอวัยวะต่าง ๆ ในช่องปากแบบสุ่ม (non-specific binding) โดยกระบวนการเริ่มจากการที่สารให้ความหวานสังเคราะห์เข้าสู่ช่องปาก แล้วเข้าจับกับส่วนที่ไม่ใช่ตัวรับ (non-receptor sites) และจะมีเพียงสารให้ความหวานที่เข้าจับกับตัวรับ (receptor sites) เท่านั้นที่จะให้ความหวานสูงสุด แต่ในขณะเดียวกันเมื่อสารให้ความหวานแยกออกจาก receptor sites ก็มีความเป็นไปได้ที่จะไปจับกับ non-receptor sites อื่น ๆ ต่อ ๆ ไป จึงเป็นเหตุของ sweetness linger ซึ่งสมมติฐานนี้เรียกว่า “non-specific binding hypothesis” (NSB hypothesis)

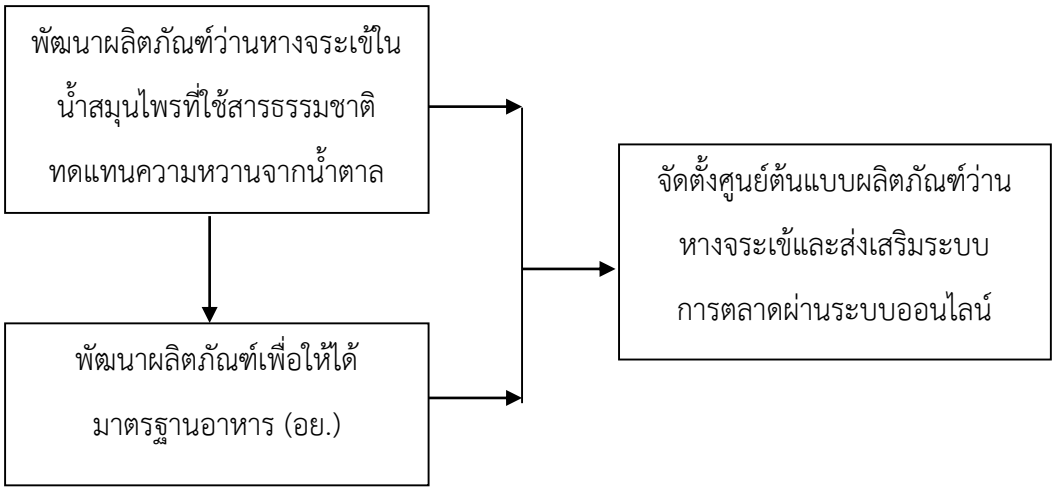
Komes และคณะ (2014) ได้พัฒนาส่วนผสมของน้ำสมุนไพรที่ได้จากใบของ Blackberry และสารให้ความหวานตามธรรมชาติ (แอปเปิ้ลแห้ง ลูกพรุน มะเดื่อ (Figs) ลูกเกด แอปริคอต แครอท หญ้าหวานและรากชะเอม) และได้ศึกษาคุณสมบัติทางโภชนาการและสรรพคุณ ลักษณะทางชีวภาพและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรผสมดังกล่าวมีปริมาณโพลีฟีนอลที่ต่ำกว่าโดยมีค่าระหว่าง 259.09-350.00 มก. GAE / L เมื่อเทียบกับการใช้ใบ blackberry อย่างเดียว แต่ส่วนผสมของสมุนไพรดังกล่าวมีปริมาณ chlorogenic, ferulic, p-coumaric, rosmarinic acids และ quercetin ที่สูงเท่ากับ macroelements (Ca, K , Mg) บางชนิด และสูงเท่ากับ microelements (Ba, Na) เช่นกัน ส่วนผสมของน้ำสมุนไพรที่มีหญ้าหวานยังพบสารโพลีฟีนอลสูงอีกด้วย และพบว่าแครอทแห้งมีปริมาณน้ำตาลที่ต่ำสุด (0.087 กรัม/กรัม) แต่ให้ค่าความหวานที่ 574.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกิดจากอนุพันธ์กลีเซอร์ไรซิค และพบว่าสารสกัดจากใบ Blackberry อย่างเดียวมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ ส่วนผสมของสูตรดังกล่าวก็ยังเพิ่มการแต่งกลิ่นเพื่อให้มีรสชาติที่ดีขึ้นและทำให้เกิดความหวานที่สมดุลเมื่อต้องใช้ใบของ Blackberry เข้ามาเป็นส่วนผสมของเครื่องดื่มสมุนไพรดังกล่าว

Siddiq et al (2018) ได้ศึกษาผลของการใช้เอนไซมเพคติเนสและเซลลูเลสต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำผลไม้บลูเบอรี่ (Vaccinium corymbosum) ซึ่งบลูเบอรี่อุดมไปด้วยแอนโทไซยานิน (anthocyanins), โพลีฟีนอลิก (polyphenolics) และสารต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองพบว่าการใช้เอนไซม์เพคติเนสและเซลลูเลสในการผลิตน้ำบลูเบอรี่จะทำให้ผลผลิตน้ำบลูเบอรี่ (juice yield) เป็น 86.91 – 87.29 mL/100 g เมื่อเทียบกับการผลิตน้ำบลูเบอรี่โดยไม่ใส่เอนไซม์ ซึ่งผลิตได้เพียง 75.45 mL/100 g ซึ่งจัดว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามการใส่เอนไซม์ผลกระทบต่อของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid)

(° Brix) น้ำตาลฟรุกโตส (fructose) น้ำตาลกลูโคส (glucrose) และน้ำตาลทั้งหมด (total sugars) และค่าสีน้ำผลไม้ฮันเตอร์ (L, a, และ b), มุมสี (h °) และ Chroma (C *) ได้รับผลกระทบในเชิงบวกโดยการรักษาเอนไซม์ เมื่อเทียบกับการผลิตน้ำบลูเบอรี่โดยไม่ใส่เอนไซม์ ส่วนผลการทดลองปริมาณแอนโทไซไซยานินทั้งหมด (total anthocyanins, ACY) พบว่าเมื่อมีการใส่เอนไซม์ในการผลิตน้ำบลูเบอรี่มีค่าสูงถึง 11-49-12.90 mg mg/100 mL ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเงื่อนไขที่ไม่มีการใส่เอนไซม์ในการผลิต (9.69 mg/100 mL) ส่วนปริมาณฟินอลิกทั้งหมด (Total phenolics, TPH) และ กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activities, ในรูป FRAP) พบว่าการใส่เอนไซม์ในการผลิตน้ำบลูเบอรี่กับไม่ใส่เอนไซม์ไม่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณของปริมาณฟินอลิกทั้งหมด (TPH) ของการใส่เอนไซม์ในการผลิตน้ำบลูเบอรี่มีค่าเท่ากับ 96-89-101.30 mg GAE/100 mL ส่วน ค่ากิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) มีค่าเท่ากับ 3.87–3.97 μmol TE/100 mL

Cheng et al (2018) ได้ศึกษาความคงตัวของปริมาณฟินอลิกและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของหมูสับชิ้น (dried-minced pork slices) ที่ราดด้วยน้ำมัลเบอร์รี่เข้มข้น (concentrated mulberry juice) ระหว่างการเตรียม (preparation) และการเก็บรักษา (storage) ผลการทดลองพบหมูสับชิ้นที่ราดด้วยน้ำมัลเบอร์รี่เข้มข้นมีปริมาณฟินอลิก (total phenolics) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) และโฟวานอยด์ (flavonoids) สูงโดยมีค่าเท่ากับ 19.13 ± 0.64 mg GAE/g d.m., 4.91 ± 0.18 C3GE mg/g d.m. และ 18.39 ± 1.21 mg CE/g d.m. ตามลำดับ และ นอกจากนี้พบว่าน้ำมัลเบอร์รี่ที่ราดบนหมูสับชิ้นจะช่วยลดไขมันและการออกซิเดชันของโปรตีนอีกด้วยเนื่องจากมีการลดของสาร thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) และปริมาณคาร์บอนิล (carbonyls) ระหว่างกระบวนการดำเนินงานและการเก็บรักษา นอกจากนี้ผลการทดลองพบว่าการเก็บรักษาหมูชิ้นสับราดด้วยน้ำมัลเบอร์รี่ด้วยความร้อนจะทำลายสารต้านอนูมูลอิสระ รวมถึงแอนโทไซยานิน โฟวานอยด์ และฟินอลิก และการทดลองยังพบว่าสีของเนื้อหมูที่ราดด้วยมัลเบอรี่มีสภาพเสถียรระหว่างการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าน้ำมัลเบอรี่เข้มข้นที่มีองค์ประกอบของโฟวาวานอยด์ (flavonoids) ฟินอลิก (total phenolics) แอนโทไซยานิน (anthocyanin สูงเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยธรรมชาติจึงเหมาะกับนำมาราดหมูชิ้นในการเพิ่มคุณค่าทางอาหารอีกทั้งในการการเก็บรักษาก็ไม่ทำให้สีของอาหารเปลี่ยน

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 2.20 กรอบแนวคิดการวิจัย