กะเพรากับการต้านอนุมูลอิสระ

Ocimum sanctum Linn. and Free Radical Scavenging Activity

สุกัญญา เขียวสะอาด
Sukanya Keawsaard
กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้เกี่ยวข้องกับอนุมูลอิสะ สารต้านอนุมูลอิสระ องค์ประกอบทางเคมีของกะเพรา และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกะเพรา อนุมูลอิสระเกิดจากปัจจัยทั้งภายในร่างกาย และจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดโรคร้ายต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรครูมาตอยด์ และโรคภาวะชรา เป็นต้น ผัก ผลไม้ และพืชสมุนไพร ส่วนใหญ่เป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติ กะเพราเป็นผักสวนครัว ที่นิยมนำมาปรุงอาหาร และมีสรรพคุณทางยาใช้รักษาโรคหลายชนิด กะเพราเป็นแหล่งของวิตามินซี เบต้าแคโรทีน และสารประกอบฟีนอลิกรวมถึงสารฟลาโวนอยด์หลายชนิด ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าสารเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ ปัจจุบันมีกลุ่มวิจัยหลายกลุ่มรายงานวิจัยถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกะเพรา ดังนั้นกะเพราจึงเป็นพืชที่น่าสนใจในการป้องกันอนุมูลอิสระ และยังมีประโยชน์ต่อร่างกายในการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

คำสำคัญ : กะเพรา, อนุมูลอิสระ, สารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

This review was related to the free radicals, antioxidants, chemical constituents of *Ocimum sanctum* Linn. and its antioxidation effect. The free radical sources were found from inner of human body and their environment. There are a major cause of various diseases such as cancer, heart disease, hypertension, diabetic, rheumatoid arthritis and ageing. Vegetables, fruits and herbs are the good source of antioxidants. *O. sanctum* is a vegetable. It has been used for cooking and also had medicinal properties for various diseases. *O. sanctum* contains vitamin C and β-carotene, including flavonoids and phenolic compounds which known to possess antioxidant potential. Recently, many group of researcher have been reported to antioxidant activity of *O. sanctum* . Therefore, *O. sanctum* is the interested vegetable in prevention of free radicals. It may be useful for human body as the healthy supplement.

Keywords: *Ocimum sanctum*, free radicals, antioxidants

E-mail address : sukanya_k40@hotmail.com โทรศัพท์ 053-241255 ต่อ 7117

1. บทนำ

ในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา อนุมูลอิสระได้รับความสนใจอย่างมากเนื่องจากมีผลต่อสุขภาพร่างกายมนุษย์ อนุมูลอิสระเมื่อทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในร่างกาย อาจทำให้การทำงานของสารชีวโมเลกุลเกิดความบกพร่อง ทำลายโครงสร้างดีเอ็นเอ เปลี่ยนสภาพโปรตีนและไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ สร้างพันธะโควาเลนต์กับโปรตีนทำให้โปรตีนทำงานผิดปกติ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคหรือเหนี่ยวนำให้เกิดโรคร้ายหลายชนิด เช่น โรคหัวใจ มะเร็ง ความดันโลหิตสูง เบาหวาน รูมาตอยด์ ความเสื่อมของเซลล์ประสาท ภาวะชรา [1,3] ปัจจุบันคนเรากลับหันมารับประทานผัก ผลไม้และพืชสมุนไพรเพื่อใช้ในการป้องกันและรักษาโรคมากขึ้น เนื่องจากเชื่อว่ามีความปลอดภัยมากกว่าการใช้ยา และเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีนและสารฟีนอลิก กะเพราเป็นผักสวนครัวที่เรารู้จักกันดี ใบกะเพรานำมาประกอบอาหารเพื่อปรุงรสและกลิ่น โดยเฉพาะหมูผัดใบกะเพราซึ่งเป็นอาหารยอดนิยม กะเพรามีสรรพคุณทางยา เช่น ขับเสมหะ แก้ปวด แก้คลื่นไส้อาเจียน ขับเหงื่อ ป้องกันโรคเกี่ยวกับตับและหัวใจ บรรเทาอาการระบบทางเดินอาหาร ลดภาวะเครียด แก้พิษจากงูกัดและแมงป่องต่อย ต้านเชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส การอักเสบ มาลาเรีย และมะเร็ง [4,5] มีการพบสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดในกะเพราและมีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับสมบัติต้านอนุมูลอิสระของกะเพรามากมาย ทำให้กะเพราเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

2. อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (Free radicals) หมายถึง อะตอมหรือโมเลกุล ที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวอยู่ในออร์บิทัลวงนอกสุด เป็นสารที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา โดยสูญเสียหรือให้อิเล็กตรอนแก่สารอื่นเพื่อให้อิเล็กตรอนอยู่เป็นคู่ อนุมูลอิสระที่มีความสำคัญทางชีวภาพ เช่น อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนอิออน (superoxide anion, $O_2^{-\bullet}$) อนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl, $OH^{\bullet}$) อนุมูลเปอร์ออกซิล (peroxyl, $ROO^{\bullet}$) แหล่งกำเนิดอนุมูลอิสระ มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยจากภายในและภายนอกร่างกาย ปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระในร่างกาย เช่น การทำงานของเอนไซม์แซนธีนออกซิเดส (xanthine oxidase, XOD) [6] ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันในกระบวนการสลายเบสพิวรีน โดยเปลี่ยนไฮโปรแซนทีน (hypoxanthine) เป็นแซนทีน (xanthine) ซึ่งแซนทีนเกิดปฏิกิริยาต่อเปลี่ยนเป็นกรดยูริก (uric acid) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเกิดอนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนอิออน ดังปฏิกิริยา

$$\text{Hypoxanthine} + O_2 + H_2O \xrightarrow{\text{XOD}} \text{xanthine} + H_2O_2 + O_2^{-\bullet}$$

$$\text{Xanthine} + O_2 + H_2O \xrightarrow{\text{XOD}} \text{uric acid} + H_2O_2 + O_2^{-\bullet}$$

ในร่างกายมีโลหะทรานซิชัน เช่น เหล็ก ทองแดง เมื่อทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะเกิดอนุมูลไฮดรอกซิล ($OH^{\bullet}$) [7] ซึ่งเป็นสารออกซิไดส์ที่แรง และไวในการทำปฏิกิริยาสูง มีค่าครึ่งชีวิตสั้นมาก ประมาณ 10^{-9} วินาที ดังนั้นอนุมูลไฮดรอกซิลจึงเป็นอันตรายต่อชีวโมเลกุลมากกว่าอนุมูลชนิดอื่นๆ ปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิลนี้ เรียกว่าปฏิริยาเฟนตัน (Fenton's reaction) ดังสมการ

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{3+} + OH^- + OH^{\bullet}$$

ปัจจัยภายนอกร่างกายที่เป็นแหล่งอนุมูลอิสระ เช่น **ยา** โดยเฉพาะยารักษาโรคมะเร็ง เช่น adriamycin, mitomycin C, bleomycin เมื่อรับประทานเข้าไปจะเกิดอนุมูลอิสระและเกิดภาวะลิพิดเปอร์ออกซิเดชันซึ่งเป็นกระบวนการที่ลิพิดถูกออกซิไดซ์โดยอนุมูลอิสระ[8] **ควันบุหรี่** ประกอบด้วยไนตริกออกไซด์ (NO) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และแอลคิลเปอร์รอกซีไนไตรท์ (ROONO) ซึ่งเป็นสาเหตุของอนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนอิออน อนุมูลไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และอนุมูลไฮดรอกซิล [9] **โอโซน** ไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระแต่เป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ เมื่ออนุมูลโอโซนแอนอิออนทำปฏิกิริยากับโปรตอนจะเกิดอนุมูลไฮดรอกซิล [10] นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอีกหลายอย่างที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ เช่น แสงแดด ควันจากท่อไอเสียรถยนต์ อาหารประเภทปิ้งย่าง สารชีวโมเลกุลในร่างกาย ได้แก่ ไขมัน โปรตีน และดีเอ็นเอ สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระทำให้การทำงานของสารชีวโมเลกุลเกิดความบกพร่องหรือถูกทำลาย ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคต่างๆ จะเห็นว่าคนเมืองมักเจ็บป่วยมากกว่าคนชนบท อาจเป็นเพราะว่าคนเมืองมีปัจจัยเสี่ยงในการรับอนุมูลอิสระมากกว่า โดยเฉพาะเรื่องอาหารการกินและมลพิษสิ่งแวดล้อม

3. สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) [11] เป็นสารที่ทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระโดยตรงเพื่อกำจัดอนุมูลอิสระให้หมดไปหรือยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ ในร่างกายมีเอนไซม์บางชนิดที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น **เอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส** (Superoxide dismutase, SOD) สามารถขจัดอนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนอิออน โดยเปลี่ยนเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

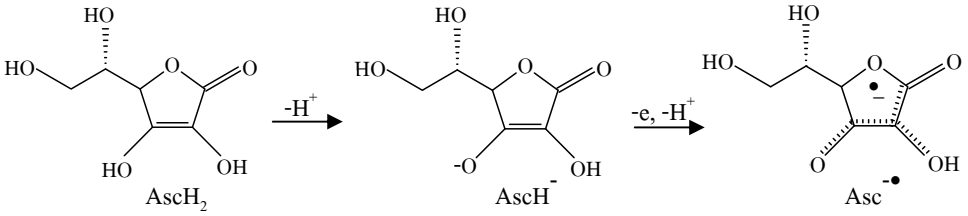
$$2O_2^{-\bullet} + 2H^+ \xrightarrow{SOD} H_2O_2 + O_2$$

เอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (Glutathione peroxidase, GPx) ทำงานร่วมกับธาตุซิลีเนียมและกลูตาไทโอน (GSH) โดยเร่งปฏิกิริยารีดักชันของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ได้แก่ ลิพิดเปอร์ออกไซด์ (ROOH) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำและกลูตาไทโอนไดซัลไฟด์ (GSSG) นอกจากนี้สามารถสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ให้เกิดปฏิกิริยาเฟนตัน ดังสมการ

$$ROOH + 2GSH \xrightarrow{GPx\ ,\ Se} ROH + GSSG + H_2O$$

$$H_2O_2 + 2GSH \xrightarrow{GPx\ ,\ Se} H_2O + GSSG$$

ปัจจุบันพบว่า ผัก ผลไม้ และพืชสมุนไพร มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากมีสารเคมีหลายชนิดที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระเป็นองค์ประกอบ เช่น **วิตามินซี** (vitamin C) พบมากในผักและผลไม้สด เช่น ดอกขี้เหล็ก ผักหวาน มะรุม ส้ม มะขามป้อม เมื่อวิตามินซี ($AscH_2$) อยู่ในร่างกายจะแตกตัวให้ไฮโดรเจนแล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูป ascorbate anion ($AscH^-$) ซึ่งเมื่อให้อิเล็กตรอนและไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ เช่น อนุมูลไฮดรอกซิล อนุมูลเปอร์ออกซิล และอนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนอิออออน จะได้อนุมูล semidehydroascorbate ($Asc^{-\bullet}$) ที่เสถียร ดังสมการ

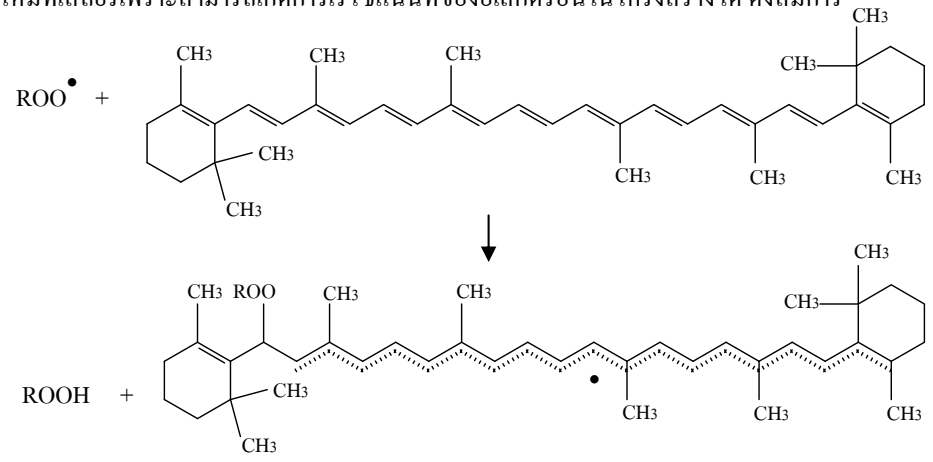


$$AscH^- + {}^{\bullet}OH \longrightarrow H_2O + Asc^{-\bullet}$$

$$AscH^- + LOO^{\bullet} \longrightarrow LOOH + Asc^{-\bullet}$$

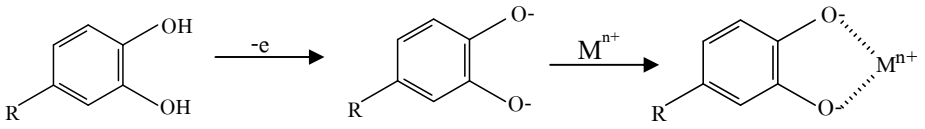
$$AscH^- + O_2^{-\bullet} + H^+ \longrightarrow H_2O_2 + Asc^{-\bullet}$$

เบต้าแคโรทีน (β-carotene) พบในผัก ผลไม้ที่มีสีเหลืองส้ม เช่น ฟักทอง แครอท มะละกอ มะเขือเทศ ยอดแค ใบกะเพรา ใบขี้เหล็ก ผักเชียง เมื่อเบต้าแคโรทีนดักจับอนุมูลอิสระจะได้อนุมูลใหม่ที่เสถียรเพราะสามารถเกิดการเรโซแนนท์ของอิเล็กตรอนในโครงสร้างได้ ดังสมการ



สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) เป็นวงแหวนอะโรมาติก มีหมู่แทนที่เป็นหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อย 1 หมู่ สารฟลาโวนอยด์จัดเป็นสาระสำคัญของกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูง แต่ยังไม่มีรายงานยืนยันที่ชัดเจนถึงกลไกการออกฤทธิ์ของสารต่างชนิดกันกลไกหลักในการออกฤทธิ์ของสารกลุ่มนี้มีหลายกลไกเช่น

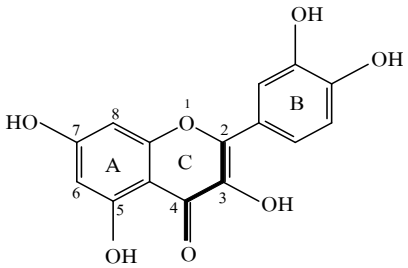
1) **เป็นสารคีเลต** (chelating agent) สารที่มีโครงสร้างเป็น ortho-dihydroxyl group ทำหน้าที่จับกับโลหะทรานซิชัน เช่น Fe^{2+} และ Cu^{2+} ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเกิดอนุมูลอิสระ กลไกในการจับโลหะของสารฟีนอลิกหรือฟลาโวนอยด์เป็นดังสมการ [24,25]



2) **ดักจับอนุมูลอิสระ** (radical scavenging) สารฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลิกหลายชนิดสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้โดยการให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ เกิดอนุมูลอิสระใหม่ที่มีความเสถียรขึ้นเนื่องจากโครงสร้างสามารถเกิดการเรโซแนนท์ของอิเล็กตรอนได้ [26] ดังสมการ

$$R^{\bullet} + \text{Phenolic-OH} \longrightarrow \text{Phenolic-O}^{\bullet} + RH$$

และในกะเพราพบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลิกหลายชนิด ดังรูปที่ 1 โดยเฉพาะสารฟลาโวนอยด์ที่มีโครงสร้างตรงพันธะคู่ที่ตำแหน่ง 2-3 คอนจูเกทกับหมู่ 4-oxo ในวง C ดังรูปที่ 2 เมื่อให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระแล้วอนุมูลของฟลาโวนอยด์ฟีนอกซิล ซึ่งเสถียรเนื่องจากมีการเรโซแนนท์ของอิเล็กตรอนตลอดเวลา ซึ่งสารที่มีลักษณะนี้จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง [11]



รูปที่ 2 ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ดัดแปลงมาจาก [11])

3) **เสริมฤทธิ์ (synergism) ของวิตามินอี** [26] เมื่อวิตามินอี (α-tocopherol) ให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ เช่น อนุมูลเปอร์ออกซิล ($ROO^{\bullet}$) จะเปลี่ยนเป็นอนุมูลวิตามินอี

$$\alpha\text{-tocopherol} + ROO^{\bullet} \longrightarrow \alpha\text{-tocopheryl-O}^{\bullet} + ROOH$$

สารฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลิกจะรีดิวส์อนุมูลวิตามินอีกลับมาเป็นวิตามินอีเหมือนเดิม ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ต่อไปอีก

$$\alpha\text{-tocopheryl-O}^{\bullet} + \text{Flavonoid-OH} \longrightarrow \alpha\text{-tocopherol} + \text{Flavonoid-O}^{\bullet}$$

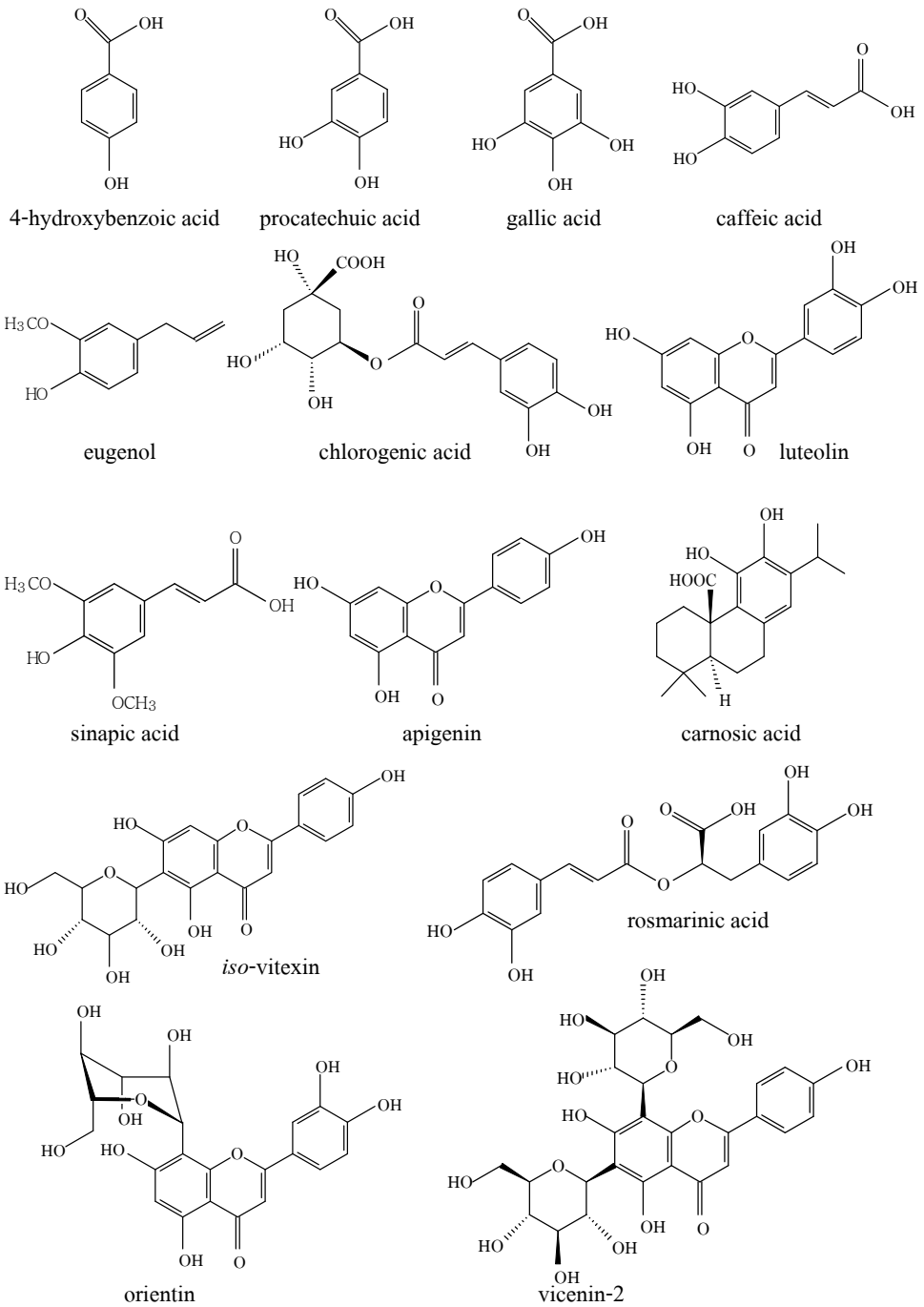
จะเห็นได้ว่าโดยปกติร่างกายคนเรามีกลไกในการกำจัดอนุมูลอิสระได้เอง แต่หากร่างกายมีอนุมูลอิสระมากเกินไปอาจเป็นอันตรายแก่ร่างกายจึงจำเป็นต้องรับสารต้านอนุมูลอิสระจากภายนอกร่างกาย ซึ่งโดยทั่วไปมีในผัก ผลไม้และพืชสมุนไพร ทำให้ปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผัก ผลไม้ และพืชสมุนไพรกันมากขึ้น

4. กะเพรา

กะเพรามีชื่อวิทยาศาสตร์ *Ocimum sanctum* Linn. อยู่ในวงศ์ Labiatae เป็นไม้ล้มลุกขนาดเล็กปลูกได้ทั่วไปในเขตร้อน กะเพรามีอยู่ 2 พันธุ์ คือกะเพราขาวและกะเพราแดง กะเพราขาวมีใบและกิ่งสีเขียวอ่อน ส่วนกระเพราแดงมีใบและกิ่งสีเขียวอมม่วงแดง กะเพราแดงมีกลิ่นแรงกว่ากะเพราขาว ลำต้นมีความสูง 30-60 เซนติเมตร ใบเป็นใบเดี่ยว รูปรี ปลายแหลม ขอบใบหยัก มีกลิ่นหอม [5,13]

กะเพรา 100 กรัม มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน (4.2 กรัม) ไขมัน (0.5 กรัม) คาร์โบไฮเดรท (2.3 กรัม) วิตามินซี (83 มิลลิกรัม) เบต้าแคโรทีน (2.5 มิลลิกรัม) โครเมียม (2.9 ไมโครกรัม) ทองแดง (0.4 ไมโครกรัม) สังกะสี (0.15 ไมโครกรัม) วาเนเดียม (0.54 ไมโครกรัม) เหล็ก (2.32 ไมโครกรัม) และนิกเกิล (0.73 ไมโครกรัม) [12,14]

น้ำมันหอมระเหยของใบกะเพราประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิด เช่น α-thujene, (*Z*)-3-hexanol, ethyl-2-methyl butyrate, α-pinene, β-pinene, camphene, sabinene, myrecene, limonene, 1,8-cineole, *cis*-β-ocimene, *p*-cymene, terpinolene, allo-ocimene, α-cubebene, γ-terpene, *trans*-linalool oxide, geraniol, α-copaene, β-bourbonene, linalool, β-farnesene, β-elemene, β-caryophyllene, *iso*-eugenol, α-guaiene, α-amorphene, α-humulene, α-terpeneol, *iso*-borneol, germacrene-D, β-selinene, α-muurolene, δ-cadinene, cuparene, calamenene, geraneol, nerolidol, caryophyllene oxide, (*E*,*Z*)-farnesol, elemol, methyl chavicol, bomeol, limonene, farnesol, urosolic acid, carvacrol, eugenic acid และ limatrol [14-16] น้ำมันหอมระเหยเป็นสารที่มีกลิ่นหอม เราจึงควรใช้ใบกะเพราที่เด็ดจากต้นสดๆ ในการปรุงอาหาร เพราะถ้าทิ้งไว้ความหอมของกะเพราจะจางหายไป ส่วนน้ำมันเมล็ดกะเพรามีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ palmitic, stearic, linolenic, linoleic และ oleic acid [14] นอกจากนี้พบสารเคมีหลายชนิดที่เป็นองค์ประกอบในใบและส่วนต่างๆ ของกะเพรา เช่น urosolic acid, apigenin, luteolin, apignin-7-O-glucuronide, luteolin-7-O-glucuronide,



รูปที่ 1 สูตรโครงสร้างของสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์บางชนิดที่พบในกะเพรา [14, 17-18]

iso-rientin, orientin, molludistin, stigmsterol, triacontanol ferulate, vicenin-2, vitexin, *iso*-vitexin, aesculetin, aesculin, chlorgenic acid, galuteolin, circineol, gallic acid, gallic acid methyl ester, procatechuic acid, 4-hydroxybenzoic acid, vallinin, caffeic acid, phenylpropane glucosides 1, β-stigmsterol, cirsilineol, cirsimartin, isothymusin, isothymonin, rosmarinic acid, carnosic acid, eugenol และ sinapic acid [14, 17-18] โครงสร้างทางเคมีของสารฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลิกบางชนิดที่พบในกะเพราแสดงในรูปที่ 1 ปัจจุบันมีการค้นพบสารต้านอนุมูลอิสระจำนวนมากในผัก ผลไม้ และพืชสมุนไพร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลิก จะเห็นได้ว่ากะเพรามีสารกลุ่มนี้เป็นองค์ประกอบหลายชนิด ดังนั้นกะเพราน่าจะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

5. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกะเพรา

ในกะเพราพบวิตามินซี ซึ่งทราบกันดีว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ดังนั้นในการทำอาหารควรใส่ใบกะเพราหลังสุด เพื่อคงสมบัติการต้านอนุมูลอิสระไว้เพราะวิตามินซีจะสลายตัวง่ายเมื่อโดนความร้อน ส่วนเบต้าแคโรทีนสามารถละลายได้ในน้ำและน้ำมัน ดังนั้นอาหารที่มีน้ำและน้ำมันอยู่จะสกัดสารนี้ออกจากใบกะเพราได้ดี ทำให้เบต้าแคโรทีนเข้าสู่ร่างกายได้เร็วขึ้น นอกจากนี้พบสารฟีนอลิก รวมถึงสารฟลาโวนอยด์ในกะเพรา ปัจจุบันพบว่าสารกลุ่มนี้มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ มีรายงานพบสารฟลาโวนอยด์ luteolin และ orientin (รูปที่ 1) ในกะเพราซึ่งมีโครงสร้างตรงพันธะคู่ที่ตำแหน่ง 2-3 คอนจูเกทกับหมู่ 4-oxo ในวง C ซึ่งสารที่มีโครงสร้างลักษณะนี้จะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ปัจจุบันมีรายงานฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกะเพรามากมาย เช่น Wangcharoen และ Morasuk [13] ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกะเพราขาวและกะเพราแดงโดยวิธี FRAP (Ferric reducing ability of plasma), ABTS (2,2-azino-bis[3-ethylbenz-thiazoline-6-sulphonate]) และ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) พบว่ากะเพราแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากะเพราขาว Hakkim และคณะ [18] รายงานสารสกัดเมทานอลจากกะเพรามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน อนุมูลไฮดรอกซิล อนุมูลเปอร์ออกไซด์ และการจับกับโลหะเหล็ก ซึ่งส่วนใบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากิ่งและช่อดอก ส่วน Aqli และคณะ [20] ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดเมทานอลของกะเพรามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพืชหลายชนิด เช่น ชา (*Camellia sinensis*) และกระเทียม (*Allium sativum*) นอกจากนี้ Bunrathep และคณะ [22] ศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากพืชไทยในวงศ์ Labiatae 4 ชนิด พบว่าน้ำมันยี่หร่า (*O. gratissimum*) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด รองลงมาคือน้ำมันกะเพรา (*O. sanctum*) แมงลัก (*O. canum*) และโหระพา (*O. basilicum*) ตามลำดับ และน้ำมันกะเพราแดงมี

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากะเพราขาว ในน้ำมันหอมระเหยมีสาร eugenol เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นสารที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน [17,23] Devi และคณะ [21] พบสารฟลาโวนอยด์ 2 ชนิด ได้แก่ orientin และ vicenin ในใบกะเพรา ซึ่งสามารถยับยั้งปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันในตับหนูด้วยความเข้มข้นต่ำประมาณ 10-500 ไมโครโมลาร์ โดยยับยั้งการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิลที่เกิดจากปฏิกิริยาเฟนตัน มีรายงานสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสารฟีนอลิกในใบกะเพรา 6 ชนิด ได้แก่ cirsilineol, cirsimaritin, isothymusin, isothymonin, apigenin และ rosmarinic acid และพบว่าสารเหล่านี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ [17] Balanehru และ Nagarajan [27,28] ได้แยกสาร urolic acid จากกะเพรา พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้สูงถึง 60% และสามารถลดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันในตับและไมโครโซมของหัวใจสัตว์ทดลองที่ได้รับยา adriamycin เมื่อนำสาร oleanolic acid ซึ่งได้จากการแยกจากต้น *Eugenia jumbolana* มาผสมกับสาร urolic acid พบว่าสามารถลดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันได้สูงถึง 69% ทำให้ความเป็นพิษต่อหัวใจของ adriamycin ลดลง จากองค์ประกอบทางเคมีที่พบในกะเพรา พบสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น วิตามินซี เบต้าแคโรทีน สารฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลิกหลายชนิด ซึ่งสารแต่ละชนิดอาจมีฤทธิ์การทำงานเสริมกันหรือหักล้างกันหรือมีเพียงสารบางชนิดเท่านั้นที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งยังไม่มีคำตอบที่ชัดเจน แต่จากรายงานวิจัยมากมายที่ผ่านมาเกี่ยวกับการต้านอนุมูลอิสระของกะเพรา คงทำให้เราสามารถสรุปได้ว่ากะเพรามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นการรับประทานผัดกะเพราเป็นประจำทำให้ผู้บริโภคสามารถได้รับสารต้านอนุมูลอิสระ

6. สรุป

อนุมูลอิสระเป็นสาเหตุของโรคหลายชนิดโดยเฉพาะโรคมะเร็ง อนุมูลอิสระถูกทำลายด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ปกติในร่างกายมีสารต้านอนุมูลอิสระ แต่ถ้าอนุมูลอิสระมีมากเกินไป ร่างกายจำเป็นต้องได้รับสารต้านอนุมูลอิสระจากปัจจัยภายนอกร่างกาย กะเพราเป็นผักสวนครัวที่อยู่คู่กับคนเรามาเป็นเวลาช้านาน เพียงแต่สมัยก่อนยังมีการศึกษาวิจัยน้อย แต่ปัจจุบันเป็นทราบกันดีถึงประโยชน์อันมากมายของกะเพรา ทั้งสรรพคุณในการรักษาโรคหลายชนิด รวมถึงสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งในกะเพราพบสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด ดังนั้นการบริโภคกะเพราเป็นประจำจะมีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย สามารถต้านอนุมูลอิสระและป้องกันการเกิดโรคร้ายต่างๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

[1] Cornish, M.L. and Garbarg, D.J., 2010. Antioxidant from microalgae: potential application in human health and nutrition. *Free Radic. Biol. Med.*, 25, 155-171.

[2] Ricardson, S.J., 1993. Free radical in the genesis of Alzheimer's disease. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 695, 73-76.

[3] Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Mark, T.D., Cronin, M.T.D., Milan Mazur, M. and Telser, J., 2007. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int. J. Biochem. Cell Biol*., 39(1), 44–84.

[4] Prakash, P. and Gupta, N., 2005. Therapeutic uses of *Ocimum sanctum* Linn (tulsi) with a note on eugenol and its pharmacological actions: a short review. *Indian J. Physiol. Pharmacol.*, 49(2), 125-131.

[5] Pandey, G. and Madhuri, S., 2010. Pharmacological activities of *Ocimum sanctum* (tulsi): a review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 5(1), 61-66.

[6] Pei, J. and Li, X., 2000. Xanthine and hypoxanthine sensors based on xanthine oxidase immobilized on a $CuPtCl_6$ chemically modified electrode and liquid chromatography electrochemical detection. *Anal. Chim. Acta*., 414, 205-213.

[7] Barbusinki, K., 2009. Fenton reaction-controversy concerning the chemistry. *Eco. Chem. Eng.*, 16(3), 347-358.

[8] Sangeetha, P., Das, U.N., Koratkar, R. and Suryaprabha, P., 1990. Increase in tree radical generation and lipid peroxidation following chemotherapy in patients with cancer. *Free Radic. Biol. Med*., 8(1), 15-19.

[9] Pryor, W.A., 1997. Cigarette smoke radicals and the role of free radicals in chemical carcinogenicity. *Environ. Health Perspect.*, 105, 875-882.

[10] Pryor, W.A., 1994. Mechanisms of radical formation from reactions of ozone with target molecules in the lung. *Free Radic. Biol. Med*., 17(5), 451-465.

[11] โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจง, จันทนา บุญยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง, 2550. สารต้านอนุมูลอิสระ. พิมพ์ครั้งที่ 2, นิวไทยมิตรการพิมพ์. กรุงเทพฯ. [Opa Vajragupta, Preecha. Boonchoong, Chantana Boonyarut, and Maleeruk Utsintong, 2007. Radical Scavenging Agent. 2nd ed. New Thai Mitkanpim Publisher. Bangkok (in Thai)]

[12] Padayatty, S.J. and Levine, M., 2001. New insights into the physiology and pharmacology of vitamin C. *CMAJ.*, 164(3), 353-355.

[13] Wangcharoen, W. and Morasuk, W., 2007. Antioxidant capacity and phenolic content of some Thai culinary plants. *Mj. Int. J. Sci. Tech*., 01(02), 100-106.

[14] Mondal, S., Mirdha, B.R. and Mahapatra, S.C., 2009. The science behind sacredness of tulsi (*Ocimum sanctum* Linn.). *Indian J. Physiol. Pharmacol*., 53(4), 291-306.

[15] Vani, S.R., Cheng, S.F. and Chuah, C.H., 2009. Comporative study of volatile compounds from Genus *Ocimum*. *Am. J. Applied Sci*., 6(3), 523-528.

[16] Rahmari, S., lslarn, R., Kamruzzaman, M., Alarn, K. and Jamal, H.M., 2011. *Ocimum sanctum* L.: a review of phytochemical and pharmacological profile. *Am. J. Drug Discov. Dev*., 1-15.

[17] Kelm, M.A., Nair, M.G., Strasbury, G.M. and Dewitt, P.L., 2000. Antioxidant and cyclcoxgerase inhibitory phenolic compounds from *Ocimum sanctum* Linn. *Phytomed*., 7(1), 7-13.

[18] Hakkim, F.L., Shankar, C.G. and Girija, S., 2007. Chemical composition and antioxidant property of holy basil (*Ocimum sanctum* L.) leaves, stems, and inflorescence and their *in vitro* callus cultures. *J. Agric. Food Chem*., 55, 9109-9117.

[19] Tachakittirungrod, S., Okonogi, S. and Chowwanapoonpohn, S., 2007. Study on antioxidant activity of certain plants in Thailand: mechanism of antioxidant action of guava leaf extract. *Food Chemistry*., 103, 381-388.

[20] Aqil, F., Ahmad, I. and Mehmood, Z., 2006. Antioxidant and free radical scavenging properties of twelve traditionally used Indian medicinal plants. *Turk. J. Biol*., 30, 177-183.

[21] Devi, P.U., Ganasoundari, A., Vrinda, B., Srinivasan, K.K. and Unnikrishnan, M.K., 2000. Radiation protection by the Ocimum flavonoids orientin and vicenin: mechanisms of action. *Radiat. Res*., 154, 455-460.

[22] Bunrathep, S., Palanuvej, C. and Ruangrungsi, N., 2007. Chemical composition and antioxidative activities of essential oils from four *Ociumum* spcies endemic to Thailand. *J. Health Res*., 21(3), 201-206.

[23] Gupta, S.K., Prakash, J. and Sriuastava, S.V., 2002. Validation of claim of Tulsi, *Ocimum sanctum* Linn. as a medicinal plant. *Indian J. Exp. Biol*., 40(7), 765-773.

[24] Sanchez-Moreno, C.A., Jimenez-Escria and Saura-Calixto, J., 2000. Study of low-density lipoprotein oxidizability indexes to measure the antioxidant activity of dietary polyphenols. *Nutrit. Res*., 20, 941-953.

[25] Jirum, J. and Srihanam, P., 2011. Oxidants and antioxidants: sources and mechanism. J. *Kalasin Rajabhat University*, 1(1), 59-69.

[26] Valacchi, G., Pagnin, E., Corbacho, A.M., Olano, E., Davis, P.A., Packer, L. and Cross, C.E., 2004. In vivo ozone exposure induces antioxidant stress-related responses in murine lung and skin. *Free Radic. Biol. Med*., 36, 673-681.

[27] Balanehru, S. and Nagarajan, B. 1991. Protective effect of oleanolic acid and ursolic acid against lipid peroxidation. *Biochem. Int.*, 24(5), 981-990.

[28] Balanehru, S. and Nagarajan, B. 1992. Intervention of adriamycin induced free radical damage. *Biochem. Int.*, 28(4), 735-44.