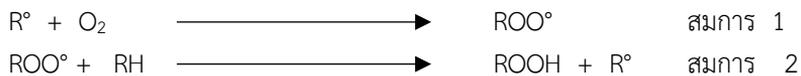


การเกิดอนุมูลอิสระ และกลไกของสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายมนุษย์

สุนีย์ สหัสโพธิ์^{1*} และ ธัญญธรณ์ สหัสโพธิ์¹

อนุมูลอิสระ (oxidant หรือ free radical) หมายถึง อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่ โคตเดี่ยวอยู่รอบนอก เป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในลักษณะเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (ดังสมการ 1 และ 2) สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆ ที่อยู่รอบข้างได้ทันทีที่ถูกสร้างขึ้นมีความว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยามาก และสามารถดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นมาแทนที่อิเล็กตรอนที่ขาดหายไปเพื่อให้ตัวเองเกิดความสมดุล หรือมีเสถียร (ศิริธร, 2557)



โดยปกติอนุมูลอิสระจะเกิดขึ้นตลอดเวลาในร่างกาย ที่สำคัญจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหารหรือเมแทบอลิซึมสารอาหารภายในร่างกาย ซึ่งเรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) โดยมีตัวกระตุ้นสำคัญที่เรียกว่า Reactive Oxygen Species (ROS) หมายถึง โมเลกุลที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา ซึ่งอาจจะเป็นอนุมูลอิสระหรือไม่ใช่อนุมูลอิสระก็ได้ ตัวอย่างของอนุมูลอิสระและ ROS เช่น อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ (superoxide anion radical), อนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical), อนุมูลเพอร์ออกไซด์ (peroxide radical), อนุมูลเพอร์ออกซิล (peroxy radical), ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide), โอโซน (ozone), ออกซิเจนอะตอมเดี่ยว (singlet oxygen) และอนุมูลไฮโดรเจน (hydrogen radical) เป็นต้น อนุมูลอิสระเหล่านี้ส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่องค์ประกอบต่างๆ ภายในร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนสภาพโปรตีนและไขมัน ของเยื่อหุ้มเซลล์ การทำลายโครงสร้างดีเอ็นเอ (Ames et al., 1993) เป็นสาเหตุสำคัญของโรคหลายชนิด ได้แก่ โรคมะเร็ง โรคพาร์กินสัน โรคสมองฝ่อ โรคไขข้ออักเสบ โรคหัวใจ และโรคที่เกิดจากเซลล์และเนื้อเยื่อในร่างกายต่อต้านกันเอง (autoimmune) นอกจากอนุมูลอิสระที่เกิดจากผลพลอยได้จากการใช้ออกซิเจนของกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ ยังเกิดจากปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ได้แก่ มลพิษ การติดเชื้อ รังสียูวี คิววินจากท่อไอเสียรถยนต์



และควินบุทรี อนุมูลอิสระเหล่านี้สามารถถูกกำจัดหรือลดความรุนแรงด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถจับกับอนุมูลอิสระแล้วเกิดเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ที่เสถียรมากกว่า ส่งผลให้วงจรการเกิดอนุมูลอิสระตัวใหม่หยุดลง

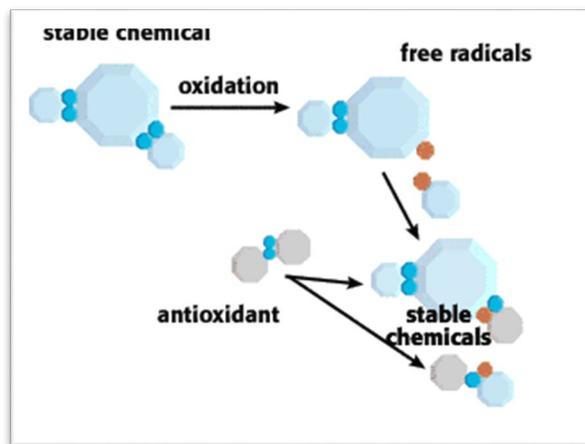
¹ สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

¹ Foods and Nutrition Program, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

² สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

² Master of Home Economics Program, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

*ผู้ประสานงานนิพนธ์ E-mail : suneer.s@rmutp.ac.th

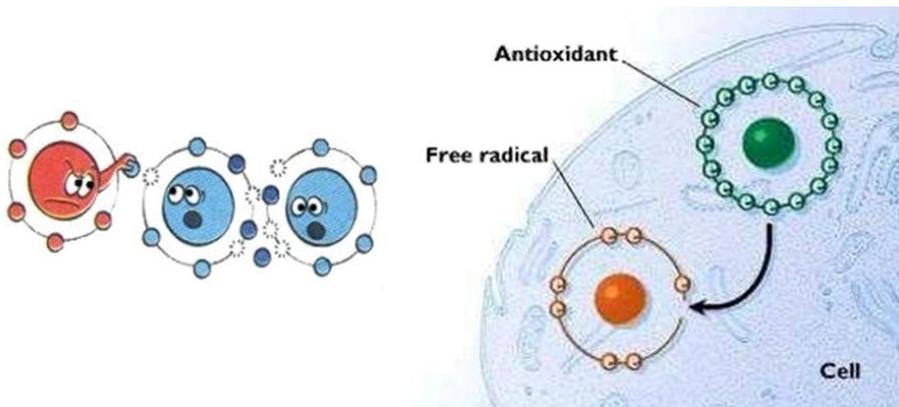


ภาพที่ 1 การเกิดสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย
ที่มา: สุนีย์ (2560)

สารต้านอนุมูลอิสระ คือ สารที่ต้านการเกิดหรือยับยั้งการทำงานของอนุมูลอิสระรวมทั้งยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระจะเป็นโมเลกุลที่มีความเสถียร มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย สามารถทำปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ และยับยั้งปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ในการเกิดอนุมูลอิสระได้ ในสิ่งมีชีวิตจะมีระบบการป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระ ประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมากมายหลายชนิด ที่ทำหน้าที่แตกต่างกันไป



ซึ่งมีทั้งที่เป็นเอนไซม์และไม่เป็นเอนไซม์ สารประกอบที่ละลายในน้ำและสารประกอบที่ละลายในไขมัน กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระในการกำจัดอนุมูลอิสระมีหลายกลไก เช่น การดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging) ให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ (electron donor) เป็นการทำให้โมเลกุลของอนุมูลอิสระมีความเสถียรขึ้น การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่เป็นอิเล็กตรอนเดี่ยวที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา (singlet oxygen quenching) จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (metal chelation) หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (chain-breaking) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (enzyme inhibition) (จิตารัตน, 2558)



ภาพที่ 2 กลไกการทำงานในร่างกายของสารต้านอนุมูลอิสระ

ที่มา: สุณี๋ย (2554)

แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระมีสองแหล่ง ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidants) และสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (natural antioxidants) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ที่มีการอนุญาตให้ใช้ในอาหารในปัจจุบัน ได้แก่ บีเอชเอ บีเอชที โพรพิลแกลเลต เอทอกซีควิน แอสคอร์บิลปาลมิเตต และทีบีเอชคิว สารสังเคราะห์ดังกล่าวนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติเปลี่ยนแปลงไป สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ สามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ ซึ่งเป็นวิตามิน เอนไซม์และสารอื่นๆ ตัวอย่างของสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นวิตามิน เช่น วิตามินซี (พบที่ไซโทพลาสซึม) วิตามินอี (พบที่เมมเบรน) กลูตาไธโอน (ป้องกันอันตรายจากอนุมูลอิสระที่ไซโทพลาสซึมและเมมเบรน) สารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นเอนไซม์ ได้แก่ กลูตาไธโอนเพอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase : GPX) กลูตาไธโอนรีดักเทส (glutathione reductase)

และ กลูตาไธโอนทรานเฟอเรส (glutathione transferase) ซึ่งทำหน้าที่ทำให้โมเลกุลของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เป็นออกซิเจนและน้ำ ส่วนเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์สมิวเทส (superoxide dismutase : SOD) สามารถเปลี่ยน O_2^- เป็น H_2O_2 สารต้านอนุมูลอิสระ อื่นๆ ได้แก่ แคโรทีนอยด์ (carotenoid) ยูบิควิโนน (ubiquinones) สามารถป้องกันอนุมูลอิสระออกซิเจนทั้งภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ (สุนีย์, 2554) นอกจากนี้ยังแบ่งสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายตามระบบต้านอนุมูลอิสระได้ 2 ประเภท คือ ประเภทป้องกันการเกิดสารอนุมูลอิสระ ได้แก่ เอนไซม์เพอร์ออกไซด์ (peroxide), เพอร์ออกซิเดส (peroxidase), กลูตาไธโอนเพอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase), catalase, cytochrome C, ทองแดง, สังกะสี, ซีเลเนียม เป็นต้น และประเภทที่ 2 คือ กลุ่มที่ทำลายปฏิกิริยาลูกโซ่ ได้แก่ อัลบูมิน (albumin), กรดยูริก (uric acid), บิลิรูบิน (bilirubin), ยูบิควิโนน, หมู่ซัลไฟไฮไดรล (sulfhydryl groups), ซิสเตอีน (cysteine), เบต้าแคโรทีน, แคโรทีนอยด์, วิตามินอี, วิตามินซี เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสารประกอบฟีนอล (phenolic compound) และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (อิดารัตน์, 2558; ศิริธร, 2557)

สารต้านอนุมูลอิสระสามารถพบได้ตามธรรมชาติในรูปของสารประกอบฟีนอล แคโรทีนอยด์ และสารประกอบไนโตรเจน แหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระส่วนแรกนั้นเกิดจากร่างกายสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ และส่วนที่สองคือกลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระจากวิตามินเอ ซี อี หรือเบต้าแคโรทีน รวมทั้งสารประกอบโพลีฟีนอล ซึ่งเป็นพฤษเคมีที่สามารถพบได้ในพืชและผลไม้

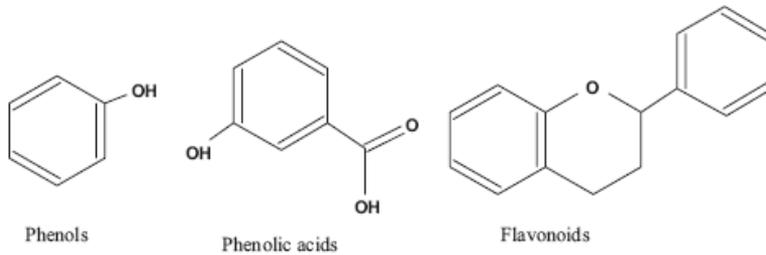
อย่างไรก็ตามในภาวะปกติร่างกายของคนจะมีการป้องกันการสะสมสารอนุมูลอิสระโดยการสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาควบคุมปริมาณสารอนุมูลอิสระให้อยู่ในภาวะที่สมดุล และอีกส่วนได้จากสารต้านอนุมูลอิสระที่ร่างกายรับประทานเข้าไปจำพวกวิตามินเบต้าแคโรทีน และแคโรทีนอยด์ รวมทั้งสารประกอบฟีนอล (สิริพันธ์, 2558) เช่น

1. วิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก (AsC_2) มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี จึงทำหน้าที่ต้านอนุมูลอิสระในเซลล์และอวัยวะที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก มีหมู่ไฮดรอกซิล 2 หมู่ ที่แตกตัวให้ไฮโดรเจนได้ ปฏิกิริยาโดยรวมคือ การให้อิเล็กตรอน 1 ตัว ร่วมกับอะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ เป็นการกำจัดหรือสลายอนุมูลอิสระโดยเปลี่ยน R^\bullet ให้เป็น RH จากการกำจัดนี้จะได้อนุมูลอิสระตัวใหม่ที่มีความไวต่ำ คือ กรดแอสคอร์บิก

2. วิตามินอี (tocopherol) เป็นวิตามินที่ละลายได้ดีในไขมัน จากโครงสร้างมีหลายไอโซเมอร์ โดย alpha-tocopherol เป็นไอโซเมอร์ที่มีฤทธิ์สูงสุด วิตามินอีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญของเมมเบรนซึ่งมีลิพิดเป็นองค์ประกอบ โดยป้องกันไม่ให้เกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน

3. สารประกอบฟีนอล คือ สารที่มีหมู่ OH บนวงอะโรมาติกตั้งแต่ 1 กลุ่มขึ้นไป สารประกอบฟีนอลพื้นฐาน คือ สารฟีนอล (phenol) ในโมเลกุลประกอบด้วยวงอะโรมาติก 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่



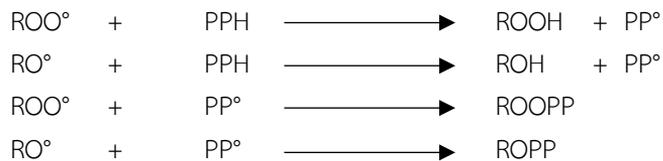


Structures of common phenolic compounds.

ภาพที่ 3 โครงสร้างสารประกอบฟีนอล

ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา (2561)

สารประกอบฟีนอลเป็นกลุ่มสารที่พบมากในธรรมชาติ ได้แก่ พืชผัก ผลไม้ เครื่องเทศ ชาเขียว ชาดำ ซ็อกโกแลต ถั่วเมล็ดแห้ง เมล็ดธัญพืช และไวน์แดง เป็นต้น สารประกอบฟีนอลเป็นสารในกลุ่ม secondary metabolite ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโต และขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด รูปแบบของสารประกอบฟีนอลในพืชแต่ละชนิด จึงแตกต่างกันออกไป สารประกอบฟีนอลในพืชกลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบคือ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) สารประกอบฟีนอลทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ และไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และโมเลกุลอื่นๆ ด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว ดังปฏิกิริยา



ปัจจุบันสารประกอบฟีนอลพบมากกว่า 8,000 ชนิดตามธรรมชาติ เช่น กรดฟีนอลิก ฟีนิลโพรพานอยด์ และฟลาโวนอยด์ ไปจนถึงโครงสร้างโพลีเมอร์ที่ซับซ้อน เช่น ลิกนิน เมลานิน และแทนนิน เป็นต้น สารประกอบฟีนอลที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside) น้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล คือ น้ำตาลกลูโคส และพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลด้วยกันเอง หรือสารประกอบฟีนอลกับสารประกอบอื่นๆ เช่น กรดอินทรีย์ รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีน แอลคาลอยด์ (alkaloid) และเทอร์พีนอยด์ (terpenoid) เป็นต้น สารประกอบฟีนอลมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีบทบาท

สำคัญในการต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านการอักเสบ และมีคุณสมบัติในการสลายลิ่มเลือดรวมไปถึงเป็นสารต้านการก่อมะเร็ง และสามารถลดความดันโลหิตได้

นอกจากผลดีต่อสุขภาพแล้วสารประกอบฟีนอลยังมีผลโดยตรงต่อคุณภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ โดยทั่วไปสารประกอบฟีนอลที่พบในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์จะแบ่งออกเป็นกลุ่มที่ให้สี เช่น แอนโทไซยานิน และฟลาโวนอยด์ กลุ่มไม่ให้สี เช่น กรดฟีนอลิก และฟลาโวนโทรออลส์ (flavan-3-ols) สารประกอบฟีนอลเหล่านี้มีความสำคัญมากเนื่องจากมีผลต่อคุณภาพของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ไม่ว่าจะเป็นลักษณะเฉพาะของสี รสชาติ ในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มาจากวัตถุดิบ และระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (ลือชัย, 2560) การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในปริมาณที่เหมาะสม คือ 250-300 มิลลิลิตรต่อวัน จะทำให้อัตราการเกิดโรคเบาหวานลดลง ลดอัตราเสี่ยงในการติดเชื้และการเกิดมะเร็ง ลดอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ เนื่องจากเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ประกอบด้วยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น เควอซิติน แอนโทไซยานิน ฟลาโวนอล ฟลาโวน คาเทชิน ฟลาโวนิน สารเหล่านี้ช่วยสร้างสาร cyclooxygenase ที่ก่อให้เกิดการจับตัวกันของเกล็ดเลือด ช่วยลดการเกิดหลอดเลือดอุดตันจากลิ่มเลือด ในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ผลิตจากองุ่นแดงจะพบสารฟลาโวนอยด์ประมาณ 1-2 กรัมต่อลิตร ขณะที่เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ผลิตจากองุ่นขาวจะพบประมาณ 0.2 กรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังมีสารฮีสตามีน และการสังเคราะห์ SRS-A ซึ่งเป็นสารที่ช่วยให้ร่างกายไม่เครียดหรือเป็นไมเกรน ยับยั้งการเกิดอนุมูลไนตริกออกไซด์ (NO) และยับยั้งแบคทีเรีย ไวรัส ต้านการอักเสบ และต้านภาวะการแพ้

กลไกหลักในการออกฤทธิ์ของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์รวมถึงกลุ่มโพลีฟีนอลมี 3 กลไกได้แก่

1. เป็นสารคีเลต (chelating agent) หมายถึง สารอินทรีย์ซึ่งสามารถจับกับแร่ธาตุประจุบวก ได้แก่ เหล็ก สังกะสี ทองแดง โคบอลต์ แมงกานีส โดยสารคีเลตจะล้อมแคตไอออนหรือประจุบวกของธาตุที่เป็นโลหะไว้ เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีโลหะถูกจับอยู่ในโมเลกุลไม่เปิดโอกาสให้ประจุลบจากที่อื่นเข้าทำปฏิกิริยาได้ ปฏิกิริยาการรวมกันนี้ เรียกว่า chelation ซึ่ง chelating agent ถูกนำมาใช้ในการถนอมอาหาร เพื่อเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) มีวัตถุประสงค์เพื่อจับโลหะ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอาหารโดยธรรมชาติ (0.1-5 ppm) เช่น ในเอนไซม์ (enzyme) ไมโอโกลบิน (myoglobin) คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) หรือโลหะที่มีการปนเปื้อนกับอาหาร เช่น จากดิน น้ำใช้ น้ำล้าง หรือจากกระป๋องบรรจุอาหาร (can) อุปกรณ์ในการแปรรูป เป็นต้น

โลหะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย (food spoilage) เช่น เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ของอาหาร ได้แก่ การออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) รงควัตถุ (pigment) วิตามิน (vitamin) ทำให้อาหารมี สี กลิ่น รส และคุณค่าทางโภชนาการ เปลี่ยนไป

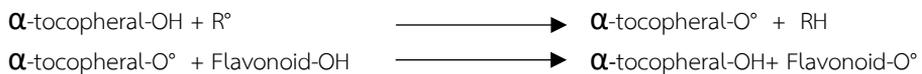


2. หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ในการกำจัดอนุมูลอิสระ เช่น lipid alkoxy และ peroxy radicals เป็นต้น โดยทำหน้าที่เป็นตัวให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูลเหล่านั้น ดังสมการ



หลังจากที่ฟลาโวนอยด์ถูกออกซิไดซ์แล้วจะได้อนุมูลของฟลาโวนอยด์ฟีนอกซิลเป็นผลผลิตซึ่งมีความเสถียรมากกว่า เนื่องจากมีการ delocalize ของอิเล็กตรอนตลอดเวลา

3. ทำหน้าที่ regenerate วิตามินอี โดยจะรีดิวซ์อนุมูล alpha-tocopheral กลับเป็น alpha-tocopheral เหมือนเดิม เพื่อให้สามารถทำหน้าที่ต้านอนุมูลอิสระต่อไปได้ ดังสมการ



คุณสมบัติของสารประกอบฟีนอล

1. ประโยชน์ต่อสุขภาพ สารประกอบฟีนอลหลายชนิดมีฤทธิ์เป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเป็นสารต้านการกลายพันธุ์ (antimutagens) มีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพ สามารถป้องกันโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือด และมะเร็ง โดยสารประกอบฟีนอลจะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ (free radical) และไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆ โดยใช้ตัวเองเป็นตัวรับอนุมูลอิสระ ทำให้ยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ที่มีอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุ แต่สารต้านอนุมูลอิสระจะถูกทำลายไปด้วย

2. เพื่อการถนอมอาหารโดยใช้เป็นสารกันหืน ป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation)

3. มีผลต่อคุณภาพของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (สีและรสชาติ)

4. โพลีฟีนอล (polyphenol) เป็นสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) ที่มีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลรวมอยู่ในโมเลกุลตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป โพลีฟีนอลซึ่งเป็นไฟโตเคมีเคิล (phytochemical) ที่สังเคราะห์โดยพืช ประกอบด้วย ไบโอฟลาโวนอยด์ (bioflavonoids) เช่น แอนโทไซยานิน (anthocyanins) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ไอโซฟลาโวนอยด์ (isoflavonoids) เป็นต้น



4.1 กลุ่มโอลิโกเมทริกซ์ โพลีฟีนอล (oligometric polyphenols) เช่น โพรแอนโทไซยานิดิน (pronathocyanidins) เป็นต้น

4.2 กลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ได้แก่ ฟลาโวน (flavone) ฟลาโวนอล (flavonol) ฟลาวาโนน (flavanone) ฟลาวาโนนอล (flavanonol) ไอโซฟลาโวน (isoflavone) แหล่งที่พบ ผัก ผลไม้ โกโก้ สารสกัดจากเมล็ดองุ่น กระจายตัว ชาติ โดยเฉพาะชาเขียว

คุณสมบัติของสารโพลีฟีนอล

โพลีฟีนอลเป็นโภชนเภสัช มีสมบัติที่ดีต่อสุขภาพ คือ

1. เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ
2. เป็นสารต้านมะเร็ง
3. ลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจ โดยลดระดับของคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือด กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน สามารถช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของ LDL ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ นอกจากนี้ยังพบว่าชาเขียวสามารถช่วยลดปริมาณ LDL , VLDL และ ไตรกลีเซอไรด์ ทั้งยังช่วยเพิ่มปริมาณ HDL ในกระแสเลือด ซึ่งการมีปริมาณไตรกลีเซอไรด์ต่ำ และ HDL สูงจะสะท้อนถึงสุขภาพระบบหัวใจที่ดี
4. ควบคุมความดันโลหิตสูง โดยไปยับยั้งแองจิโอเทนซิน 1 ไม่ให้เปลี่ยนเป็นแองจิโอเทนซิน 2 ซึ่งแองจิโอเทนซิน 2 จะมีผลทำให้ความดันโลหิตสูง
5. สมบัติต้านโรคอ้วน โพลีฟีนอลสามารถยับยั้ง catechol-O-methyl transferase จึงช่วยกระตุ้นการสร้างความร้อนของร่างกาย ซึ่งช่วยเผาผลาญพลังงาน ทั้งยังมีสมบัติในการชะลอการปล่อยกลูโคสสู่กระแสเลือด ซึ่งทำให้ชะลอการสร้างอินซูลิน ที่เป็นฮอร์โมนให้ร่างกายสะสมไขมัน ดังนั้นร่างกายจึงเผาผลาญไขมันแทนที่จะสะสมไขมัน
6. สมบัติต้านโรคเบาหวาน การศึกษาในหนูทดลองพบว่า โพลีฟีนอลสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่เป็นเบาหวาน โดยยับยั้งการทำงานของอะไมเลส ทั้งในน้ำลายและลำไส้ ซึ่งเป็นเอนไซม์ย่อยแป้ง ผลที่เกิดขึ้น คือ แป้งจะถูกย่อยช้าลง ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในเลือดเป็นไปอย่างช้าๆ นอกจากนั้นชาเขียวยังลดการดูดซึมของกลูโคสที่ลำไส้
7. สมบัติป้องกันฟันผุ โพลีฟีนอลช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในช่องปาก ซึ่งมีทั้งแบคทีเรียที่ก่อโรคในช่องปาก *Porphyromonas gingivitis* และแบคทีเรียที่ทำให้ฟันผุ *Streptococcus mutans* นอกจากนั้นการที่โพลีฟีนอลยับยั้งการทำงานของอะไมเลสในน้ำลาย ช่วยให้การผลิตกลูโคสและมอลโทสลดน้อยลง เป็นการลดปริมาณอาหารของแบคทีเรียที่ทำให้ฟันผุ นอกจากนี้ยังช่วยให้เคลือบฟันแข็งแรงต้านทานการผุ
8. สมบัติต้านจุลินทรีย์ โพลีฟีนอลมีสมบัติในการต้านแบคทีเรีย โดยทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย การดื่มชาสามารถใช้รักษาโรคท้องร่วงและโรคไทฟอยด์ คาเทชิน

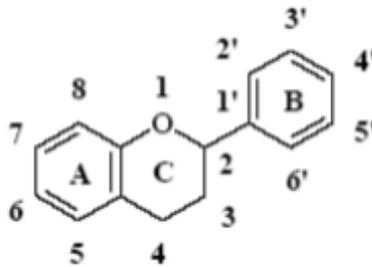


(catchin) สามารถฆ่าสปอร์ของแบคทีเรีย *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ และยังสามารถฆ่าแบคทีเรียที่ทนความร้อน (thermophile) บางชนิด เช่น *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Vibrio parahaemolyticus* และ *Clostridium perfringens*

ผลข้างเคียงและความเสี่ยงต่อสุขภาพ

โพลีฟีนอล เป็นสารจับโลหะ (chelating agent) ทำปฏิกิริยากับเหล็ก เกิดสารประกอบที่ไม่ละลายในน้ำ ทำให้ยับยั้งการดูดซึมของเหล็กในลำไส้ ดังนั้นควรรับประทานอาหารที่มีโพลีฟีนอลและเหล็กซึ่งเป็นยาบำรุงโลหิตแยกกัน

สารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid compounds) เป็นกลุ่มของสารประกอบโพลีฟีนอลดงภาพที่ 4 สามารถพบได้มากมายในผักและผลไม้ จะเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation reaction) และปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน (esterification reaction) กับน้ำตาล และบางครั้งก็มีหมู่อะซิล (acyl group) อยู่ในโมเลกุลด้วย เช่นเดียวกับแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ฟลาโวนอยด์หลายชนิดมีน้ำตาลเป็นโมโนแซคคาไรด์ (monosaccharides) หรือไดแซคคาไรด์ (disaccharides) อยู่ในโมเลกุลด้วย ซึ่งน้ำตาลที่พบคือ กลูโคส (glucose) และแรมนโนส (rhamnose)



ภาพที่ 4 โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid compounds)

ที่มา: ัญญธิกา (2549)

ฟลาโวนอยด์เป็นรงควัตถุ (pigment) ที่มีความคงตัวต่อความร้อน และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ได้ดีกว่าแอนโทไซยานิน (anthocyanin) แต่สามารถเปลี่ยนสีได้ง่าย เมื่อรวมตัวกับไอออนของโลหะ เช่น เมื่อรวมตัวกับเหล็กจะให้สีน้ำเงินหรือสีเขียว นอกจากนี้ฟลาโวนอยด์ยังเป็นสารเริ่มต้นสำหรับปฏิกิริยา enzymatic browning ได้ จึงทำให้เกิดสีที่ไม่พึงประสงค์ในอาหาร ตัวอย่างเช่นหน่อไม้ฝรั่งบรรจุกระป๋องอาจมีฟลาโ

น้อยด์ที่มีชื่อว่า รูทีน (rutin) สามารถรวมตัวกับไอออนของโลหะที่ออกมาจากกระป๋อง เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีดำคล้ำ แต่ถ้ารวมกับดีบุกจะให้สารประกอบเชิงซ้อนสีเหลือง

เอกสารอ้างอิง

ณัฐริกา ศิลาลาย. 2549. ฟลาโวนอยด์ในใบชา: หน้าที่ การใช้ประโยชน์ และการวิเคราะห์. วารสารเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 2(1), 2-10.

จิตรรัตน์ สมดี. 2558. อาหารกับการต้านอนุมูลอิสระในผักพื้นบ้าน. ขอนแก่น: สรรพโสการพิมพ์.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2561. Phenolic compounds / สารประกอบฟีนอล. แหล่งที่มา:

<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2585/phenolic-compounds-สารประกอบฟีนอล>. (10 มกราคม 2562).

ลือชัย บุตุคุป. 2560. ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและปริมาณสารฟลิกษเคมีในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เพื่อสุขภาพที่ผลิตจากชาเขียวใบหม่อน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 13 (พิเศษ), 368-378.

ศิริธร ศิริอมรพรรณ. 2557. สารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรีนติ้ง เฮ้าส์.

สิริพรรณ จุลกรังคะ. 2558. โภชนศาสตร์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุนีย์ สหัสโพธิ์. 2560. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาโภชนบำบัด เรื่อง...โภชนาการเพื่อการต้านและบำบัดโคมะเร็ง. กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์เขตติเวช. (อัดสำเนา)

สุนีย์ สหัสโพธิ์. 2554. ชีวเคมีทางโภชนาการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรีนติ้ง เฮ้าส์.

Ames, D., et al. 1993. Character of active hydrothermal mounds and nearby altered hemipelagic sediments in the hydrothermal areas of Middle Valley, northern Juan de Fuca Ridge; data on shallow cores. *The Canadian Mineralogist*, 31(4), 973-995.

