

บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บุนนาค

บุนนาค เป็นพันธุ์ไม้ท้องถิ่นของไทยและเอเชียเขตร้อน อยู่ในวงศ์เดียวกับสารภีและมะดัน พบตามป่าชื้น มีถิ่นกำเนิดที่ประเทศอินเดียและมาเลเซีย บุนนาคเป็นไม้เนื้อแข็งที่มีคุณค่ามาก ใช้ในงานก่อสร้างได้ทุกประเภท ดอกสีขาวและมีกลิ่นหอม ต้นบุนนาคเป็นต้นไม้ที่สวยงาม นิยมปลูกเป็นไม้ประดับ บุนนาคขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดและกิ่งตอน เป็นพืชที่นำปลูกเพื่อเก็บดอกขาย เพราะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของยาหอม ยาลม ยาบำรุงหัวใจ ยาสำหรับสตรี หลายขนาน

2.1.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ (ปทุมศิรา ทองเพ็ญ, 2549 และวุฒิ วุฒิธรรมเวช, 2540)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Mesua Ferrea* Linn.

วงศ์ Guttiferae

ชื่อสามัญ Nagkeshar, Ironwood, Indian Rose Chestnut

ชื่ออื่นๆ นาคบุตร (ภาคใต้) ปะนาคอ (ปัตตานี-มาเลเซีย) สารภีตอย (เชียงใหม่) ก้าก้อ (กะเหรี่ยง-เชียงใหม่) ก้าก้อ (ฉาน-แม่ฮ่องสอน)

ลักษณะทั่วไป

ลำต้น เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ไม้ผลัดใบ ลำต้นตรง สูงได้ถึง 30 เมตร เรือนยอดทึบ และแคบ ทรงพุ่มใหญ่เป็นรูปเจดีย์ (ภาพ 2.1)

ใบ ดอกหนาทึบ ใบอ่อนสีชมพูแดง ใบเดี่ยวเรียวยาว ขอบเรียบ ท้องใบมีสีนวลอมเทาเป็นมัน ใบกว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 7-12 เซนติเมตร (ภาพ 2.2)

ดอก ดอกออกเดี่ยวหรือเป็นคู่ที่ซอกใบหรือปลายกิ่ง ดอกสีขาวมีกลิ่นหอม เมื่อบานเต็มที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางราว 5-10 เซนติเมตร กลีบดอกสีขาว มี 4-5 กลีบ ซ้อนกัน รูปไข่กลับกว้าง ปลายบานและเว้า (ภาพ 2.3) โคนสอบ เมื่อบานเต็มที่กลีบจะแผ่กว้างออก มีกลิ่นหอมเย็น ส่งกลิ่นหอมไปได้ไกล ก้านดอกมีความยาวน้อยกว่า 1 เซนติเมตร กลีบเลี้ยงแข็งรูปถ้วยวงกลม เกสรตัวผู้มีจำนวนมากกว่า 50 อัน สีเหลืองส้ม เป็นฝอย อับเรณูสีส้ม ก้านเกสรตัวเมียสีขาวยาว รังไข่มี 2 ช่อง กลีบเลี้ยง 4 กลีบ รูปช้อนงอเป็นกระพุ้ง แยกเป็น 2 วง ลักษณะกลม กลีบเลี้ยงแข็งและหนา และอยู่คงทนจนกระทั่งเป็นผลก็ยังคงติดอยู่ที่ผล



ภาพ 2.1 ต้นบุนนาค



ภาพ 2.2 ใบบุนนาค

(ที่มาจาก http://www.sc.mahidol.ac.th/scbi/MUBio_Webboard.php?Action=View

Topic&TopicID=1954&Lang=Thai)



ภาพ 2.3 ดอกบุนนาค

ผล รูปไข่ แข็งมาก ปลายโค้งแหลม ปลายไม่แตก ที่ผิวผลมีรอยด่างสีน้ำตาล ผลรูปไข่ แข็ง มีขนาดกว้าง 2.5-3.5 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตร สีส้มแก่ หรือสีม่วงน้ำตาล มีเปลือกเป็นเส้นใยแข็ง ห่อหุ้ม และมีหยดของยางเหนียว ที่ฐานมีกลีบเลี้ยงหนารองรับ 4 กลีบ ติดอยู่ และขยายโตขึ้นเป็นกาบหุ้มผล (ภาพ 2.4)



ภาพ 2.4 ผลบุนนาค

(ที่มา <http://www.coloncancerzone.com/tag/บุนนาค/>)

เมล็ด มีลักษณะแบน แข็งมี 1-4 เมล็ด มีสีน้ำตาลเข้ม (ภาพ 2.5)



ภาพ 2.5 เมล็ดบุนนาค

(ที่มา http://www.sc.mahidol.ac.th/scbi/MUBio_Webboard.php?Action=ViewTopic&TopicID=1954&Lang=Thai)

2.1.2 สรรพคุณทางยา (วุฒิ วุฒิธรรมเวช, 2540)

ใบ	รสฝาด สมานบาดแผลสด แก้พิษงู
ดอก	รสหอมเย็น ขมเล็กน้อย แก้อ่อนในกระสับกระส่าย แก้วิงเวียน หน้ามืด ตาลาย ใจสั่นหวิว ชูกำลัง บำรุงโลหิต แก้กลิ่นสาบสาบในร่างกาย
เกสร	รสหอมเย็น บำรุงครรภ์ ทำให้ชื่นใจ แก้ไข้ ใช้ผสมทำยาลมบำรุงหัวใจ
ผล	ขี้บเห็งื่อ
เปลือกต้น	รสฝาดร้อนเล็กน้อย ใช้เป็นยารักษาโรคกระเพาะอาหารอักเสบ หลอดลมอักเสบ และเป็นยาบำรุงกำลัง
ราก	รสเผื่อน ขี้บลมในลำไส้
กระพี้	รสเผื่อนเล็กน้อย แก้เสมหะในคอ

2.1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบุนนาค

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาวิจัยและพัฒนาจากสมุนไพรกันมากขึ้น เนื่องจากมีบทบาทสำคัญในการต้านจุลชีพหรือมีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านเชื้อรา ฤทธิ์ต้านการอักเสบ และฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็ง เป็นต้น ได้มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับบุนนาครวมถึงฤทธิ์ทางชีวภาพของบุนนาคมากมาย เช่น บุนนาคสามารถใช้รักษาอาการไข้ อาหารไม่ย่อยและโรคไต ดอกใช้สมานแผล ปวด

ห้อง ขับเสมหะและใช้ในรักษาโรคบิด ใบและดอกใช้แก้พิษงูกัดและแมลงป่องต่อย ส่วนกิ่งขนาดมีสมบัติในการสมานแผล น้ำมันเมล็ดบุนนาคสามารถใช้ในการรักษาโรคไขข้อ (Banerji & Chowdhury, 1993) น้ำมันหอมระเหยจากเกสรตัวผู้มีฤทธิ์เป็นยาถ่ายพยาธิตัวติดและพยาธิปากขอ น้ำมันจากเมล็ดมีฤทธิ์ต้านโรคหอบหืด (ปญศิริรา ทองเพ็ญ, 2549) น้ำมันจากผลบุนนาค พบสาร mesuol ซึ่งมีฤทธิ์ระงับปวด และต้านการอักเสบได้ (Chahar, Kumar, Lokesh, & Manohara, 2012) นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยจากผลบุนนาค มีฤทธิ์ต้านเชื้อราหลายชนิด ได้แก่ *Trichophyton terrestre*, *Trichophyton tonsurans*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Histoplasma capsulatum* sp., *Cryptococcus neoformans*, *Microsporum mycetomi*, *Microsporum gypseum*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus nidulans*, *Sporotrichum schenckii*, *Epidermophyton floccosum*, *Fusarium oxysporum* และ *Curvularia lunata* ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบบุนนาค ประกอบด้วยสาร *trans*-caryophyllene, β -caryophyllene oxide, α -humulene, δ -cadinene, δ -muurolene, δ -cadinene, β -selinene, germacrene D และ β -bisabolene ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านเชื้อแบคทีเรีย และต้านเซลล์มะเร็ง (Keawsa-ard & Kongtaweelert, 2012)

ดอกบุนนาคประกอบด้วยสารเคมีหลายกลุ่ม เช่น คูมาริน (เช่น 4-alkyl- และ 4-phenylcoumarins) แชนโธน (เช่น 1,5-dihydroxy-3-methoxyxanthone, 1,6-dihydroxyxanthone) ไตรเทอร์ปีน (เช่น β -amyrin) กรดไขมัน (เช่น palmitic, palmitoleic, oleic acids) เป็นต้น นอกจากนี้พบว่าสารในกลุ่มคูมารินหลายชนิดสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมบวกได้ดี (Verotta, et al., 2004; นันทวัน บุญยะประภัศร และอรนุช โชคชัยเจริญพร, 2541) เมล็ดบุนนาค พบสาร mesuol และ mesuone มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียหลายชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Esherichia coli*, *Eberthella typhosa*, *Vibrio cholerae*, *Bacillus friedlander* และ *Mycobacterium phlei* โดยสารทั้งสองมีฤทธิ์ต่อเชื้อ *S. aureus* มากที่สุด และสาร mesuol มีฤทธิ์ต่อเชื้อ *M. phlei* มากกว่า mesuone (Chakraborty, Purkayastha, & Bose, 1959)

ใบบุนนาคพบสาร xanthones ได้แก่ dehydrocycloguanandin, calophyllin-B, jacareubin, 6-deoxy jacareubin, mesuaxanthone-A, mesuaxanthone-B และ euxanthone สามารถช่วยลดการหย่อนของกล้ามเนื้อ ลดความกังวล ลดความตึงของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้สาร xanthones ไม่มีฤทธิ์บรรเทาอาการปวด ลดไข้ และระบบหลอดเลือดเลี้ยงหัวใจในกบและสุนัข สาร xanthones ทั้งหมดมีฤทธิ์ต้านการอักเสบของเนื้อเยื่อในช่องท้องและในปากของหนู โดยเฉพาะสาร jacareubin และ 6-deoxy jacareubin มีฤทธิ์ต้านแผลเปื่อยพุพองในหนู (Gopalakrishnan, Shankaranarayanan, & Nazimudeen, 1980).

สารสกัดปีโตรเลียมอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม และเอทานอลของใบ กิ่ง และผลของบุนนาค มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย 14 ชนิด และมีฤทธิ์ต้านเชื้อรา 6 ชนิด (Abbas, Sayeed, Bhuiyan, Sohel, & Yeasmin,

2004) สารสกัดเมทานอลจากดอกบุนนาค มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* แต่ไม่มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Escherichia coli* และ *Shigella boydii* (พจนีย์ สุริยะวงศ์, 2537) สารสกัดเมทานอลจากดอกบุนนาค มีฤทธิ์ต้านมะเร็งเซลล์เม็ดเลือดขาว (T-lymphosit leukemia cell) และมีฤทธิ์เล็กน้อยในการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* และ *Pseudomonas aeruginosa* (Nordin, Ahmad, Taufiq-Yap, & Ali, 2004)

สารสกัดเอธานอลจากบุนนาคมีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งของคน ได้แก่ เซลล์มะเร็งท่อน้ำดี (human cholangiocarcinoma, CL-6), เซลล์มะเร็งกล่องเสียง (human laryngeal, Hep-2) และเซลล์มะเร็งตับ (human hepatocarcinoma, Hep-G2) (Mahavorasirikul, Viyanant, Chaijaroenkul, Itharat, & Na-Bangchang, 2010) สารสกัดเอธานอล 50% ของส่วนเหนือดิน และเอธานอล 50% ของใบ เมื่อนำเข้าช่องท้องของหนูถีบจักร มีค่าความเข้มข้นที่ทำให้หนูตายครึ่งหนึ่ง (LD_{50}) เป็น 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ 750 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนสารสกัดน้ำและแอลกอฮอล์ของดอกบุนนาคเมื่อนำเข้าช่องท้องของหนูถีบจักร มีค่า LD_{50} เป็น 2.66 และ 1.16 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อให้ทางปาก มีค่ามากกว่า 10.06 และ 4.01 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ดอกบุนนาคมีความเป็นพิษน้อยมาก (นันทวัน บุญยะประภัทร และอรนุช โชคชัยเจริญพร, 2541) สารสกัดไดคลอโรมีเทนของกิ่งบุนนาคมาแยกบริสุทธิ์ได้สาร friedelin, สารผสมระหว่าง α -amyirin กับ β -amyirin, สาร lupeol และสาร β -sitosterol เมื่อนำสารที่แยกได้ไปทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่า สาร friedelin, สารผสมระหว่าง α -amyirin และ β -amyirin และสาร lupeol มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียต่อเชื้อ *E. coli* โดยมีค่า MIC เท่ากับ 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสาร β -sitosterol มีค่า MIC เท่ากับ 1.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ สาร friedelin, สารผสมระหว่าง α -amyirin และ β -amyirin, สาร lupeol และสาร β -sitosterol มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียต่อเชื้อ *S. aureus* มีค่า MIC เท่ากับ 0.25, 0.25, 0.50 และ 1.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้สารผสมระหว่าง α -amyirin และ β -amyirin มีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งเต้านมชนิด MCF-7 มีค่า IC_{50} เท่ากับ 28.45 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสาร lupeol มีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เซลล์มะเร็งของปากชนิด KB เซลล์มะเร็งเต้านมชนิด MCF-7 และเซลล์มะเร็งปอดชนิด NCI-H187 (Keawsa-ard & Kongtaweelert, 2015)

2.2 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radicals) คือ อะตอม โมเลกุล หรือสารประกอบที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยว (unpaired electrons) อยู่ในออร์บิทัลวงนอกสุดที่มีระดับพลังงานสูง เป็นสารที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูง (โอภา วัชรคุปต์, ปรีชา บุญจง, จันทนา บุญยะรัตน์, และมาลีรักษ์ อัดต์สินทอง, 2550)

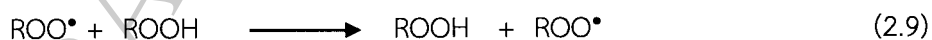
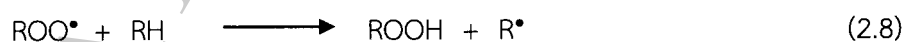
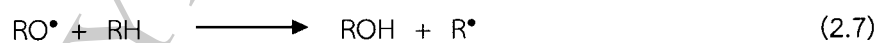
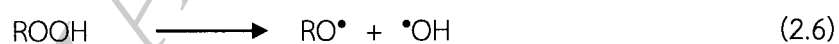
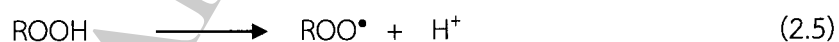
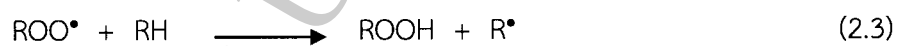
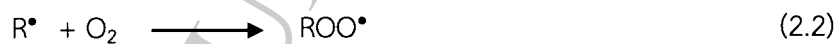
อนุมูลอิสระ จะจับคู่กับอะตอมหรือโมเลกุลอื่น เพื่อขอแบ่งอิเล็กตรอนจากโมเลกุลเหล่านั้น ทำให้โมเลกุลนั้นสูญเสียอิเล็กตรอนกลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่และเกิดปฏิกิริยาแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) ต่อไปอีก เมื่อปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นในส่วนของร่างกายจะส่งผลให้เซลล์ทำงานผิดปกติหรือตายได้ โดยปกติในร่างกายคนเราจะผลิตอนุมูลอิสระตลอดเวลาจากกระบวนการหายใจ กระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) หรือเรียกว่าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ตัวอย่างปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระจากปัจจัยภายในร่างกายมนุษย์ เช่น

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (เจนจิรา จิรัมย์, และประสงค์ สีหานาม, 2554) แบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

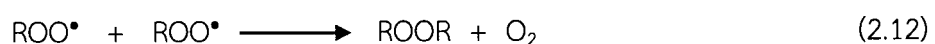
1) ระยะเหนี่ยวนำ (initiation) เป็นระยะที่ไขมันเกิดการแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระ อาจต้องมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น แสง และ อุณหภูมิ เป็นต้น ดังสมการ 2.1



2) ระยะเพิ่มจำนวน (propagation) เป็นระยะที่อนุมูลอิสระเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้อนุมูลเปอร์ออกซิล (peroxyl radical, ROO^\bullet) เป็นสารผลิตภัณฑ์ ซึ่งอนุมูลเปอร์ออกซิลไม่เสถียร สามารถเกิดปฏิกิริยากับกรดไขมันต่อ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, ROOH) และอนุมูลอิสระของสารอื่น ปฏิกิริยานี้จะเกิดต่อเนื่องกันเป็นปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ ทำให้ได้อนุมูลอิสระชนิดใหม่และทำปฏิกิริยากับออกซิเจนต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ดังสมการ 2.2-2.9



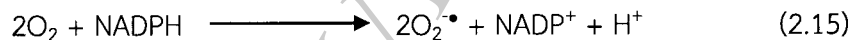
3) ระยะสิ้นสุด (termination) เป็นระยะที่ทำให้ปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระหยุดลง โดยอนุมูลอิสระอาจรวมตัวกันกลายเป็นโมเลกุลที่มีความเสถียร ดังสมการ 2.10-2.12



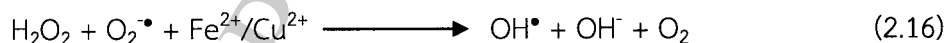
ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น การทำงานของเอนไซม์แซนทีน ออกซิเดส (xanthine oxidase, XOD) ซึ่งเป็นสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันในกระบวนการสลายเบสพิวรีน (purine) โดยไฮโปแซนทีน (hypoxanthine) จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้แซนทีน (xanthine) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogenperoxide, H_2O_2) เป็นสารผลิตภัณฑ์ ซึ่งสารแซนทีน จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไปได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดยูริก (uric acid) และอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน ($O_2^{\cdot-}$) ดังสมการ 2.13-2.14



กระบวนการทำลายสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาว ในการทำลายสิ่งแปลกปลอมในร่างกาย เช่น เชื้อโรคนั้น เซลล์เม็ดเลือดขาวจะดึงโมเลกุลออกซิเจน (O_2) มาใช้เป็นจำนวนมาก เพื่อผลิตเป็นอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ ($O_2^{\cdot-}$) โดยการทำงานของเอนไซม์ nicotinamide adenine dinucleotide phosphate-oxidase (NADPH oxidase) ที่อยู่บนเยื่อหุ้มชั้นนอกของเซลล์เม็ดเลือดขาว ดังสมการ 2.15



ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับโลหะทรานสิชัน โดยทั่วไปในร่างกายมนุษย์จะมีโลหะทรานสิชัน เช่น เหล็ก (Fe^{2+}) และทองแดง (Cu^{2+}) เป็นต้น ซึ่งโลหะทรานสิชันนี้จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และซูเปอร์ออกไซด์ ได้อนุมูลไฮดรอกซิล (OH^{\cdot}) เป็นสารผลิตภัณฑ์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเรียกว่า ปฏิกิริยาเฟนตัน (Fenton's reaction) ดังสมการ 2.16 ซึ่งอนุมูลไฮดรอกซิลเป็นสารออกซิไดส์ที่แรงและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูง จึงเป็นอันตรายต่อชีวโมเลกุลของสิ่งมีชีวิตมากกว่าอนุมูลชนิดอื่นๆ



ปัจจัยภายนอกในร่างกายที่เป็นแหล่งกำเนิดของอนุมูลอิสระ เช่น

ยารักษาโรคบางชนิด เมื่อรับประทานยาโดยเฉพาะยาที่ใช้รักษาโรคมะเร็ง เช่น adriamycin, mitomycin C, bleomycin, antracyclines และ methotrexate จะทำให้เกิดอนุมูลอิสระและเกิดภาวะลูปิดเปอร์ออกซิเดชัน (Sangeetha, Das, Koratkar, & Suryaprabha, 1990)

ควันบุหรี่ ในควันบุหรี่ประกอบด้วยก๊าซไนตริกออกไซด์ (NO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) แอลคิลเปอร์ออกซีไนไตรท์ (ROONO) และ เปอร์ออกซีไนไตรท์ ($ONOO^{\cdot-}$) ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน อนุมูลไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และอนุมูลไฮดรอกซิล นอกจากนี้ควันบุหรี่ประกอบด้วยสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) สารในควันบุหรี่เหล่านี้ จะถูกกำจัดออกจากร่างกายโดยการทำงานของเอนไซม์ไซโทโครม P-450 ไฮดรอกซิเจส (cytochrome P-450 hydroxylase) ที่พบมากในเซลล์ตับ (เจนจิรา จิรัมย์, และประสงค์ สีหนาม, 2554; Pryor, 1997)

ไอโซน เป็นสารออกซิไดส์ที่แรงมาก ซึ่งก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ เช่น อนุมูลไอโซนแอนไอออน ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับโปรตอน (H^+) แล้วเปลี่ยนเป็นอนุมูลไฮดรอกซิล (Pryor, 1994)

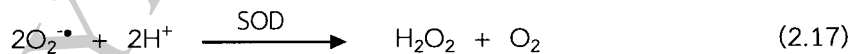
นอกจากนี้ยังมีปัจจัยภายนอกอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ เช่น รังสี UV มลพิษในอากาศ ควันจากท่อไอเสียรถยนต์ ฝุ่น แอลกอฮอล์ อาหารประเภทปิ้งและย่าง ตัวทำลายบางชนิด สารเคมีในอาหาร และอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว

เมื่ออนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในร่างกาย เช่น ไขมัน โปรตีน เยื่อหุ้มเซลล์ และ ดีเอ็นเอ เป็นต้น จะเกิดปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ ทำให้เกิดอนุมูลอิสระใหม่ขึ้นเรื่อยๆ ทำให้เกิดผิดปกติ เช่น การทำงานของสารชีวโมเลกุลเกิดความบกพร่อง การทำลายโครงสร้างดีเอ็นเอ การเปลี่ยนสภาพโปรตีน และไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular disease) โรคมะเร็ง (cancer) โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน (diabetes) โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ (rheumatoid arthritis) โรคภาวะชรา (ageing) โรคความเสื่อมของเซลล์ประสาท (neurological disorders) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคความจำเสื่อม (alzheimer's disease) และโรคพาร์กินสัน (parkinson's disease) เป็นต้น (Valko et al., 2007)

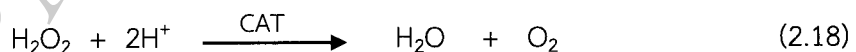
2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) เป็นสารที่กำจัดอนุมูลอิสระหรือเป็นสารที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระหรือทำให้อนุมูลอิสระกลายเป็นสารที่เสถียรและไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ต่อ ในร่างกายมนุษย์มีกลไกในการกำจัดอนุมูลอิสระ (โอภา วัชรคุปต์, ปรีชา บุญจง, จันทนา บุญยะรัตน์, และมาลีรักษ์ อัดต์สินทอง, 2550) ตัวอย่างเอนไซม์ในร่างกายมนุษย์ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น

เอนไซม์ซูเปอร์ออกซิเดส ดิสมิวเตส (superoxidase Dysmutase, SOD) สามารถเปลี่ยนอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออนให้เป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ดังสมการ 2.17

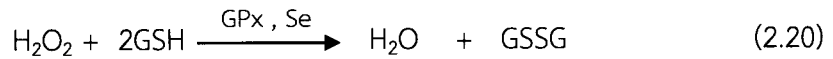


เอนไซม์คาตาเลส (catalase, CAT) สามารถเปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำและก๊าซออกซิเจน ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์ ดังสมการ 2.18



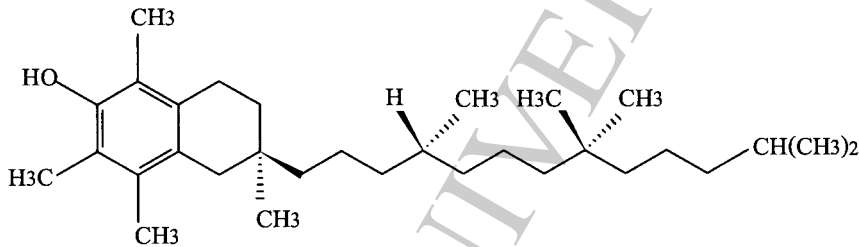
เอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase, GPx) จะทำงานร่วมกับธาตุซีลีเนียม (Se) โดยทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยารีดักชันของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ได้แก่ ลิปิดเปอร์ออกไซด์ (LOOH) อาจมีกลูตาไทโอน (GSH) ร่วมในปฏิกิริยา โดยเปลี่ยนเป็นโมเลกุลน้ำและกลูตาไทโอนไดซัลไฟด์ (GSSG) นอกจากนี้เอนไซม์นี้สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเฟนตัน ทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เปลี่ยนเป็นอนุมูลไฮดรอกซิล (OH^{\cdot}) ที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา ดังสมการ 2.19-2.20





ผัก ผลไม้ และพืชสมุนไพรหลายชนิดมีสารหลายชนิดที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี วิตามินซี และเบต้าแคโรทีน เป็นต้น

วิตามินอี (ณฤพร มั่นเจริญ และรัฐกร ชาวกันหา, 2547) เป็นสารที่ละลายในไขมัน พบมากในพวกธัญพืชที่ไม่ขัดขาว ในเมล็ดธัญพืชต่างๆ เช่น เมล็ดข้าวโพด เมล็ดฝ้าย เมล็ดทานตะวัน ดอกคำฝอย ถั่วเหลือง ข้าวกล้อง รำข้าว และถั่วทุกชนิด เป็นต้น วิตามินอีแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ โทโคฟีรอล (tocopherol) และโทโคไตรอีนอล (tocotrienol) แต่ละกลุ่มยังแยกย่อยได้อีก 4 ชนิด คือ แอลฟา (α -) เบต้า (β -) แกมมา (γ -) เดลต้า (δ -) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนและตำแหน่งของหมู่เอธิลที่ติดกับวงแหวนโครเมนแต่โครงสร้างของ α -tocopherol (ภาพ 2.6) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด

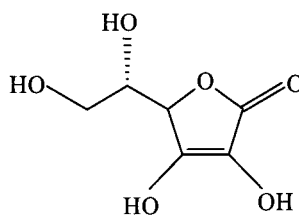


ภาพ 2.6 โครงสร้าง α -tocopherol

วิตามินอีทำหน้าที่เป็นตัวให้อิโตรเจนแก่อนุมูลอิสระ เช่น อนุมูลเปอร์ออกซิล ทำให้ได้สารที่มีความเสถียร เป็นผลให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันหยุดลง ดังสมการ 2.21-2.22

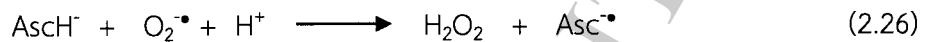
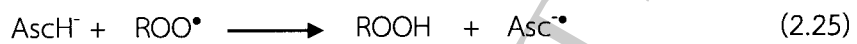
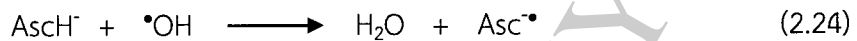
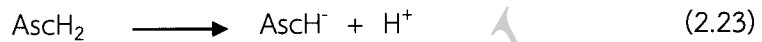


วิตามินซี (vitamin C) หรือกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) (ณฤพร มั่นเจริญ และรัฐกร ชาวกันหา, 2547) เป็นผลึกสีขาว ละลายในน้ำได้ดี พบมากในผักและผลไม้สด เช่น ดอกชี่เหล็ก ผักหวาน มะรุม ฝรั่ง ส้ม มะขามป้อม และมะนาว เป็นต้น แต่วิตามินซีสลายตัวง่ายเมื่อโดนความร้อนหรือแสง โครงสร้างของวิตามินซีเป็นดังภาพ 2.7

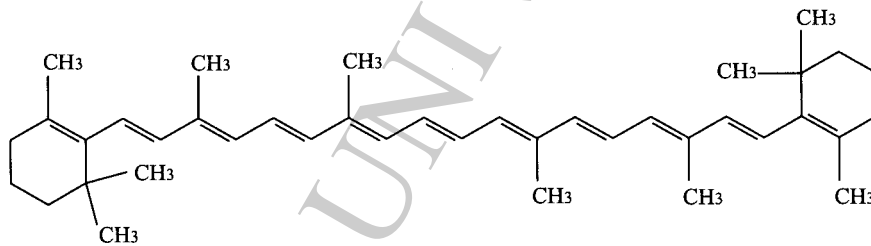


ภาพ 2.7 โครงสร้างวิตามินซี

ในร่างกายมนุษย์นั้นวิตามินซี (AsCH_2) สามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนและ ascorbate anion (AsCH^-) ซึ่ง ascorbate anion สามารถให้อิเล็กตรอนและไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอื่นได้ เช่น อนุมูลไฮดรอกซิล อนุมูลเปอร์ออกซิล และอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน เป็นต้น ได้ผลิตภัณฑ์เป็นอนุมูล semidehydroascorbate (Asc^{\bullet}) ที่มีความเสถียร ดังสมการ 2.23-2.26



เบต้าแคโรทีน (β -carotene) (ณฤพร มั่นเจริญ และรัฐกร ขาวกัณฑ์, 2547) เป็นสารที่ละลายได้ทั้งในน้ำและน้ำมัน พบมากในผักหรือผลไม้ที่มีสีเขียวยาวและสีเหลือง เช่น ตำลึง ผักบุ้ง ฟักทอง แครอท มะละกอสุก มะม่วงสุก มะเขือเทศ ยอดแค ใบกะเพรา ใบขี้เหล็ก และผักเชียงดา เป็นต้น โครงสร้างของเบต้าแคโรทีนเป็นดังภาพ 2.8



ภาพ 2.8 โครงสร้างเบต้าแคโรทีน

เบต้าแคโรทีน มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและมีประสิทธิภาพมากกว่า α -tocopherol เมื่อเบต้าแคโรทีนดักจับอนุมูลอิสระไว้ในโมเลกุลจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นโมเลกุลที่มีความเสถียรเนื่องจากโครงสร้างสามารถเกิดการเรโซแนนซ์ได้

เมื่อร่างกายมนุษย์ได้รับวิตามินอี วิตามินซี และเบต้าแคโรทีน จะช่วยป้องกันโรคต่างๆ ได้ เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน โรคมะเร็ง โรคต่อกระจก ภูมิคุ้มกันโรคติดเชื้อต่ำ และโรคภาวะชรา เป็นต้น (ประสงค์ เทียนบุญ, 2553)

2.4 สารประกอบฟีนอลิก

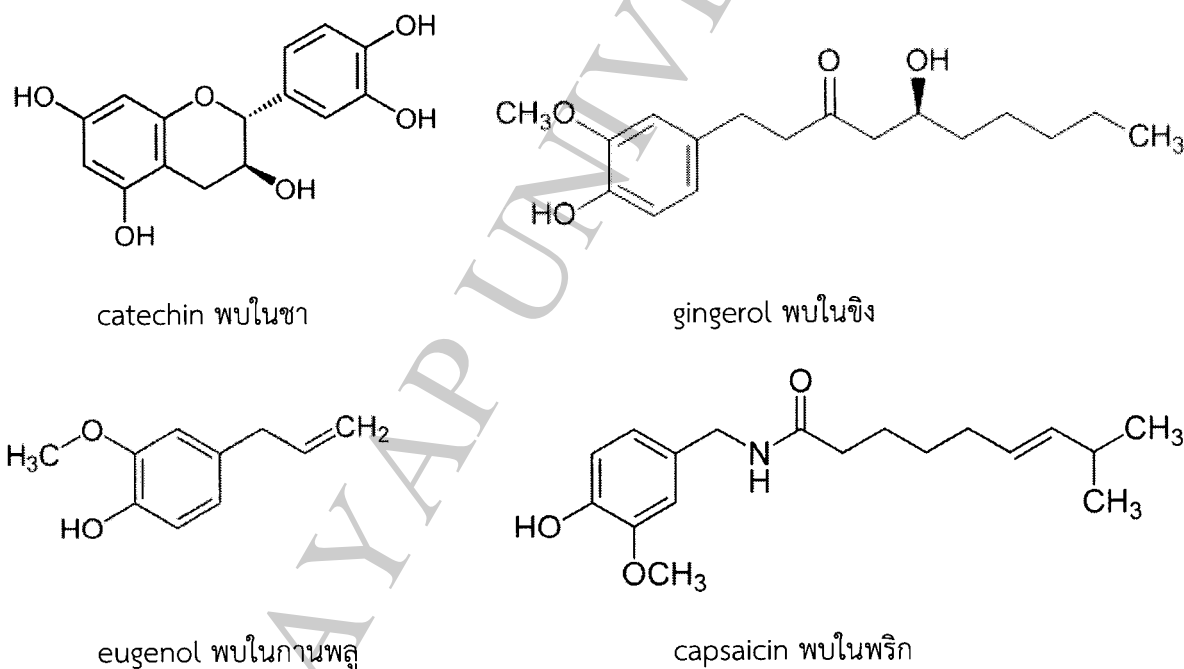
สารประกอบฟีนอลิก (โอภา วุฒระคุปต์, ปรีชา บุญจง, จันทนา บุญยะรัตน์, และมาลีรักษ์ อัดต์สินทอง, 2550) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนที่เป็นอนุพันธ์ของวงแหวนเบนซีนและมีหมู่ไฮดรอกซิล ($-\text{OH}$, hydroxyl group) ในโครงสร้างอย่างน้อยหนึ่งหมู่ สารประกอบฟีนอลที่พบในธรรมชาติมี

หลายชนิดและมีโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน บางกลุ่มมีโครงสร้างอย่างง่าย ๆ เช่น กรดฟีนอลิก (phenolic acids) แต่บางกลุ่มมีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ เช่น ลิกนิน (lignin) สารประกอบฟีนอลิกกลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบคือ สารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid)

สารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ โดยทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ เปลี่ยนเป็นอนุมูลอิสระใหม่ที่มีความเสถียรขึ้น ดังสมการ 2.27 เนื่องจากโครงสร้างสามารถเกิดการเรโซแนนซ์ของอิเล็กตรอนในวงได้ดี



นอกจากนี้ปัจจุบันพบว่าสารประกอบฟีนอลิกยังมีสมบัติในการฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านการอักเสบ ต้านการแพ้ และสามารถสลายลิมเลือดได้ รวมทั้งเป็นสารต้านการก่อมะเร็ง และสามารถลดความดันโลหิตในการสลายลิมเลือด (ปริยานุช อินทร์รอด, 2551) ตัวอย่างของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดที่พบในธรรมชาติ เป็นดังภาพ 2.9



ภาพ 2.9 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิด

2.5 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระนิยมใช้วิธี decolorimetric assay โดยอาศัยหลักการสร้างอนุมูลอิสระที่มีสีขึ้นมาและเมื่อสารต้านอนุมูลอิสระมีการรับอิเล็กตรอนหรือให้อิเล็กตรอนอะตอมแก่อนุมูล

อิสระ จะทำให้อนุมูลอิสระมีอิเล็กตรอนเป็นคู่ จึงทำให้ความเข้มของสีลดลง และแปรผันตรงกับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (วรานนท์ ทองอินลา, ชลธิชา วรณวิมลรักษ์, และภาวดี ช่วยบำรุง, 2557)

วิธี decolorimetric assay มีหลายวิธี เช่น วิธี DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) วิธี ABTS (2,2-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline)-6-sulfonic acid) วิธี FRAP (ferric reducing ability of plasma) วิธี TBARS (thiobarbituric acid reactive substance) วิธี ORAC (oxygen radical absorbance capacity) และวิธี reducing power เป็นต้น แต่ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธี DPPH และวิธี ABTS

วิธี DPPH เป็นการออกซิไดส์สารที่ทำให้เกิดสี คือ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่มีความเสถียร อยู่ในรูปอนุมูลอิสระโดยไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูลอิสระ และสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด 517 นาโนเมตร ทำให้มองเห็นเป็นสีม่วง เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระ (RH) ไปออกซิไดซ์ DPPH ทำให้อนุมูลอิสระหายไป เปลี่ยนเป็นสารที่ไม่มีอนุมูลอิสระ ที่มีสีเหลืองและไม่ดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกับ DPPH ทำให้สามารถคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (percent inhibition) ได้จากปริมาณอนุมูล DPPH ที่เหลืออยู่หลังจากเกิดปฏิกิริยาเทียบกับปริมาณอนุมูล DPPH ที่เหลืออยู่ในชุดควบคุมซึ่งไม่มีสารต้านอนุมูลอิสระ (ชญาณิช ศรชัยวัชวงศ์, วัฒนพร พัฒนภักดี, นิตยา แซ่ลี, สุรสินธุ์ เลิศสุทธิรักษ์, และเหมือนฝัน สีใส, 2007)

วิธี ABTS เป็นวิธีการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่คล้ายกับวิธี DPPH โดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารที่ทำให้เกิดสี คือ ABTS (2,2'-azinobis-(3-ethyl benzothiazoline)-6-sulfonic acid) โดย potassium persulfate ($K_2S_2O_8$) จะไปออกซิไดซ์ ABTS ให้เป็น $ABTS^{\bullet+}$ เกิดสารละลายสีฟ้า-เขียว จากนั้นสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะรีดิวซ์ $ABTS^{\bullet+}$ ให้กลับมาเป็น ABTS ทำให้เกิดสีน้อยลงหรือไม่เกิดสีเลย สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงของ $ABTS^{\bullet+}$ ที่ 734 นาโนเมตร

ส่วนการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) สามารถทำได้โดยให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดทำปฏิกิริยากับสาร Folin-Ciocalteu reagent ซึ่งประกอบด้วยสาร phosphomolybdic-phosphotungstic acid สารดังกล่าวจะถูกรีดิวซ์โดยหมู่ phenolic hydroxyl ของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เกิดผลิตภัณฑ์เป็น tungsten และ molybdenum blue ซึ่งเป็นสารที่มีสีน้ำเงินและดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร (เพชรรุ่ง เทพทอง, จิตพิสุทธิ์ จันทรทองอ่อน, อรณีย์ ประจวบจินดา, ศรีโสภา เรืองหนู, และอรุณพร อัฐรัตน์, 2555)

2.6 ฤทธิ์ทางชีวภาพ

ปัจจุบันมีการนำสมุนไพรหลายชนิดมาใช้ในการรักษาโรคเนื่องจากมีบทบาทสำคัญในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฤทธิ์ต้านมาลาเรีย (antimalaria) ฤทธิ์ต้านมะเร็ง (anticancer) ฤทธิ์ต้านเชื้อรา (antifungal) ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย (antibacterial) ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (antiinflammatory) และฤทธิ์ต้านวัณโรค (antituberculosis) เป็นต้น พืชแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการออกฤทธิ์แตกต่างกันไป

เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ที่แตกต่างกัน สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ หมายถึง สารจากสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตทั้งคน สัตว์ และพืช สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีต้องเป็นสารที่มีผลจำเพาะเจาะจง เช่น มีฤทธิ์จำเพาะต่อเซลล์ของมะเร็งเต้านม มีฤทธิ์จำเพาะต่อเชื้อวัณโรค เป็นต้น และสารนั้นจะต้องไม่มีผลทางลบต่อร่างกาย หรือมีผลข้างเคียงน้อยมาก เพราะเมื่อสารนั้นถูกนำมาแปรรูปให้เป็นส่วนประกอบของยา ย่อมไม่ต้องการให้ยาามีผลกับส่วนที่ดีของร่างกาย ยกเว้น เชื้อโรค หรือส่วนเกิน (มะเร็ง) ที่เราต้องการกำจัดเท่านั้น สารใดก็ตามถ้ามีผลข้างเคียงที่ไม่ต้องการ เราก็จะจัดสารนั้นให้อยู่ในพวกสารพิษ (toxic substance) (ปัทมา พิทยขจรวุฒิ, 2554)

มะเร็งเป็นโรคที่คุกคามชีวิตมนุษย์เพราะเป็นต้องอาศัยการดูแลรักษาเป็นระยะเวลายาวนานและผลข้างเคียงของการรักษาค่อนข้างรุนแรง สาเหตุที่แท้จริงของการเกิดมะเร็งนั้นไม่ทราบแน่นอน อาจจะมาจกพันธุกรรมแต่ร้อยละ 80 เกิดจากวิถีการดำรงชีวิตและสภาพแวดล้อม เช่น พฤติกรรมการบริโภค การมีโภชนาการที่ไม่เหมาะสม สิ่งแวดล้อมที่เต็มไปด้วยสารพิษ อากาศที่ไร้หายใจ ตำแหน่งที่อยู่อาศัยและการประกอบอาชีพ รวมทั้งการขาดการออกกำลังกาย จากสาเหตุเหล่านี้พบว่าอุบัติการณ์ของโรคมะเร็งเพิ่มขึ้นในทุกประเทศ โรคมะเร็งเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตเป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งค่าใช้จ่ายในการรักษาค่อนข้างสูงเนื่องจากยาที่ใช้รักษาบางตัวต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ (กอบกุลญ มีวาสนาสุข, 2550) สมุนไพรเป็นสิ่งที่จะช่วยในการส่งเสริมสุขภาพ ซึ่งสามารถใช้ป้องกันหรือลดการเกิดมะเร็งตลอดจนยับยั้งหรือทำลายเซลล์มะเร็งบางชนิดได้ มีรายงานถึงสมุนไพรหลายชนิดที่มีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็ง เช่น ข่าหลวงและข่าน้อยมีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งเต้านมชนิด MCF-7 และเซลล์มะเร็งปอดชนิด CORL23 (Lee & Houghton, 2005) และสารสกัดหอนอนตายยากมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตต่อเซลล์มะเร็งชนิด KB และ MCF-7 (Akanitapichat, Tongngok, Wangmaneerat, & Sripanidkulchai, 2005)

2.7 เทคนิคที่ใช้ในการทดลอง

2.7.1 เทคนิคยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตเมทรี (UV/Visible spectrophotometry, UV/VIS)

เทคนิคยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตเมทรี เป็นเทคนิคการวิเคราะห์สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ หรือสารประกอบเชิงซ้อน ทั้งที่มีสีหรือไม่มีสี โดยอาศัยการดูดกลืนแสงของสารที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเล็ตและวิสิเบิล (ความยาวคลื่น 190-800 นาโนเมตร) เทคนิคการวิเคราะห์นี้เรียกว่า UV-VIS spectrophotometry แต่ถ้าสารที่ทำการวิเคราะห์มีสีสารนั้นดูดกลืนแสงเฉพาะในช่วงวิสิเบิล บางครั้งเรียกว่า เทคนิคคัลเลอร์ิเมทรี (colorimetry)

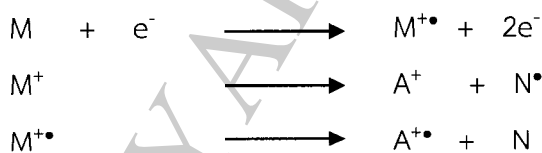
หลักการคือเมื่อให้ลำแสงที่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องผ่านไปยังวัตถุใด พบว่าแสงบางส่วนถูกดูดกลืนบางส่วนเกิดการสะท้อน บางส่วนเกิดการกระเจิง และบางส่วนผ่านทะลุออกไป ถ้าแสงที่ทะลุออกไปนั้นผ่านเข้าเครื่องกระจายแสง เช่น ปริซึม หรือเกรตติง จะเห็นสเปกตรัมหายไปส่วนหนึ่ง ส่วนที่หายไปนี้เรียกว่า absorption spectrum พลังงานที่ถูกดูดกลืนไปนั้นจะทำให้โมเลกุลหรืออะตอมเปลี่ยนระดับ

พลังงานจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้น ในการวัดปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืนด้วยสารนั้น สามารถทำได้โดยให้ลำแสงผ่านเข้าไปในสารตัวอย่าง แล้ววัดปริมาณของแสงที่ผ่านทะลุออกมา โดยเปรียบเทียบกับแสงที่ทะลุออกมาเมื่อไม่มีสารตัวอย่าง และใช้กฎของเบียร์และแลมเบิร์ต (Berr and Lambert's law) มาใช้ในการวิเคราะห์สาร (รัตติกาล ชันซ์เครือ, 2550)

2.7.2 เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโตรเมตรี (gas chromatography/mass spectrometry, GC/MS)

เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโตรเมตรี เป็นการวิเคราะห์สารในปริมาณน้อยมาก มีความถูกต้อง เทียบตรง และแม่นยำสูง เทคนิค GC/MS เป็นการเชื่อมเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี (gas chromatography, GC) เข้ากับเทคนิคแมสสเปคโตรเมตรี (mass spectrometry, MS)

หลักการของเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี คือ ในถังก๊าซจะบรรจุก๊าซตัวพา (carrier gas) ซึ่งจะมีหน้าที่ควบคุมการไหลของก๊าซที่ปล่อยก๊าซออกมา (flow controller) เมื่อฉีดสารตัวอย่างเข้าไปในตำแหน่งฉีดสาร (injection port) สารจะถูกเปลี่ยนสถานะให้เป็นก๊าซ โดยมีก๊าซตัวพานำไอของสารผ่านไปยังคอลัมน์ (column) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้สารเกิดการแยกออกจากกัน เมื่อสารผ่านออกจากคอลัมน์เข้าสู่ดีเทคเตอร์ (detector) จะทำหน้าที่ตรวจวัดสารแต่ละชนิดที่เกิดสัญญาณขึ้น และถูกส่งไปยังเครื่องประมวลผล (recorder) ส่วนหลักการของเทคนิคแมสสเปคโตรเมตรี คือ เมื่อโมเลกุลสารเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน กลายเป็นไอออนและมีประจุบวก ซึ่งถ้าโมเลกุลที่มีประจุบวกนี้มีพลังงานสูงพอจะเกิดการแตกตัวออกเป็นส่วนย่อยๆ ซึ่งอาจเป็นอนุภาคที่เป็นกลาง (N) อนุภาคที่เป็นอนุมูลแคทไอออน (A^+) หรือแคทไอออน (A^+) เช่น



และถ้าไอออนที่เกิดขึ้น ($A^{\bullet+}$ หรือ A^+) มีพลังงานมากพอจะเกิดการแตกตัวต่อเป็นไอออนย่อยต่อไปเรื่อยๆ จนเหลือพลังงานน้อยสุดที่ไม่สามารถแตกตัวต่อไปได้อีก แมสสเปคโตรมิเตอร์จะบ่งบอกถึงลักษณะการแตกตัวของโมเลกุลไอออน หรือรวมรูปแบบการแตกตัวของแต่ละไอออนทั้งหมดเข้าด้วยกัน สารแต่ละชนิดจะมีรูปแบบการแตกตัวของโมเลกุลที่มีลักษณะเฉพาะ เครื่องแมสสเปคโตรมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้แยกและวัดมวลของไอออนด้วยการใช้อัตราส่วนมวลต่อประจุ (m/z) ดังนั้น เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟีทำให้สารผสมเกิดการแยกออกจากกัน ส่วนเทคนิคแมสสเปคโตรเมตรี สามารถบอกข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของสารแต่ละชนิด (สุกัญญา เขียวสะอาด และสามารถ คงทวีเลิศ, 2556)

สำหรับการวิเคราะห์กลิ่นของสาร ซึ่งมีปริมาณน้อยมาก อาจอาศัยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งปริมาณน้อย (solid phase microextraction, SPME) เป็นการสกัดสารโดยใช้วัสดุดูดซับที่สัมผัส

สารโดยตรงเรียกว่าไฟเบอร์ (fiber) ต่อเข้ากับเทคนิค GC/MS อาจเรียกว่ารวมว่า เทคนิค solid phase microextraction gas chromatography/mass spectrometry , SPME GC/MS เป็นเทคนิคที่แทบไม่มีสิ่งรบกวนสารตัวอย่าง เหมาะสำหรับวิเคราะห์สารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายและมีความเข้มข้นต่ำๆ ในระดับไมโครกรัมต่อลิตรถึงมิลลิกรัมต่อลิตร (รามนรี เนตรวิเชียร, 2559)

2.8 ชาสมุนไพร (สุนันทา คະเนนอก, 2556; ไอรดาและคณะ, 2554)

ชาสมุนไพรเป็นการนำสมุนไพรมาเป็นเครื่องดื่มที่ใช้ในการบริโภคเช่นเดียวกับการชงชา โดยการชงชาเป็นสารสกัดสารที่เป็นตัวยาสำคัญออกมา ด้วยความร้อนในช่วงเวลาสั้นๆ เพื่อไม่ให้สารที่ไม่พึงประสงค์ถูกสกัดออกมาด้วย หรือเพื่อป้องกันไม่ให้สารที่ต้องการถูกทำลายด้วยความร้อนที่นานเกินไป รวมทั้งสามารถรักษากลิ่น รส ที่ต้องการของสมุนไพรชนิดนั้นด้วย สมุนไพรที่ใช้รูปแบบการบริโภคเช่นเดียวกับชา มักเรียกว่า ชาสมุนไพร ซึ่งพืชหรือส่วนต่างๆ ของพืชที่อนุญาตเป็นชาสมุนไพรตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 280) พ.ศ. 2557 ได้แก่ ผลมะตูม ดอกกระเจี๊ยบ (กลีบเลี้ยงและริ้วประดับ) เหง้าขิง เหง้าข่า เหง้าและต้นตะไคร้แกง ใบหม่อน ดอกคำฝอย ใบบัวบก ใบเตยหอม ดอกเก๊กฮวย ผลหล่อฮังก้วย เห็ดหลินจือ ผลมะขาม ใบและต้นเจียวกู่หลาน เถาวัลย์เปรียง และ ใบหญ้าหวาน

หลักการจัดประเภทผลิตภัณฑ์ ชาและชาสมุนไพร ที่เป็นส่วนผสมระหว่างพืชสมุนไพรตามชนิดที่อยู่ในบัญชีแนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 280) พ.ศ. 2557 เรื่องชาสมุนไพรและใบชาสกุล หากผลิตภัณฑ์มีส่วนผสมของชาสมุนไพรไม่เกิน 10% จัดเป็นชา แต่ถ้าผลิตภัณฑ์มีส่วนผสมของชาสมุนไพรตั้งแต่ 90% ขึ้นไป จัดเป็นชาสมุนไพร

กรรมวิธีการผลิตชาสมุนไพร ทำโดย

- การทำแห้ง หรือการดึ่งน้ำออก เป็นกระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้นเพื่อกำจัดความชื้นออกจากอาหารด้วยการระเหยน้ำ
- การอบแห้งด้วยลมร้อน ทำโดยใช้ตู้อบที่มีลมร้อน โดยผ่านการให้ความร้อนจากเครื่องทำความร้อนเป่าผ่านอาหาร ทำให้น้ำระเหยไปกับลมร้อน โดยทางช่องระบายลมภายในตู้อบ นิยมใช้อุณหภูมิอบแห้ง 45-65 องศาเซลเซียส

2.9 ยาต้มสมุนไพร (วุฒิ วุฒิธรรมเวช, 2540; วรณิ พรหมดำว, ศุภะลักษณ์ พักคำ และเสาวภา ไทพยวัฒน์, 2558)

ความหอม ไม่ว่าจะกลิ่นหอมจากธรรมชาติ กลิ่นหอมจากดอกไม้มานานาชนิด กลิ่นหอมจากพวงมาลัย กลิ่นหอมจากเครื่องแขวน หรือกลิ่นหอมจากเครื่องหอมต่างๆ เช่น น้ำอบ น้ำปรุง ยาต้มส้มมีกลิ่นเป็นเครื่องจรรโลงใจ สร้างบรรยากาศที่ดีให้แก่ชีวิต ถือได้ว่า ความรู้ในศาสตร์เหล่านี้เรียกว่า สุขคนบำบัด การแพทย์แผนไทยเชื่อว่าสาเหตุแห่งการเจ็บป่วยเกิดจากอิทธิพลจากธาตุทั้ง 4 ผิดปกติ (ธาตุ

สมุนไพร) อิทธิพลของฤดูกาล (ฤดูสมุนไพร) อายุที่เปลี่ยนไปตามวัย (อายุสมุนไพร) อิทธิพลของกาลเวลา และสรีรยจักรวาล (กาลสมุนไพร) ถิ่นที่อยู่อาศัย (ประเทศสมุนไพร) และพฤติกรรมที่เป็นมูลเหตุก่อโรค มีการนำความรู้เรื่องสรรพคุณของสมุนไพรบำบัดมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับอาการที่มาจากสมุนไพรต่างๆ จากการศึกษาสมุนไพรบำบัดตำรับวังสวนสุนันทา พบว่า สมุนไพรที่ใช้ในตำรับ ได้แก่ มะลิ พิกุล จำ ปี่ จำ ปา กระดังงา ชะลูด มีสรรพคุณ บำรุงประสาท สร้างอารมณ์ให้สดชื่น คลายความตึงเครียดและรู้สึกผ่อนคลาย บำรุงหัวใจ กระตุ้นการไหลเวียนโลหิต บรรเทาอาการปวดศีรษะ เมื่อพิจารณาสรรพคุณจากพืช จะช่วยดูแลรักษาสุขภาพทางธาตุลมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งหลักทฤษฎีแพทย์แพทย์ไทยบ่งบอกว่าธาตุลมพิการ เหตุที่ทำให้ธาตุลมพิการมักมาจาก ธาตุทั้ง 4 เสียสมดุล คือ ธาตุดิน น้ำ ลม ไฟ ธาตุใดธาตุหนึ่งหรือหลายธาตุกำเริบหย่อนพิการ แล้วส่งผลต่อธาตุลม ระบบเลือดลมในร่างกายเดินไม่สะดวก โดยเฉพาะลมกองละเอียด ลมอุทกังคมาวาตา และลมอโรคมาวาตาพิการ ซึ่งการนำไปใช้ของสมุนไพรบำบัดเหมาะสมกับบุคคลที่มีอาการอ่อนเพลีย วิงเวียนศีรษะ มึนงง ปวดศีรษะ นอนไม่หลับ มีความเครียด เป็นต้น

ยาต้มสมุนไพร เป็นยาที่จัดอยู่ในประเภทเป็นยาสมุนไพรประจำบ้าน ใช้สุดดม ยาต้ม ใช้สุดดม บรรเทาอาการวิงเวียน หน้ามืด ตาลาย เป็นหวัด คัดจมูก ยาต้มสมุนไพรประกอบด้วยสมุนไพรและสารอื่นๆ เช่น

การพูลุ สรรพคุณ ช่วยในเรื่องระบบไหลเวียนโลหิต แก่ลมวิงเวียน หน้ามืด ตาลาย ใจสั่น คลื่นไส้ อาเจียน

โป๊ยกั๊ก สรรพคุณ บรรเทาอาการปวดศีรษะในผู้ป่วยไมเกรน แก่ลมวิงเวียน ทำให้เลือดลมไหลเวียนดี

อบเชย สรรพคุณ เป็นเครื่องเทศที่มีกลิ่นหอม ทำให้สดชื่น แก่ปวดศีรษะ แก่อาการอ่อนเพลีย

พริกไทยดำ สรรพคุณ แก่ลมวิงเวียน บำรุงธาตุ

โกศสอ สรรพคุณ แก่ปวดศีรษะคัดจมูก บำรุงหัวใจ

กระวาน สรรพคุณ แก่ลมวิงเวียน บำรุงธาตุ

ดอกจันทน์เทศ สรรพคุณ แก่อาการปวดศีรษะ แก่โรคลม

พิมเสน สรรพคุณ มีกลิ่นหอม ใช้สูด แก่ลมวิงเวียน อ่อนเพลีย

การบูร สรรพคุณ มีกลิ่นหอม ร้อน บรรเทาความเจ็บ

เมนทอล สรรพคุณ มีกลิ่นหอม เย็น แก่หวัด

ดีปลี สรรพคุณ แก่อาการนอนไม่หลับ แก่หลอดลมอักเสบ ช่วยให้เจริญอาหาร แก่เป็นลมวิงเวียน

เปราะหอม สรรพคุณ แก่หวัด คัดจมูก รับประทานขับลมในลำไส้

โกฐหัวบัว สรรพคุณ กระตุ้นการไหลเวียนของเลือด ทำให้เลือดลมไหลเวียน ช่วยแก้อาการปวดศีรษะ วิงเวียนศีรษะ หน้ามืด

ผิวมะกรูด สรรพคุณ ช่วยแก้อาการนอนไม่หลับ เป็นยาบำรุงหัวใจ ช่วยผ่อนคลายความเครียด คลายความกังวล ช่วยแก้ลม หน้ามืด วิงเวียนศีรษะ

โกศสอ สรรพคุณ เป็นยาแก้ไข้อัน จมูกอักเสบ โดยตำรับยารักษาจมูกอักเสบหรือไข้อัน

น้ำมันยูคาลิปตัส สรรพคุณ มีกลิ่นค่อนข้างเย็น มีประโยชน์มากต่อระบบทางเดินหายใจ ลดอาการปวดศีรษะจากความเหนื่อยล้า อาการหลอดลมอักเสบ หัวด ไอ ไข้อัน และอาการติดเชื้อในคอให้ทุเลาลงได้

น้ำมันเปปเปอร์มินต์ สรรพคุณ ช่วยบรรเทาอาการเครียด ช่วยรักษาอาการปวดศีรษะ ไมเกรน

เนื่องจากปัจจุบันยังมีการศึกษาฤทธิ์ด้านต่างๆ เกี่ยวกับบุนนาคน้อย งานวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารระเหยในเกสรและกลีบดอกบุนนาค ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากเกสรดอกบุนนาค กลีบดอกบุนนาค และดอกบุนนาคทั้งดอก นอกจากนี้ผู้วิจัยสนใจนำดอกบุนนาคมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพโดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชาชงดอกบุนนาคจากเกสรดอกบุนนาค กลีบดอกบุนนาค และพิกัดเกสรทั้ง 5 นอกจากนี้ได้นำดอกบุนนาคซึ่งเป็นดอกไม้ที่มีความหอม แก้อาการวิงเวียน หน้ามืดตาลาย ใจสั่น หัววิ มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ยาผสมสมุนไพรดอกบุนนาค โดยนำไปผสมกับสมุนไพรและสารอื่นๆ ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าให้แก่ดอกบุนนาค