

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชพื้นบ้านและสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชัน

พืชพื้นบ้านหรือพรรณไม้พื้นเมืองในท้องถิ่นที่ชาวบ้านนำมาบริโภค เป็นพืชเกิดในแหล่งธรรมชาติตามป่าเขา ป่าละเมาะ ป่าแพะ หนองบึง ริมน้ำ หรือชาวบ้านนำมาปลูกไว้เพื่อสะดวกในการเก็บบริโภค พืชพื้นบ้านมีชื่อเฉพาะของแต่ละท้องถิ่น และนำไปประกอบเป็นอาหารพื้นเมืองตามกรรมวิธีเฉพาะของแต่ละท้องถิ่น นอกจากนี้ พืชพื้นบ้านเองยังถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นยา รักษาโรค เครื่องใช้ไม้สอย เครื่องแต่งกาย และทางเศรษฐกิจอีกด้วย (<http://www.krudang.com/sheet/pak/kwammy.htm>, 2554) สำหรับข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับชื่อและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ รวมถึงสรรพคุณและการใช้ประโยชน์ของพืชพื้นบ้านที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

2.1.1 ผักชีลาว (*Anethum graveolens* Linn. วงศ์ UMBELLIFERAE)

ในประเทศไทย นิยมรับประทานเป็นผักมากกว่าการใช้ผลทำเครื่องเทศ เพราะมีคุณภาพดีกว่าประเทศอินเดีย โดยทั่วไปมักกินสดและใบในรูปของผักสด สำหรับจิ้มน้ำพริก หรือใส่แกง (ภาพที่ 2.1ก) ส่วนน้ำมันหอมระเหยใช้แต่งกลิ่นผักดอง น้ำซอส สตู ขนมหวาน เครื่องดื่ม และเหล้า นอกจากนี้ ยังมีสรรพคุณอื่นๆ เช่น ลดไขมันในเลือด ลดแก๊สในระบบทางเดินอาหาร แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ ลดอาการเสียดท้อง (Bahramikia และคณะ, 2009) นอกจากนี้ Nakahara และคณะ (2002) ยังรายงานว่ามีฤทธิ์เป็นสารต้านการกลายพันธุ์ได้ด้วย

น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดของผักชีลาวประกอบด้วย สารดิลลาโนไซด์ (dillanoside) กรดฟีนอลิก โปรตีน และไขมัน เป็นต้น สำหรับสารสำคัญที่พบในน้ำมันผักชีลาว (dill seed oil) คือ คารีโวน ดี-ไลโมนีน (caryone D-limonene) และอัลฟา-เฟลเลนดรีน (alpha-phellandrene) รองลงมาคือ ไดไฮโดรคาร์วোন (dihydrocarvone) ยูจีนอล (eugenol) ไพนีน (pinene) และอะนิโทล (anethon) เป็นต้น นอกจากนี้สารฟีนอลิกที่สำคัญในสารสกัดดอกผักชีลาว ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และโปรแอนโทไซยานิดิน (proanthocyanidin) ซึ่งแสดงสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Shyu และคณะ, 2009) ส่วนใบและลำต้นก็พบสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ที่สำคัญเช่นกัน ได้แก่ กรดโปรโตคาเทอชอิก (protocatechuic acid) และ คาเทชิน (catechin) (Shan และคณะ, 2005)

Chanwitheesuk และคณะ (2005) รายงานว่า ผักชีลาวแห้ง 100 กรัม มีดัชนีต้านออกซิเดชันเท่ากับ 1.09 และสารต้านออกซิเดชันที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ วิตามินซี 11.7 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0039 มิลลิกรัม เบต้าแคโรทีนทั้งหมด 0.64 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ทั้งหมด

0.53 มิลลิกรัม แทนิน 7.78 มิลลิกรัม และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 66.1 มิลลิกรัม ต่อมา Bahramikia และคณะ (2009) รายงานว่า สารสกัดผักชีลาวมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด เท่ากับ 105.2 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณฟลาโวนอยด์ ทั้งหมดเท่ากับ 58.2 มิลลิกรัมสมมูลย์ของคาทิกชินต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) รวมทั้งสามารถต้าน ออกซิเดชันของไขมันในตับของหนูทดลองได้ นอกจากนี้ ผักชีลาวยังช่วยในการกระตุ้นการ เผลาผลาญอาหารของเชื้อแบคทีเรียแลคติก ซึ่งมีผลต่อกระบวนการเกิดโยเกิร์ต กระตุ้นการทำงานของ เอนไซม์โปรติโอไลติก (proteolytic enzyme) และยับยั้งการทำงานของ angiotensin-1-converting enzyme (ACE) ในระหว่างการหมักและการเก็บรักษาแบบแช่เย็นของโยเกิร์ตด้วย (Amirdivani and Baba, 2011)

2.1.2 ผักปลั่ง (*Basella alba* L. วงศ์ BASELLACEAE)

ชาวเขาและชาวบ้านพื้นล่างใช้ยอดและใบอ่อนกินเป็นผักสด หรือใช้ใบอ่อนและ ดอกใส่แกงต่างๆ รวมถึงใช้เป็นยากลางบ้านแก้ผื่นคัน กลากเกลื้อน ฝีอักเสบ โรคเรื้อน หรือใช้เป็น ยาระบายอ่อนๆ ชาวเขาเผ่าม้งใช้ยอดต้มกินกับไก่เพื่อเป็นยาบำรุงกำลัง เผ่าอีเก้อและไทใหญ่ใช้ใบ รักษาแผลสด หรือคั้นน้ำทาแก้ปวดเมื่อย (สุธรรม และคณะ, 2552ก) นอกจากนี้ ผักปลั่งยังมีฤทธิ์ ด้านการกลายพันธุ์ (Yen และคณะ, 2001; Nakahara และคณะ, 2002) ด้านการอักเสบ และ ด้านโรคมะเร็งได้อีกด้วย (Siriwatanametanon และคณะ, 2010) สำหรับประเทศอื่นๆ ใช้ผักปลั่ง กินเป็นผักสดและปรุงอาหารต่างๆ (สุธรรม และคณะ, 2552ก) (ภาพที่ 2.1จ)

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของใบผักปลั่ง ได้แก่ กรดอะมิโน กลูแคน (glucan) มิวโค-โพลีแซคคาไรด์ (mucopolysaccharide) เบต้าแคโรทีน และกรดอินทรีย์อื่นๆ อีกทั้งยังประกอบด้วย ซาโปนิน (saponin) และมิวซิเลจ (mucilage) (เปล่งศักดิ์, 2543) นอกจากนี้ ยังพบลูทีน (lutein) และ ซีแซนทีน (zeaxanthin) ในปริมาณ 113.82 และ 1.76 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Lakshminarayana และคณะ, 2007) สำหรับคุณค่าทางอาหาร พบว่า ผักปลั่งสด 100 กรัม ให้ พลังงานต่อร่างกาย 21 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยเส้นใย 0.8 กรัม แคลเซียม 4 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 50 มิลลิกรัม เหล็ก 1.5 มิลลิกรัม วิตามินเอ 9316 IU วิตามินบีหนึ่ง 0.07 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.20 มิลลิกรัม ไนอะซิน 1.1 มิลลิกรัม วิตามินซี 26 มิลลิกรัม (เปล่งศักดิ์, 2543)

นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการต้านออกซิเดชันของผักปลั่ง โดย Maisuthisakul และคณะ (2007b) รายงานว่า ผักปลั่งมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH แสดงในรูปค่า EC_{50} เท่ากับ 1.48 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 15.5 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เท่ากับ 6.2 มิลลิกรัมสมมูลย์ของรูทีนต่อกรัม (น้ำหนัก)

2.1.3 ผักเสี้ยวแก้ว (*Bauhinia nervosa* (Wall. Ex Benth.) Baker วงศ์

CAESALPINIACEAE)

ผักเสี้ยวแก้ว (ภาพที่ 2.1จ) ชาวบ้านพื้นล่างนิยมใช้ใบอ่อนกินเป็นผักจิ้ม ยำหรือใส่แกง ชาวเขาเผ่าเย้าปลูกดอกเป็นผักจิ้ม ดอกลำต้นทำเหล้า ชาวเขาเผ่าไทยใหญ่ใช้ลำต้นหรือกิ่งแก่ทุบใส่น้ำดื่มเพื่อให้น้ำมีรสหวาน และชาวเขาแทบทุกเผ่าใช้เป็นยากลางบ้าน โดยใช้ลำต้นแก้ปวดเส้นเอ็น ใช้รากต้มกินแก้ท้องร่วง ใช้ลำต้นคองเป็นยาบำรุงกำลัง หรือคั้นน้ำดื่มและอาบแก้โรคทางเดินอาหาร อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าของเส้นใย คุณค่าทางโภชนาการ ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหรือองค์ประกอบทางเคมีในพืชชนิดนี้ (สุธรรม และคณะ, 2552ก)

2.1.4 เมี่ยงป่า (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze var. *assamica* (J. Masters) Kitam วงศ์

THEACAE)

โดยทั่วไป นิยมใช้ใบตากแห้งสำหรับชงดื่มเป็นชา หรือหนึ่งใบเพื่อใช้เคี้ยวกินเล่นแทนหมาก หรือแก้กระหายน้ำ แก้ง่วงนอน ทำให้ชุ่มคอ กระตุ้นหัวใจ ทำให้หัวใจชุ่มชื้น แก้ปวดเมื่อยตามร่างกาย และใช้เป็นยาแก้ท้องร่วงและขับปัสสาวะ นอกจากนี้ ยังใช้เป็นยาพื้นบ้าน โดยใช้ใบสดเป็นยาสมานแผล กากใบใช้พอกแผลจากน้ำร้อนลวก หรือไฟไหม้ ส่วนเมล็ดใช้เป็นยาสระผมเพื่อกำจัดเหา (สุธรรม และคณะ, 2552ก) (ภาพที่ 2.1ง)

ใบเมี่ยงป่าที่ใช้ทำชาเขียว มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 163.33 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (Aqil และคณะ, 2006) โดยสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญ คือ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ได้แก่ ฟลาโวนอล (คาทิซิน อีพิคาทิซิน (epicatechin) อีพิแกลเลท (epigallocatechin gallate) อีพิแกลโลคาทิซิน (epigallocatechin gallate) และอีพิคาทิซินแกลเลท (epicatechin gallate)) ฟลาโวนอล (เคมเพอรอล (kaempferol) เควอซีทินไกลโคไซด์ (quercetin glycoside) และโปรแอนโธไซยานิน (Lin และคณะ, 2003; Cai และคณะ, 2004) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของเมี่ยงป่านั้นมีอยู่น้อยมากเมื่อเทียบกับชา

Katsube และคณะ (2004) รายงานว่า ชาเขียวจากเมี่ยงป่ามีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดี โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 194.6 ไมโครโมลาร์ สมมูลของอีพิแกลโลคาทิซินแกลเลท (epigallocatechin gallate, EGCG) ต่อกรัม นอกจากนี้ ยังมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low Density Lipoprotein, LDL) ได้ดีอีกด้วย โดยมีค่าเท่ากับ 191.4 ไมโครโมลาร์ สมมูลของ EGCG ต่อกรัม รวมทั้งมีรายงานการประยุกต์ใช้ชาเขียวจากใบเมี่ยงเป็นส่วนผสมในอาหารไก่ พบว่า เนื้อไก่ที่ประกอบด้วยคาทิซินช่วยให้แอลฟาโทโคฟีรอลมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาไก่แช่เยือกแข็ง (Tang และคณะ, 2001a) หรือใช้ใบชาเขียวคั้นแห้งคั้นกับน้ำร้อนในการล้างผักสดหอม เพื่อป้องกันการสูญเสีย

วิตามินซีและแคโรทีนอยด์ในระหว่างการเก็บรักษาผักกาดหอมที่อุณหภูมิ 20 และ 50 องศาเซลเซียส (Martin-Diana และคณะ, 2008) เป็นต้น

2.1.5 ผักชี (*Coriandrum sativum* L. วงศ์ UMBELLIFERAE)

ผักชี นับเป็นเครื่องเทศที่ใช้แพร่หลายในหลายประเทศ เช่น จีน ไทย และ ยุโรป โดยนิยมกินทั้งต้น ร่วมกับอาหารเพื่อช่วยเพิ่มรสชาติให้ดีขึ้น และใช้แต่งอาหารให้น่ารับประทาน ผักชีมีสรรพคุณเป็นยารักษาโรค โดยใช้ผลแก่โรคมืด ถ่ายเป็นเลือด ถ่ายเป็นมูก แก้กิดสีดวงทวารมีเลือดออก แก้ก้อนฝีเพื่อ ใช้เมล็ดแก่ปวดฟัน ปากเจ็บ ส่วนต้นสดช่วยให้ผื่นหัดออกเร็วขึ้น แก้กึ่งเป็นผื่นแดงไฟลามทุ่ง ในน้ำมันหอมระเหยในผักชีช่วยให้สบายท้อง แต่มีกลิ่นรุนแรง (ดวงจันทร์, 2547) (ภาพที่ 2.1ค)

คุณค่าทางโภชนาการของผักชีในใบสด ประกอบด้วย โปรตีน เส้นใย ฟอสฟอรัส เบต้าแคโรทีน ผลหรือลูกผักชีประกอบด้วย ส่วนน้ำมันหอมระเหย (1.8 เปอร์เซ็นต์) มีสารไลนาลออล (linalool) เป็นส่วนใหญ่ และส่วนที่เป็นน้ำมันไม่ระเหย 13 เปอร์เซ็นต์ มีสาระสำคัญคือโคริแอนดรอล (coriandrol) นอกจากนี้ ยังพบแทนนิน (tannins) แคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate) และ เอสโตรเจน (plant estrogen) (ดวงจันทร์, 2547)

เนื่องจากผักชีเป็นเครื่องเทศที่ใช้แพร่หลายทั่วโลกจึงมีผู้สนใจศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านออกซิเดชัน รวมทั้งสารสำคัญในผักชี โดย Wangenstein และคณะ (2004) รายงานว่า ในใบและเมล็ดของผักชีที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 0.36 และ 0.15 กรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ นอกจากนี้ Damasius และคณะ (2011) รายงานว่า ผักชีมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูปของ IC_{50} เท่ากับ 0.98 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด เท่ากับ 97.1 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัม โดยสารต้านออกซิเดชันสำคัญที่พบในผักชี ได้แก่ เบต้าแคโรทีน (β -carotene) เบต้าคริปโตแซนทินอีพอกไซด์ (β -cryptoxanthin epoxide) ลูทีน-5,6-อีพอกไซด์ (lutein-5,6-epoxide) ไวโอลาแซนทิน (violaxanthin) และนีโอแซนทิน (neoxanthin) (Guerra และคณะ, 2005) ต่อมา มีรายงานการวิจัยว่าในผักชียังมีประกอบด้วย ซีแซนทิน (zeaxanthin) ไลโคพีน (lycopene) โทโคฟีรอล (tocopherol) และโทโคไตรอีนอล (tocotrienol) อีกด้วย (Isabelle และคณะ, 2010)

ส่วนการประยุกต์ใช้ผักชีในเนื้อสัตว์นั้น พบรายงานการใช้น้ำมันหอมระเหยเป็นส่วนใหญ่ โดยใช้น้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์ เช่น เชื้อ *Pseudomonas putida* (Oussalah และคณะ, 2006) หรือ แบคทีเรียแกรมบวก (เชื้อ *Bacillus cereus*, *Micrococcus luteus*, และ *Staphylococcus aureus*) และแบคทีเรียแกรมลบ (*Alcaligenes faecalis*) ในเนื้อไก่ (Brenesa และ Roura, 2010) นอกจากนี้ Damasius และคณะ (2011) รายงานว่า สารสกัด

ผักซึ่งสามารถยับยั้งการสร้าง 1-methyl-6-phenyl-1H-imidazol [4, 5-b] pyridine-2-amine (PhIP) ในเนื้อวัวได้

2.1.6 ก่อข้าว (*Castanopsis inermis* (Lind .ex Wall.) Benth. & Hook. f. วงศ์ FAGACEAE)

ชาวเขาทุกเผ่าใช้ยอดอ่อนกินเป็นผักจิ้มหรือใส่แกงต่างๆ หรือนำยอดไปตากแห้งเพื่อใช้ชงดื่มแทนชา ส่วนผลสามารถกินดิบหรือคั่วกิน (สุธรรม และคณะ, 2552ก) กลุ่มสารสำคัญที่พบในก่อข้าว ได้แก่ สารในกลุ่มอัลคาลอยด์ สเตอรอยด์และเทอร์พีน ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และน้ำมันหอมระเหย (นราพร, 2552) อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (ภาพที่ 2.1ข)

2.1.7 ตีวเกลี้ยง (*Cratoxylum Cochinchinense* (Lour.) Blume วงศ์ CLUSIACEAE)

โดยทั่วไปยอดอ่อนและใบอ่อนใช้กินเป็นผักสด ผักจิ้มหรือใส่แกงต่างๆ หรือใช้เป็น ยาแก้ไข้ แก้ไอ แก้ท้องร่วง แก้ผื่นคัน แผลพุพอง และปวดช่องท้อง (Vo, 1997; Mahabusarakum และคณะ, 2006) ชาวเขาเผ่ามูเซอใช้ตำรากี๋ตีวเกลี้ยงเป็นยาบำรุงกำลัง แก้อ่อนเพลีย แก้ภาวะโลหิตจาง เลือดลมเดินไม่สะดวก หรือบดผสมน้ำมันมะพร้าว แก้โรคผิวหนัง ขางจากเปลือกใช้บรรเทาโรคหืด ส่วนเปลือกใช้เป็นสีย้อมผ้า และลำต้นใช้ในการก่อสร้าง (สุธรรม และคณะ, 2552ก) (ภาพที่ 2.1ข)

สารสำคัญที่พบในเปลือกและลำต้นของตีวเกลี้ยง ได้แก่ แซนโทน (xanthones) ไตรเทอร์พีนอยด์ (triterpenoids) และโทโคไตรอีนอล (tocotrienols) (Nguyen และ Harrison, 1998) นอกจากนี้ ยังพบไทโอแซนโทน (thioxanthones) และอะคริโดเนส (acridones) (Zhao และ Larock, 2007) ต่อมา Udomchotpruet และคณะ (2010) รายงานว่า แซนโทนพบในตีวเกลี้ยงสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH โดย cudraticusxanthone E มีค่า IC₅₀ สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 179.7 ไมโครโมลาร์ รองลงมาได้แก่ cochinchinone B (108.2 ไมโครโมลาร์), cratoxylumxanthone D (108.1 ไมโครโมลาร์) และ cratoxylumxanthone C (30.0 ไมโครโมลาร์) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.1.8 ตีวขาว (*Cratoxylum formosum* (Jack) Dyer spp. Pruniflorum (Kurz) Gogel วงศ์ CLUSIACEAE)

ยอดอ่อน ใบอ่อนและดอกอ่อนของตีวขาวมีรสเปรี้ยวใช้กินเป็นผักกับอาหารหลายอย่าง เช่น ลาบ ก้อย ปั่น หรือใส่ตำยำต่างๆ เพื่อปรุงให้มีรสเปรี้ยวแทนมะนาว ดอกอ่อนใช้ทำซุพหรือย่ำ ส่วนสรรพคุณทางยา ใบอ่อนและยอดอ่อน หากรับประทานสดจะช่วยระบายท้อง รากและใบใช้ต้มน้ำกินแก้ปวดท้อง เปลือกและใบใช้ตำผสมกับน้ำมันมะพร้าวทาแก้โรคผิวหนัง น้ำยางจากลำต้นใช้ทารอยแตกของสันเท้าและรักษาบาดแผล (สุธรรม และคณะ, 2552ก) (ภาพที่ 2.1ฅ)

สารต้านออกซิเดชันที่สำคัญที่พบในพืชชนิดนี้ ได้แก่ กรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acid) กรดไดคาเฟอิลควินิก (dicafeoylquinic acid) และอนุพันธ์ของกรดเฟอร์ูลิก (ferulic acid) (Maisuthisakul และคณะ, 2007b) ซึ่งมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดี และยังเป็นพืชที่มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงด้วย (Maisuthisakul และคณะ, 2007a) สอดคล้องกับรายงานของ เกศศิณี และจันทร์เพ็ญ (2543) ที่รายงานว่าสารสกัดตัวขามีศักยภาพสูงมากในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี β -carotene bleaching นอกจากนี้ Maisuthisakul และคณะ (2008) รายงานคุณค่าทางโภชนาการของยอดอ่อนและใบตัวขาวสด (ต่อ 100 กรัมของส่วนที่กินได้) ประกอบด้วย เถ้า 4.1 กรัม โปรตีน 15.6 กรัม ไขมัน 10.8 กรัม คาร์โบไฮเดรต 63.2 กรัม เยื่อใย 6.2 กรัม แคลเซียม 448.3 มิลลิกรัม เหล็ก 17.2 มิลลิกรัม วิตามินซี 395.4 มิลลิกรัม และให้พลังงาน 412 กิโลแคลอรีต่อกรัม

นอกจากนี้ มีการศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของตัวขาวในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น การใช้สารสกัดตัวขาวในน้ำมันถั่วเหลืองและในอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ เพื่อชะลอการปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี peroxide value (PV) และวิธี thiobarbituric acid (TBA) โดยพบว่า สารสกัดตัวขาวมีศักยภาพในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในน้ำมันถั่วเหลืองได้ดีกว่าอัลฟาโทโคฟีรอล แต่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าในอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ (Maisuthisakul และคณะ, 2006) หรือ การเติมผงตัวขาวและสารสกัดตัวขาว 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำมันที่ใช้เคลือบข้าวอบกรอบ โดยสารสกัดตัวขาวมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านออกซิเดชันได้ดีกว่าผงตัวขาว (Maisuthisakul และคณะ, 2007c) เป็นต้น

2.1.9 กระจุกหมาบ้า (*Dregea volubilis* (L.f.) Hook. F. วงศ์ ASCLEPIADACEAE)

โดยทั่วไปกระจุกหมาบ้าหรือฮ้วนหมู ชาวเขาใช้ยอดอ่อน ใบอ่อนและดอกอ่อนต้มหรือลวกให้สุกกินเป็นผักจิ้ม หรือผสมกับผักอื่นผัดหรือแกงกิน ส่วนชาวบ้านพื้นล่างจะใช้ยอดอ่อนและใบอ่อนกินเป็นผักสด จิ้มน้ำพริก หรือกินกับลาบหรือใช้ใส่แกงร่วมกับผักอื่น (ภาพที่ 2.1.9) ในด้านการใช้เป็นยาพื้นบ้าน ใช้ทั้งต้นเพื่อกำจัดหิด เหา ไร และตุ่มคันตามร่างกาย หรือแก้อาการบวมและลดการอักเสบ (Hossain และคณะ, 2010) นอกจากนี้ ยังใช้เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำนมหรือขับน้ำนมในสตรีที่คลอดบุตรใหม่ ส่วนรากใช้ทำให้อาเจียนเพื่อขับพิษ ขับปัสสาวะ แก้พิษไข้ แก้กาฬโรค แก้ฝีภายใน เกลาใช้เป็นยานอนหลับ แก้ปวดศีรษะ ถอนพิษไข้ ส่วนใบใช้ภายนอกเพื่อแก้ฝี แผลน้ำร้อน ลวก ลดอาการบวม ใช้ภายในเพื่อแก้พิษต่างๆ และ Nakahara และคณะ (2002) รายงานว่า ฮ้วนหมูยังสามารถเป็นสารต้านการกลายพันธุ์ด้วย

คุณค่าทางโภชนเภสัชในฮ้วนหมูน้ำหนักแห้ง 100 กรัม มีสารต้านอนุมูลอิสระ โดยประมาณ ดังนี้ เบต้าแคโรทีน 6.14 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ 1.07 มิลลิกรัม วิตามินซี 20 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0015 มิลลิกรัม แทนนิน 17.7 มิลลิกรัม สารประกอบฟีนอลิก 100 มิลลิกรัม ค่าดัชนีแอน

ไดออกซิแคนท์ เท่ากับ 7.2 (Chanwitheesuk และคณะ, 2005) นอกจากนี้ Tachakittirungrod และคณะ (2007) รายงานว่า ใบและลำต้นของผักฮ้วนหมูที่สกัดด้วยเอทานอลมีความสามารถในการทำลายอนุมูล ABTS สูง เช่นเดียวกับ เกศศิณี และจันทร์เพ็ญ (2543) ที่รายงาน ว่า ฮ้วนหมูมีศักยภาพสูงมากในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี β -carotene bleaching อีกทั้งยังพบว่า สารสกัดเอทานอลหรือ สารสกัดน้ำของฮ้วนหมูมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำอีกด้วย (Tangkanakul และคณะ, 2005)

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้ พบว่ามีฤทธิ์ในการต่อต้านเนื้องอกโดยเฉพาะมะเร็ง Ehrlich carcinoma และ melanoma B-16 ในหนูทดลอง เมื่อให้หนูกินน้ำยาสกัดจากเมล็ดทำให้ เซลล์ตับยุบ โดยมีสาร diglycoside degreoside A เป็นองค์ประกอบ ส่วนสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ แคมเฟอร์อล และไตรโฟลีน (trifolin) ให้ฤทธิ์ลดไข้ (สุธรรม และคณะ, 2552ก)

2.1.10 ผักแปม (*Eleutherococcus trifoliatum* (L.) S.Y. Hu. วงศ์ ARALIACEAE)

ผักแปมเป็นพืชสมุนไพรที่มีการใช้บำรุงร่างกายเช่นเดียวกับโสม (ปองทิพย์ และศิริเพ็ญ, 2551) โดยทั่วไปใช้ยอดและใบอ่อนกินเป็นผักสด ผักจิ้ม หรือปรุงใส่แกง ใช้เป็นยา กลางบ้านโดยใช้แก้ลมชัก ใบและยอดอ่อนใช้รักษาวัณโรค โรคเลือดออกง่ายในปอด และเป็นยาบำรุง ลำต้นและเปลือกใช้แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ รักษาอาการซึมเศร้าและโรคประสาท (Kiem และคณะ, 2004; Perry, 1981) (ภาพที่ 2.1๑)

สารต้านออกซิเดชันสำคัญที่พบในส่วนยอดและใบอ่อนแห้งของผักแปม 100 กรัม ได้แก่ เบต้าแคโรทีน 2.55 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ 3.18 มิลลิกรัม วิตามินซี 5.33 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0055 มิลลิกรัม แทนนิน 57.25 มิลลิกรัม สารประกอบฟีนอลิก 274.83 มิลลิกรัม และมีค่าดัชนี แอนไดออกซิแคนท์ เท่ากับ 6.28 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับปานกลาง (สุธรรม และคณะ, 2552ก) นอกจากนี้ Sithisarn และคณะ (2008) รายงานว่า ยอดอ่อนของผักแปมที่สกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 100.81 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันในสมองหนูทดลอง โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 23.90 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2.1.11 ส้มจี (*Embelia ribes* Burm. F. วงศ์ MYRSINACEAE)

ยอดอ่อนและใบอ่อนของส้มจีมีรสเปรี้ยว ชาวเขาแทบทุกเผ่ากินเป็นผักสด หรือผักจิ้ม แต่โดยส่วนใหญ่มักใช้เป็นยา กลางบ้าน ใช้ทั้งต้น ลดอาการอักเสบ แก้ปวด แก้ไข้ แก้ใจ (Kapoor และคณะ, 1983) ใช้ผล ช่วยให้อาหารย่อย ลดอาการบวม ลดการอักเสบ รักษาโรคผิวหนัง และรักษาโรคประสาท (Kirthikar และ Basu, 1987) ส่วนเมล็ดใช้เป็นยาปฏิชีวนะ ยาถ่ายพยาธิ รักษาวัณโรค และเป็นยาบำรุงกำลัง (Guhabakshi และคณะ, 2001) ใช้ใบช่วยสมานแผล บรรเทา

อาการระคายเคือง โรคเรื้อรัง โรคผิวหนังต่างๆ และแก้เจ็บคอ (Sharma และคณะ, 2002; Kumara Swamy และคณะ, 2007) (ภาพที่ 2.1๓)

ในผลส้มจี๊ประกอบด้วย อัลคาลอยด์ คาร์โบไฮเดรต สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ โปรตีน และซาโปนิน สารที่แสดงสมบัติด้านออกซิเดชันที่สำคัญ ได้แก่ เอ็มเบลลิน(embelin) เควอซิทอล (quercitol) ดี-เควอซิทอล (D-quercitol) แทนนิน คริสเทนไบน์ (christenbine) วิลังกิน (vilangin) และอัลคาลอยด์ (Bhandari และคณะ, 2008) โดยสาร embelin ช่วยเร่งการสังเคราะห์ เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระให้สูงขึ้น ได้แก่ superoxide dismutase, glutathione peroxidase, glutathione-S-transferase และ glutathione (สุธรรม และคณะ, 2552ก) นอกจากนี้ Surveswaran และคณะ (2007) รายงานว่า ผลส้มจี๊มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS โดยมีค่าเท่ากับ 16.01 และ 33.31 มิลลิโมลาร์ต่อ 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 2.36 กรัมต่อ 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้สารสกัดเอทานอลจากผลส้มจี๊ยังสามารถต้านเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae* และ *Staphylococcus aureus* ได้อีกด้วย (Jain และคณะ, 2007)

สาร embelin ในผลส้มจี๊ มีฤทธิ์ด้านการผสมติดของตัวผู้ ด้านการฟักตัวของตัวอ่อนและ ทำให้แท้งในหนูทดลองและสัตว์ทดลองอื่นๆ ซึ่งเมื่อสัตว์ทดลองได้รับสารนี้เข้าไป จะทำให้การดูดซึม ดี-กลูโคส (D-glucose) แอล-อะลานีน (L-alanine) แอล-ลิวซีน (L-leucine) และแคลเซียมในลำไส้เล็กสูงขึ้น อีกทั้งยังเพิ่มปริมาณเซลล์เนื้อเยื่อในลำไส้ได้อีกด้วย นอกจากนี้ ยังสามารถลดการชักกระตุกในหนูทดลองได้อีกด้วย (Mahendran และคณะ, 2011)

2.1.12 มันทปลา (*Glochidion sphaerogynum* (Müll Arg.) Kurz. วงศ์ EUPHOBACEAE)

ชาวบ้านพื้นล่างและชาวเขาแทบทุกเผ่าใช้ใบอ่อนและยอดอ่อนกินเป็นอาหารประเภทผักหรือใส่แกง เนื้อไม้ใช้ทำฟืน ส่วนจีนฮ่อและม้งใช้เปลือกลำต้นต้มน้ำอมแก้ปวดฟัน (สุธรรม และคณะ, 2552ข) กลุ่มสารสำคัญที่พบในผักมันทปลา ได้แก่ สารกลุ่มอัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ สเตอรอยด์และเทอร์พีน ซาโปนิน และน้ำมันหอมระเหย (นราพร, 2552) อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (ภาพที่ 2.1๓)

2.1.13 ผักเชียงดา (*Gymnema inodorum* (Lour.) Decne วงศ์ ASCLEPIADACEAE)

โดยทั่วไปใช้ยอดอ่อน ใบอ่อนกินเป็นผักจิ้มหรือผสมกับผักอื่นใส่แกง ม้งใช้ใบคั้นน้ำทาหรือดื่มน้ำอบแก้อาการบวม หรือแผลพุพองตามร่างกาย (สุธรรม และคณะ, 2552ข) นอกจากนี้ ผักเชียงดายังมีฤทธิ์ด้านการกลายพันธุ์ (Nakahara และคณะ, 2002) อีกทั้งยังช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด (Tachakittirungrod และคณะ, 2007) (ภาพที่ 2.1๓)

องค์ประกอบของสารต้านออกซิเดชันในใบเชียงดาแห้ง 100 กรัม ประกอบด้วย วิตามิน ซี 19.3 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.03 มิลลิกรัม เบต้าแคโรทีน 1.31 มิลลิกรัม แชนโทฟิลล์ 1.07 มิลลิกรัม แทนนิน 11.1 มิลลิกรัม และสารประกอบฟีนอลิก 188 มิลลิกรัม โดยมีค่าดัชนีแอนติออกซิแดนท์เท่ากับ 14.8 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูง (Chanwitheesuk และคณะ, 2005) สอดคล้องกับ เกศศิณี และ จันทรเพ็ญ (2543) ที่รายงานว่า สารสกัดเชียงดามีศักยภาพสูงมากในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี β -carotene bleaching นอกจากนี้ Tangkanakul และคณะ (2005) พบว่า ผักเชียงดาที่สกัดด้วยเอทานอลหรือน้ำสามารถเป็นสารต้านออกซิเดชันที่ดีในแบบจำลองอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำอีกด้วย

ส่วนฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา พบว่า สารสกัดจากใบเชียงดามีฤทธิ์ในการกกระบบการหดตัวและลดปริมาณการใช้ออกซิเจน ซึ่งนำไปโดยสารละลายโปตัสเซียมไอออน (K^+) ที่เข้มข้นสูงในกล้ามเนื้อของ ลำไส้เล็กส่วนปลาย รวมทั้งลดระดับของกลูโคสในเลือด ซึ่งสารกลุ่มซาโปนินที่สกัดได้จากพืชชนิดนี้สามารถยับยั้งการดูดซึมน้ำตาลกลูโคสในลำไส้ และด้านการเพิ่มของกลูโคสในเลือดของหนูทดลองได้ (สุธรรม และคณะ, 2552ข)

2.1.14 บอนแบ้ว (*Hapaline hookeriana* Schott วงศ์ ARACEAE)

ชาวบ้านพื้นล่างใช้กาบหั่นละเอียดเพื่อตอกกินเป็นผักได้ ดอกเอาเปลือกของก้านใบออกแล้วใช้แกงส้มแบบเดียวกับแกงอูดพิด นอกจากนี้ ยังใช้เป็นยารักษาโรค โดยใช้หัวเป็นยาแก้ฝีหนอง กัดเถาตาลในท้อง สมานแผล รากมีฤทธิ์ใช้เป็นยากระตุ้น แก้วโรคริดสีดวงทวาร เมื่อกินกับกล้วยสามารถแก้โรคปวดท้องได้ หรือใช้สำหรับทาภายนอก และการกินรักษาพิษงูได้ อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการและองค์ประกอบทางเคมีของพืชชนิดนี้ (สุธรรม และคณะ, 2552ข) (ภาพที่ 2.1๓)

2.1.15 หมีเหม็น (*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B. Rob. วงศ์ LAURACEAE)

ผลดิบของหมีเหม็นชาวเขาแทบทุกเผ่าใช้กินเป็นเครื่องเทศ ไม่ใช้ทำเครื่องใช้ในบ้าน และห้ามเครื่องมือการเกษตร สำหรับการใช้เป็นยาพื้นบ้าน พบว่ารากใช้แก้ปวดตามกล้ามเนื้อ รากและใบใช้เป็นยาสมานแผล เปลือกและลำต้นใช้แก้ท้องเสีย ผื่นคัน แสบตามผิวหนัง แก้วภูมิแพ้ สิว หิด ใช้กินแก้บิดและแก้ปวดมดลูก ยางจากลำต้นใช้ทาแก้บาดแผล แก้ฟกช้ำ ใบใช้ตำพอกแก้ฝี แก้ปวด ถอนพิษร้อน เมล็ดใช้ตำพอกแก้ปวดฝีพิษอักเสบต่างๆ (สุธรรม และคณะ, 2552ข) (ภาพที่ 2.1๔)

น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากเปลือกหมีเหม็น มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา และแบคทีเรียบางชนิด องค์ประกอบทางเคมีที่พบในเปลือกและยางจากลำต้นของหมีเหม็น เป็นสารในกลุ่มอัลคาลอยด์ ได้แก่ laurellyptine, N-acetyl laurellyptine, laurotetanine, N-acetyl laurotetanine,

N-methyl laurotetanine, irriodenene, litseferine และ sebiferine เป็นต้น (นันทวัน และคณะ, 2543; ก่องกานดา, 2540) นอกจากนี้ ยังพบว่าสารสกัดจากลำต้นและเปลือกของหมีเหม็นสามารถทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ โดยมีค่าความสามารถในการต้านออกซิเดชันเท่ากับ 90.57 และ 41.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Kshirsagar และ Upadhyay, 2009) และมีรายงานว่า เปลือกหมีเหม็นสามารถต้านเชื้อจุลินทรีย์ทั้งแกรมบวกและแกรมลบได้ (Mandal และคณะ, 2000)

2.1.16 หมีบัง (*Litsea salicifolia* Nees ex Roxb. วงศ์ LAURACEAE)

ชาวเขาโดยทั่วไปใช้ผลดองน้ำเกลือกินเป็นเครื่องเทศ (สุธรรม และคณะ, 2552ข) และ นราพร (2552) รายงานว่า หมีบัง ประกอบด้วยกลุ่มสารสำคัญ ดังนี้ ฟลาโวนอยด์ สเตอรอยด์และเทอร์พีน คูมาริน ซาโปนิน และน้ำมันหอมระเหย อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานการใช้ประโยชน์ของชาวบ้านพื้นล่าง และรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้ (สุธรรม และคณะ, 2552ข)

2.1.17 ผักเสี้ยว (*Marsdenia glabra* Costa วงศ์ SCLEPIADACEAE)

ชาวเขาแทบทุกเผ่าและชาวบ้านพื้นล่างใช้ใบอ่อน ยอดอ่อนกินเป็นผักสด ผักจิ้มหรือปรุงใส่แกงร่วมกับผักอื่น และช่วยลดไข้ (Tachakittirungrod และคณะ, 2007) โดยในผักเสี้ยวแห้งน้ำหนัก 100 กรัม มีองค์ประกอบของสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ วิตามินซี 22.7 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0018 มิลลิกรัม เบต้าแคโรทีน 8.92 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ 7.42 มิลลิกรัม แทนนิน 4.47 มิลลิกรัม สารประกอบฟีนอลิก 51.5 มิลลิกรัม ค่าดัชนีแอนติออกซิแดนท์ 2.06 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับต่ำ (Chanwitheesuk และคณะ, 2005) (ภาพที่ 2.1ค)

รุ่งโรจน์ (2551) รายงานว่า สารสกัดอะซีโตนของผักเสี้ยวมีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เป็นร้อยละ 90.14 โดยองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดชั้นอะซีโตน ได้แก่ ไดบิวทิลพทาเลท (di-butyl phthalate) ไฟตอล (phytol) และกรด 1,2-เบนซีนไดคาร์บอกซิลิก (1,2-benzenedicarboxylic acid) อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้

2.1.18 ผักไผ่ (*Persicaria odorata* (Lour.) Sojak. วงศ์ POLYGONACEAE)

ผักไผ่ใช้ยอดอ่อน กิ่งหรือลำต้นและใบกินเป็นอาหารประเภทผักสด ผักจิ้ม กินกับน้ำพริกชนิดต่างๆ หรือเป็นผักข้างเคียงกินกับยำ ลาบ ตลอดจนปรุงใส่แกงเป็นเครื่องเทศ (ภาพที่ 2.1ค) ในด้านการใช้เป็นยาพื้นบ้าน ใช้แก้กลากเกลื้อน แผลเปื่อย แก้ผื่นคัน หรือใช้เป็นยาขับลมในกระเพาะอาหาร บรรเทาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ขับปัสสาวะ และช่วยให้เจริญอาหาร (สุธรรม และคณะ, 2552ข) นอกจากนี้ ผักไผ่ยังมีฤทธิ์ด้านการคลายพันธุ์อีกด้วย (Nakahara และคณะ, 2002)

ผักไผ่มีกลิ่นและรสเฉพาะ เมื่อต้มให้สุกหรือถูกความร้อนนานๆ จะทำให้กลิ่นรสนั้นหายไป ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยที่เป็นส่วนประกอบ มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่มอัลเคน (alkane) อัลดีไฮด์ โดยองค์ประกอบทางเคมีในผักไผ่แห้ง 100 กรัม ประกอบด้วย เบต้าแคโรทีน 2.55 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ 2.12 มิลลิกรัม วิตามินซี 15.85 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0085 มิลลิกรัม แทนนิน 17.68 มิลลิกรัม สารประกอบฟีนอลิก 329.0 มิลลิกรัม มีค่าดัชนีแอนติออกซิแดนท์ เท่ากับ 3.68 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับต่ำ (สุธรรม และคณะ, 2552ข) นอกจากนี้ Nanasombat และ Teckchuen (2009) รายงานว่า ฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ในผักไผ่ ประกอบด้วย รูทีน (rutin) คาพิซิน เควอซีทิน แคมเฟอร์อล และไอโซแรมเนทิน (isorhamnetin) ส่วน Zheng และ Wang (2001) พบว่าผักไผ่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) ได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้ แต่มีรายงานว่า พืชชนิดนี้ไม่มีสารในกลุ่ม drimane sesquiterpenoids ที่พบในพืชสกุล *Persicaria* และ *Polygonum* หลายชนิด ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อราและต้านเนื้องอกบางชนิด (สุธรรม และคณะ, 2552ข)

2.1.19 ทะโล้ (*Schima Wallichii* (DC.) Korth วงศ์ THEACEAE)

ส่วนใหญ่ใช้เป็นยากลางบ้าน โดยจีนฮ่อใช้ใบอ่อนตากแห้งชงแทนชา ทำให้ชุ่มคอและแก้กระหายน้ำ กะเหรี่ยงใช้ยอดอ่อนแช่น้ำดื่มแก้อาการปวดเมื่อยตามร่างกายเนื่องจากพิษไข้ และเปลือกลำต้นใช้เป็นยาแก้ไอ แก้ไข้ ส่วนปะหล่องใช้ยอดอ่อนคลุกเกลือกินแก้ปวดท้อง ท้องอืด ท้องเฟ้อ อาหารไม่ย่อย อีโก้ ม้งและเย้าใช้ลำต้นและใบบดอมหรือเคี้ยวกินแก้ปวดฟัน แก้แผลในปาก เหงือกเป็นหนอง ต้มน้ำดื่มแก้อาการปวดภายในร่างกาย แก้ท้องร่วง ท้องเดิน และม้ามโต ในหลายประเทศใช้ดอกเป็นยากลางบ้าน แก้ปัสสาวะผิดปกติ และมดลูกอักเสบ (สุธรรม และคณะ, 2552ค) (ภาพที่ 2.1๓)

ทะโล้ประกอบด้วย ซาโปนิน และไตรเทอร์พีน-สเตียรอยด์ (Rahmani และคณะ, 1985) นอกจากนี้ นราพร (2552) รายงานการตรวจพบสารในกลุ่ม อัลคาลอยด์ประเภทที่มีขั้วสูง และกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในสารสกัดทะโล้ ซึ่งสารที่ตรวจพบเหล่านี้ทำให้ทะโล้มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ดังรายงานของ Kshirsagar และ Upadhyay (2009) ที่กล่าวไว้ว่า สารสกัดจากใบทะโล้และลำต้นมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 96.72 และ 96.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้

2.1.20 ฟอคำติเมีย (*Selaginella argentea* (Wall. Ex Hook. & Grev.) Spring วงศ์

ASTERACEAE)

โดยทั่วไปใช้ลำต้นอ่อนที่ยังไม่แตกกิ่งหรือเริ่มแตกกิ่งก้านเป็นผักปรุงใส่แกงประเภทต่างๆ โดยฟอคำติเมียแห้ง 100 กรัม ประกอบด้วยสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินซี 30.34 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.0042 มิลลิกรัม เบต้าแคโรทีน 1.27 มิลลิกรัม แซนโทฟิลล์ 1.06 มิลลิกรัม แทนนิน 17.68 มิลลิกรัม สารประกอบฟีนอลิก 99.76 มิลลิกรัม จะเห็นว่า พืชนี้จัดเป็นผักที่มีวิตามินซีสูง แต่มีค่าดัชนีด้านอนุมูลอิสระอยู่ในระดับต่ำ มีค่าเพียง 2.84 (สุธรรม และคณะ, 2552 ค) อย่างไรก็ตาม ไม่พบการรายงานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชชนิดนี้ (ภาพที่ 2.1ข)

2.1.21 หญ้าหวาน (*Stevia Rebaudiana* Bertoni วงศ์ ASTERACEAE)

ในประเทศไทยมีการปลูกหญ้าหวานทางภาคเหนือ เนื่องจากพืชชนิดนี้ชอบอากาศค่อนข้างเย็น และเจริญได้ดีเมื่อปลูกในพื้นที่ที่สูงจากระดับน้ำทะเล ปัจจุบันหลายประเทศได้อนุญาตให้ใช้เป็นสารให้ความหวานในอาหารและเครื่องดื่มบางประเภท เพื่อลดปริมาณแคลอรีในอาหารและเครื่องดื่มสำหรับผู้ที่ต้องการลดความอ้วนหรือผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน (Shukla และคณะ, 2009) (ภาพที่ 2.1ท)

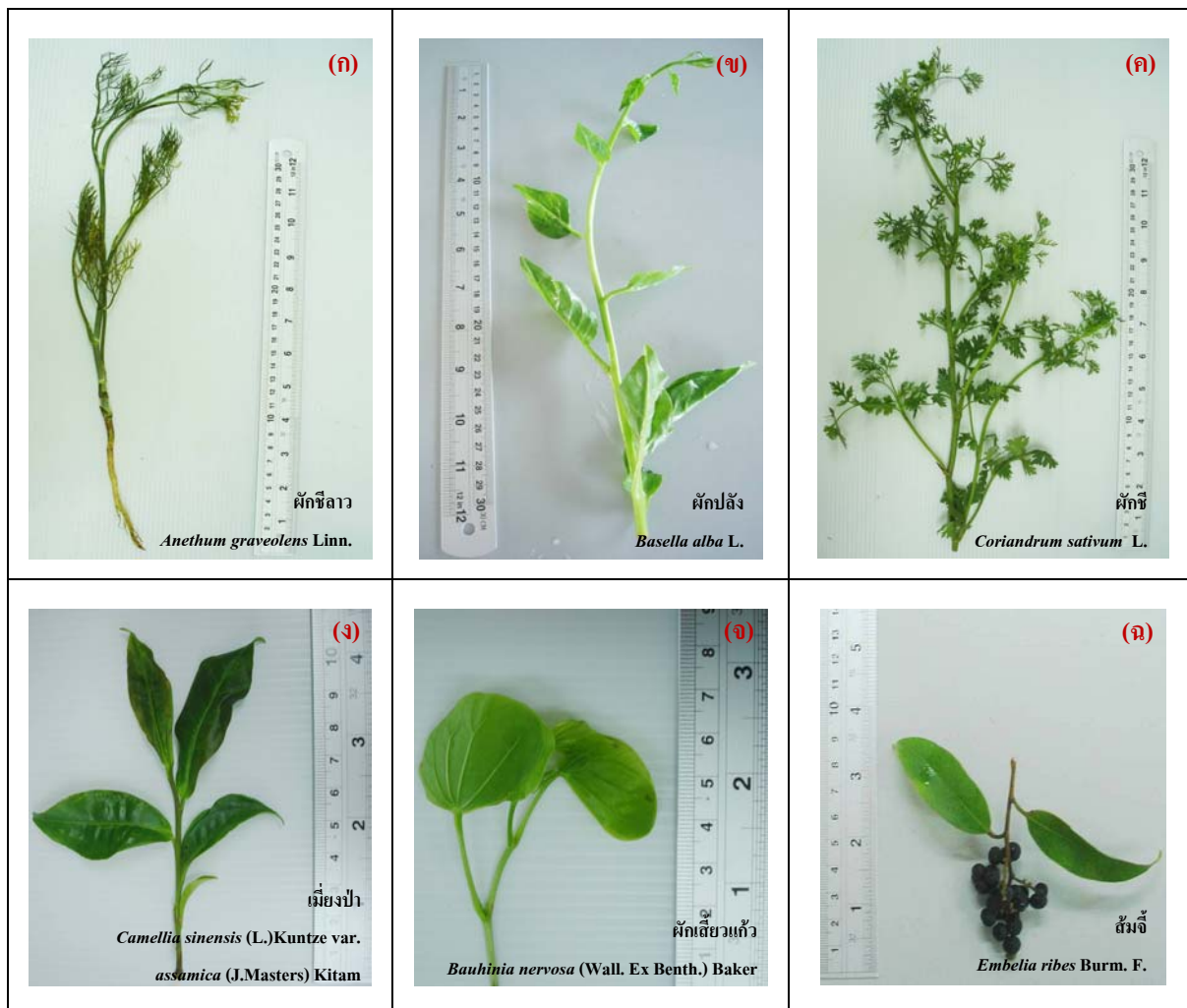
หญ้าหวานให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลทรายถึง 200-300 เท่า แต่ไม่มีผลทำให้น้ำตาลในเลือดสูง มีฤทธิ์ช่วยบำรุงตับอ่อน ช่วยเพิ่มกำลัง สมานแผลทั้งภายในและภายนอก ช่วยให้เลือดไปเลี้ยงสมอง (Bekele, 2008) นอกจากนี้ Savita และคณะ (2004) รายงานว่าหญ้าหวานช่วยลดความดัน ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และมีความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันด้วย โดยใบของหญ้าหวาน ประกอบด้วย ไดเทอร์พีนไกลโคไซด์ (diterpene glycosides) ได้แก่ สเตียวิโอไซด์ (stevioside), สเตียวิโอลไบโอไซด์ (steviolbioside), รีบอไดโอไซด์ (rebaudioside) A-F และ ดูโคลไซด์ (duclouside) (Mantovaneli และคณะ, 2004) ซึ่งเป็นกลุ่มของสารที่ให้รสหวาน ส่วนสารประกอบกลุ่มอื่นๆ ได้แก่ แลบเดนไดเทอร์พีน (labdane diterpene) (เช่น สเตียเรบิน (sterebins) I-N) ไตรเทอร์พีน สเตอรอล (sterols) และฟลาโวนอยด์ (McGarvey และคณะ, 2003)

2.1.22 นางเลว (*Tupistra albiflora* K. Larsen วงศ์ LILIACEAE)

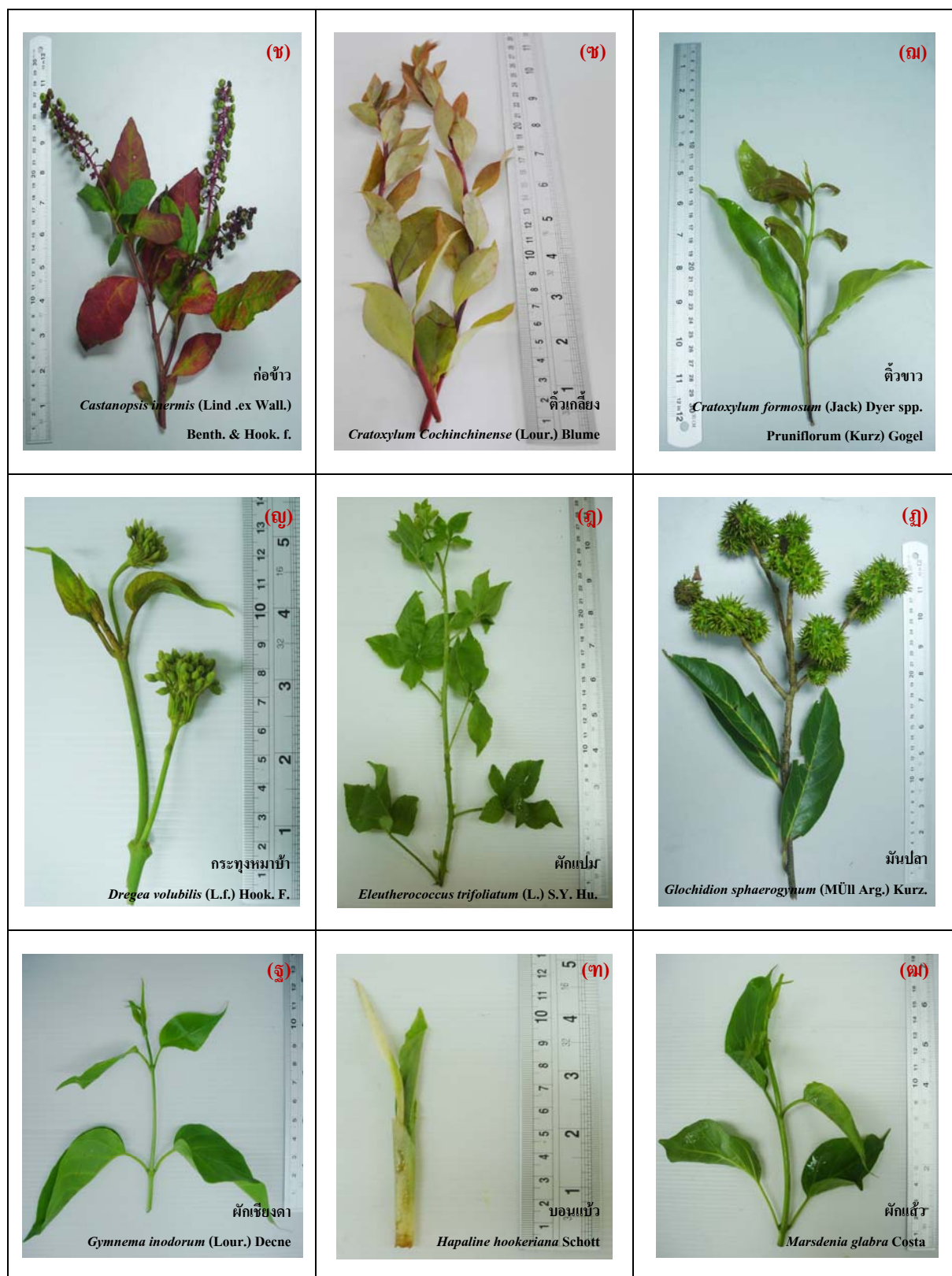
ดอกอ่อนและใบอ่อนของนางเลวใช้กินเป็นผักสดและเป็นผักจิ้มกินกับลาบ หรือผสมกับผักอื่นปรุงรสใส่แกงชนิดต่างๆ อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา และสารสำคัญในพืชชนิดนี้ (สุธรรม และคณะ, 2552ค) (ภาพที่ 2.1น)

2.1.23 ส้มปี้ (*Vaccinium sprengelii* (D. Don) Sleum วงศ์ ERICACEAE)

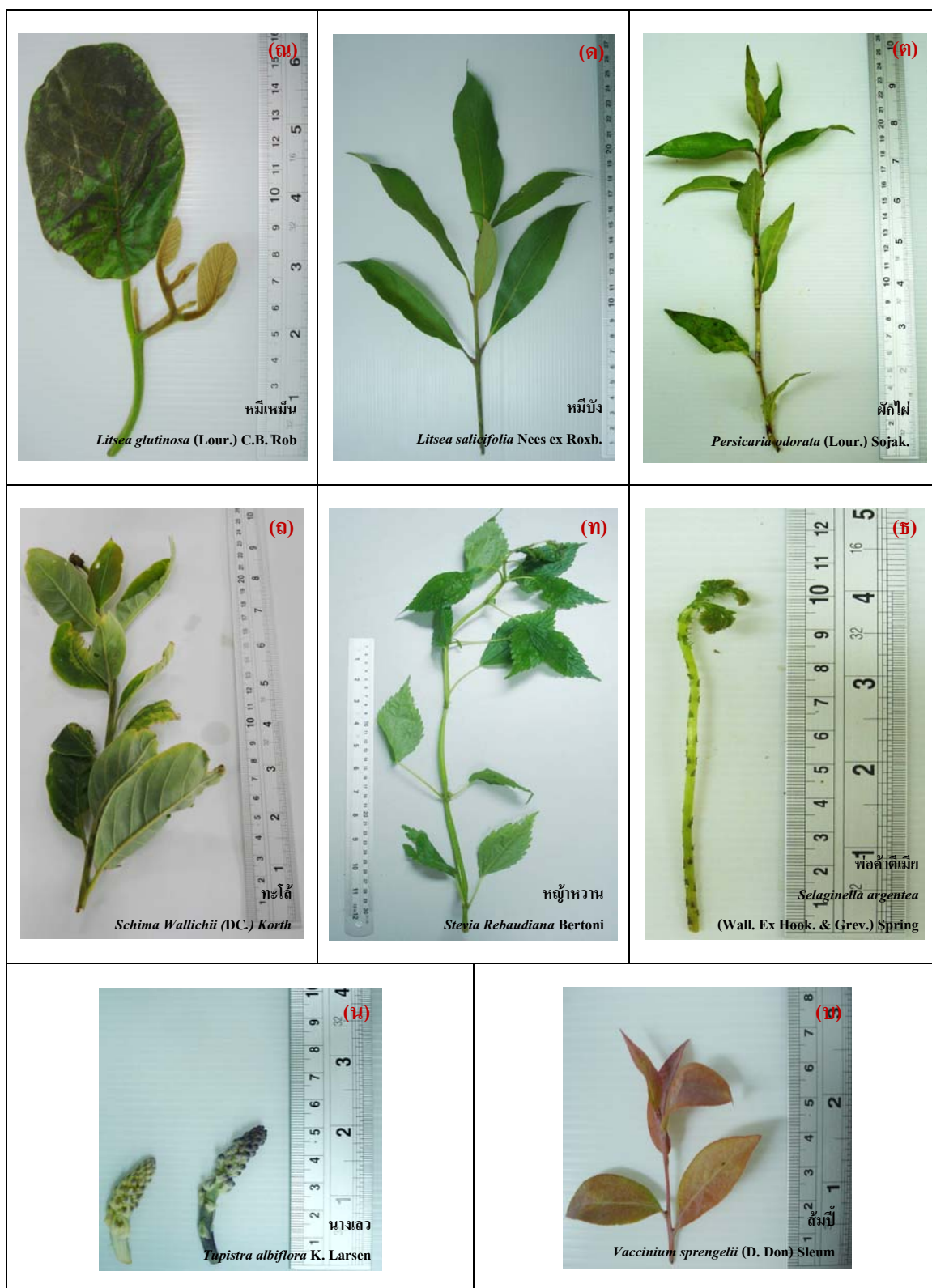
ชาวเขาเผ่าไทใหญ่ เข้า ปะหล่อง มูเซอ กะเหรี่ยง และจีนฮ่อกินใบอ่อนและยอดอ่อนของส้มปี้เป็นผักสด และผักจิ้ม หรือปรุงใส่แกงต่างๆ อย่างไรก็ตาม ไม่พบรายงานเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา และองค์ประกอบทางเคมีของพืชชนิดนี้ (สุธรรม และคณะ, 2552ค) (ภาพที่ 2.1บ)



ภาพที่ 2.1 พืชพื้นบ้านที่ใช้ในการศึกษา



ภาพที่ 2.1 พืชพื้นบ้านที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)



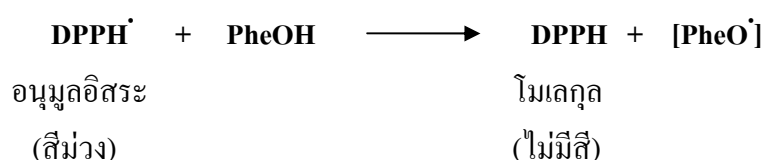
ภาพที่ 2.1 พืชพื้นบ้านที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

2.2 วิธีการทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

การทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชันของตัวอย่างมีปัจจัยหลายประการที่มีอิทธิพลต่อสมบัติการต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ได้ เช่น ความสามารถในการกระจายตัวในเฟสของน้ำและน้ำมัน สภาวะการเกิดปฏิกิริยา และสภาวะทางกายภาพของสารตั้งต้นของปฏิกิริยา เป็นต้น (สุภามาศ, 2550) ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้วิธีใดเพียงวิธีหนึ่งในการทดสอบสมบัติการต้านออกซิเดชัน (โอภา, 2549) วิธีที่นิยมใช้ในการทดสอบสมบัติการต้านออกซิเดชันของตัวอย่างมีหลายวิธี สำหรับวิธีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้มี 3 วิธี มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH free radical scavenging assay)

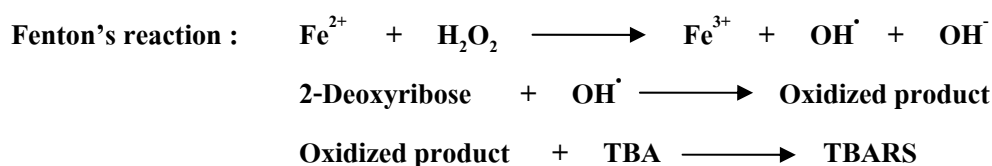
วิธี DPPH เป็นวิธีที่นิยมใช้ทั่วไปในการประเมินความสามารถในการต้านออกซิเดชันเบื้องต้นของสารสกัดจากพืช โดยให้สารตัวอย่างทำปฏิกิริยากับอนุมูล DPPH[•] (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นอนุมูลไนโตรเจนที่มีความเสถียรและมีสีม่วง เมื่ออนุมูล DPPH[•] ได้รับอิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนอะตอม อนุมูล DPPH[•] จะถูกรีดิวซ์ไปเป็นโมเลกุล DPPH และเปลี่ยนสีจากสีม่วงเข้มไปเป็นไม่มีสี จึงสามารถติดตามสมบัติการทำลายอนุมูล DPPH[•] ได้ด้วยการวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ตัวอย่างสารสกัดที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูล DPPH[•] ได้ดี จะทำให้ความเข้มของสีม่วงลดลงมากขึ้นจนเปลี่ยนเป็นสารละลายที่ไม่มีสี ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังสมการ (Murakami และคณะ, 2004)



อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถแยกหรือจัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้ เนื่องจาก อนุมูลอิสระ DPPH มีความคงตัว ไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในเซลล์หรือร่างกาย นอกจากนี้ โครงสร้างทางเคมีของ DPPH[•] ถูกบังคับด้วยวงเบนซีน 3 วง และหมู่ไนโตร ทำให้สารประกอบที่มีความสามารถต้านอนุมูลที่มีฤทธิ์แรง แต่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ อาจไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาในการขจัดอนุมูลหรืออาจเกิดปฏิกิริยาช้ากว่าความเป็นจริง ทั้งๆที่สารต้านอนุมูลนั้นมีความสามารถการขจัดอนุมูลเปอร์ออกไซด์ที่ดี นอกจากนี้สารที่มีสมบัติในการรีดิวซ์สามารถทำให้อิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนอะตอมแก่ DPPH[•] ก็จะทำให้ความเข้มของสีลดลงได้อีกด้วย (โอภา, 2549)

2.2.2 ความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิล (2-Deoxyribose assay)

วิธีการนี้เป็นการติดตามความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล ($\text{OH}^\cdot$) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่มีความไว สามารถเกิดปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลที่สำคัญในร่างกาย และเป็นปฏิกิริยาถูกโซ่อย่างต่อเนื่อง วิธีนี้ใช้ติดตามการสลายตัวของน้ำตาลดีออกซีไรโบส (deoxyribose) โดยมีหลักการคือ เฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ทำให้เกิดอนุมูล $\text{OH}^\cdot$ เนื่องจากปฏิกิริยาเฟนตอน (Fenton) จากนั้นอนุมูล $\text{OH}^\cdot$ จะเข้าทำปฏิกิริยากับดีออกซีไรโบสและทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไทโอบาร์บิทริก (thiobarbituric acid, TBA) เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพูแดงของสารประกอบไทโอบาร์บิทริก (thiobarbituric acid reactive substance, TBARS) ซึ่งสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ 532 นาโนเมตร ดังนั้นถ้าเกิดอนุมูล $\text{OH}^\cdot$ เพิ่มขึ้น จะทำให้น้ำตาลดีออกซีไรโบส สลายตัวมากขึ้น สารละลายจะมีสีชมพูเข้มขึ้น แต่ถ้าตัวอย่างสารสกัดมีความสามารถในการทำลายอนุมูล $\text{OH}^\cdot$ ได้ดี จะยับยั้งการสลายตัวของน้ำตาลดีออกซีไรโบส ทำให้เกิดสีชมพูน้อยกว่าตัวอย่างสารสกัดที่ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระได้น้อย ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น (Aruoma, 1994) แสดงดังนี้

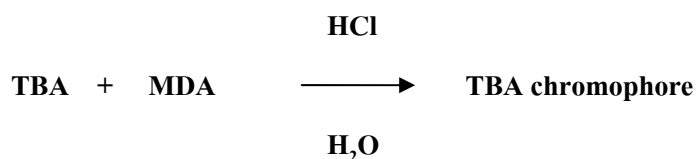


ข้อจำกัดของวิธีนี้ คือ สารประกอบบางชนิดสามารถจับกับอนุมูลอิสระ $\text{OH}^\cdot$ ได้ เช่น เอทานอล ฟอर्मेट (formate) ไดเมทิลซัลไฟด์ (dimethyl sulphoxide, DMSO) และ เฮอร์ปีส์ (Herpes) ไม่สามารถยับยั้งการสลายตัวของน้ำตาลดีออกซีไรโบสได้ ในทางตรงกันข้าม สารอื่นๆ เช่น แมนนิทอล (mannitol), ไทโอยูเรีย (thiourea) และไฮดรอกซีคลอโรควิน (hydroxychloroquine) สามารถยับยั้งการสลายตัวของน้ำตาลดีออกซีไรโบสได้ (Gutteridge, 1987; Aruoma และ Halliwell, 1988)

2.2.3 ความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี Thiobarbituric acid reactive substances (anti-TBARS)

วิธีนี้นอกจากจะนิยมใช้ทดสอบสมบัติต้านออกซิเดชันของไขมันและน้ำมันแล้ว ยังนิยมใช้ทดสอบสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารจากธรรมชาติกันอย่างแพร่หลาย (Moon และ Shibamoto, 2009) โดยสารต้านออกซิเดชันจะให้ไฮโดรเจนอะตอมกับอนุมูลเปอร์ออกซิล หรือ อัลคอกซิล ในการยับยั้งปฏิกิริยาถูกโซ่ของไขมัน จากนั้นทดสอบปริมาณการเกิดออกซิเดชันของไขมัน โดยอาศัยหลักการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพูแดง ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างมาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) ที่เกิดขึ้นกับกรดไทโอบาร์บิทริก (thiobarbituric acid) ที่

ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร ซึ่งหากเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพูมาก แสดงว่าสารสกัดพืชมีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถแสดงได้ดังสมการ



วิธี anti-TBARS นี้มีข้อจำกัด คือ วิธีนี้ไม่เฉพาะเจาะจง ซึ่งการเกิดออกซิเดชันไม่จำเป็นต้องได้เป็นมาลอนไดอัลดีไฮด์เสมอไป เพราะสารประกอบประเภทอัลคานาล (alkanal) อัลคีนาล (alkenals) และ 2,4-ไดอีนาล (2,4-dienals) สามารถทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทริกได้ และดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530-532 นาโนเมตรได้เช่นเดียวกับมาลอนไดอัลดีไฮด์ นอกจากนี้ สาร TBARS ที่เกิดจากกรดไทโอบาร์บิทริกเป็นปฏิกิริยาที่ไม่เฉพาะเจาะจงกับ MDA สารหลายชนิด เช่น น้ำตาล สามารถทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทริกเกิดเป็นสารมีสีได้เช่นเดียวกัน (โอภา, 2549)

การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งออกซิเดชันของไขมันอาจแสดงผลด้วยการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน เช่น โทรลอคซ์ วิตามินอี วิตามินซี บีเอชที เป็นต้น ซึ่งสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้นมากจะให้ค่า TBARS ต่ำ ทำให้การแสดงผลในทางตรงกันข้าม หรือในทิศทางที่ ผกผันกับการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของไขมันโดยทั่วไป

2.3 การเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์

จากการสำรวจในปี พ.ศ. 2550 ประมาณการการบริโภคเนื้อสัตว์ทั่วโลกโดยรวมอยู่ที่ 278.3 ล้านตัน โดยพบปริมาณการบริโภคเนื้อหมูสูงที่สุดคือ 105.8 ล้านตัน รองลงมาคือ เนื้อไก่ เนื้อวัว และเนื้อแกะ/แพะ มีปริมาณการบริโภค 86.2, 67.1 และ 13.8 ล้านตัน ตามลำดับ (www.the-thainews.com/analyzed/inter/int100751_6.htm, 2551) สำหรับในประเทศไทย พบการบริโภค เนื้อไก่ เป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือ เนื้อหมู โดยมีปริมาณการบริโภคในปี พ.ศ. 2553 เท่ากับ 13.2 กิโลกรัมต่อคนต่อปี และมีค่าสูงกว่าปริมาณบริโภคในปี พ.ศ. 2552 ร้อยละ 1.84 (สมาคมผู้ผลิตและแปรรูปสุกรเพื่อการส่งออก, 2554)

จากสถิติการบริโภคเนื้อหมูข้างต้น ทำให้ธุรกิจภาคอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์เกิดการแข่งขันกันในด้านเทคโนโลยีการผลิต กระบวนการผลิต และคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน เนื้อสัตว์จัดเป็นแหล่งอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง ทั้ง โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุที่สำคัญ และองค์ประกอบเหล่านี้ยังเป็นแหล่งอาหารที่ดีของจุลินทรีย์อีกด้วย เนื้อสัตว์จึงเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย หรืออาจเกิด

จากปฏิกิริยาของเอนไซม์ในเนื้อสัตว์เอง หรือ ปฏิกิริยาเคมีในอาหาร การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ ทำให้คุณค่าทางโภชนาการลดลง อาหารจะมีกลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การเสื่อมเสียที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของไขมันในเนื้อสัตว์ อาจเกิดได้จาก 2 สาเหตุ คือ

2.3.1 การเหม็นหืนจากปฏิกิริยาของเอนไซม์จากจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเหม็นหืนในเนื้อสัตว์เป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่สามารถสร้างเอนไซม์ที่สามารถย่อยไขมันได้ เช่น เอนไซม์ไลเปส (lipase) ที่ทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) กับโมเลกุลของไขมัน และฟอสโฟลิปิด (phospholipids) เกิดเป็นสารประกอบต่างๆ เช่น กรดไขมันอิสระ คีโตน (ketone) กลีเซอรอล (glycerol) อัลดีไฮด์ (aldehyde) แอลกอฮอล์ (alcohol) และเปอร์ออกไซด์ (peroxide) ส่วนเอนไซม์กลุ่มออกซิเดส (oxidase) จะเข้าทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) กับกรดไขมันในเนื้อ เกิดเป็นสารประกอบที่ทำให้อาหารมีกลิ่นรสผิดปกติไป แบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซม์ที่ย่อยไขมันได้ เช่น สิวโดโมนาส (*Pseudomonas* spp.) และอโครโมแบคเตอร์ (*Achromobacter* spp.) เป็นต้น (http://www.nsrui.ac.th/e-learning/meattech/lesson/less12_5.html, 2551)

2.3.2 การเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์ เกิดจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (autoxidation) ระหว่างออกซิเจนในบรรยากาศรอบๆ กับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) กรดลิโนเลนิก (linolenic acid) และกรดอะราชีดิก (arachidonic acid) เป็นต้น เกิดเป็น peroxide linkage ระหว่างพันธะคู่ ซึ่งอนุมูลเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยาต่อกับโมเลกุลของไขมันตัวอื่นเกิดเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ และอนุมูลอิสระตัวอื่นทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ และสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นอาจถูกทำลายต่อไปโดยมีแสง อุณหภูมิ เอนไซม์ โลหะ เมทัลลอปโรตีน (metalloprotein) และจุลินทรีย์ เป็นตัวเร่งทำให้เกิดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในปฏิกิริยาลูกโซ่ ส่งผลให้เกิดการเหม็นหืนเกิดได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะในเนื้อที่ผ่านการปรุงสุกจะเกิดได้ง่ายและรวดเร็วมากขึ้น (www.nsrui.ac.th/e-learning/meattech/lesson/less3.html, 2551) ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นรวมทั้งไฮโดรเปอร์ออกไซด์จะเกิดปฏิกิริยาต่อไปให้ผลิตภัณฑ์เป็นแอลกอฮอล์ คีโตน อัลดีไฮด์ ไฮโดรคาร์บอน ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ส่งผลให้ลักษณะ สี กลิ่น รส และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถสร้างกระบวนการเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวด้วยตัวเอง (autocatalytic process) ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น สามารถอธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยาได้เป็น 3 ขั้นตอน (Madhavi และคณะ, 1996; Angelo, 1996 และ Fennema, 1996) คือ

2.3.2.1 ปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้น (initiation)

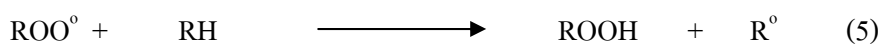
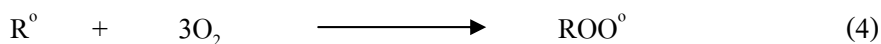
ขั้นตอนนี้เป็นการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical, R°) โดยโมเลกุลของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวที่มี allytic methylene group (RH) หรือ ลิโปไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (lipohydroperoxide, ROOH) เกิดการสูญเสียไฮโดรเจนอะตอมตรงตำแหน่งพันธะคู่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ เกิดเป็นอนุมูลไฮโดรคาร์บอน (R°) และอนุมูลไฮโดรเจน (H°) (สมการ 1) โดยอาจมีความร้อน แสง และโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Larson, 1995)



นอกจากนี้ยังพบ ปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนเชิงเลท หรือ การเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) ทำให้เกิดสารประกอบลิโปไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (ROOH) อย่างไรก็ตามพันธะ O-O ในโมเลกุลของลิโปไฮโดรเปอร์ออกไซด์เป็นพันธะที่อ่อนแอและแตกตัวได้ง่าย เกิดเป็นอนุมูลอัลคอกซี (alkoxy radicals, RO°) และอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical, OH°) (สมการ 2) หรือการสลายตัวของลิโปไฮโดรเปอร์ออกไซด์ 2 โมเลกุล เกิดเป็นอนุมูลอัลคอกซี อนุมูลเปอร์ออกซี (peroxy radical, ROO°) และน้ำ (สมการ 3)

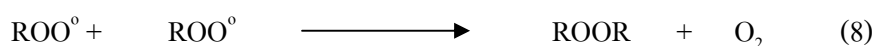
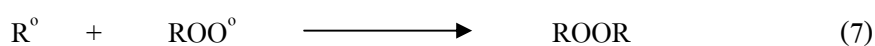
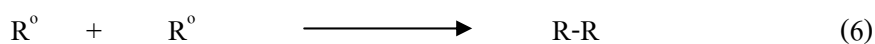
2.3.2.2 ปฏิกิริยาการเพิ่มจำนวน (propagation)

ขั้นตอนนี้เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (R°) ที่ไม่เสถียรและไวต่อการเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกซี (สมการ 4) ซึ่งอนุมูลเปอร์ออกซีจะมีความไวต่อการเข้าทำปฏิกิริยาสูง และเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของกรดไขมันตัวอื่น ทำให้เกิดสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, ROOH) และอนุมูลไฮโดรคาร์บอน (R°) (สมการ 5) ซึ่งสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้ สามารถแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระได้อีกหากมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น แสง หรือความร้อน หรือโลหะ เป็นต้น โดยปฏิกิริยานี้จะเกิดต่อเนื่องแบบเดิมไปเรื่อยๆ แบบลูกโซ่



2.3.2.3 ปฏิกิริยาขั้นสุดท้าย (termination)

ขั้นตอนนี้เป็นปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายที่ทำให้สารประกอบที่เกิดขึ้นมีความเสถียรและไม่มีสมบัติเป็นอนุมูลอิสระ (non-radical) โดยอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาลูกโซ่เกิดการรวมตัวกัน เกิดเป็นสารที่มีความคงตัว (สมการ 6-8) สารประกอบที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้ รวมถึงสารประกอบพวกราคินทรีย์ อัลดีไฮด์ และคีโตน ที่เป็นสารประกอบที่ระเหยได้ง่ายและทำให้อาหารมีกลิ่นเหม็นหืน (Hudson, 1990) สารประกอบที่เกิดขึ้นนี้จะไม่เกิดปฏิกิริยาต่อไปและทำให้ปฏิกิริยาลิ้นสุดลง



2.3.3 ผลที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์

เมื่อเนื้อสัตว์เกิดการเสื่อมเสีย อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันแล้ว จะส่งผลกระทบต่อกลิ่นและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ จนอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ โดยสารประกอบที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

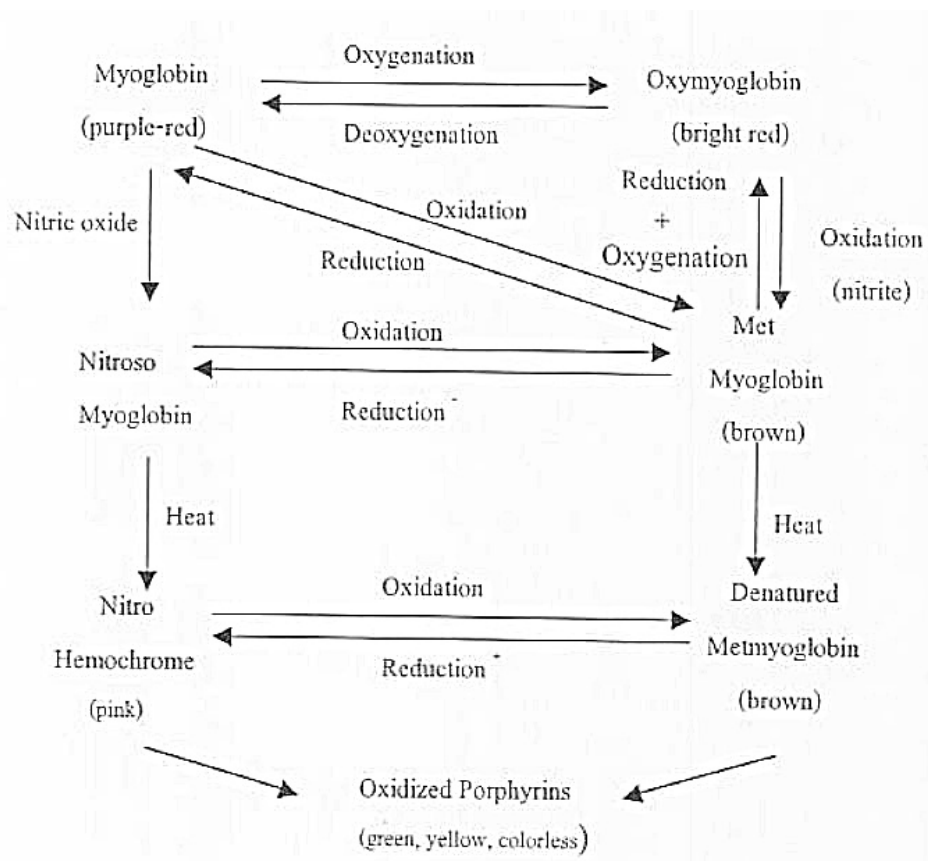
2.3.3.1 กลิ่นรสของเนื้อ

ความผิดปกติของกลิ่นรสในเนื้อสัตว์ เกิดจากการสลายตัวของ สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ จนได้สารประกอบในปฏิกิริยาลำดับสุดท้าย ที่เป็นสารประกอบทั้งที่ระเหยได้ และระเหยไม่ได้ ได้แก่ สารประกอบกลุ่มอัลดีไฮด์ สารประกอบคาร์บอนิล (carbonyl) ตลอดจนกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น กรดฟอร์มิก (formic acid) กรดอะซิติก (acetic acid) และกรดโพรพิโอนิก (propionic acid) เป็นต้น โดยส่วนมากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้เป็นสารที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ส่งผลให้กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์ผิดปกติ เช่น กลิ่นเหม็นเขียว (green) กลิ่นหืน (rancid) กลิ่นไขมัน (fatty) กลิ่นฉุน (pungent) และกลิ่นรสผิดปกติอื่นๆ (Gray และ Cracker, 1992)

2.3.3.2 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสัตว์

โดยปกติสีของเนื้อสัตว์ทุกชนิดเกิดจาก รงควัตถุ (pigment) ที่มีอยู่ในโครงสร้างของกล้ามเนื้อ ได้แก่ ไมโอโกลบิน (myoglobin) และ ฮีโมโกลบิน (haemoglobin) ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันตามประเภทของกล้ามเนื้อ ชนิด เพศ และอายุของสัตว์ (สัจจชัย, 2543) การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสด เกิดเนื่องจาก รงควัตถุไมโอโกลบินในเนื้อสัตว์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ โดยรอบชิ้นเนื้อ เกิดเป็นออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) ที่มีสีแดงสด โดยทั้งโมเลกุลของไมโอโกลบินและออกซีไมโอโกลบินจะประกอบด้วยไอออนของเหล็กในรูปไอออนเฟอร์รัส (Fe^{2+}) และเมื่อออกซีไมโอโกลบินเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไอออนเฟอร์รัส จะเปลี่ยนรูปเป็นไอออนเฟอร์ริก (Fe^{3+}) เกิดเป็นเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ที่มีสีน้ำตาล ซึ่งปฏิกิริยานี้สามารถย้อนกลับเปลี่ยนไปมาได้ (ภาพที่ 2.2)

สีของเนื้อที่ปรากฏขึ้นอยู่กับสถานะออกซิเดชันของเหล็กไอออนที่อยู่ในโมเลกุลของรงควัตถุไมโอโกลบิน หรือรูปไอออนของเหล็ก หากอยู่ในรูปไอออนเฟอร์รัส เนื้อสัตว์จะมีสีแดง แต่ถ้าอยู่ในรูปไอออนเฟอร์ริกเนื้อสัตว์จะมีสีน้ำตาล ส่วนในกระบวนการทำให้สุกหรือให้ความร้อน เมทไมโอโกลบินจะเสียสภาพทางธรรมชาติ (denatured metmyoglobin) ทำให้มีสีน้ำตาลเข้มและปฏิกิริยานี้ไม่สามารถผันกลับได้ (ภาพที่ 2.2) (สุริยญา, 2547)



ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสัตว์

ที่มา : Robert (1978)

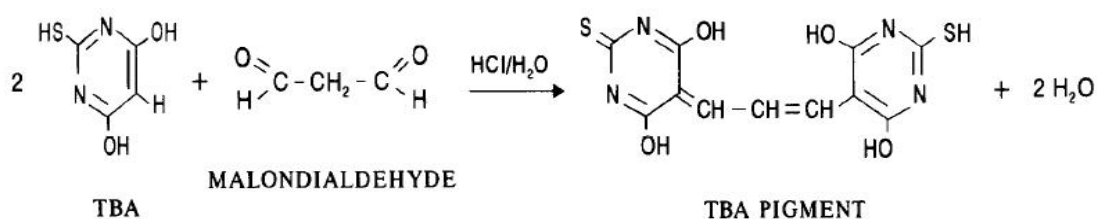
2.3.4 วิธีตรวจสอบออกซิเดชันในอาหาร

วิธีในการตรวจสอบปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์อาหารนั้น มีหลายวิธี เช่น วิธีหาค่ากรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value, PV) ค่าคอนจูเกทไดเอน (conjugated diene, CD) ค่าไทโอบาร์บิทริก (thiobarbituric acid reactive substance, TBARS) และ *p*-anisidine value (*p*-Av) เป็นต้น ซึ่งในการทบทวนวรรณกรรมครั้งนี้ เป็นรายละเอียด และข้อจำกัดของวิธีวิเคราะห์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

2.3.4.1 วิธีกรดไทโอบาร์บิทริก (thiobarbituric acid, TBA)

วิธีนี้นิยมใช้วัดการเสื่อมเสียในเนื้อสัตว์มากกว่าไขมันหรือน้ำมัน โดยตรวจติดตามปริมาณสารประกอบอัลดีไฮด์ คาร์บอนิล และไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาขั้นสุดท้าย การเพิ่มปริมาณของสารประกอบกลุ่มดังกล่าว แสดงถึง การเพิ่มปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยวิธีนี้เป็นการตรวจสอบสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพูแดงของสารประกอบไทโอบาร์บิทริก (thiobarbituric acid reactive substance , TBARS) ที่เกิดขึ้นจากของมาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) ทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทริก (thiobarbituric

acid, TBA) เมื่อผ่านการให้ความร้อนใน สภาพกรด ที่ความยาวคลื่น 530-532 นาโนเมตร (ภาพที่ 2.3)



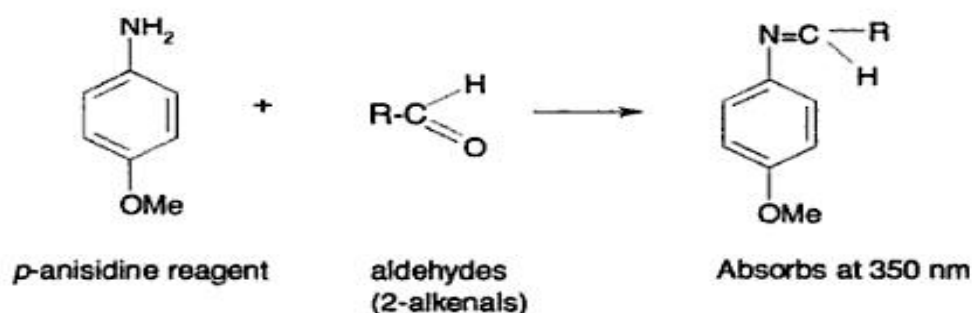
ภาพที่ 2.3 ปฏิกิริยาระหว่างมาลอนไดอัลดีไฮด์ และกรดไทโอบาร์บิทริก

ที่มา : Fernandez และคณะ (1997)

วิธีนี้เป็นวิธีทำได้ง่าย สะดวก และไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาสูง แต่อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ไม่เฉพาะเจาะจง ซึ่งการเกิดออกซิเดชันเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน และอาจไม่เกิดเป็นสารประกอบมาลอนไดอัลดีไฮด์ อีกทั้งกรดไทโอบาร์บิทริกไม่ได้ทำปฏิกิริยาอย่างเฉพาะเจาะจงกับมาลอนไดอัลดีไฮด์ แต่ยังสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ เช่น อัลคานาล (alkanals) อัลคีนาล (alkenals) 2,4-ไดอีนาล (2,4-dienals) และ น้ำตาล เป็นต้น (โอภา, 2549) เกิดสารประกอบที่ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

2.3.4.2 การทดสอบด้วยวิธี *p*-anisidine value (*p*-Av)

วิธีนี้เป็นการวัดปริมาณสารประกอบกลุ่มอัลดีไฮด์ เช่น 2-อัลคีนาล (2-alkenals) และ 2,4-ไดอีนาล (2,4-dienals) ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้นของการเกิดออกซิเดชันไขมัน โดยใช้ *p*-anisidine เป็นรีเอเจนต์ในการทำปฏิกิริยากับสารประกอบอัลดีไฮด์ เพื่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่สามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร (ภาพที่ 2.4) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของสารกลุ่มอัลดีไฮด์ แสดงว่า ตัวอย่างมีความไวในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน



ภาพที่ 2.4 ปฏิกิริยาระหว่าง *p*-anisidine และสารประกอบอัลดีไฮด์

ที่มา : Aruoma และ Cuppet (2001)

โดยทั่วไป วิธีนี้มีความไวต่อสารประกอบอัลดีไฮด์ระเหยได้ (volatile aldehydes) และสามารถตรวจสอบสารประกอบอัลดีไฮด์ชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated volatile aldehydes) ได้ดีกว่าชนิดอิ่มตัว (saturated volatile aldehydes) ดังนั้น จึงมักใช้วิธีนี้ตรวจวัดผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการเพิ่มจำนวนของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ร่วมกับการวัดค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value, PV) (Aruoma และ Cuppet, 2001)

2.4 สารต้านออกซิเดชันที่ใช้ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

สารต้านออกซิเดชันหรือสารกันหืน (antioxidants) หมายถึง สารที่ทำหน้าที่ชะลอ ยับยั้ง หรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่ไม่สามารถทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เกิดออกซิเดชันแล้วดีขึ้น (มณฑาทิพย์, 2539) โดยสารกลุ่มนี้ทำหน้าที่สำคัญ ได้แก่ การให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ การจับโลหะที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือการลดการก่อตัวของออกซิเจนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (นวลศรี, 2545) ซึ่งสารกันหืนที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้คือ ต้องไม่มีโทษต่อร่างกาย ไม่ทำให้เกิดสี กลิ่น และรสชาติเปลี่ยนแปลงไป มีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ความเข้มข้นต่ำ ละลายได้ดีในไขมันและน้ำมัน ทนต่อกระบวนการแปรรูปอาหาร มีจำหน่ายทั่วไป และมีราคาถูก (นิธิยา, 2548)

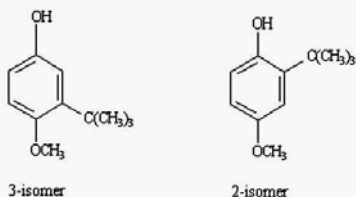
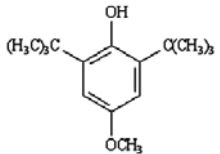
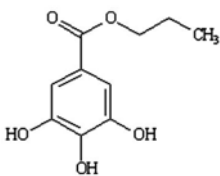
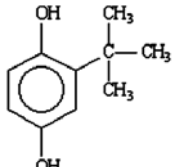
สารกันหืนแบ่งตามแหล่งกำเนิดออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.4.1 สารกันหืนสังเคราะห์ (synthetic antioxidant)

สารกันหืนสังเคราะห์เป็นสารที่ผลิตขึ้นด้วยวิธีทางเคมีเพื่อป้องกันการหืนได้มีการพัฒนา และใช้ประโยชน์จากสารที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ที่เป็นอาหารและไม่ใช่อาหารหลายชนิด เช่น ใช้ในการรักษาความคงตัวของพลาสติกและโพลิเมอร์ แต่มีสารกันหืนบางชนิดเท่านั้นที่สามารถใช้ได้ ในอาหาร เนื่องจากต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของการใช้ (Loliger และ Wille, 1993) สารกันหืนที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในอาหาร ได้แก่ โพรพิลแกลเลต (propyl gallate, PG) บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน หรือบีเอชเอ (butylated hydroxyanisole, BHA) บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน หรือบีเอชที (butylated hydroxytoluene, BHT) และ เทอเทียรีบิวทิลไฮโดรควิโนน หรือทีบีเอชคิว (tertiary butylhydroquinone, TBHQ) เป็นต้น (ตารางที่ 2.1) สารเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีสมบัติเป็นสารกันหืนได้ดีพอสมควร และไม่ทำให้เกิดสีในอาหารหรือไขมันที่เติมลงไป (นิธิยา, 2548) สารกันหืนสังเคราะห์ที่นิยมใช้ในอาหาร ได้แก่ บีเอชเอ บีเอชที และ ทีบีเอชคิว ซึ่งอาจใช้สารดังกล่าวเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือใช้ร่วมกัน โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการยับยั้งอนุมูลอิสระ และยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา ทั้งนี้สารกันหืนเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน

หรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่มีความคงตัว (Shahidi และคณะ, 1992)

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีและปริมาณที่ยอมรับได้ในแต่ละวัน (Acceptable Daily Intake; ADI) ของสารกันหืนสังเคราะห์

ชนิดของสารกันหืน	โครงสร้างทางเคมี	Acceptable Daily Intake (ADI) (mg/ kg)
Butylated hydroxyanisole (BHA)	 3-isomer 2-isomer	0-0.5
Butylated hydroxytoluene (BHT)		0-0.3
Propyl gallate (PG)		0-1.4
<i>Tert</i> -butylated hydroquinone (TBHQ)		0-0.7

ที่มา : JECFA (2003)

รายงานการเติมสารกันหืนสังเคราะห์ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์พบทั้งในและต่างประเทศ เช่น การเติมบีเอชเอ เพิ่มขึ้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ในกุ้งแช่แข็งปลา สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดีที่สุด (กฤษดา, 2544) นอกจากนี้ สุวรรณ และคณะ (2549) พบว่า บีเอชเอ เพิ่มขึ้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในหมูปดปรุงสุกได้ดีที่สุด สำหรับรายงานในต่างประเทศ McCarthy และคณะ (2001) รายงานการเติมสารผสมระหว่างบีเอชเอและบีเอชที เพิ่มขึ้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ในแพคดีหมูดิบและปรุงสุกพบว่า สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ในระหว่างเก็บรักษาแพคดีหมูที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสทั้งแบบดิบและปรุงสุกได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Formanek และคณะ (2001) ที่พบว่า การเติมบีเอชเอและบีเอชทีลงในเนื้อ

วุ้นหั่นชิ้น เข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า TBARS ต่ำกว่า ตัวอย่างควบคุม

นอกจากนี้ การเติมสารกันหืนยังช่วยให้สีของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เกิดความคงตัวในระหว่างเก็บรักษาด้วย ดังเช่นรายงานของ McCarthy และคณะ (2001) ที่พบว่า การเติมสารผสมระหว่างบีเอชเอและบีเอชที 0.01 เปอร์เซ็นต์ ในแพคดีหมูดิบ ส่งผลให้ค่าสีแดง (a^*) มีความคงตัวเป็นเวลา 9 วันของระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อีกทั้งการเติมสารผสมระหว่าง บีเอชเอและบีเอชที 0.01 เปอร์เซ็นต์ ในแพคดีหมูปรุงสุก มีผลให้ค่า a^* สูงกว่าตัวอย่างควบคุม จนถึงวันที่ 9 ของระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกัน ส่วน Aksu และ Kaya (2005) รายงานว่า ในการเก็บรักษาดตัวอย่าง Kavurma ที่เติมบีเอชเอ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 300 วัน สามารถคงสภาพของสีและความเสถียรของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม ต่อมา Ahn และคณะ (2007) รายงานว่า เนื้อวัวบดปรุงสุกที่เติม ActiVinTM มีค่าความสว่าง (L^*) ต่ำกว่า, ค่า a^* สูงกว่า และค่า b^* ต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้ บีเอชเอและบีเอชที, Pycnogenol[®], และ Herbalox[®]

จากงานวิจัยต่างๆข้างต้นจะเห็นได้ว่า การเติมสารกันหืนสังเคราะห์ทำหน้าที่ช่วยยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ และช่วยรักษาความคงตัวของค่าสี ของเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อด้วย แต่อย่างไรก็ตาม สารกันหืนสังเคราะห์มีข้อจำกัดในการใช้ เนื่องจากการได้รับสารสังเคราะห์นี้ในปริมาณที่สูงกว่าที่ปริมาณที่ควรจะได้รับในแต่ละวัน และรับประทานเป็นประจำอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน อาจทำให้เกิดความผิดปกติแก่ผู้บริโภคได้ ซึ่งรายงานการวิจัยที่ระบุถึงอันตรายของการใช้สารกันหืนสังเคราะห์ในสัตว์ทดลอง เช่น การเกิดเลือดคั่งในปอดและอวัยวะอื่นๆอีกหลายส่วนในหนูทดลองที่บริโภคอาหารที่ผสมบีเอชเอผสมอยู่ 50 เปอร์เซ็นต์ (Tagahashi, 1992 อ้างถึงจาก ศิวาพร, 2535) หรือการเกิดเนื้องอกในหนูทดลองที่บริโภคบีเอชเอ, บีเอชที และวิตามินอีในปริมาณสูง และความผิดปกติในหนูทดลองที่บริโภคบีเอชทีสูงด้วย (Kahl และ Kappus, 1993 อ้างถึงจาก ศิวาพร, 2535) นอกจากนี้ ยังพบการแยกตัวของสายดีเอ็นเอ (DNA) สายคู่ในหนูทดลองที่บริโภคบีเอชที (Okubo และคณะ, 1996 อ้างถึงจาก ศิวาพร, 2535) และการขยายตัวผิดปกติของเนื้อเยื่อหนูทดลอง เป็นสาเหตุให้เกิดเนื้องอกในช่องท้องในหนูที่บริโภคอาหารที่เติมสารบีเอชเอ 25 เปอร์เซ็นต์ (Tamano และคณะ, 1998 อ้างถึงจาก ศิวาพร, 2535) เป็นต้น

2.4.2 สารกันหืนจากธรรมชาติ (natural antioxidant)

สารกันหืนจากธรรมชาติ คือ สารประกอบที่ได้จากพืชหรือเนื้อเยื่อของสัตว์ต่างๆ และมีคุณสมบัติในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท (ไมตรี และคณะ, 2543) คือ

2.4.2.1 เอนไซม์ที่เซลล์ร่างกายผลิตขึ้น ได้แก่ ซูเปอร์ออกซิเดสมิวเตส (superoxidase mytase) คตะเลส (catalase) กลูตาไธโอนเพอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) และ เมไทโอนีนรีดักเตส (methionine reductase)

2.4.2.2 วิตามิน ได้แก่ วิตามินอี พบในเมล็ดธัญพืชทุกชนิด ถั่ว รำ ข้าวกล้อง งา และวิตามินซีในผักผลไม้สด เป็นต้น

2.4.2.3 แร่ธาตุ เช่น ซีลีเนียม และสังกะสี เป็นโคแฟกเตอร์ (co-factors) ของเอนไซม์ด้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2.4.2.4 สารพฤษเคมี (phytochemicals) เป็นสารเคมีที่ได้จากพืชซึ่งไม่ใช่วิตามินและสารอาหาร เช่น แคโรทีน ไลโคพีน แซนโทฟิล แทนนิน ฟลาโวนอยด์ และสารประกอบโพลีฟีนอล เป็นต้น

สารกันหืนจากธรรมชาติที่นิยมใช้เติมในเนื้อสัตว์เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ เครื่องเทศและพืชสมุนไพร ซึ่งมีสมบัติในการถนอมอาหาร โดยช่วยชะลอการเน่าเสียและเหม็นหืน ดังนั้น จึงได้เริ่มการค้าและวิจัยนำเอาเครื่องเทศและพืชสมุนไพรอื่นๆ มาเติมลงในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และปรับปรุงคุณภาพโดยเฉพาะด้านสีของผลิตภัณฑ์

การเติมเครื่องเทศในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังเช่น รายงานของ Kong และคณะ (2010) ศึกษาความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเครื่องเทศสกัด 6 ชนิด ได้แก่ กานพลู โรสแมรี เปลือกอบเชย ชะเอมเทศ ลูกจันทน์เทศ และกระวาน ในแพตตี้หมูปรุงสุก พบว่า กานพลู โรสแมรี และเปลือกอบเชย แสดงศักยภาพในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด และเครื่องเทศสกัดทั้ง 6 ชนิด และยังมีส่วนช่วยให้แพตตี้หมูคงค่า a^* ได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้ Formanek และคณะ (2001) พบว่า การเติมสารสกัดโรสแมรีในส่วนผสมของแพตตี้เนื้อวัว เพื่อช่วยรักษาความคงตัวของออกซิเจนได้ดี โดยมีผลไปลดค่า TBARS ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นานเกิน 8 วัน อีกทั้งยังมีรายงานวิจัยอื่นพบว่า การเติมสารสกัดโรสแมรีทางการค้าและคัดแต่งแบบต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อวัวบดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 144 ชั่วโมง สามารถช่วยคงสภาพค่า a^* ของเนื้อวัวบด และยังทำให้องค์ประกอบของออกซิไมโอโกลบินในเนื้อวัวมีมากกว่า รวมทั้งมีค่า TBARS ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม (Balentine และคณะ, 2006)

Racanicci และคณะ (2004) ทำการเติมสารสกัดโรสแมรี และ dittany ในลูกชิ้นไก่หลวงที่เติมเกลือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ในบรรจุภัณฑ์แบบมีอากาศ ที่อุณหภูมิแช่เย็น เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ลูกชิ้นไก่ที่เติมโรสแมรี 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าลูกชิ้นไก่ที่เติม dittany ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันเพียงเล็กน้อย แต่ที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ โรสแมรีมีศักยภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่า dittany ส่วน กฤษดา (2544) ทำการเติม

เครื่องเทศเพื่อชะลอการหืนในผลิตภัณฑ์กุนเชียงจากปลา นอกจากนี้ยังมีรายงานการเติมพริกสเปน (Spanish paprika) ในผลิตภัณฑ์โชริโช (ไส้กรอกแห้ง) อีกด้วย (Aguirrezabal และคณะ, 2000)

นอกจากเครื่องเทศแล้ว ยังพบการใช้พืชสมุนไพรอื่นๆ เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดย McCarthy และคณะ (2001) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของส่วนผสม 9 ชนิด ในแพคตี้หมูดิบและแพคตี้หมูปรุงสุก ได้แก่ ว่านหางจระเข้ มัสตาร์ด โรสแมรี่ เสง (sage) ฟีนูกรีก (fenugreek) โสม โปรตีนถั่วเหลือง คาทิจินจากชา และเวย์ โปรตีนเข้มข้น พบว่า ส่วนผสมทั้ง 9 ชนิด สามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในแพคตี้หมูทั้งดิบและปรุงสุกได้ โดยคาทิจินจากชา 0.25 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในแพคตี้หมูปรุงสุกได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ โรสแมรี่ 0.10 เปอร์เซ็นต์ และเสง (sage) 0.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเติมโปรตีนถั่วเหลือง 0.10 เปอร์เซ็นต์ในแพคตี้หมูดิบ ทำให้แพคตี้หมูมีค่า a^* เพิ่มขึ้น แต่ในแพคตี้หมูปรุงสุก จะมีค่า a^* เพิ่มขึ้น เมื่อใช้ฟีนูกรีก 0.01 เปอร์เซ็นต์เป็นส่วนผสม

สำหรับ Tang และคณะ (2001b) รายงานว่า คาทิจินจากชาสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี TBARS ในแพคตี้หมูปรุงสุกที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ได้ดีที่สุด ส่วน Jo และคณะ (2003) รายงานว่า การเติมผงชาเขียวที่ผ่านการฉายรังสีและทำให้แห้งด้วยกระบวนการแช่เยือกแข็งในแพคตี้หมูดิบและปรุงสุก จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน โดยมีค่า TBARS ต่ำที่สุด และแพคตี้หมูยังคงมีค่า a^* สูงกว่าตัวอย่างควบคุมอีกด้วย

นอกจากนี้ ยังพบว่า การใช้คาทิจินในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ เช่น เนื้อวัว และเนื้อไก่อีกด้วย โดย Tang และคณะ (2001a) เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันระหว่างคาทิจินจากชาและอัลฟาโทโคฟีรอล ในเนื้อวัวบดและเนื้อไก่บดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้แสงสว่าง 616 ลักซ์ เป็นเวลา 10 วัน พบว่า คาทิจินจากชาสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อวัวและเนื้อไก่บดปรุงสุกได้ดีกว่าอัลฟาโทโคฟีรอล นอกจากนี้การเติมทั้งคาทิจินจากชาและอัลฟาโทโคฟีรอลสามารถรักษาความคงตัวของออกซิเจนได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม ต่อมา Mitsumoto และคณะ (2005) รายงานว่า การเติมสารสกัดคาทิจินจากชาในแพคตี้เนื้อวัวและแพคตี้ไก่ปรุงสุก สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในตัวอย่างทั้งดิบและปรุงสุกได้ดีกว่าการเติมวิตามินซีและตัวอย่างควบคุม ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้คาทิจินจากชาเป็นสารกันหืนจากธรรมชาติ และยังคงแสดงศักยภาพในการต้านออกซิเดชันได้ดีกว่าวิตามินซีอีกด้วย

พืชผัก และเครื่องเทศนอกจากจะใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารแล้ว ยังมีรายงานวิจัย พบว่า สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อหมูปรุงสุกได้ เช่น ใบกะเพรา ข่า กระเทียม หอมหัวใหญ่ โดย Juntachote และคณะ (2006) รายงานว่า ข่าและใบกะเพราสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม โดยสารสกัดเอทานอลจากใบ

กะเพรา มีศักยภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้สูงกว่าสารสกัดจากข่า และในปีถัดมา มีรายงานว่า การเติมผงใบกะเพราและสารสกัดเอทานอลจากใบกะเพราในหมูปดปรุงสุกช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดี โดยการเติมผงใบกะเพรา มีศักยภาพดีกว่าการใช้สารสกัดเอทานอล (Juntachote และคณะ, 2007a) สอดคล้องกับการเติมผงข่าและสารสกัดเอทานอลจากข่า ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และการเติมในรูปผงข่ามีศักยภาพสูงกว่าในรูปสารสกัดเช่นกัน (Juntachote และคณะ, 2007b) นอกจากนี้ มีรายงานการใช้ หัวหอมใหญ่ และกระเทียมเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอีกด้วย (Yang และคณะ, 2011)

การเติมผงพืชชนิดต่างๆ ก็พบรายงานยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในหมูปดปรุงสุกเช่นกัน ดังเช่น การเติมผงใบบัวและผงใบบาร์เลย์สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในหมูปดปรุงสุกได้ โดยเมื่อติดตามค่าของ TBARS ในวันที่ 10 ของหมูปดปรุงสุก พบว่าหมูปดปรุงสุกที่เติมผงใบบัวมีค่าต่ำที่สุด และมีค่า peroxide values (POVs) และ CD ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมอีกด้วย นอกจากนี้การเติมผงใบบัว 0.1 เปอร์เซ็นต์มากกว่า 4 วัน จะทำให้ตัวอย่างมีค่า a^* มากกว่าตัวอย่างควบคุม ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างหมูปดปรุงสุกที่เติมผงใบบัวและที่เติมบีเอชที มีค่าลดลงจนถึงวันที่ 4 แล้วค่าจะเพิ่มขึ้น (Choe และคณะ, 2011) นอกจากนี้ยังมีการเติมต้นมินท์ (marjoram) มินท์ป่า (wild marjoram) ยี่หระ สะระแหน่ ชินนามอน จิง ไทม์ (thyme) และโหระพา ลงในแพตตีหมูปดปรุงสุกอีกด้วย (Abd EI-Alim และคณะ, 1999) ส่วน Nissen และคณะ (2004) รายงานการใช้สารสกัดโรสแมรี่ ชาเขียว กาแฟ และเปลือกองุ่น ในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในแพตตีหมูปดปรุงสุก ภายใต้สภาวะการเก็บแบบที่มีอากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่า สารสกัดจากโรสแมรี่ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่างเนื้อ สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดจากเปลือกองุ่น 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ชาเขียว 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกาแฟ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ Han และ Rhee (2005) ศึกษาผลการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อแพะบดทั้งดิบและปรุงสุกที่เติมสารสกัดเอทานอลของสมุนไพรตะวันออกที่ไม่ใช่สมุนไพรในครัวเรือน ซึ่งได้แก่ white peony, red peony, sappanwood, Moutan peony, rehmania และ angelica ที่เก็บในสภาวะแช่เย็นและมีอากาศ เป็นเวลา 6 วัน พบว่า การเติมสมุนไพรสกัดที่ระดับความเข้มข้น 0.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ทุกชนิด และยังพบว่า ตัวอย่าง sappanwood ที่ระดับความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ มีสมบัติในการเป็นสารกันหืนได้ดีที่สุด

นอกจากการเติมในรูปผงพืชและสารสกัด ยังพบการใช้ในรูปของน้ำมันหอมระเหย โดย Fasseas และคณะ (2007) ทดสอบความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหย 2 ชนิด ได้แก่ ออริกาโน (oregano) และ เสจ (sage) ในเนื้อหมูปดและเนื้อวัวบด ทั้งผลิตภัณฑ์ดิบและที่ผ่านการปรุงสุก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่า 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

มากกว่า 12 วัน โดยพบว่า การเติมน้ำมันหอมระเหยช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ได้

สำหรับการใช้สารสกัดจากพืชและผลไม้ก็พบรายงาน ดังเช่น การใช้เมล็ดองุ่น และเปลือกสับปะรด ในแพคตี๋หมูปรงสุกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ภายใต้การให้แสงสว่าง เป็นเวลา 9 วัน มีผลให้ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เกินกว่า 80 เปอร์เซนต์ (Vuorella และคณะ, 2005) ส่วน Dejong และ Lanari (2009) ที่เติมสารสกัดจากชา มะกอก และไวน์ ที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดฟีนอลิก อย่างหยาบ เท่ากับ 50 และ 100 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกิโลกรัมตัวอย่างเนื้อ พบว่า สารสกัดจากชาที่มีฟีนอลิก 100 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกิโลกรัมตัวอย่างเนื้อ สามารถปรับปรุงความคงตัวของไขมันในได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ สารสกัดมะกอก 100 และสารสกัดชา 50 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกิโลกรัมตัวอย่างเนื้อ ตามลำดับ

นอกจากนี้ ส่วนที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เป็น สารกันหืน โดย Wijeratne และคณะ (2006) ใช้อัลมอนต์เต็มเมล็ด เปลือกด้านในและด้านนอกของอัลมอนต์เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อหมูปรงสุก ส่วน Jo และคณะ (2004) รายงานว่า การเติมสารสกัดจากผงเปลือกพีชตระกูลซิตรีส (citrus peel powder) ในแพคตี๋เนื้อวัว แพคตี๋หมู และแพคตี๋ปลาแซลมอน สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และยังช่วยรักษาสีของผลิตภัณฑ์ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วันได้ ส่วน Sayago-Ayerdi และคณะ (2008) รายงานว่า กากโยงุ่นสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ไก่ดิบและปรงสุก หลังเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้ โดยการใช้ที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซนต์ สามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี TBARS ได้ดีกว่าที่ระดับ 1 เปอร์เซนต์ และยังพบว่า การเติมกากโยงุ่นทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงเพิ่มขึ้นอีกด้วย ต่อมา Brettonnet และคณะ (2010) ศึกษาการใช้กากของ canola ในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อวัว เนื้อไก่ และเนื้อหมูปรงสุก ในประเทศไทยก็มีรายงานเช่นกันว่า มีใช้วัสดุเหลือใช้หรือส่วนที่ไม่ต้องการมาเป็นสารกันหืน โดย สุภวรรณ และคณะ (2549) ใช้สารสกัดจากกลีบข้าว 4 ชนิดผสมกัน ได้แก่ ข้าวเจ้าแดง และหอมมะลิ ข้าวเหนียว กข 6 และกข 8 ที่ความเข้มข้นต่างๆ ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูปรงสุก

การใช้สารต้านกันหืนจากธรรมชาติเพียงชนิดเดียวหรือใช้หลายชนิดรวมกัน อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้แตกต่างกัน โดย Georgantelis และคณะ (2007) ศึกษาผลของการใช้สารกันหืนจากธรรมชาติ 3 ชนิด คือ สารสกัดจากโรสแมรี่ โทโคฟีรอล และไคโตซาน เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกันระหว่างสารทั้ง 3 ชนิด ในผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์เนื้อที่เก็บแบบแช่เยือกแข็ง นาน 180 วัน โดยติดตามการเหม็นหืนในรูปของ MDA เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมสารกันหืน ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า เบอร์เกอร์ที่ไม่เติมสารต้าน

ปฏิกิริยาออกซิเดชันมีการเพิ่มขึ้นสูงกว่าตัวอย่างที่มีการเติมสารกันหืน และค่าของผลิตภัณฑ์มีค่า a^* ลดลงตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนในผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารกันหืนจากธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ไคโตซานร่วมกับสารสกัดโรสแมรี่จะให้ผลในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด ส่วนการใช้ไคโตซานเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับสารกันหืนชนิดอื่น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* น้อยที่สุด แสดงว่า นอกจากไคโตซานมีผลในการช่วยลดชะลอการเหม็นหืนแล้ว ยังช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสีแดงในผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

รวมทั้งยังพบ การใช้พืชชนิดต่างๆ เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันกับสารพฤษเคมีบริสุทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น Zin และคณะ (2002) รายงานว่า บีเอชที มีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) และวิธี Ferric thiocyanate (FTC) ได้ดีกว่าโทโคฟีรอลและสารสกัด Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) ส่วน Rey และคณะ (2005) รายงานว่า การใช้คราบเบอร์รี่ (cloudberry) บีทรูท (beetroot) และ วิลโลว์เฮิร์บ (willow herb) สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในแพตตี้หมูปรุงสุกได้ดีกว่าสารประกอบโพลีฟีนอลบริสุทธิ์ ได้แก่ เควอซิดิน รุติน และกรดคาเฟอิก (caffeic acid) โดย สารสกัดจากคราบเบอร์รี่ และเควอซิดินให้ผลในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด ส่วนรุตินให้ผลในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำสุด และนอกจากนี้ยังมีการใช้สารสกัดจากเมล็ดองุ่นและแบร์เบอร์รี่ (bearberry) เป็นสารต้านออกซิเดชันในเนื้อหมูบดดิบและปรุงสุกที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์แบบปรับแต่งบรรยากาศ (modified atmosphere packaging, MAP) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ พบว่า สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในตัวอย่างที่เก็บไว้เป็นเวลา 9 และ 12 วันได้ตามลำดับ รวมทั้งการเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากเมล็ดองุ่น มีผลทำให้เนื้อหมูบดทั้งดิบและปรุงสุกมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น (Carpenter และคณะ, 2007)

นอกเหนือจากการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันกับสารพฤษเคมีบริสุทธิ์แล้ว การเปรียบเทียบฤทธิ์กับสารกันหืนสังเคราะห์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ก็มีการศึกษาอย่างแพร่หลาย ดังเช่น Mielnik และคณะ (2003) ศึกษาผลของการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของสารสกัดโรสแมรี่ทางการค้าเปรียบเทียบกับ โทรลอคซ์ซี และ กรดแอสคอร์บิก ในกระบวนการเลาะกระดูกออกของเนื้อไก่งวง (mechanically deboned turkey meat, MDTM) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง ตลอด 7 เดือน พบว่า ค่า TBARS และสารที่ระเหยได้ (volatile compounds) ในตัวอย่างทุกชนิดเพิ่มขึ้น โดยโทรลอคซ์ซี มีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันได้ดีที่สุด ส่วน Xu และคณะ (2005) พบว่า บีเอชทีมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันลิโนเลอิกได้ดีกว่าสารสกัดจากเมล็ดองุ่นอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม สารกันหืนสังเคราะห์บางชนิดอาจให้ประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูงหรือต่ำกว่าสารกันหืนจากธรรมชาติ ดังเช่น ณฐนนท์ (2545) ที่รายงานว่า บีเอชทีมีประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH ได้ดีที่สุด และมีประสิทธิภาพ

ดีกว่าสารสกัดจากเมล็ดพุทธรักษา และผลส้มแขก ต่อมา พรณี (2550) พบว่า บีเอชที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าเปลือกต้นของเอียน เทพทาโร เชียด ทั้งบอน ทำม้ง ยางบก และหมื่นหมื่น นอกจากนี้ ยังมีรายงานการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อสัตว์ด้วย เช่น สุภวรรณ และคณะ (2549) พบว่า บีเอชสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในหมูปดปรุงสุกได้ดีที่สุด รวมถึงการเติมบีเอชที่ 0.01 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของหมูแผ่นทั้งดิบและปรุงสุก ได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบที่ระดับ 0.3 เปอร์เซ็นต์ เปลือกและเมล็ดของส้มเขียวหวานที่ระดับ 0.1 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สุริยญา, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับ Hassan และ Fan (2005) ที่พบว่า สารผสมระหว่างบีเอชและบีเอชที่ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อที่เกาะกระดูกได้ดีกว่าสารสกัดใบโกโก้ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ต่อมา Rababah และคณะ (2006) รายงานเช่นเดียวกันว่า การเติมที่บีเอชคิว 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในเนื้ออกไก่ดิบและเนื้ออกไก่ปรุงสุก มีประสิทธิภาพในการลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่า การเติมสารสกัดเมล็ดองุ่น 2500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมหรือสารสกัดชาเขียว 2500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ในทางตรงกันข้าม มีรายงานว่าสารสกัดจากพืชมีประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันดีกว่าสารสังเคราะห์ โดย เกศศิณี และจันทร์เพ็ญ (2543) รายงานว่า สารสกัดจากผักพื้นบ้านไทยจำนวน 20 ชนิด ได้แก่ ผักดินแฮด ผักเชียงดา ผักฮ้วน กระโดนน้ำ กระโดนบก ใบมะขามอ่อน ดอกขี้เหล็ก ผักปุย่ำ (ข่าเลือด) ยอดสะตอ ยอดส้มป่อย ยอดมันแกวเขียว ดอกแคบ้าน ถั่วลาย ถั่วมะแฮะ ถั่วพู มะเดื่อปล้อง ลูกจิ้ง มะปิ่น ดอกส้าง ยอดหมูย และเล็บรอก มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่า 100 มิลลิกรัมบีเอชเอ ต่อ 100 กรัมตัวอย่างสด ส่วน Shahidi และ Alexander (1998) รายงานว่า คาทชินจากชาเขียวมีศักยภาพในการต้านออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี TBARS ได้ดีกว่าบีเอชที่ สอดคล้องกับ Lara และคณะ (2011) ที่พบว่า สารสกัดโรสแมรี่สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในแพตตี้หมูปรุงสุกที่บรรจุแบบปรับแต่งบรรยากาศ (MAP) และเก็บภายใต้การให้แสงสว่าง เป็นเวลา 6 วัน ได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุมและแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที่ รวมทั้งสารสกัดโรสแมรี่ ยังช่วยให้แพตตี้หมูมีค่า a^* สูงกว่าตัวอย่างควบคุมและแพตตี้หมูที่เติมบีเอชที่อีกด้วย เช่นเดียวกับการทดลองในเนื้อวัวปดปรุงสุกของ Ahn และคณะ (2007) ที่รายงานการใช้สารสกัดจากเมล็ดองุ่นในเนื้อวัวปดปรุงสุก สามารถคงคุณภาพของค่า a^* มากกว่าตัวอย่างที่ใช้สารผสมระหว่างบีเอชและบีเอชที่ นอกจากนี้ สารสกัดเมล็ดองุ่นและสารสกัดเปลือกไม้สนยังสามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีอีกด้วย ส่วน Mitsumoto และคณะ (2005) รายงานว่าการเติมสารสกัดคาทชินจากชา ในแพตตี้เนื้อวัวและแพตตี้เนื้อไก่ปรุงสุก สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในตัวอย่างทั้งดิบและปรุงสุกได้ดีกว่าการเติมวิตามินซีและอย่าง

ควบคุม และยังสรุปความเป็นไปได้ในการใช้คาทิจินจากชาเป็นสารกันเหินจากธรรมชาติ และยัง
แสดงศักยภาพในการต้านออกซิเดชันที่ดีกว่าวิตามินซีอีกด้วย